QuaeWork : a method to assess work organization (duration and regulation) at farm-scale

Nathalie Hostiou, Joel Carneiro dos Santos Filho, Jean-Yves J.-Y. Pailleux

▶ **To cite this version:**

Nathalie Hostiou, Joel Carneiro dos Santos Filho, Jean-Yves J.-Y. Pailleux. QuaeWork : a method to assess work organization (duration and regulation) at farm-scale. 11. Congresso Nordestino de Produção Animal, Nov 2014, Brazil. hal-02739074

HAL Id: hal-02739074
https://hal.inrae.fr/hal-02739074

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

IDEIANOVA . www.ideianova.com

CNPA 2014

IX Congresso Nordestino de Produção Animal

Produção Animal: Novas Diretrizes

De 11 a 14 de Novembro de 2014

CENTRO DE CONVENÇÕES LUÍS EDUARDO MAGALHÃES
ILHÉUS - BAHIA - BRASIL

Palestras Apresentadas

CNPA 2014
IX Congresso Nordestino de Produção Animal
De 11 a 14 de Novembro de 2014
PRODUÇÃO ANIMAL: NOVAS DIRETRIZES
CENTRO DE CONVENÇÕES LUÍS EDUARDO MAGALHÃES . ILHÉUS - BAHIA - BRASIL

Índice

XV Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes e II Simpósio Nordestino de Sistemas de Produção

ADAPTATION OF RUMINANT LIVESTOCK FARMING SYSTEMS 1
Benoît Dedieu

QUAEWORK : A METHOD TO ASSESS WORK ORGANIZATION (DURATION AND REGULATION) AT FARM-SCALE 31
Nathalie Hostiou

ANÁLISE DE COMPETITIVIDADE EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS DE PRODUÇÃO ANIMAL 63
Ferenc Istvan Bánkuti

USO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES 83
Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

PRINCÍPIOS DE NUTRIÇÃO DE BOVINOS EM PASTEJO NOS TRÓPICOS 111
Edenio Detmann

I Simpósionordestino de Produção de Organismos Aquáticos

HISTÓRICO E SITUAÇÃO ATUAL DO PIRARUCU, Arapaima gigas, CULTIVADO NO NORDESTE DO BRASIL 138
Carlos Riedel Porto Carreiro

PRODUÇÃO DE ALEVINOS DE TILÁPIAS 157
José William Bezerra e Silva

OSTREICULTURA COMUNITÁRIA: AS EXPERIÊNCIAS DO CEARÁ 176
Maximiano Pinheiro Dantas Neto

PIRARUCU: CULTIVO DO GIGANTE AMAZÔNICO NO NORDESTE 193
Marcel José Martins dos Santos

PRODUÇÃO DE PEIXES ORNAMENTAIS – ATUALIDADES E PERSPECTIVAS 208
Ivan Oliveira Nogueira da Silva

III Simpósio Nordestino Sobre Conservação e Utilização de Recursos Genéticos Animais

CARACTERIZAÇÃO PROTÉICA DO PLASMA SEMINAL EM CAPRINOS MOXOTÓ VISANDO A EXPLORAÇÃO SUSTENTÁVEL DOS REBANHOS NATIVOS NA REGIÃO NORDESTE 225
Angela Maria Xavier Eloy

COMO AUMENTAR A PRODUTIVIDADE DE SEU REBANHO: O POTENCIAL DO MELHORAMENTO ANIMAL 245
José Bento Sterman Ferraz

PROGRAMAS DE MELHORAMENTO ANIMAL E RETORNO DO INVESTIMENTO 261
Raimundo Nonato Braga Lôbo

MELHORAMENTO GENÉTICO DE BUBALINOS: ASPECTOS QUANTITATIVOS E MOLECULARES 275
Humberto Tonhati

II Simpósio Nordestino de Forragicultura e Pastagens

SISTEMAS SILVIPASTORIS: PRODUÇÃO ANIMAL COM BENEFÍCIOS AMBIENTAIS 289
Roberto Giolo de Almeida

COMPATIBILIDADE ENTRE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS EM PASTAGENS CONSORCIADAS 307
Daniel Rume Casagrande

DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS 319
Moacyr Bernardino Dias-Filho

IMPACTO AMBIENTAL DA CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS 336
Camilla Maciel de Souza

INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA 358
Ronaldo Trecenti

II Simpósio Nordestino de Produção de Não Ruminantes

BOAS PRÁTICAS DE PRODUÇÃO NA AVICULTURA DE POSTURA 372
Helenice Mazzuco

NOVOS CONCEITOS E TECNOLOGIAS APLICADAS À PRODUÇÃO
E NUTRIÇÃO DE SUÍNOS ALIADAS À SUSTENTABILIDADE 381
Rafael Gustavo Hermes

BEM-ESTAR ANIMAL APLICADO À PRODUÇÃO DE SUÍNOS 401
Hunaldo Oliveira Silva

NOVOS CONCEITOS E TECNOLOGIAS APLICADAS À NUTRIÇÃO DE FRANGOS DE CORTE 417
Antonio Gilberto Bertechini

RECENTES AVANÇOS EM NUTRIÇÃO DE PEIXES 427
Priscila Vieira Rosa

PRODUÇÃO DE JUVENIS DE ESPÉCIES NATIVAS 448
Ronald Kennedy Luz

Simpósio Sobre Apicultura e Meliponicultura do Nordeste

PÓLEN APÍCOLA: CARACTERÍSTICAS E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS 468
Maia-Araujo

CNPA 2014
IX Congresso Nordestino de Produção Animal
De 11 a 14 de Novembro de 2014
PRODUÇÃO ANIMAL: NOVAS DIRETRIZES
CENTRO DE CONVENÇÕES LUÍS EDUARDO MAGALHÃES . ILHÉUS - BAHIA - BRASIL

XV SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES
E
II SIMPÓSIO NORDESTINO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Adaptation of ruminant livestock farming systems

Benoît Dedieu

INRA Sciences for Action and Development Department, Theix 63122 Saint Genes Champanelle

Summary

Adaptation covers a large range of interactions between the herbivore farm and its environment, considering the temporal scale (short to long term), the targeted entity (the livestock farming system, the family – livestock system), and the way the system react (cope with hazards, change to face new conditions, maintain- learn and transform). We precise the combining of drivers that requires "adaptive capacity" (global to local to family) and introduce concepts that aim at qualifying or enhancing adaptation (flexibility, resilience, vulnerability, development of professional world, long term action logics, paths of development). 4 major levers of adaptations are discussed: room for manoeuvre, diversity, adaptive management, network and collective action.

Introduction

Most animal science research aims at exploring the paths to efficiency of livestock farming systems in the current context or relative to the challenges of the future (producing more, for a growing population, at the same time limiting negative impacts on the environment). However a whole community concerned with the livestock farming systems approaches (Gibon et al. 1999, Dedieu et al. 2008a) or animal science - social sciences interdisciplinarity is focusing on the capacities and levers for adaptation of these systems (Darnhofer et al. 2012), considering i) that the environment of farms is particularly disturbed and the future uncertain (Dedieu et al. 2008b, Milestad et al. 2012 ; Ancey et al. 2013) and/or ii) that it is essential for farmers to commit to making profound changes to their production methods. Efficiency and adaptation are not necessarily exclusive but they are in some ways incompatible. Research into management has shown that optimization and flexibility do not go hand in hand (Chia and Marchenay 2008), as flexibility implies duplication and room for manoeuvre, to provide the security; optimization seeks to reduce them to the minimum.

The aim of this paper is to draw up a panorama of what "adapting" means, in the prism of research into livestock farming systems carried out by the research group to which the author belongs[1]. In a first part, we will take a brief look at the diversity of drivers for adaptation. In the second, more abstract part, we will specify the concepts that are the most frequently mentioned for reasoning or exploring adaptation; the various temporal horizons considered (short, medium and long term) and their subject: the dynamic of livestock farming systems and family-livestock farming systems, two close but non-equivalent concepts. We will conclude with some reflections on the levers of adaptation that are most frequently quoted in the studies in which we have taken part.

1. The drivers of adaptation for livestock farming systems

Drivers of adaptation can be defined as "all of the complex mechanisms involving movement" (Pérocheau and Correia 2010) or "all of the changes (internal or external) requiring the capacity of the system to be maintained over time" (Mignon 2001). Three families of drivers are frequently mentioned: global change, the family – farm dynamics, and territorial dynamics.

1.1. Global change is a generic term to indicate that the conditions under which farming is carried out in the future will be quite different from today, and for several reasons associated with:

- climate change and its manifestations (rise in temperature, change in rainfall patterns, but also the more frequent occurrence of natural hazards, even of climatic crises)
- world demography (population of 9 billion in 2050) but also with modifications to consumer demand for meat and milk, associated with the overall rise in the standard of living of populations, in Asia in particular
- the rarefaction of non-renewable energy resources and its implications for land use and competition between food and non-food agricultural markets

[1] This informal group is composed of researchers from the INRA (UMR Metafort Clermont Ferrand, UR Aster Mirecourt), the Institut du Travail of Lyon (University Lyon 2), the Irstea DTM unit of Grenoble, and the Cirad (Umr Selmet Montpellier). Researches cover livestock farming systems of mountainous regions of France (Alps, Massif Central), self-sufficient crop livestock systems of Western France, Peuls herds of Ferlo (Senegal), livestock farming systems from Uruguay, Argentina, Brasil.

- urbanisation with its two corollaries: the hold of urban land over agricultural land; a different relationship of urban dwellers with the animal world, their wellbeing and their death
- awareness of the need to make farming practices more ecological, as they are judged to be responsible for very negative effects on the environment (biodiversity, erosion, water quality, GHG…)
- stress on food markets liable to cause rapid drops or rises in the prices of agricultural produce according to the production conditions of the main exporting countries and the capacity of agriculture to increase its production volumes
- scientific and technical progress and the new prospects for comprehension and action which they open up. Precision farming (Lokhorst and Groot Koerkamp 2009) opens up prospects for fine-tuned, individualized management of animals and plant covers, limiting recourse to inputs and giving access to increasingly high levels of work productivity.

This global change is thus the fact of significant planetary trends (rise in temperatures, need for ecologisation of practices…) which can be anticipated and prepared for. It also includes taking shorter-term risks into account (droughts, volatility of prices) which can be 'probabilised' and integrated into thoughts about herd management. It also includes violent unpredictable shocks which can raise questions as to the viability of livestock farming systems. But global change is also uncertainty about the future, about the extent of climate change, about the very nature of the drivers which will carry the most weight (some are not yet known), and about the way they will be arranged over time. How then can the capacity to face up to this uncertainty be reasoned?

1.2. The farm is still essentially a family business whose evolution path largely depends on internal drivers

The complexity of relationships between the family and the farm brings entrepreneurial and patrimonial motivations into play, as well as considerations of professional identity within the family (Terrier 2013). For example the household's system of activities (combination of agricultural and non-agricultural activities), their dimensioning,

their link with processing and downstream sectors can depend on the desire to create a unit common to all family members, children included. In other situations, the desire to make good use of their different educational capital or to make the household income more secure, can lead a couple to make independent professional choices. The duty of heritage and passing on an inheritance is another factor that can have an influence on decisions and on the way the continued existence of the farm is envisaged. Thus in the life cycle of a farm, several elements can influence the adaptation paths, committing to change or on the contrary seeking great stability. The drivers for long-term adaptation are :

- evolutions in the family group such as deaths, births, children moving away or returning, and divorces. These evolutions can mean the system of activities must be reconfigured to make room for everybody, the existing workforce must be modified and together they must adjust the production and work force choices
- evolutions in family requirements (income, children's education)
- the concern to preserve each person's own professional identity or their capacity to call this differentiation into question according to the farm dynamics (departure or return of partners as active members in the life of the farm)
- tensions between economic reality and the reality of work on the farms and the farmers' aspirations. Thus Coquil (2014), studying transitions from intensive systems to highly self-sufficient forms of mixed cropping – livestock farming, identifies 4 reasons why farmers make a radical commitment to use no inputs: economic difficulties (which means that the farm model has to be redirected towards less extravagant forms – lower operational charges and investments); a strong divergence between the system practised (intensive) and the farmers' deeply-held values (turned more towards degrowth, or conviction of the need for a more ecological relationship with the environment); the discovery of innovation, of original and stimulating ways of doing; obligation (regulatory, for example, but also linked to production specifications).

These drivers are similar to those of Perrocheau and Correia (2010) who identify 4 drivers for system change: teleological (a new objective is defined), dialectical (tensions justify change), programmatic (related to the life cycle), evolutionist (in a situation of competition, change is necessary).

1.3. The *territory* is considered here as a space appropriated by the stakeholders and in which they develop projects.

The territorial dynamics which mark the environment of the farms are:

- economic (development or decline of employment areas)
- land (urbanisation, access to the collective land of livestock farmers, open real estate market),
- local variations of sector policies (based on local products, identified as belonging to the '*terroir*' or sold in short circuits versus long supply chains and export)
- local variations of environmental challenges (keeping landscapes open here, limiting deforestation there, protecting such or such patrimonial biodiversity)
- collective actions (based on quality signs for animal products, for mutual aid or the reduction of mechanization costs…).

So it can be seen that these dynamics and the realization of collective projects represent at one and the same time opportunities for adaptation (employment for the couple favoured by the dynamism of other economic sectors), or constraints for adaptation (certain regulatory measures protecting biodiversity). But they can also be both at the same time: for example, PDO cheese-making specifications in France are a way of supporting the prices paid to the producers but they are also a limit to changes of breed or to flexibility in ways of harvesting fodder (when "all hay" is imposed for winter feed for example).

1.4. Partial conclusion

Ultimately, the drivers of system adaptation are multiple and multi-scale. The scales under consideration are as much spatial (from the farm to the planet via the territory) as linked to a large variety of stakeholders (from the family to political leaders or directors of food multinationals to those in charge of territorial authorities or production cooperatives). It may be legitimate to explore ways of adapting to one or other of the drivers, but it must be born in

mind that in reality it will only be one driver among others. In particular, interplay between drivers external and internal to the farm is the general rule over the long term (Rueff et al. 2012).

2. Exploring the adaptation: theoretical frameworks

The questions of adaptation are directed to two entities that are not always very well differentiated: the livestock farming system and the family - livestock farm system, and they concern several scales of time (from short to long term). A certain number of concepts make it possible to take adaptation capacities into account, to assess them or identify families of levers that make it possible to adapt.

2.1. Which target entity?

2.1.1. The « livestock farming system »

The concept of « livestock farming system » was formalised in the 1990s within the *Livestock Farming System* movement of the European Association for Animal Production (EAAP) (Béranger and Vissac 1994, Gibon et al. 1999). Two essential guidelines form the basis of the approach to the livestock farming activity in the farm as a system. It is a question i) of having the means of accessing the farmers' own logics (objective and methods of managing the livestock unit) , which are neither given, nor *a priori* uniform, and have to be taken into account in any process of analysis and assessment of the results of the production units; ii) of taking into account the herd production processes by specifying the methods of interaction between animal biological functioning over the short and long term and the management of individuals, batches, production cycles and herd replacement. The unit in fact forms a particularly complex set of elements in interaction. Systemic modelling (Legay 1997) is thus a completely suitable framework for formalizing and studying the behaviour of such a complex subject.

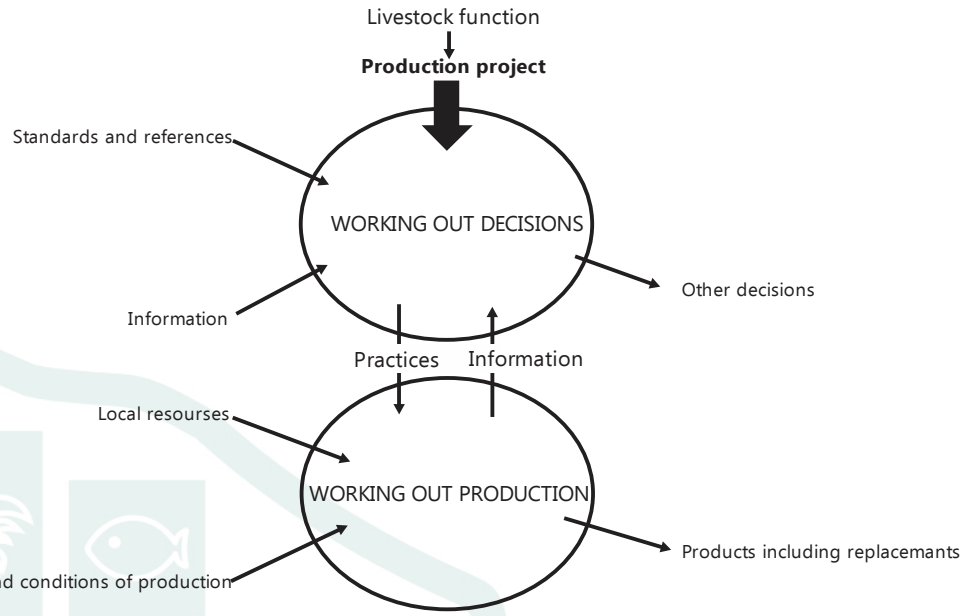


Figure 1: The general model of the livestock farming system (taken from Landais 1987)

The livestock farming system (LFS) is defined as « a collection of elements in dynamic interaction, organised by man according to his objectives, to have a collective of domestic animals produce (milk, meat, skins and pelts, work, manure...) and reproduce, making best use of different resources and renewing them » (Dedieu et al. 2008a). In reference to systemic literature, the livestock farming system is seen as a "finalized and piloted biological" system. It can thus be represented (figure 1) as the coupling between a sub-model of information and decisions and a biotechnical sub-model of herd production: the two sub-models are linked i) by practices which translate and materialize decisions, and constitute factors of change in the state or composition of the biological entities, and ii) by information feedbacks on the state of the animals or resources, and the herd composition.

Recent works carried out on-farm have shown the need for noting in the livestock farmers' objectives, their relation to work, in as precise a way as their economic expectations (gross margin or net income from the livestock activity) : the striving for high work productivity as a factor for obtaining good economic performances; a work timetable mastered so as to have weekends or holidays; time available in the daytime for the children…

These questions have brought a new representation of livestock farming systems, adding to the representation that centres on the man (pilot), herd and resource triptych, a representation of work organization, the whole thing forming both sides of the same coin: the livestock farming and working system (LFWS) (Madelrieux et al. 2008). Work organization is expressed here as the arrangement among i) tasks linked to choices of herd management and resources for production, ii) the composition of the farm management nucleus, iii) their other activities that constraint their time, iv) the other categories of people working on the livestock farm (retired volunteers, mutual aid, enterprise, salaried staff), v) the buildings and the equipment (figure 2). Dedieu and Servière (2012) summarize the bases and methodological applications of these approaches to work in livestock farming.

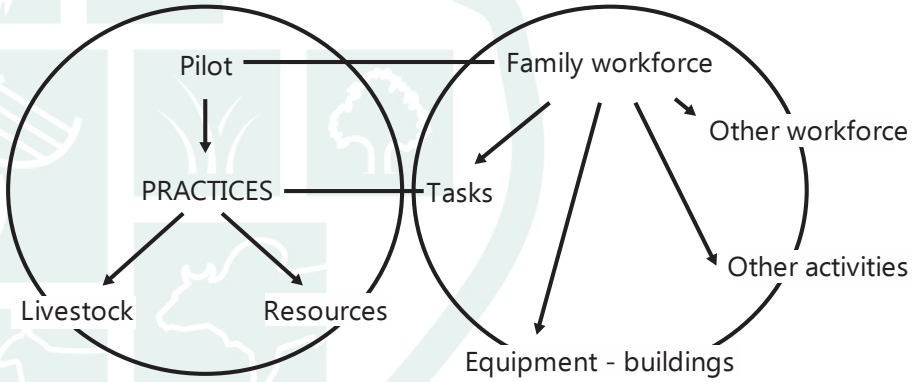


Figure 2: The two sides of the livestock farming system: livestock and resources management; work organization

2.1.2. The « family – livestock farm » system

Considering the interaction between the family and the farm as a system has also been largely admitted since Osty (1978). It is at family level that we find the definition of the function and aims assigned to the livestock activity, which, depending on the situation, carry

- ambitions for the family income (specialized livestock farming),
- ambitions of contribution to the income in the same way as for other activities (for example within crop-livestock systems) or as secondary to other farming activities (to develop land unsuitable for crops or a very long way from the farmstead)

- a savings function (for example in the Peuls herds of Ferlo in Senegal - Manoli et al. 2014).

The concept of "pilot" of the farm or of the livestock is often summed up in the farming couple, the emblematic figure of family agriculture. But in fact the situations tend to diversify, with farmers working alone (the partner working outside the farm), couples, family associations (father - son, between brothers), non-family associations of farmers etc… Multi-activity in these situations can mean farmers who farm but at the same time have another occupation, or it can mean the household, with each partner in the couple having their own work. In France, in 2010, about 20% of farmers have another fairly stable occupation. In the case of young generations of dairy farmers, (under 40 years of age), more than 50% of couples have a partner who works outside the farm.

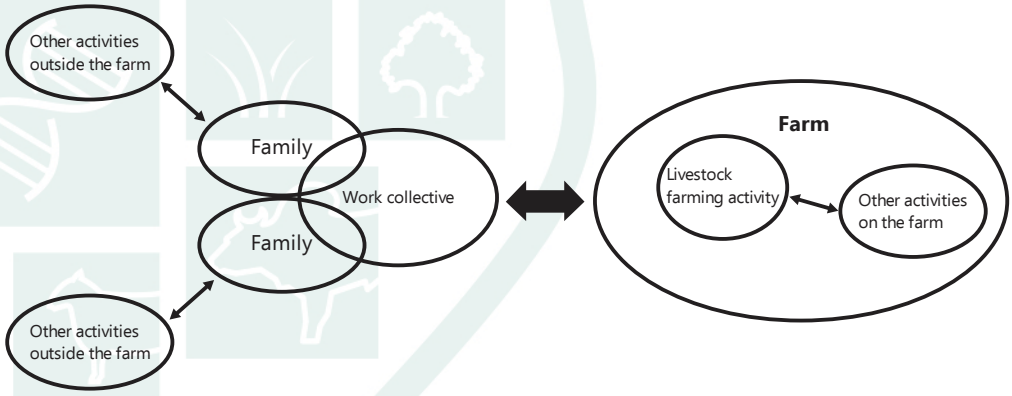


Figure 3: The family-livestock farm system. Case of an association between two farmers (Terrier 2013)

So the interactions between the livestock activity, the farm, the family and the household's system of activities are eminently various and complex. Noting the hiatus between the zootechnical approaches to livestock farming systems and the approaches to households, Terrier (2013) proposed that the interactions between family and livestock farming activity in the farm should be taken into account, as shown in the diagram presented in figure 3, under 6 headings (table 1). This representation takes into account reconfigurations

in the management nucleus and the family work force, the system of activities, the dimensioning of the livestock activity and the long term strategic choices for livestock farming characteristic of the approaches to farm trajectories. This approach to livestock-household systems (LHS) foregoes any detailed expression of the way in which the herd production is worked out, but specifies the link between the livestock farming activity and what constitutes the household system of activities, a link which is absent from traditional representations of livestock farming systems.

Table 1: The 6 description clusters of the family-livestock farm system (application to the case of mountain grassland dairy cattle farms) (Terrier 2013)

The livestock farming system

- The livestock production project,
- the dimensioning
- the technical management:
  - of the herd
  - of the land areas
- the equipment and buildings

Its business framework

- The **work collective**:
  - The organiser nucleus (ON)
  - The work distribution within the ON
  - Ways of appealing to the voluntary family workforce
  - Management of holidays
- the **system of activities** of the farming family (families)

Clusters	Descriptive Variables
Production project	Types of products
	Total milk quota (hl)
	% quota processed
	Marketing / sector
Dimensioning the livestock farm	Dairy cow numbers
	Herd growth rate (%/year)
	Total land area (ha)

Technical management	Breeds
	Heifers at summer pasture
	Heifers housed
	Milk productivity (hl)
	Land under cereals (ha)
	Forage harvesting method
	Self-sufficiency in forage
	Self-sufficiency in feed
Buildings / Equipment	Milking equipment
	Type of cowshed
	Number of places (Dairy cow)
	Size of cheese dairy
Work collective and work organisation	Number of people in the ON
	Nature of the links between the workers in the ON
	Not involved
	One person exclusively in charge of a unit
	One person per unit with occasional help
	Sharing of work and responsibilities
	Calling on family volunteers for routine work
	Calling on family volunteers for seasonal work
	Calling on the paid workforce
	Taking holidays
	Replacement

System of activities	Nature of activities linked to agriculture (e.g. cheese making and selling) and /or agricultural
	The way the activities linked to agriculture and /or agricultural interact with the livestock farm
	Type of multiple activity
	The way the other activities of the household(s) interact with the livestock farm)

2.2. Temporal horizons

3 temporal horizons relative to various reformulations of adaptation questions can be identified.

- The short term. The adaptation is here: confronting risks, which can generally be probabilised (climatic series for example). Approaches testing the reactivity of a system at risk (climatic, prices, biological) are based largely on modelling livestock farming systems, taking inspiration from figure 1, namely taking into account rules of decisions, practices, animal operations and distribution of the livestock production over the year. It is not so much the time horizon of model tests we are speaking of here; modelling can test the operation of livestock farming systems over 20 years, (such as for example Martel *et al.* (2008) in pig breeding) to explore regulations internal to the system and possible operational drifts according to such and such scenarios of external (climate, food supply) or internal (biology: fertility parameters) hazards. The qualifier of "short-term" refers more to the stability of the set of rules of conduct in these modellings: in the reality of farm dynamics, this constancy is absolutely not guaranteed over long time steps. The approaches to the LFWS also introduce hazards relating to the conditions in which work is carried out or the real availability of workers at the required time.
- The medium term. This scale of time refers to the commitment to the change on the one hand and to the recovery of a system faced with a crisis or a violent shock on the other. We consider here "forks" in the paths. The forks correspond "to radical

modifications to the direction of the processes" (Bidart and Brochier 2010). They can concern

. the LFS: change of production project or rules of strategic management of the herd

. the LFWS: change in the composition of the work collective and/or joint change on the technical and work levels

. the LHS: change in the system of activities, in the link between the household, the management of the farm or the family work force.

These changes are seen as processes spread out over time when not only practices are recomposed, but also the system's management entities as well as the control standards of its correct functioning. Very few modellings take account of these processes of change. When they do, it is generally necessary to define with precision the characteristics of the system to be attained and the time taken. However when placed in a perspective of radical innovation (Meynard et al 2012), or of reconstruction after an unexpected crisis, the aim is vague, evolutionary.

- The long term: the literature is interested more in the way of holding on, of lasting in an environment marked by uncertainty, i.e. i) the non probabilisable character of the occurrence of events or ii) because of major unknown factors on the nature or extent of the change of context. Here it involves going beyond the analyses in terms of risks and assurance to develop interdisciplinary approaches (socio-technical) which make it possible to comprehend what, in the technical or in the human, in individual or collective strategies, makes it possible to cope, to learn how to change (Dedieu et al. 2013).

2.3. The key concepts for the approach to adaptation capacities.

Several concepts make it possible to take adaptation into account. We give here the definitions as well as the main ways of improving the capacities of adaptation, identified by the authors.

2.3.1. **From the short to the medium term**: resilience, flexibility, vulnerability

Resilience is a concept which has been very widely popularized, but with several different meanings which tend to reduce the clarity of the concept. It describes a property of

the functioning of a system. Resilience is defined, by psychologists, as the capacity to reconstruct after a violent shock (Cyrulnick 2001). For researchers who are interested in the functioning and dynamics of the socio-ecological systems, the resilience of a system characterises the property of a system that lasts, i.e. which is capable of confronting disturbances at all stages of the adaptive cycle, including shocks. The main issue in this last case is to mobilise the right resources to reconfigure the system. Thus, for these authors, there is in itself no stable state or environment, but a continuous dynamic of the view that can be taken of the system. At farm scale and taking inspiration directly from Holling (2001), Milestad and Darnhofer (2003) underline the necessity of taking into account the trajectories of the « family – farm – other activities » system to characterise the resilience they define as « the capacity to deal with internal and external changes, due to unpredictable causes (uncertainties) or unusual causes, the capacity to learn and adapt to uncertainties, the capacity to reorganise in the event of shocks ». Darnhofer et al. (2008) also considered that "rather than working the adaptation « from a stable state to another stable state » under the effect of drivers for change (PAC…), it is more a question of « developing an « evolutionary » approach to the dynamics of farming systems considering resistance to variations, taking uncertainty into account and the capacity to re - design systems in the long term ». Three strategies make it possible to increase the level of resilience of the piloted systems: i) the increase in the system's buffer capacity (room for manoeuvre); ii) the increase in the adaptive character of the management by playing on different levels of scale (spatial and temporal); iii) the creation of conditions for the emergence of innovations (sources of changes to the system's characteristics, learning capacity).

Flexibility is a concept of management sciences and the industrial economy (Chia and Marchenay 2008). It refers to the image "of the reed which bends but does not break" (from the 17th century French poet La Fontaine). We recall here two definitions of the flexibility of an organization i) "its aptitude to adapt to circumstances, to absorb changes, its capacity to preserve and create options, to learn" (Reix 1979, Pasin and Tchokogué 2001); "procedures which make it possible to increase the capacity of control over the environment, to decrease the sensitivity of the system to its environment" (Astigarraga and Ingrand 2010). This

definition leads us to consider the degree of pro-activity of the information and decision system to anticipate and react to the occurrence of hazards. These authors specify moreover that flexibility is a property which is not measurable in itself, but which depends on the context (the type of hazards taken into account) and on the goals sought. Aaker and Mascarenhas (1984) propose several levers to develop the flexibility of an organization i) diversification of processes, activities and products, including the broadening of the range, but also participation in various markets; ii) increase in the autonomy of each production unit in relation to the others; iii) the development of potentially useful resources, i.e. not mobilized permanently, but which can be mobilized "if necessary": functional duplications, competences not exploited, room for manoeuvre. Flexibility can be considered at varied temporal scales. Operational flexibility relates rather to "adjustment during the production cycle to various risks" (Tarondeau 1999). This last author distinguishes the internal sources of flexibility, relating to the production system from the external sources, linked to social and economic relation networks. The internal sources are set out as "rules" flexibility (immaterial inputs), "process" and "products". "Process" flexibility refers to the capacities of the internal regulation of systems linked to interrelationships between components of the system. The "products" flexibility refers to the product range, and the downstream partners (diversity and methods of contractualisation). " Rules" flexibility refers to the possibilities of adjustment of the management rules, even of the production project, depending on the context.

Vulnerability (and its opposite security) are major issues for systems where both environmental and social contexts are highly uncertain (Ayantunde et al. 2011). These concepts have been defined by their socioeconomic dimensions, in livelihood studies (Chambers 2006). "Vulnerability […] refers to exposure to contingencies and stress, and difficulty in coping with them. Vulnerability has thus two sides: an external side of risks, shocks, and stress to which an individual or household is subject; and an internal side which is defencelessness, meaning a lack of means to cope with damaging loss" (Chambers, 2006) (figure 4). Security means are therefore here the different ways to cope with damaging loss. Ancey et al. (2009) identify three levers of security: stocks, productive strategies and non-productive strategies. Stocks are of any nature (including animal, as in the case of cattle herds in the Ferlo). The non-productive strategies refer

in particular to the constitution and maintenance of solidarity and social interdependences that are useful in the event of a serious shock.

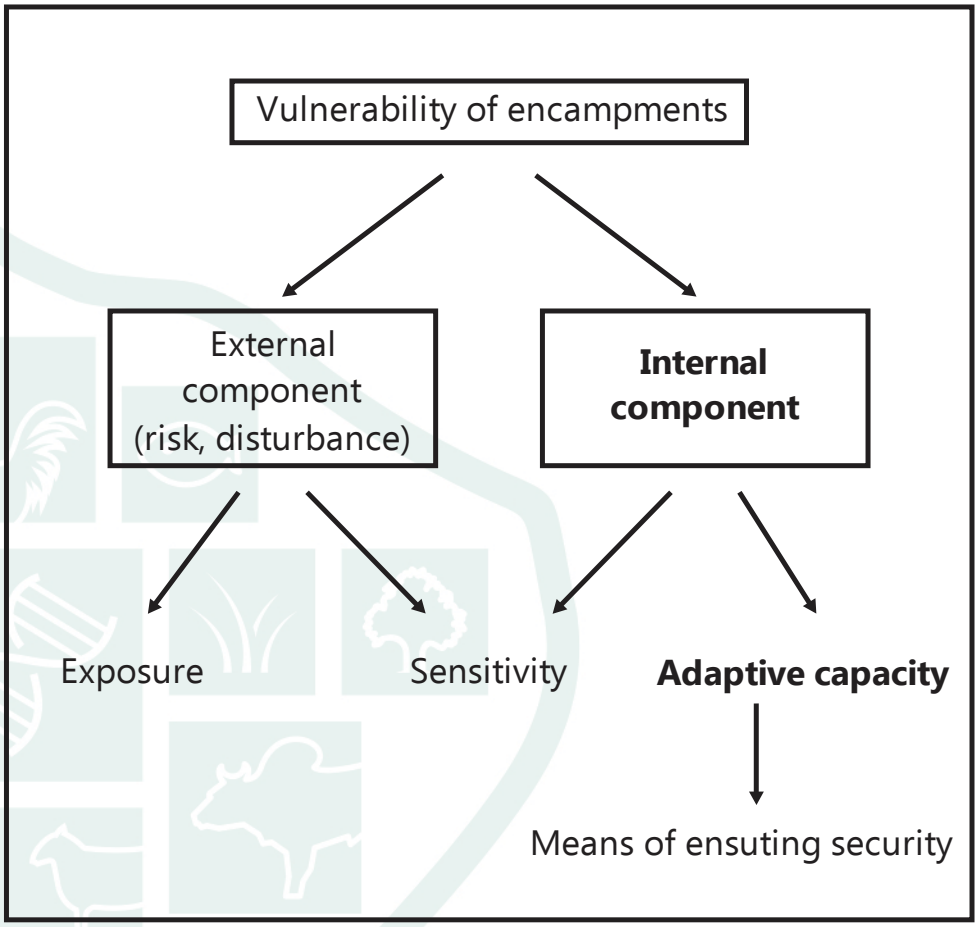


Figure 4: Vulnerability (taken from Manoli 2012)

2.3.2. Engaging in change over the medium term: change of professional world

The concept of *professional world* comes from ergonomics: it regards the activity of workers as a system in which ways of doing, knowledge and values cannot be dissociated from the subject of the action (Béguin, 2004). Professional world must here be taken in the sense of "work framework". A radical change in the way of managing a livestock farming system (for example in the case of moving from an intensive system to an autonomous system: no longer to seek the expression of animal potential with local resources and external purchases, but to associate and renew the local resources, the resulting being livestock

production) is then regarded as a process of change, bringing into play the progressive construction of a new systemic coherence, of a new professional world (Coquil et al. 2013b). This transition relies on tools which are mobilized as time goes by, on scientific knowledge placed at the disposal of the farmers, training, exchanges between equals, trial and error).

2.3.3. Holding on, lasting over the long term: paths of development, long term action logics

The *paths of development* (Evans 2009) take account of the way in which farmers recombine productive resources (land, work and capital) over the long term, inside and outside the farm, in a context marked by powerful trends that can be identified (withdrawal of subsidies, increased competition on the markets, growing environmental regulations). Table 2 presents the paths of development described by Bowler et al. (1996). Other paths have been identified, such as seeking for the demarcation of products on niche markets or markets closely identified with their territory (*PDO*) as a specific recombination of resources, including local know-how.

Table 2: The paths of business development as described by Bowler et al. (1996).

	Description of the *paths*
Path 1	Industrial model of productivist agriculture: agricultural enlargement, intensification and specialisation, the agricultural products remain « traditional)
Path 2	Recombination of the resources on the farm: development of new farming productions (= agricultural diversification)
Path 3	Recombination of the resources on the farm: development of new non-agricultural products and services on the farm
Path 4	Redeployment of resources outside the farm: development of employment outside the farm
Path 5	Maintenance of a traditional model of agricultural productions
Path 6 et 7	Transition from professional agricultural holding to a leisure business, even withdrawal from agriculture

In a study centred on the long-term dynamics of the LHS, Terrier (2013) focuses the analysis on the characteristics of the evolutionary processes of the family – livestock farm system, using the example of farms in the Vercors (a mountainous region of the Alps). The characterization of what changes and of what remains invariant over time (the system of activity, the work invested inside or outside the farm on the one hand, the production projects or the major features of the livestock farming strategy on the other) make it possible to take account of 4 types of trajectories: "stable"; "change in the continuity" (a principle which is continuously applied, like the recourse to enlargement); "major steps" (external tensions and/or evolutions in the external context make it necessary to engage, to construct a new phase based on a different LHS), "very unstable trajectories" (everything is in continual flux, the reactivity is extreme).

Long-term action logics (Dedieu 2009 are largely inspired from sociology. They are constructed on the basis of a certain number of principles which guide the action at the technical, economic, financial and human levels, and which, in the circumstances specific to each farm and according to the nature and intensity of the internal or external disturbances, will materialize by the evolutionary trajectory of the family-farm system (Dedieu and Ingrand 2010). The pooling of data from several studies carried out in various countries (France, Uruguay, Argentina) on long-term trajectories and their justification by the livestock farmers themselves, put forward 5 principles guiding the evolutions which the livestock farmers propose, to explain and/or justify the stabilities and forks in trajectories

- configuration of the family-farm system, with two principles relative i) to size: with modalities "being large to hold on" or on the contrary "getting bigger, that's not for me: you get lost"; ii) to the combination of activities, opposing diversification "not all the eggs in one basket" and specialization "to be competent and effective";

- taking risks (financial or technical), for the improvement of the system, with the three methods: "never", "necessary", "only if it is very controlled";

- finances, i.e. the relation with debt (never, or a necessary evil), with savings (systematic or not), with the possibility of adjusting the family income in a difficult year;

- the functioning of the technical system, with three methods corresponding to the emphasis placed by the livestock farmers on different dimensions of this functioning: a strong technical ambition ("it is the guarantee for holding on"); a management ambition ("what matters, is to optimize the whole of the farm resources, including controlled work"- as well as the tax aspect); the will to preserve flexibilities in the production process ("to keep something in reserve", "never to go flat out");

- socio-technical networks (of information, exchanges and advice, allowing the control of the downstream "you have to invest in producer organizations").

2.4. Partial conclusion

The diversity of the approaches and concepts mobilized are understood. Some of them are widely used in the livestock farming systems approaches: flexibility (for example Nozière et al. (2011) (herd); Martin et al. (2009) (fodder system), Hostiou and Dedieu (2011) (work)); resilience (Tichit et al. 2004). Others are more marked by social sciences (socio-economy, ergonomics and sociology) like vulnerability or professional world. But the distinctions do not stop there; some are mobilized on varied subjects (LFS - LFWS : flexibility), resilience (LFS, LHS), others are more specific (vulnerability for the LHS). All of these concepts give rise to very different methodological developments, detailed case monographs, investigations and farm monitoring, reconstitution of trajectories, modellings. We will not detail them here; we invite the reader to consult the quoted references.

3. Adapting : what levers?

We propose here to return to some levers of adaptation which come from the application of these approaches to situations of herbivore farming.

3.1. Preserving room for manoeuvre

In several studies, safeguarding room for manoeuvre comes down to the search for levels of performances moderated below the potential in order to limit the cost (economic, work) of very rigorous monitoring and to preserve operational flexibility of the system with respect to risks. This kind of consideration affects not only the animal part (the dairy cows yields under the potential to limit health problems), it also affects the land (stocking rate per hectare quite low to face up to droughts without modifying anything), the work (to have spare

time) and the economy (to limit the amount of debt to limit pressure on productivity and operational charges). Coquil et al. (2014) show that the transition towards situations of mixed cropping – livestock farming, highly self-sufficient with respect to inputs, very often imposes a redefinition of the adapted stocking rate, as one of the first stages of commitment to change. With respect to work, several options can reduce the farmers' working times and thus increase their free time (Carneiros Dos Santos Filhio et al. 2012): i) simplifying herd management or land management; ii) collective work: several people working together with large capacity equipment but common to all, or iii) delegating part of what is to be done (in particular technical operations on land areas that are more easily delegated to third parties than work with the animals).

In a more general way, the question of the exploration of sub-optimal configurations as a lever of adaptation to risks is still poorly represented in research. The constitution of animal stocks that are not very productive (such as the cattle herd of the Peuls, Manoli et al. 2014) and the rearing of hardy breeds (not very productive but capable of mobility and of mobilization/reconstitution of their body reserves in the event of food shortages) are other variations of this "room for manoeuvre" lever (Nozière et al. 2011).

3.2. Playing on diversity to improve the regulatory properties of the systems

Diversity is the object of much attention in studies based on concepts of resilience, vulnerability and flexibility applied as much to LFS as to the LHS. However this diversity is multiform, and is seldom considered in its complexity. According to different studies, one can consider in turn:

- the diversity of activities within the household and/or within the farm ("not all the eggs in one basket")
- the diversity of functions of the livestock farming activities (for example combining within the farm a herd with a stock function – such as cattle in Peuls LFS and another with a productive function such as sheep for the Tabaski - Manoli et al. 2014), or a herd with a productive function (the dairy herd) and a secondary "crumb collector" herd (making best use of land unsuitable for the dairy cows, and of fodder left by the cows in the traditional mountain systems of Margeride (Dedieu et al. 1991)).

- the diversity of products from the herd (in particular in a suckler herd (Nozière et al. 2011, Astigarra and Ingrand 2010)
- the diversity of production cycles within the herd / flock of breeding females constructed via the multiplication of reproduction periods and the possibility for the females of benefiting from corrective reproduction sessions to catch up. More generally, with the practices of reproduction (several reproduction sessions), of replacement - culling (to tolerate unproductive episodes) and of drying up (adjustable durations of lactations), the management-biological interactions construct a diversity of productive animal trajectories within the herd. The whole forms a herd dynamic that is less sensitive to risks, more resilient than when managements homogenize these trajectories both in their content and in their positioning in the annual calendar (Cournut and Dedieu 2004).
- the genetic diversity within a herd (Douhard, 2013)
- the diversity of resources, for example fodder resources (according to exposure to sun, floristic composition or biodiversity, but also to the management methods (pasture; mowing) in keeping with the production period (Andrieu et al. 2008) or depending on the possible extension of periods of use without deterioration of quality or productivity (Martin et al. 2009)

Many modellings underline the importance of animal and plant diversity in all its forms (genetic, but also because of the management of batches and the herd) for resilience and operational flexibility. The renewed interest in biodiversity falls within this movement, but could not summarize it: much of what makes diversity results from complex interactions between herd management and land management and the fields of biology and ecology.

3.3. Adaptive management

The possibility of redefining or of adjusting the management strategy for the herd and the land according to risks (short-term), or to take change into account in the external context or internal events (medium and long term) is considered as essential for the adaptation capacity.

In the short term, it is a question of being able i) to modify the rules for managing the livestock farming system, even the production project, ii) to adjust the work organization methods (who does what in the day or which contents of the task can be simplified) according to the current conditions (Madelrieux et al. 2008, Nozière et al. 2011). This involves conferring multifunctionality on some system components that can be used according to the hazards: the crops can be intended for sale one year, and for the herd another year; the batch of heifers can become a consumer of failed crops if need be; a meadow can be cut or only grazed, depending on how the weather in spring affects the fodder supply; the calves can become bull calves, or thin or fat beef animals depending on the fodder available…

In the medium term, the change can be more profound; a system is composed of more than practices; it is the professional world in its entirety which is being rearranged (cf. part 232):

- the entities/objects of farm management (the separation or interpenetration of the cultivated area and the fodder area; functions given to the various activities),
- the strategic rules of decisions (the expression of potential or making good use of the local diversity),
- the forms of work organization (family self-sufficiency or with paid workers)
- the professional standards (aiming at making the dairy quota or giving it up) and the values which underlie them (coming within an agro-industrial logic of competitiveness, situating one's activity and the employment it generates in the local territory).

So adaptive management is materialized as a process of change in which learning is central and tools are mobilized to develop step by step essential resources for the people involved (farmers, advisers) (Darnhofer et al. 2008, Coquil et al 2013b). For example, in their study on transitions being made towards self-sufficiency in inputs, Coquil et al. (2013b) show how some training schemes in the observation of animals (Obsalim ®) or in setting up rotational grazing are emerging as essential phases for re-designing the link between food and animal health on the one hand and what makes balanced feed on the other. Chantre (2011)

insists more strongly on progressive learning by trial and error or careful attempts in new management methods on test plots.

3.4. Networks and collective action

Except for studies centred on a biotechnical reading of what biodiversity allows, most authors stress the importance of considering the role of social networks in grasping the capacity for adaptation of the systems. These networks are in turn:

- networks of active solidarity that have to be able to be maintained via gifts, alliances (marriages for example) or fostering. In Peuls livestock farming in the Ferlo, fostering animals is extremely frequent and criss-crosses from one family to another (Manoli 2012)
- places of movements, information, debates, reassurance of individuals. These networks are important bases for help and guidance from advice structures, where it is not so much a question of prescribing turn-key solutions as to organize exchanges that participate in education and empowerment in the change (Coquil et al. 2013a).
- ferments for collective actions explicitly aimed at making the systems safe. Rigolot et al. (2014) show how, in the French mountains, collective rules for managing summer pastures relating i) to dates for going up into the mountains and coming down again, ii) to the type of animals, and iii) to their health status, enable farms to off-load part of their livestock for the summer period. This gives them some room for manoeuvre for building up fodder stocks in the farm or for carrying out summer work. In the same way, certain collective approaches which support the PDO, succeed in consolidating productive strategies not only via a higher price paid to the producer, but also by better stability and predictability of prices than in more conventional circuits subject to the world market.

Conclusion

The issues of adaptation are varied because of :

i) what motivates them: external, local or world ingredients or ingredients internal to the farms linked in particular to the evolutions of the family group but also to the

effects of accumulations in the farm (for example economic difficulties or an excess of work); their foreseeability and their scope;

ii) The temporal horizon considered (from the short to the long term) ; the purpose of the adaptation (resistance to risks, the reed that bends, a radical change to be negotiated, holding firm in a situation of uncertainty).

The studies quoted in this text also show several meanings of what the subject of the adaptation is; the livestock farming system with a production purpose, the production and work system, the livestock farm embedded in the system of household activities. In a system of household activities, the livestock activity can be a pillar of a productive strategy, a buffer activity whose direction varies according to climate, prices, or the workforce available, or the pillar of security based on stock on the hoof.

This diversity of approach as to what is the subject of the adaptation, makes it possible to explore in depth each of the different levers of the adaptation. But this diversity is a limit to tackling the way in which farmers combine these springs for action, using family strategies based on systems of diversified activities just as much as managing the hardiness of the animals. Holling (2001) when he talks about the mobilization of various types of resources to rearrange the socio-ecological system after a shock which puts its resistance in danger, opens on a diversity of nature of these resources, either decisional, social, related to biodiversity at various levels. This is a field of expression of the interdisciplinarity essential to the treatment of adaptation which would allow a more complete qualification, encompassing LFS, LFWS and LHS, but which it is still difficult to suggest.

The interplay of the various time scales is also another challenge for the community researching adaptation. Thus, certain principles of long-term action mark out the type of technical levers which can be used at short term. “Always enlarge to hold on “will more easily encourage the search for simplified forms of management, where diversity is seen more as a source of work increasing the tensions initially linked to production volume, where rules must be simple and not very adjustable to limit management costs. Safeguarding room for manoeuvre and the defence of the model via ad hoc networks (unions for example) are then the first levers used to adapt. On the other hand, in an approach departing from what the levers

mean in their long-term implementation, the permanent combination of short- and medium-term forms of adaptive management give rise to long-term trajectories described as very unstable, where everything is in permanent flux, and which will be radically different from those where the change only intervenes in phases, when the system must be reshaped in depth for internal or external causes.

Acknowledgement: to X. Coquil, M. Terrier, and C. Manoli, whose ideas and thesis have provided material for this text.

Bibliography

AAKER D., MASCARENHAS B.,. The need for stratégic flexibility. **J. Business Strat**, 5, 74-82, 1984.

ANCEY V., AVELANGE I., DEDIEU B. (Eds). **Agir en situation d'incertitude en agriculture. Regards pluridisciplinaires au Nord et au Sud**. Ed. PIE Peter Lang, Bruxelles, 420 p., 2013

ANCEY V., ICKOWICZ A., TOURE I., WANE A. & DIOP A.T. La vulnérabilité pastorale au Sahel: portée et limites des systèmes d'alerte basés sur des indicateurs. In : Duteurtre G and Faye B (eds), **L'élevage, richesse des pauvres : Stratégies d'éleveurs et organisations sociales face aux risques dans les pays du Sud,** Ed. Quae. Versailles, 117—132, 2009

ANDRIEU N., COLÉNO F., DURU M. L'organisation du système fourrager source de flexibilité face aux variations climatiques. In B Dedieu, B Leclerc, CH Moulin, M Tichit (Eds) **L'élevage en mouvement - Flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores**, pp. 95-110. Ed. Quae, France, 2008.

ASTIGARRAGA, L., INGRAND S. Production flexibility in extensive beef farming systems. **Ecology and Society** 16: 7 [online: http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art7/].2010

AYANTUNDE AA., DE LEEUW., TURNER MD., SAID M. Challenges of assessing the sustainability of (agro)-pastoral systems. **Livestock Science**, 139, 30—43, 2011

BÉGUIN, P. **Monde, version des mondes et monde commun**. Bulletin de Psychologie, 2004.

BÉRANGER C., VISSAC B. An holistic approach to livestock farming systems: theoretical and methodological aspects. In Gibon A., Flamant J.C. (Eds): **The study of livestock farming systems in a research and development framework**. EAAP Publ., 63, 5-17, 1994.

BIDART, C., BROCHIER, D. Les bifucations comme changements d'orientation dans un processus. In **Processus. Concepts et méthodes pour l'analyse temporelle en sciences sociales**. Bruylant: 171-190, 2010

BOWLER, I., CLARK, G., CROCKETT, A., ILBERY, B., SHAW, A. The development of alternative farm enterprises: a study of family labour farms in the northern Pennines of England. **Journal of Rural Studies** 12(3): 285-295, 1996.

CARNEIRO DOS SANTOS FILHO J., HOSTIOU N., DAMASCENO J.C., DEDIEU B. Room for manoeuvre in time of the workforce in dairy production systems. **Rev. Bras. Zootec**., 41(12), 2450-2457, 2012

CHAMBERS, R. 2006. **Vulnerability, Coping and Policy** (Editorial Introduction). IDS Bulletin 37.

CHANTRE, E. **Apprentissages des agriculteurs vers la réduction d'intrants en grandes cultures : Cas de la dans les années 1985-2010. [Learning processes on the way to reduced inputs in cropping systems: the recent years (1985-2010) Champagne Berrichonne case study**]. Doctoral Thesis, AgroParisTech, Paris, 2011.

CHIA E., MARCHENAY M. Un regard des sciences de gestions sur la flexibilité : enjeux et perspectives. In Dedieu B., Chia E., Leclerc B., Moulin C.H., Tichit M. (Eds): **L'élevage en mouvement : flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores.** Ed. Quae, France, 23-36, 2008.

COQUIL X., LUSSON J.M., BEGUIN P., DEDIEU B. Itinéraires vers des systèmes autonomes et économes en intrants : motivations, transitions, apprentissages. **Renc. Rech. Ruminants**, 20, 285 – 288, 2013a

COQUIL X., BEGUIN P., DEDIEU B. Transitions to self-sufficient mixed crop – dairy farming systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, doi:10.1017/S1742170513000458, 2013b

COQUIL, X., BÉGUIN, P., DEDIEU, B. Systèmes de polyculture élevage laitiers évoluant vers l'AB : Renforcement des interfaces cultures/élevage**. Economie Rurale** 339-340, 81-94, 2014

COQUIL X. **Transitions des systèmes de polyculture – élevage laitiers vers l'autonomie. Une approche par le développement des mondes professionnels**. Thèse ABIES – INRA – IETL, 214 p., 2014

COURNUT S., DEDIEU B. A discrete event simulation of flock dynamics: a management application to three lambings in two years. **Anim. Research**. 53, 383 – 403, 2004

CYRULNICK B. **Les vilains petits canards**. Ed Odile Jacob. Paris, 2001

DARNHOFER, I., S. BELLON, B. DEDIEU, MILESTAD R.. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development** 30: 545–555, 2010

DARHOFER I., GIBBON D., DEDIEU B. Farming Systems Research: An approach to inquiry. In Darnhofer I., Gibbon D. et Dedieu B. (Eds) "**Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic**". Eds Springer, 3-31, 2012

DEDIEU B., JESTIN C., SERVIÈRE G. Exploitations associant vaches laitières et brebis viande en Margeride. II. Importance respective des deux troupeaux et fonctionnement des systèmes. **Fourrages,** 125, 117-128, 1991

DEDIEU B., FAVERDIN P., DOURMAD J.Y., GIBON A. Système d'élevage, un concept pour raisonner les transformations de l'élevage. **INRA Prod. Anim**., 21, 45-57, 2008a.

DEDIEU B., CHIA E., LECLERC B., MOULIN C.H., TICHIT M. **L'élevage en mouvement : flexibilité et adaptation des exploitations d'herbivores.** Ed. Quae, Collection Sciences et Technologie Update, 294p, 2008b.

DEDIEU B. Qualification of the adaptive capacities of livestock farming systems. **Revista Brasileira de Zootechnia**, 38, 397 – 404, 2009.

DEDIEU B., INGRAND S. Incertitude et adaptation. Cadres théoriques et application à l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage. **Inra Productions Animales**, 23 (1), 81-90, 2010.

DEDIEU B., ANCEY V. AVELANGE I. Agir en situation d'incertitude. Dynamique de protection et d'adaptation au Nord et au Sud. In « Ancey V., Avelange I., Dedieu B. (Eds) 2013. **Agir en situation d'incertitude en agriculture. Regards pluridisciplinaires au Nord et au Sud** », Ed. PIE Peter Lang, Bruxelles, 13-17, 2013.

DEDIEU B., SERVIERE G. Vingt ans de recherche - développement sur le travail en élevage : acquis et perspectives. **Inra Productions Animales**, 25(2), 85 – 100, 2012.

DOUHARD F. **Vers des systèmes d'élevage résilients : une approche de l'allocation de la ressource pour combiner sélection et conduite dans l'environnement du troupeau**. Thèse Agroparistech – INRA, 177 p., 2013.

EVANS N. Adjustement strategies revisited : Agricultural change in the Welsh Marches. **Journal of Rural Studies** 25: 217-230, 2009.

GIBON A., RUBINO R., SIBBLAD A.R., SORENSEN J.T, FLAMENT J.C., LHOSTE P., REVILLA R... Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. **Livest. Prod. Sci**., 96, 11-31, 1999.

HOLLING, C. S. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. **Ecosystems** 4: 390-405, 2001.

HOSTIOU N., DEDIEU B.,. A method for assessing work productivity and flexibility in livestock farms. **Animal**, doi:10.1017/S1751731111002084, 2011.

LANDAIS E**. Recherches sur les systèmes d'élevage**. Document de travail, INRA SAD Versailles, France, 70 p. 1987.

LEGAY J.M. **L'expérience et le modèle**. INRA Editions Paris, France, 111p, 1997.

LOKHORST C., GROOT KOERKAMP P.W.G. **Precision livestock farming'09**. Wageningen Academic Publisher, 368 P., 2009.

MADELRIEUX S., DEDIEU B., DOBREMEZ L., GIRARD N. Patterns of work organization in livestock farms: the ATELAGE approach. **Livestock Science**, 121, p. 28–37, 2008.

MANOLI C. **Le troupeau et les moyens de sécurisation des campements pastoraux : une étude de la gestion des troupeaux de Tessekre, dans le Ferlo Sénégalais**.. Thèse SEBAGHE, INRA Metafort, CIRAD et SupagroM – Selmet, 186 p., 2012.

MANOLI C., ANCEY V., CORNIAUX C., ICKOWICZ A., DEDIEU B., MOULIN CH. How do pastoral families combine livestock herds with other livelihood security means to survive? The case of the Ferlo area in Senegal. **Pastoralism: Research, Policy and Practice**, 4:3; http://www.pastoralismjournal.com/content/4/1/3, 2014.

MARTEL G., DEDIEU B., DOURMAD J.Y. imulation of sow herd dynamics with emphasis on performance and distribution of periodic tasks events**. J. Agric. Sci**., 146, 365 – 380, 2008.

MARTIN, G., HOSSARD L., THEAU J.P., THEROND 0., JOSIEN E., CRUZ P., RELLIER J.P., MARTIN-CLOUAIRE R. , DURU M.. Characterizing potential flexibility in grassland use – Appli-cation to the French Aubrac area. **Agronomy for Sustainable Development** 29: 381–389, 2009.

MEYNARD J.M., DEDIEU B., BROS A.P.. Redesign and co-design of farming systems. A overview of methods and practices. In Darnhofer I., Gibbon D. et Dedieu B. (Eds) "**Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic**". Eds Springer, 405 – 429, 2012.

MIGNON S. **Stratégie de pérennité d'entreprise**. Vuilbert (Ed), Paris, France, 232 p., 2001.

MILESTAD, R., DARNHOFER I. Building farm resilience: The prospects and challenges of organic farming. **Journal of Sustainable Agriculture** 22: 81–97, 2003.

NOZIERES M.O., MOULIN C.H., DEDIEU B. The herd, a source of flexibility for livestock farming systems faced with uncertainties. **Animal.** doi:10.1017/S1751731111000486, 2011.

OSTY P.L. L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement**, Bull Tech Inf. Min. Agric**., 326, 43-49, 1978.

PASIN F., TCHOKOGUÉ A. La flexibilité multiforme des entreprises de transport. **Rev. Fr. Gestion**, Janvier-Février, 23-31, 2001.

PÉROCHEAU G., CORREIA, M. Les moteurs, principes génératifs du mouvement dans les processus. In **Processus. Concepts et méthodes pour l'analyse temporelle en sciences sociales**. Bruylant: 123-139, 2010.

REIX R. **La flexibilité de l'entreprise**. Editions Cujas. Paris, France, 180 p., 1979.

RIGOLOT C., ROTURIER S., DEDIEU B., INGRAND S. Climate variability drives livestock farmers to modify their use of collective summer mountain pastures. **Agron. Sust. Dev**., DOI 10.1007/s13593-014-0224-7, 2014.

RUEFF, C., CHOISIS, J. P., BALENT, G., GIBON, A. A Preliminary Assessment of the Local Diversity of Family Farms Change Trajectories since 1950 in a Pyrenees Mountains Area. **Journal of Sustainable Agriculture** 36(5): 564-590, 2012.

TARONDEAU J.C. **La flexibilité dans les entreprises**. Collection Que sais-je? PUF (Ed), 126 p., 1999.

TERRIER M. **Les réalités de l'exploitation agricole familiale au prisme du temps long. Proposition d'un cadre d'analyse interdisciplinaire et illustrations en exploitations d'élevage bovin lait dans le Vercors,** Thèse de doctorat en zootechnie système et en sociologie, INRA-SAD, Irstea, Paris, AgroParisTech, 362 p., 2013.

TICHIT M., HUBERT B., DOYEN L., GENIN D. A viability model to assess the sustainability of mixed herds under climatic uncertainty. **Animal Research** 53, 405 – 417, 2004.

QuaeWork : a method to assess work organization (duration and regulation) at farm-scale

Nathalie Hostiou [1], Joel Carneiro dos Santos Filho [2], Jean-Yves Pailleux[3]

[1]INRA UMR 1273 Métafort, Theix, 63122 Saint Genès Champanelle, France, Email : nhostiou@ clermont.inra.fr
[2] EMATER, Av. Brasil, 95 - Colorado/Paraná, CEP 86690-000, Brasil, Email : joelcarneiro@emater.pr.gov.br
[1] INRA UMR 1273 Métafort, Theix, 63122 Saint Genès Champanelle, France, Email : jean-yves.pailleux@clermont.inra.fr

Abstract: Changes affecting livestock farming systems have made work organization a central concern of both the sector and the farmers themselves. In the past, studies on the dynamics of change in livestock farms have considered improving productivity separately from work regulations. However, changes in livestock systems driven by sectorial organization, increased pressure for competitiveness and productivity, and the new demand among farmers themselves for improved working conditions show that these two dimensions of work need to be considered jointly in order to properly assess livestock farming systems. This paper presents and proposes the QuaeWork method (principles, concepts and material) as an approach to qualify and assess interactions between livestock management and work organization expressed by durations and regulations. The use of the QuaeWork method on two sample of contrasting dairy farms (France and Brazil) allowed illustrating specific interactions between work durations and regulations. The QuaeWork method suggests a set of criteria for integrating work organization into farm assessments by proposing criteria for duration and criteria expressing changes in work organization in the course of the year. This approach delivers a better understanding of the interactions between farmers' practices and work organization by taking into account interactions between livestock management, workforce, equipment, and combinations of agricultural and non-agricultural activities. The QuaeWork method can be valuable for planning the future of family farms, for which not only economic efficiency but also life projects are central.

Key words: farms, labour, flexibility, workforce, assessment

Introduction

The changes affecting livestock farming systems in family farms have made work organization a central concern to both the sector and to farmers themselves (Madelrieux and Dedieu, 2008; Garcia-Martinez et al., 2009). The challenge lies in increasing labour productivity to improve the competitiveness of the sector, while also meeting farmer demand for improved work conditions. However, in recent years, farmers have been voicing new work expectations, particularly demand to separate their private lives from their work (Barthez, 1986). Today, this demand also focuses on controlling working hours and being able to have free weekends and holidays, i.e. to enjoy work hours and work patterns that do not set them apart from their families and society. In order to provide change management support for livestock farmers, methods need to be developed that can analyse the labour component of livestock farming systems by harnessing together two previously segregated approaches: productivity gains on one side, and labour regulations on the other.

Envisioning the farm as a business and the farm system as a three-way "human input – herd – resources" triad, work is a resource that needs to be optimized as part of a farmer project targeting maximal economic performance (Bewely et al., 2001; Hadley et al., 2002). In the late 1980s, economists (Jean et al., 1988; Brangeon and Jegouzo, 1988) studied farm labour task durations and intensities, giving special focus to the livestock system (herbivore, swine), in order to run cross-comparisons against other occupational sectors. "Time budget" and "labour budget" were the benchmark methods used (Dedieu and Servière, 2012). Work productivity or efficiency is most often measured by ratios of various dimensions, e.g. livestock units (LUs) or utilized agricultural area (UAA) relative to work time (Veysset et al., 2005; Garcia-Martinez et al., 2009). To cite dairy farming as an example, work efficiency is measured by quotients such as "annual work duration per cow". These criteria are not detailed in any depth, as they do not account for all the dimensions inherent to labour. Accordingly, the efficiency debate thus focuses on automation and the rationalization of labour use, whereas the farmer can also adjust the workforce and livestock management components (Parsons et al., 2004; Cournut and Hostiou, 2010).

The 'Work Assessment' method proposed by livestock researchers aims at integrating the work dimension into the analysis of how livestock farming systems operate at year-round level (Madelrieux and Dedieu, 2008). The goal is to quantify the work linked to herd and land management and to evaluate the time remaining for non-accounted activities (agricultural or other). However, an indicator-based representation of work duration, centred on the agricultural activity, does not cover all the factors raised through debate on work organization (Hervé et al., 2002; Riedel et al., 2007). Debate also extends to the interactions between all on- and off-farm activities (agricultural and non-agricultural) and to the regulations governing work organization (Elad and Houston, 2004; Madelrieux et al., 2009). Farm work is subject to unpredictable weather and varying labour availability, which together impose frequent re-adjustments. In reality, farms often tie up with other farming activities (crops, cheese and dairy processing, etc.), which at certain periods of the year creates inter-task competition and work organization adjustments (Cialdella et al., 2009; McDermott et al., 2010). Although daily farm work provide a strong work structure, the main work organization difficulties stem from how to harness these labour tasks together with other tasks presenting different temporal characteristics (Cellier and Marquié, 1980; Valax 1989).

Some approaches to farm labour give few details on livestock management, which is expressed as a production system (suckler or suckler-fattener) in order to differentiate sufficient baselines for comparative analysis and for pinpointing areas for improvement (Dedieu and Servière, 2010). However, livestock farming consists of articulating animal and plant cycles, which have different periodicities. There are different tasks to be accomplished throughout the year. The tasks are variable not only in their nature (animals, land, equipment, administrative tasks, etc.) but also in their rhythm. Livestock management can be described via a set of practices (Gibon et al., 1999) giving rise to tasks that have different temporal characteristics (Madelrieux and Dedieu, 2008). The workforce also is variable during the year. Their rhythms of involvement vary according to the individual and the periods of the year, and are not necessarily linked to the agricultural work peaks. Equipment and facilities are another essential factor for understanding farmers' organizational choices, since equipment will shape task duration and/or the content of the work that needs doing (Wagner et al., 2001;

Rotz et al., 2003). Farm managers can re-adjust three farm system components to better organize their work: livestock management, workforce and equipment (Parsons et al., 2004; Hostiou and Dedieu, 2009). For example, once-a-day milking is often associated with seasonal calving, milking stopped over a specific time-period, and solutions based on mutual help and employment groups (Cournut and Hostiou, 2010). The livestock farming system can be considered as the interactions between livestock management, workforce and equipment facilities (Madelrieux and Dedieu, 2008).

In the past, studies on livestock farming systems have given separate consideration to improving productivity on the one hand and work regulations on the other. However, changes in livestock systems driven by sectorial organization, increased pressure for competitiveness and productivity, and the new demand from farmers themselves for improved working conditions, underscore how livestock management, productivity and work regulations now need to be considered jointly. This paper proposes a method for analysing the interactions between livestock farming systems and work organization using criteria on duration and regulations. The first section deals with the aims of the QuaeWork method and its application to two samples of dairy farms. The next section presents the principles and steps underpinning the QuaeWork method and reports the results obtained using the QuaeWork method to analyse the interactions between livestock management and work organization in farms in France and Brasil. Finally, we discuss the utility of this method and the criteria for assessing work organization.

Materials and methods

Aims and principles of the QuaeWork method

Several methods have been developed with the aim of analysing work organization in livestock farming systems. The time-budget method was used to evaluate farm work duration and duration trends in comparison to other salary-worker sectors (Jean et al., 1988). This method is based on the farmer stop watching all his successive farm work activities over a 24-hr day. This method sets farmers heavy constraints, as they are required to set every single activity they do on at every single 15-minute interval. It has also proven highly selective, as although many farmers started it, but few managed to complete it (Lacroix and Mollard,

1991). The method also carries a major subjectivity risk, as the recordings are self-administered, which introduce a biasing risk of error (Brangeon and Jegouzo, 1988). It is equally cost-intensive, recruiting investigators for year-long monitoring plus data input and processing. Consequently, it is only viably deployable on a limited farmer sample. The "Work Assessment" developed by animal production scientists is based on the farmer's memory during a survey rather than on scrupulously-logged recordings. Technical farm management is described by a set of tasks that present different task-time characteristics. Workers differ according to their function within the work group, their involvement in the farm, and how they are paid for their work (Dedieu et al., 2006; Madelrieux and Dedieu, 2008). This method produces quantitative references that are useful for farmers and agricultural advisors. In the Atelage model, also developed by animal production scientists, work quantification is abandoned to the benefit of describing and qualifying work organization (Madelrieux et al., 2009). The goals are to describe and qualify a farm's work organization and to identify the reasons underpinning this organization. Starting from “who does what, when and where”, the aim is to identify the forms of interaction between production process, workforce, and non-agricultural activities including holidays, and how they evolve over a full year-long production cycle. The work organization is described as a system of activities (an “activity” corresponds to a task associated with a temporal characteristic, a work group and a location) taking into account the different temporal scales (daily, weekly, seasonal), and integrating the regulations linked to climatic hazards and worker availabilities. However, this method does not quantify work durations, which is one of the major demands being voiced by farmers (Madelrieux and Dedieu, 2008; Riedel et al., 2007).

The limitations to the methods described above prompted us to set the following objectives for the QuaeWork method. The method needs to co-analyse work duration, productivity and regulations due to shifting patterns in workforce, production processes, and combinations of agricultural and non-agricultural activities. Work is formalized as a system of interactions between livestock management practices, equipment and buildings, workforce and other activities (Dedieu and Servière, 2012). The principle of the survey is inspired by analytical reconstitution (Lacroix and Mollard, 1991) of agricultural work over the year via a

semi-structured interview. The method need to be fast and applicable to diverse and large-scaled farmer populations. Another core principle is that the method has to enable agricultural advisors to help farmers on their work-related issues, produce a diagnostic analysis, and identify potential technical or organizational changes.

The QuaeWork method was in eight livestock farms selected to cover a broad diversity of animal production, production structures, combinations of agricultural and non-agricultural activities, and workforce composition (Hostiou and Dedieu, 2012). These farms were selected by working with agricultural advisers in two regions of France (the Auvergne and the Pays de la Loire) that differed in terms of soil and climate characteristics. The Auvergne is an upland region (600–1100 m) in central France, while the Pays de la Loire is a low-lying plain in western France. The tests formed part of an iterative process based on surveys conducted with livestock farmers, discussions with different experts (advisers, researchers, and development agents), and literature review. Each test comprised the following four steps. First, a survey was led with the farmer using a semi-structured questionnaire to collect information on production structures, workforce, agricultural and non-agricultural activities, livestock management and work organization (duration, "who does what, when and where") over the year. Second, for the survey, both the form (presentation of aims to the farmer, order of questions, how subjects would be approached, and the vocabulary used) and the content (relevance and order of questions, more thorough treatment of certain themes, and questions added or skipped) were analysed. The agricultural advisers gave their input on how to improve the questionnaire structure and content. This step led us to reword the questionnaire and draw up a guide for future users. In a third step, the data collected on the farm was ordered and analysed. A data analysis document, in the form of an Excel spreadsheet, was constructed to facilitate qualitative and quantitative data processing, and to store information on the farm. Finally, a document bringing the main results was drawn up and discussed with the farmer in a presentation of the findings. We asked the farmer to give feedback on the clarity and usefulness of this document. After each test, improvements were made to the different steps. The method concepts and documents were also validated based on the results of the eight tests.

Application of the Quaework method on two samples of farms

The QuaeWork method was applied to dairy farms in France and Brasil to identify and characterize different types of work organization.

The first study was located in the La Loire Department at East of Central Massif in France. This Department has a utilized agricultural area of 233.552 ha, being 86,9% designated to food production for livestock (pasture and forage culture), with a part used for dairy cow production. There are 58.069 dairy cows that produced 344 million of milk, in 1.258 dairy farms, in 2010 (Agreste, 2011). In the study, 10 dairy farms were sampled, supported by a technician, in charge of the milk control. The 10 dairy farms were selected according to their workforce composition, the herd feeding, equipment and productive improvements used, as well their dimensions (Table 1).

Table 1. Dimensions of the 10 dairy farms sampled in the La Loire Department

Characteristics	Average	Minimum	Maximum
Utilized agricultural area (ha)	83,9	46	130
Total forage area (ha)	71,3	44	100
Herd (LU[1])	93,9	48,8	164,7
Number of dairy cows (heads)	41,8	23	55
Milk production (thousand litres of milk/year)	287,1	130	420

LU[1] : Livestock Unit

This second study was conducted in five municipal districts of the Northern region of Paraná state, Brasil (Colorado, Itaguagé, Nossa Senhora das Graças, Mandaguaçu and Presidente Castelo Branco). 20 dairy farms were surveyed supported by agricultural extensionist from Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Instituto EMATER). The sample was characterized by a diversity of production structure (herd size, land area), herd feeding, presence of other agricultural and non-agricultural activities and

workforce composition (only one worker, two or more workers; familiar workforce and/or other forms) (Table 2).

Table 2. General characteristics of dairy farms sampled in the North of Parana state, Brazil

Characteristics	Average	Minimum	Maximum
Utilized agricultural area (ha)	22.7	4.1	59.0
Total forage area (ha)	21.2	3.4	59.0
Herd size (AU[1])	40.5	12.3	125.8
Number of dairy cows (heads)	27	9	76
Milk production (thousand litres of milk/year)	75.17	10.95	273.75

[1]AU – animal unit

For both studies, a categorization approach (Girard et al., 2008) was used to identify different patterns representing how livestock management contributes to work organization. Variables expressing work duration and regulation (Tables 3 and 4) for the sample farms were expressed on linear axes, and the existing modalities were ranking into order (Girard et al., 2001). Each farm was characterized by one modality for each variable. To formalize the diversity of the cases, graphic representations amplifying visual cognition were used (Bertin, 1977; Card et al., 1999). A cross-table was created, with the farms in rows and the different variables and their modalities in columns. Farms that presented similar visually-profiled modalities were pooled into groups (Tables 3 and 4). For each study, groups of farms, defined by the most typical variables, emerged and were characterized under a name underlining the strategy implemented.

Table 3. Variables used to assess work regulation and duration in the 10 dairy farms of the La Loire Department (France).

Variable	Modalities	N° farms
Calculated time available per person of the basic group (CTA/pBG)	1-Low (<600 hours/year)	1
	2-Medium (600 to 1000 hours/year)	3
	3-High (>1000 hours/year)	6
Distribution of the calculated time available (CTA) over the year	1- Regular CTA during winter and varies during the summer	5
	2- High CTA in summer	2
	3-CTA with strong amplitudes during the year	3
Annual variability of forms of work organization	1- Stable (few periods, many periods without adjustment)	3
	2-Not very variable (many periods, but few adjustments of set-days within the periods)	2
	3- Variable (many periods, with adjustment of set-days within the periods)	5
Rhythm of adjustment	1- without adjustments (every day in the week is the same) or some adjustments of the set-days during winter due to workforce availability	3
	2-Weekly adjustments (week set-days and one or two set-days during the weekends)	3
	3- Daily adjustments (each period with 3 or more set-days)	4
Origin of the periods	1-herd feeding marks the origin of the periods	3
	2- Periods sensitive to changes in workforce availability and changes in herd management	3
	3- Periods sensitive to many reasons (herd feeding, seasonal work and/or irrigation and/or concentrated calving)	4

Table 4. Variables used to assess work regulation and duration in the 20 dairy farms in Paraná (Brasil)

Variables	Modalities	N° farms
Calculated time available per worker of the basic group	1- low (<600 hours/year)	8
	2- medium (600 to 1000 hours/year)	5
	3- high (>1000 hours/year)	7
Total routine work (number of hours)	1- low (<2500 hours/year)	7
	2- medium (2500 to 5000 hours/year)	8
	3- high (>5000 hours/year)	5
Routine work per worker of the basic group	1- low (<1500 hours/year)	8
	2- medium (1500 to 2500 hours/year)	7
	3- high (>2500 hours/year)	5
Autonomy of the basic group for routine works	1- total (100%)	8
	2- medium to high (50 to <100%)	6
	3- low (<50%)	6
Seasonal work (number of days per year)	1- low (<20 days/year)	6
	2- medium (20 to 40 days/year)	7
	3- high (>40 days/year)	7
Seasonal work per worker of the basic group	1- low (<10 days/year)	9
	2- medium (10 to 20 days/year)	6
	3- high (>20 days/year)	5
Autonomy of basic group for seasonal work	1- high (>70 to 100%)	8
	2- medium (35 to 70%)	7
	3- low (<35%)	5

Results

In this section, we present the QuaeWork method (concepts, principles and criteria) and its application to tow different regions (France and Brasil).

The QuaeWork method

Concepts

The aim of the Quaework method is to examine work duration and regulations over the year through a systemic approach to the farm, taking into account herd and land, workforce, equipment and facilities, and combinations of activities (agricultural and non-agricultural). The method is based on the concepts outlined below.

Two categories of workforce ("who") are defined. The basic group comprises the workers for whom agricultural work is the dominant driver of working time and income, and who organize farm work according to their requirements and any constraints they may have (tied to other non-agricultural activities). The basic group is a farmer, a farming couple, or associates. The workforce outside the basic group are workers: i) who intervene occasionally (children, mutual help, agricultural company, equipment cooperative, etc.); ii) who do not share any responsibility for work organization over the whole farm (full-time or temporary waged workers); iii) whose income does not depend directly on the farm (retired relatives, spouse working full-time off the farm, etc.). All workers were also characterized in terms of their skills and/or preferences for different production units (livestock, crops, etc.) to provide a better understanding of how the work is distributed and what tasks can be done by different workers.

To address work content ("what"), two types of tasks are defined according to rhythm and postponability. Routine work has to be done almost every day, and can be neither aggregated nor postponed. This work generally concerns daily animal care (milking, feeding, etc.). Routine work is quantified in hours per day. Seasonal work covers tasks that are more easily postponable and/or aggregatable over a given period. It comprises tasks linked to agricultural activities (herd, crops, forage areas, land upkeep) and non-agricultural activities (processing and commercialization, diversification or services). It is quantified in days per year. The temporal characteristic of a given task is not set in advance but is stated for each individual farm according to how the task is performed. The calculated time available (box 1) is the time left to the basic group for non-accounted activities after removing routine work, seasonal work, and repaid work (expressed in hours per year).

Box 1. Method to calculate the calculated time available

The calculated time available represents the time left for the basic group to perform other unrecorded tasks or that can be kept free. The formula used to calculate it (in hours per year) for the baseline farm unit was:

$$CTA = \Sigma_i (Jd_i \times Hd_i),$$

where

i is a period when routine work has a constant duration,

Jd_i is the number of days available during period i for performing non-quantified tasks: Jd_i = [(number of days in period i – number of Sundays) × (number of workers in the basic group)] – [number of days spent by the basic group on seasonal work during period i], and

Hd_i is the number of hours available per 8 h day once all routine work has been completed (during period i): Hd_i = [8 – (number of hours of routine work carried out by the basic group/number of workers of the basic group)].

The basic scale unit of organization is the day, represented by the concept of a "set day". A set day represents the technical and social division of work during a day (Madelrieux and Dedieu, 2008) (Table 5), and is characterized by routine work, the workforce performing the work and its duration, as well as the relations between routine work and seasonal work or the other agricultural and non-agricultural activities.

Table 5. Description of a set day in a dairy farm

	Set day	**Example of a set day in a dairy farm**
Routine work	Nature of the routine work and workforce	From 6.30 a.m. to 8 a.m. the basic group takes care of the herd (milking, moving and monitoring cows). In the evening, the routine work (milking) is carried out by the basic group from 6 p.m. to 7 p.m.. Between these two periods
Quantification of the routine work	Duration and working hours	
Relations between routine work and seasonal work	Identification of the impact of seasonal and other agricultural or non-agricultural work on	

Daily work organization may evolve over the course of the year, for a variety of reasons (Dedieu et al., 2006). For example, routine work with the herd can change, compelling the farmer to perform new tasks (in winter, routine work is composed of tasks such as mulching and feed dispensing, while in spring it includes monitoring grazing cattle and providing water). The workforce can also change (children present at weekends, waged workers working two days a week, etc.), inducing a new distribution of routine work among the workers. Another reason is that a given activity can become the essential activity of the day if it modifies the routine work: a meeting, a market, or seasonal work can all take priority and require the routine work to be done earlier or later in the day for example. Hence, work organization over the year can be described by characterizing different set days. The first factor that determines the change from one set day to another is the change in work period (calving period, winter cowshed period, etc.). There may be an alternation of different set days within periods when justified by routinely-occurring events (a market day *vs.* other days, weekend *vs.* week, and rainy days *vs.* sunny days at the time of peak workloads in the fields).

At the year scale, work organization is the result of the link-up between periods and different organizational characteristics. The yearly time scale is not necessarily meaningful for farmers, who tend to discern other time periods: winter work when the animals are stabled is

seen as different from summer work with grazing herds. A period defines a time interval lasting several weeks or months and that marks a certain stability in terms of workers, farm work (and thereby the nature of the routine work) and the presence or absence of other activities. Hence, a period is defined by the consistency of: i) events that affect farm management, i.e. workforce (rhythm of work, holidays, etc.), practices and technical events (calving, grazing, harvests, irrigation, etc.), and other activities (markets, meetings, processing, etc.); ii) organization at daily scale. These periods are not set in advance. Three criteria are used to define a change of period: i) when the nature of the routine work is modified (e.g. herd grazing after the wintering period), ii) when a member of the basic group no longer intervenes in the same way in routine work for the duration of the period, (due to holidays, off-farm activities, or a radical change in how work is distributed among workers), and iii) when new processing, commercialization or non-agricultural activities modify the presence of workers or induce new daily activities.

Criteria for assessing work duration and regulations

The QuaeWork method produces several criteria to assess work duration and regulation (Table 6). At the yearly scale, QuaeWork produces criteria characterizing the time spent over a year on implementing livestock management (routine work in hours per year, routine work per member of the basic group in hours per year) and land practices by all the workers concerned (number of days of seasonal work per year, number of days devoted to forage areas per year). The method also allows time spent on agricultural activities (crops) and non-agricultural activities (e.g. diversification, for example cheese making or clothing making) to be calculated. The calculated time available, i.e. the time left to the basic group to perform other tasks not accounted by the method or to keep free, is also calculated in hours per year. Annual work efficiency criteria are also calculated (number of hours of routine work per livestock unit, number of days of seasonal work per hectare of UAA). Two criteria are used to qualify the regulation of work organization by examining the annual evolution for time and calculated time available (unvarying routine work, routine workload greater in winter, etc.). Two further criteria qualify the division of labour (degree of autonomy of the basic group for routine and seasonal work) by analysing the division of labour between the two categories of workers in the course of the year (autonomy of the basic group all year round, outside help at certain periods of the year, etc.). Three other criteria focus on qualifying of the variability of the work organization: “annual

variability of work organization forms" expresses the degree of variability in the set days over the year; "rhythm of adjustment" defines the modes of alternation of set days within periods (stable, day-by-day, weekly, etc.); "role of livestock management practices in adjustments" expresses how changes in livestock management cause variation in the daily work organization (livestock management involved in most adjustments, forms of organization more sensitive to changes in workforce).

Table 6. Criteria qualifying work duration and regulation in farm cases

	Criteria	Units or examples of modalities
Work duration	Routine work	h/y
	Routine work per member of the basic group	h/y
	Seasonal work	d/y
	Calculated time available	h/y
	Routine work per livestock unit	h/y
	Seasonal work per hectare of UAA	d/y
Work regulation	Distribution of routine work over the year	1- Unvarying over the year 2- Routine workload greater in winter 3- Varies with season
	Distribution of calculated time available over the year	1- Unvarying over the year 2- Greater in winter 3- Greater in autumn 4- Greater in spring and autumn
	Division of labour : degree of implication of the basic group in routine work	1- Autonomous basic work group 2- Autonomous basic work group except for holidays 3- Partial delegation
	Division of labour : degree of	1- Autonomous basic work group

implication of the basic group in seasonal work	2- Autonomous basic work group except for harvest 3- Total shared year-round
Variability of work organization forms : annual variability of work organization forms	1- Stable — few periods, many periods without adjustment 2-Not very variable — few periods, adjustment of set days within certain periods 3- Variable — many periods, with adjustment of set days within the periods
Variability of work organization forms : rhythm of adjustment	1- Stable periods (1 set day per period) 2- Stable periods over the year except in summer or winter with daily adjustments 3- Weekly adjustments over a period or all year
Variability of work organization forms : role of livestock management practices in adjustments	1- Marks the causes of certain periodic adjustments 2- Implicated in almost all the adjustments 3- Organizational forms more sensitive to changes in labour resources

Three steps

The QuaeWork method was implemented in three steps. First, a semi-structured interview was conducted with the farmer. Several topics were addressed in the questionnaire: production structures, agricultural and non-agricultural activities, livestock management, workforce composition, work schedule and quantification of seasonal work, set days and quantification of routine work, and a general overview led with the farmer. Second, data were analysed and processed using a pre-formatted spreadsheet (Excel). Three types of document were available for different purposes:

- to record and analyse the survey data (work schedules, recording and processing of quantitative data);

- to draw up the final document submitted to the farmer;
- to carry out optional analyses if relevant to the situation identified in the farm (analysis of farmer movements between farm facilities, detailed analysis of set days, etc.).

Third, the presentation of findings is based on work duration, workforce availability schedules, regulations set up by the farmer on daily scale and on periods of the year. It proposed a visual representation shared mutually by the adviser and the farmer, which is essential to build an advisory relationship. The aim of this presentation was to consider, together with the farmer, prospects and solutions for problem solving, to improve the situation or to anticipate changes.

Comparison of work durations in France and Brasil

The duration of routine work per year and per person of the basic group are higher in Brasil even if farmers delegated more work to workforce outside the basic (family help, hired workers…). In Brasil, routine work with the dairy cattle comprises: milking, feeding, cleaning of the facilities, cleaning of milking equipments and materials and animal displacement. Some of the farms sampled present routine work linked to agricultural activities (coffee, vegetable crops and small breeding) and non-agricultural activities (transformation and commercialization). The higher volume of routine work in Brasil can be explained by a lower level of mechanization : farmers carried out more daily tasks manually (milking, feeding,…). The duration of seasonal work is lower in Brasil : some tasks, as for example cane weeding, are difficult to quantify because farmers carried out them during time free.. French farmers do more seasonal tasks to harvests (maize silage, hay,…). The level of delegation of seasonal work is the same (76%) in the two studies. In Brasil, the calculated time available of farmers is lower than for French dairy farmers. In Brasil, eight farms presented a very low calculated time available with less than 600 h/y (Santos Filhos et al, 2012).

Table 7. Average work durations in the sample of dairy farms in Paraná (Brasil) and La Loire (France)

	Dairy farms in Paraná - Brasil (20)	**Dairy farms in Loire – France (10)**
Total annual routine work (h/y)	4344	3370
Routine work per person of the basic group (h/y)	2190	1450
% of routine work carried out by the basic group	58%	77%
Seasonal work (d/y)	35	102
% of seasonal work carried out by the basic group	76%	76%
Calculated time available (h/y/person of the basic group)	732	987

Groups of work organization in dairy farms in France (Loire)

Five types of work organisation were defined by the most typical variables (Table 8).

Table 8. The five groups of work organization identified from QuaeWork criteria in dairy farms in France

Farm	Annual CTA[1] per person of the basic group[2]	Distribution of CTA[1] in the year	Annual variability of forms of work organization	Rhythm of adjustment	Origin of the periods	Groups
RU	2	2	1	2	1	G1
AD	2	2	1	1	2	
GO	3	1	2	1	3	G2

CA	3	1	1	2	1	
DU	2	1	3	3	1	G3
FE	3	1	3	3	2	
AL	3	3	2	1	3	G4
GU	3	3	3	3	3	
MO	3	3	3	3	3	
DE	1	1	3	2	2	G5

[1]Calculated time available (hours/year); [2] basic group

Type 1 was composed of two dairy farms with a medium calculated time available by person of the basic group (674 to 827 h/year). This medium calculated time available was explained by a high routine work carried out in autonomy by the basic group (more than 95% of the routine work) due to herd feeding during the winter. It was also explained by the seasonal work carried out in autonomy by the basic group (more than 87% of the seasonal work). The routine work was reduced from the beginning of spring by allowing the animals to graze. The dairy cows spent little time stabled, thus reducing the time devoted to cleaning of facilities and moving. During the grazing period, in summer, the farmers suspended feed dispensing. This technical management provides higher calculated time available during summer. The farmer had chosen to have a simple and relatively stable organization determined by the production process. The alternations were governed by production process (winter with the herd at the cowshed, summer with the herd out to pasture). There were few periods and few sets-days per period, showing little adaptive capacity. This type of work organization was related to a higher calculated time available in summer, that allow the basic group to carry out the seasonal work (hay, etc.) in autonomy and to have free time available to do other activities (agricultural or not).

Type 2 was composed of two dairy farms with a high calculated time available per person of the basic group (1107 to 1495 h/year). The routine work per person of the basic group was lower than the average of the sample (1449 h/year), due to the delegation to

workers outside of the basic group (family members). The calculated time available was regular during the winter and varies during the summer. During winter, work was homogeneous with daily animal are (feeding at cowshed, milking, etc.). In summer, the calculated time available varies according to the seasonal work, which is non-uniformly distributed, mainly related to forage area (haymaking, silage). There was only one set-day in the week or set-days alternated in a weekly rhythm with adjustments during the weekends because of farmer's expectations. For example in the case of the farm CA, workers alternate between work and rest. The work organization of this type was related to a high annual calculated time available.

Type 3, composed of 2 dairy farms, presented medium to high annual calculated time available per person of the basic group (822 to 1045 hours). The calculated time available was due to a low routine work (1918 and 2051 h/year) which a part was delegated to workers from outside of the basic group (family members and/or others). The calculated time available was also explained by a low seasonal work (51 days/year). The calculated time available was regular during the winter and varies during the summer, because of the time devoted to seasonal work on forage area during this period. This pattern of work organization is typified by multiple adjustments, with various periods and several different set-days within those periods implying a higher degree of complexity in the production process (cowshed during winter and pasture in summer), greater workforce availability or the presence of non-agricultural activities. The work organization of this type was characterized by the ability to adapt to diverse and distinct events and was associated with an important calculated time available allowing farmers to have free time.

Type 4 was composed of three dairy farms, with a high annual calculated time available per person of the basic group (1008 to 1278 hours/year). Routine work and seasonal work were carried out by several persons of the basic group and were shared with workers from outside the basic group (unpaid workers or hired labour). The duration of routine work was low due to the simplified management of herd feeding : at cowshed, during the winter, dairy cows received a complete feed ration (the feed ration was mixed and distributed equally for each category of animals). The routine work was also simplified with the use of machines

to feed the herd with more performance. The calculated time available and the work organization forms in these farms present significant variation during the year due to technical changes in herd management (herd feeding), changes in the workforce due to vacations and weekends. In the farms MO and GU, alternation between set-days was on a day-to-day basis according to seasonal work priorities (the worker no longer intervened in the routine work, but was reassigned to seasonal work, or only one person in the basic group carried out the routine work) or to demand for free time (weekends or holidays). This pattern corresponds to farmers who apply many adjustments with various forms of work organization. This type presented high work regulation (high value of calculated time available and its variation during the year), and by its abilities to adapt to different events (changes in the technical management and workforce availability).

A dairy farm with the lowest calculated time available (404 h/year) represented type 5 in the sample. This situation was explained by a high duration of routine work during the year (3644 h), which was shared between the basic group (one person) with a permanent employee (from outside the basic group). Nevertheless, the basic group, composed of only one worker, carried out in autonomy the routine work during a part of the year, because the employee worked on crops and forage area. The high routine work was also explained by a very low level of mechanization, with many tasks (e.g. mulching out) carried out manually. The calculated time available had no variation during winter due to a regular routine work. However, during summer, due to the seasonal work and holidays of the farmer, the calculated time available varied. This pattern of work organization is typified by multiple adjustments, with various periods and two different set-days within those periods. Periods alternated due to changes in workforce availability (presence or absence of the hired labour) and to changes in seasonal works with the forage area (soil preparation, planting, etc.). The set-days alternated in a weekly rhythm because of the absence of the farmer or the employee (weekends or holidays). Then, work regulation of this type is related to the adaptive capacity to several and distinct events but with low time available.

Groups of work organization in dairy farms in Brasil (Paraná)

Four types of work organisation were defined in the case of the dairy farms in Brasil-Paraná (Table 9).

The type 1 was composed of five dairy farms with very stressed condition related to work. Each person of the basic group (1 or 2 persons) had a very low calculated time available (0 to 192 h/year), due to a high routine work above 3890 h/year, which is assumed almost totally by the basic group (above 82%). Each person of the basic group assumed more than 2550 h/year of routine work, whose value is considered high in the sample. The high routine work was explained by using sugar cane for herd feeding, sugar cane transport through cart load and by intensifying the use of pasture through manual fertilization. The twice milking a day also explains the high routine work and other agricultural activities as coffee and cereal cultures and pisciculture. There are also non agricultural activities like commercialization of crops at the farmer fair and milk door to door. In relation to the seasonal work, the basic group was autonomous, and carried out all the tasks.

Table 9. The five groups of work organization identified from QuaeWork criteria in dairy farms in Brazil

Name of farms	Calculated time available per worker of the basic group	Routine work per worker of the basic group	Autonomy of the basic group for routine works	Total routine works (number of hours per year)	Seasonal work per worker from the basic group	Autonomy of the basic group for seasonal work	Total seasonal work (number of days per year)	Groups
WZ	1	3	1	3	1	1	1	G1
OF	1	3	2	2	2	1	1	
EF	1	3	2	2	3	2	3	
TL	1	3	2	3	1	1	1	
SA	1	3	2	3	1	1	2	G2
LH	1	2	1	1	1	2	1	
VM	1	2	1	1	2	2	2	
VC	1	2	1	1	2	3	3	
AL	2	2	1	1	2	2	2	G3
RG	2	2	1	2	1	2	2	
FA	2	2	1	2	1	1	2	
DB	2	2	2	1	2	1	1	
AV	2	1	2	2	3	1	3	G4
AC	3	1	1	1	3	1	2	
OG	3	1	3	1	1	3	2	
EL	3	1	3	2	1	3	3	
JV	3	1	3	2	1	3	1	
OV	3	1	3	2	3	2	3	
RR	3	1	3	3	2	3	3	
LM	3	2	3	3	3	2	3	

The numbers in grey cells correspond to the modalities related to each variable (Table 4). The same colour was attributed to the same modality.

The type 2 was composed of three farms in a stressed condition related to work, where a low calculated time available (332 to 584 h/year). In these farms specialized in milk production, the basic group was composed of only one person which did every routine work (2041 to 2382 h/year). The routine work was explained by providing forages once a day, feed

supplements. The farms VM and VC provided only sugar cane as a supplement (the farm LH provides sugar cane and corn silage), the farms LH and VC provided to every animal and do twice milking a day.

The type 3 was composed of five farms with a good time calculated available (664 and 934 h/year). The routine work was very variable (1942 to 4963 h/year). The basic group was composed of 1 to 3 persons, and each of one does 8 hours of routine work per day. The routine work was explained through the following factors: 65% to 100% of the herd received forage in the trough, using cart load to transport these forages that ware provided twice a day and milking twice a day.

The type 4 was composed of seven farms with a high calculated time available (1071 to 1526 h/year). Even if he basic group is composed of one person, the high calculated time available was due by delegating part of the routine work (more than 50%), and part of the seasonal work (more than 58%) to workers from outside the basic group. Three farms (JV, RR e LM) employed permanent hired workers, and the other three (OG, EL, OV) received help from their family. The low duration of routine work was also due to the simplification of livestock practices (feeding and milking), as well as to the use of equipment that carries more quantity of forage. Simplifying feed management was possible by offering sugar cane and silage in the trough, which are provided once a day. Milking was done one a day. The transport of forages was made using wagon.

Discussion

Knowledge produced on interactions between livestock farming systems and work organization

The QuaeWork method is a livestock farming system approach (Gibon et al., 1999) that proposes to consider the interactions between livestock management, workforce, and farm equipment. The QuaeWork method also connects livestock management system to work durations, productivity, and regulations, all of which are commonly tied together in livestock farms (Hervé et al., 2002; Madelrieux and Dedieu, 2008). In developing countries, interactions between livestock management and workforce play an even more important role

in for meeting the expectations of farmers and their families than in Europe, as mechanization is often non-existent or not an option (McDermott et al., 2010). In some countries, livestock management choices are critical to work organization adjustments. In dairy cattle farms of Amazonian Brazil, where the family workforce cannot hire wage workers, the forage system must adjust to priority tasks. Such adjustments allow simplifying herd management tasks and techniques (Hostiou and Dedieu, 2009). In contrast, in family dairy farms in Vietnam, the QuaeWork method shows that in the largest (1 to 2 ha) and most heavily-intensified farms, the farmers had lightened their workload by mechanizing routine work tasks (thereby improving work efficiency) and employing permanent wage-earners. While in the smallest scale farms (< 0,5 ha) farmers had adjusted their work flexibility by stopping non-agricultural activities during peak workload periods (Hostiou et al., 2010). In family-run dairy farms in Brazil, the QuaeWork method is being used to identify the diversity of farmers' strategies for managing their farms and organizing their work. A better understanding of the interactions between livestock management and work organization will allow to identify strategies : i) where livestock practices (herd and land) are based on technical and economic objectives, in which case the aim is to efficiently re-organize the labour resources, and ii) where the family life project is central to farmers' expectations, in which case livestock management is designed to favour this life project.

The QuaeWork method can thus prove useful in planning the future of family-run farms, where not only economic efficiency but also life projects are central to farmers' expectations (Solano et al., 2001). In livestock farming systems where the work factor is a limitation to the adoption of intensive or innovative techniques (Riedel et al., 2007; Vayssières et al., 2011), the QuaeWork method can thus be useful when questions arise regarding the future of farms.

Criteria for assessing livestock farm work

Social indicators are still rarely taken into account in livestock farming system assessments, which are essentially based on technical or environmental criteria (Bockstaller et al., 2009). Authors have so far proposed indicators on the workloads linked to physical labour (Van Calker et al., 2007) or on work time linked to livestock farming practices (Vayssières et

al., 2007; Glesson et al., 2008). The QuaeWork method offers a set of criteria for integrating work organization into farm assessments by proposing criteria on work durations and criteria expressing changes in work organization in the course of the year. It proposes criteria for quantifying and evaluating farmwork, such as duration of routine work, duration of seasonal work, routine work per LU. These criteria converge to estimate labour efficiency and can be interpreted according to relevant factor variables ranging from herd size to distribution of calving periods, overwintering duration, farm workforce, or equipment facilities (Aubron et al., 2009; Hostiou and Dedieu, 2009). These criteria are useful references for farmers looking to improve labour efficiency, consolidate the competitiveness of their farm business, cope with the decline in family labour options (Garcia-Martinez et al., 2009), diversify the agricultural activities (Reig-Martinez and Picazo-Tadeo, 2004) or even farmers ready to employ waged labour (Bewley et al., 2001). The QuaeWork method qualifies changes in work organization, but unlike most agronomics approaches, it does not pre-assign resources (workforce, equipment) according to required needs (Papy et al., 1988). The QuaeWork method proposes criteria on the regulation of work organization forms. For example, the "annual variability of work organization forms" criterion allows qualifying the stability or variability of work organization over the course of the year. It underlined the sensitivity of work organization to both internal events (retirement of a worker, etc.) and external events (climatic hazards). These criteria are able to qualify the adaptive capacities of livestock farming systems, which have become a key issue for farm sustainability due to the growing uncertainties involved (Darnhofer et al., 2010). These criteria – productivity and regulation - are important for making reasoned decisions on livestock farming system changes, especially innovations (Riedel et al., 2007).

However, these criteria do not cover all the demands of farmers, who are expressing other work-related issues and other attitudes to their work (Fiorelli et al., 2010). The QuaeWork method would need to take into account other components of farm work studied by ergonomists, such as mental workload (Jourdan and Theureau, 2002), which would allow the complexity of certain livestock management to be assessed (Dedieu and Servière, 2012). The QuaeWork method should also incorporate other work dimensions that are important in

family-run farms, such as farmer knowledge and transmission, the construction of their identity, and the meaning given to work with animals (Gasson, 1973). Similarly, strategies based on labour delegation and the employment of waged workers place the farmer's role in a new light and carry non-neutral implications in terms of economic returns (Errington and Gasson, 1996). Given the current context of changing patterns of agricultural labour marked by bigger farms shifts in farmers' attitudes to their work, the ability to integrate all three work dimensions, i.e. efficiency, organization, and perception of work (Dedieu and Servière, 2012; Fiorelli et al., 2010) will not only enable better assessments of livestock farming systems but also make it possible to design and build tools that are properly adapted to farmers, their knowledge, and their demands.

Conclusion

The QuaeWork method is a methodological proposal for qualifying and assessing work organization based on interactions between livestock management and work assessments built on duration and regulation criteria, but also taking into account other components of the livestock farming system, i.e. equipment, workforce, and combinations of agricultural and non-agricultural activities. The changes in family-run livestock farming impelled by sectorial evolution, increased pressure for competitiveness and productivity, and new quality-of-life demands being voiced by farmers represent challenges for the maintenance of livestock farms. Understanding work organization in the case of family farms is thus a first step towards a better assessment of the current situation faced by farmers, and towards the design of innovative systems employing an integrative approach that does not neglect the farmers who work in them.

References

AUBRON, C., COCHET H., BRUNSCHWIG G. et al. Labor and its Productivity in Andean Dairy Farming Systems: A Comparative Approach. **Human Ecology**, v.37, p.407-419, 2009.

BARTHEZ, A. Du labeur paysan au métier d'agriculteur : l'élaboration statistique en agriculture. **Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales, v.**3, p.45-72, 1986.

BERTIN, J., La graphique et le traitement graphique de l'information. Flammarion, Paris, France, 1977.

BEWLEY, J., PALMER, R.W., JACKSON-SMITH, D.B. Modeling milk production and labor efficiency in modernized wisconsin dairy herds. **Journal of Dairy Science, v.**84, p.705-716, 2001.

BOCKSTALLER, C., GUICHARD, L., KEICHINGER, O., et al. Comparison of methods to assess the sustainability of agricultural systems. A review. **Agronomy for sustainable agriculture, v.**29, p.223–235, 2001.

BRANGEON, J.L., JEGOUZO, G. La durée annuelle du travail professionnel agricole en élevage porcin et laitier. **Actes et Communications, v.**3, p31–44, 1988.

SANTOS FILHO, J.C., J., HOSTIOU, N., DAMASCENO, J.C., DEDIEU, B. 2012. Room for manoeuvre in time of the workforce in dairy production systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.2450-2457, 2012.

CARD, S.K., MACKINLAY, J., SCHNEIDERMAN, B. Readings in information vizualisation: using vision to think. Morgan Kaufman, San Francisco, CA, USA. 1999.

CELLIER, J.M., MARQUIÉ, J.C. Eléments d'analyse temporelle du travail agricole. Diversité et fractionnement de l'activité des éleveurs ovin-lait. **Psychologie et Education, v.**111, p.79-98, 1984.

CIALDELLA, N., DOBREMEZ, L., MADELRIEUX, S. Livestock farming systems in urban mountain regions. Differentiated paths to remain in time. **Outlook on agriculture,** v.38, p.127–135, 2009.

COURNUT, S., HOSTIOU, N. Adaptations des systèmes bovin laitier pour réduire la contrainte travail. Une étude en Ségala. **Cahiers Agricultures, v.**19, p.348-353, 2010.

DARNHOFER, I., BELLON, S., DEDIEU, B., MILESTAD, R. Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. **Agronomy for sustainable agriculture,** v.30, p.545–555, 2010.

DEDIEU, B., SERVIÈRE, G., MADELRIEUX, S., DOBREMEZ, L., COURNUT, S. Comment appréhender conjointement les changements techniques et les changements du travail en élevage? **Cahiers Agricultures**, v.15, p.506-513, 2006.

DEDIEU, B., SERVIÈRE, G. Vingt ans de recherche-développement sur le travail en élevage : acquis et perspectives. **INRA Productions Animales**, v.25, p.85-100, 2012.

ELAD, R.L., HOUSTON, J.E. Seasonal labor constraints and intra-household dynamics in the female fields of Southern Cameroon. **Agricultural Economics**, v.27, p.23-32, 2004.

ERRINGTON, A., GASSON, R. The increasing flexibility of the farm and horticultural workforce in england and wales**. Journal of Rural Studies**, v.12, p.127-141, 1996.

FIORELLI, C., DEDIEU, B., PORCHER, J. Un cadre d'analyse des compromis adoptés par les éleveurs pour organiseur leur travail. **Cahiers Agricultures**, v.19, p.383-390, 2010.

GARCIA-MARTINEZ, A., OLAIZOLA, A., BERNUES, A. Trajectories of evolution and drivers of change in European mountain cattle farming systems. **Animal**, v.3, p.152-165, 2009.

GASSON, R. Goals and values of farmers. **Journal of Agricultural Economics**, v.24, p.521-537, 1973.

GIBON, A., SIBBALD, A.R., FLAMANT, J.C., et al. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. **Livestock Production Science**, v.61, p.121-137, 1999.

GIRARD, N., BELLON, S., HUBERT, B., LARDON, S., et al. Categorising combinations of farmers' land use practices: an approach based on examples of sheep farms in the south of France. **Agronomie**, v.21, p.435–459, 2001.

GIRARD, N., DURU, M., HAZARD, L., MAGDA, D. Categorising farming practices to design sustainable land-use management in mountain areas**. Agronomy for Sustainable Development**, v.8, p.333-343, 2008.

GLEESON, D., O'BRIEN, B., O'DONOVAN, K. The labour input associated with calf care on Irish dairy farms. **Livestock Science**, v.116, 82-89, 2008.

HADLEY, G.L., HARSH, S.B., WOLF, C.A. Managerial and financial implications of major dairy farm expansions in Michigan and Wisconsin. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.2953-2064, 2002.

HERVÉ, D., GENIN, D., MIGUEIS, J. A. modelling approach for analysis of agro-pastoral activity at the one-farm level. **Agricultural Systems**, v.71, p.187-206, 2002.

HOSTIOU, N., DEDIEU, B. A method for assessing work productivity and flexibility in livestock farms. **Animal**, v.6, p.852-862, 2012.

HOSTIOU, N., PHAM DUY, K., MADELRIEUX, S., VU TRONG, B., DEDIEU, B. Relationships between work organisation and size of dairy farms: a case study based in Vietnam. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, 1709-1716, 2012

HOSTIOU, N., DEDIEU, B. Diversity of forage system work and adoption of intensive techniques in dairy cattle farms of Amazonia. **Agronomy for sustainable development**, v.29, p.535–544, 2009.

JEAN, N., LACROIX, A., MAMAMOUN, M., MOLLARD, A. Durée et intensité du travail des agriculteurs dans la crise économique. In : Actes et Communications "Emploi et conditions de travail dans l'agriculture et l'agroalimentaire", 1988, Inra, p 45-82, 1988.

JOURDAN, M., THEUREAU, J. **Charge mentale : notion floue et vrai problème**. Octarès, Toulouse, France, 2002.

LACROIX, A., MOLLARD, A. Mesurer le travail agricole. De l'enregistrement à la reconstitution analytique. **Cahiers d'économie et sociologie rurale**, v.20, p.27-46, 1991.

MADELRIEUX, S., DEDIEU, B., DOBREMEZ, L., GIRARD, N. Patterns of work organisation in livestock farms: The ATELAGE approach. **Livestock Science**, v.121, p.28-37, 2009.

MADELRIEUX, S., DEDIEU, B., Qualification and assessment of work organization in livestock farms. **Animal**, v.2, p.453-446, 2008.

MARTEL, G., DOURMAD, J.Y., DEDIEU, B. Do labour productivity and preferences about work load distribution affect reproduction management and performance in pig farms? **Livestock Science**, v.118, p.96-117; 2008.

MCDERMOTT, J.J., STAAL, S.J., FREEMAN, H.A., HERRERO, M., VAN DE STEEG, J.A. Sustaining intensification of smallholder livestock systems in the tropics. **Livestock Science**, v.130, p.95-109, 2010.

PAPY, F., ATTONATY, J.M., LAPORTE, C., SOLER, L.G. Work organization simulation as a basis for farm management advice (equipment and manpower, levels against climatic variability). **Agricultural Systems**, v.27, p.295-314, 1988.

PARSONS, R.L., LULOFF, A.E., HANSON, G.D. Can we identify key characteristics associated with grazing-management dairy systems from data survey? **Journal of Dairy Science**, v.87, p.2748-2760, 2004.

REIG-MARTINEZ, E., PICAZO-TADEO, A.J. Analysing farming systems with Data Envelopment Analysis: citrus farming in Spain. **Agricultural Systems**, v.82, v.17-30, 2004.

RIEDEL, J.L., CASASÚS, I., BERNUÉS, A. Sheep farming intensification and utilization of natural resources in a Mediterranean pastoral agro-ecosystem. **Livestock Science**, v.111, p.153-163, 2007.

ROTZ, C.A., COINER, C.U., SODER, K.J. Automatic milking systems, Farm size, and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.4167-4177, 2003.

SOLANO, C., LEON, H., PÉREZ, E., HERRERO, M. Characterizing objective profiles of Costa Rican dairy farmers. **Agricultural Systems**, v.67, p.153-179, 2001.

VALAX, M.F., SAROCCHI, F. Structure of action plans and the notion of temporal stop. **Cahiers de Psychologie cognitive**, v.9, p.223-238, 1989.

VAN CALKER, K.J., BERENTSEN, P.B.M., DE BOER, I.J.M., GIESEN, G.W.J., HUIRNE, R.B.M. Modelling worker physical health and societal sustainability at farm level: An application to conventional and organic dairy farming. **Agricultural Systems**, v.94, p.205–219, 2007.

VAYSSIÈRES, J., VIGNE, M., ALARY, V., LECOMTE, P. Integrated participatory modelling of actual farms to support policy making on sustainable intensification. **Agricultural Systems**, v.104, p.146-161, 2011.

VAYSSIÈRES, J., LECOMTE, P., GUERRIN, F., NIDUMOLU, U.B. Modelling farmers' action : decision rules capture methodology and formalisation structure : a case of biomass flow operations in dairy farms of a tropical island. **Animal,** v.1, p.716-733, 2007.

VEYSSET, P., BEBIN, D., LHERM, M. Adaptation to Agenda 2000 (CAP reform) and optimisation of the farming system of French suckler cattle farms in the Charolais area: a model-based study. **Agricultural Systems**, v.83, p.179-202, 2005.

WAGNER, A., PALMER, R.W., BEWLEY, J., JACKSON-SMITH, D.B. Producer Satisfaction, Efficiency, and Investment Cost Factors of Different Milking Systems. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.1890–1898, 2001.

ANÁLISE DE COMPETITIVIDADE EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS DE PRODUÇÃO ANIMAL

Ferenc Istvan Bánkuti[2]

Introdução: a evolução da agricultura no mundo

Anteriormente à definição e análise de cadeias agroindustriais, é interessante o entendimento de sua origem e os ciclos que antecederam o modelo agropecuário atual.

O processo desenvolvimento da agricultura mundial foi marcado por dois principais ciclos tecnológicos e produtivos, o primeiro deles conhecido como a Primeira Revolução Agrícola e o outro, como a Segunda Revolução Agrícola. A cada novo ciclo surgiram diferentes equipamentos ou formas de produção a fim de melhorar a atividade produtiva no campo.

A Primeira Revolução Agrícola teve início na Europa nos séculos XVIII e XIX. Foi uma fase marcada principalmente pela adoção de sistemas de rotação de culturas, práticas de adubação orgânica e pela utilização de implementos de tração animal. Produziam-se, uma diversidade de bens dentro de uma mesma unidade produtiva, destinados em sua grande parte à subsistência da família, com pequena geração de excedentes. Os insumos utilizados para a produção agrícola eram também gerados internamente às propriedades rurais a partir de mão de obra predominantemente familiar.

No final do século XIX, impulsionada pelo crescimento econômico de parte dos países desenvolvidos e pela evolução da indústria química, foi iniciada a Segunda Revolução Agrícola, trazendo grande avanço para agricultura dos países desenvolvidos. Nesta fase, a monocultura e a produção em larga escala, sustentadas pela utilização intensiva de adubos e defensivos químicos, bem como por sementes híbridas, substituíram a pequena produção rural. Entre os resultados destas alterações está o

[2] Universidade Estadual de Maringá - Departamento de Zootecnia- DZO/UEM. Professor Adjunto. fibankuti@uem.br. Av. Colombo, 5790, Jd. Universitário. Maringá, PR. CEP: 87020-900.

aumento da produtividade agrícola[3]. Países da Ásia conseguiram reduzir o problema da fome a partir desta época. Entre as décadas de 60 e 70, o avanço deste sistema de produção alcançou países em desenvolvimento, entre os quais o Brasil, por meio do que se denominou de Revolução Verde.

A Revolução Verde foi caracterizada pela produção rural sustentada por pacotes tecnológicos, ou seja, em insumos (adubos e defensivos) e mecanização intensiva, abarcada por propriedades monocultoras de produção em larga escala. Este é o sistema de produção que prevalece até os dias atuais.

Diante deste novo cenário, a necessidade de especialização das atividades rurais e do entendimento de que a produção rural é fortemente dependente de outros setores, a exemplo daquele que produz insumos, da indústria e do varejo ficou ainda mais evidente. Partindo desta constatação, alguns conceitos, ferramentas e teorias foram geradas e incluídas na análise produtiva, econômica e institucional de setores que tem como matéria prima de base os produtos agropecuários.

1. Agronegócio: algumas definições

Agronegócio ou *agribusiness* é um termo geral, não relacionado à uma matéria-prima ou produto final específico. É utilizado para designar um conjunto de atividades técnicas, produtivas e de distribuição que está direta ou indiretamente relacionada aos setores agropecuários. Essas atividades quase sempre têm início no setor de insumos, passam pela produção rural, indústria e varejo. São necessárias para que bens e serviços possam ser produzidos, distribuídos e disponibilizados para consumidores finais.

A definição clássica de agronegócio é a seguinte:

> [...] a soma de todas as operações associadas à produção e distribuição de insumos agrícolas, operações realizadas nas unidades agrícolas bem como as ações de estocagem, processamento e distribuição dos produtos, e também dos produtos derivados (ZYLBERSZTAJN, 1995).

[3] Vale ressaltar que o modelo da Revolução Verde é bastante criticado, principalmente como resultado da exclusão social e do impacto negativo ao meio ambiente.

O agronegócio brasileiro inclui, por exemplo, a produção de animais para corte, leite, produção de soja, milho, indústria de abate e processamento de carnes, óleo vegetal, manteiga, indústria de beneficiamento de pele e fabricação de produtos a partir desta, entre outras. Assim, pode-se dizer que o agronegócio brasileiro é formado por um conjunto de agentes ou elos que produzem, industrializam e distribuem produtos e serviços do setor agropecuário.

A partir da definição de agronegócio surgem conceitos que definem de maneira mais clara e objetiva os agentes, produtos e processos necessários para a produção de um bem ou serviço específico. Entre esses está o conceito de *fillière* e o de *commodity system approach*. O primeiro originado na escola de economia industrial francesa e o segundo na Universidade de Harvard (EUA) (BATALHA e SILVA, 2007 e ZYLBERSZTAJN, 2000).

As análises feitas a partir do conceito de *filière* ou cadeia de produção[4] tem como ponto de partida o produto final e não a matéria prima[5]. Ao passo que as análises realizadas com a utilização do conceito de *commodity system approach* têm como ponto de partida a matéria prima[6]. O conceito de cadeia de produção agroindustrial, dada suas características é o mais utilizado.

2. A análise de cadeias de produção

Uma cadeia produtiva pode ser definida como o encadeamento de etapas técnicas, produtivas e econômicas, necessárias para que um produto ou serviço seja disponibilizado ao consumidor final. Para que essas etapas sejam cumpridas, um conjunto de agentes se faz presente. Portanto, a primeira etapa para análise de uma cadeia produtiva é a identificação dos agentes que a compõem. De maneira geral os agentes são:

- ✓ ***Insumos agropecuários:*** formado por empresas que produzem e distribuem insumos para a agropecuária. Tais como as empresas de adubos e fertilizantes, material genético, nutrição animal, saúde animal entre outras;

[4] O termo "filière" pode ser traduzido para o português como "cadeia de produção".
[5] Portanto, pode-se utilizar: cadeia produtiva do hambúrguer bovino.
[6] Neste caso pode-se utilizar: *commodity system approach* do boi.

- ✓ ***Produção rural:*** composta por agentes que produzem no campo os produtos agropecuários, tais como, bovinos e suínos para abate, produção de bovinos leiteiros, aves de corte e de postura, produção de alevinos, engorda de peixes, camarões, milho, soja entre outros;
- ✓ ***Indústria de transformação:*** representadas pelas empresas que processam os produtos da produção rural, entre as quais os frigoríficos de abate e processamento de bovinos, peixes, suínos e aves, empresas que produzem hambúrgueres e alimentos pré cozidos entre outras;
- ✓ ***Atacado:*** é formado por empresas que adquirem produtos de um grande número de outras empresas de transformação. São responsáveis por fazer a ligação entre a indústria de transformação e o varejo ou consumidor final. Este segmento nem sempre está presente nas cadeias produtivas;
- ✓ ***Varejo:*** é o elo que está diretamente em contato com o consumidor final. Disponibiliza uma grande variedade de produtos alimentícios ou não, e serviços[7];
- ✓ ***Consumidor final:*** considerado como o agente direcionador de tendências. A partir de suas necessidades e desejos, os demais agentes de uma cadeia de produção devem adotar estratégias para atendê-lo[8].

A análise dos agentes a partir da noção de cadeias traz os seguintes benefícios: o primeiro é a ***simplicidade das análises*** que podem ser feitas de maneira mais clara e objetiva. Ou seja, a partir da definição de um produto ou matéria-prima a ser analisada, a identificação dos agentes e de suas características é facilitada. Na Figura 1 é apresento um possível exemplo de configuração de uma cadeia de produção do leite. E de maneira complementar, no Exemplo 1 são apresentadas as principais características de cada um dos agentes desta cadeia produtiva no Brasil.

[7] A exemplo dos serviços de entrega em domicílio, atendimento ao consumidor entre outros.
[8] Sem demanda não há razão da existência de uma cadeia de produção.

Figura 1: Cadeia produtiva do leite.

Exemplo 1 - Características dos agentes da cadeia produtiva do leite.

Utilizando a metodologia de análise de cadeias produtivas, fica fácil identificar seus agentes e suas características, sendo estas:

- ✓ ***Produtores de leite***: baixo emprego de tecnologias e escala de produção;
- ✓ ***Indústria de beneficiamento do leite***: concentrada; predominantemente de capital estrangeiro; elevada capacidade ociosa;
- ✓ ***Varejo de alimentos***: supermercados e hipermercados concentram grande parte da comercialização. Padarias perderam espaço ao longo dos últimos anos na venda de leite;
- ✓ ***Consumidores finais***: fator determinante de compra é o preço; preferência por produtos de maior conveniência, a exemplo do leite UHT; vínculo com produtos saudáveis.

Vale ressaltar que a cadeia produtiva acima descrita teria características distintas se a análise fosse feita para outro produto, a exemplo, do leite de cabra ou da carne bovina. Produtores de leite de cabra ou de bovinos de corte, além do produto, apresentam características tecnológicas de produção, área de propriedade, volume ou quantidade produzidas distintas dos produtores de leite. Da mesma maneira, as características de empresas de abate e processamento e beneficiamento para leite de cabra também são distintas. Para os demais agentes, varejo e consumidor, também há diferenças significativas a depender do produto.

O segundo aspecto é o seu ***caráter dinâmico***. As análises deixam de ser estáticas, sendo possível, por exemplo, o estudo do impacto de uma nova tecnologia nos diferentes elos de uma cadeia de produção. Tais análises podem ser feitas antes, durante

ou após a introdução de uma nova tecnologia. Ou seja, permitem a previsão, acompanhamento ou avaliação de resultados.

O terceiro é a ***inter-relação entre os agentes*** que compõe a cadeia de produção, sendo este, fator de grande importância para a melhor coordenação de cadeias produtivas. Cadeias produtivas mais bem coordenadas tendem a ser mais competitivas.

A idéia principal é entender que ***agentes de uma mesma cadeia de produção não são concorrentes e sim, parceiros.*** O processo de rastreabilidade em uma cadeia produtiva traz uma boa aplicação deste conceito (Exemplo 2).

Exemplo 2 - Planejamento conjunto: a rastreabilidade como exemplo.

Considere, por exemplo, que um grupo de produtores de bovinos para corte decida implantar o sistema de rastreabilidade em seus animais. Para isso, o grupo investe em tecnologias e treinamento de mão de obra. Todo o investimento somente trará os resultados desejados se os agentes que abatem e comercializam a carne continuarem o processo de rastreabilidade. Desta forma, fica claro que se não houver planejamento conjunto, fundamentado em troca de informações, parcerias, contratos entre outros, o processo de rastreabilidade fica prejudicado.

Adicionalmente ao conceito de cadeia de produção, surge o conceito de ***Sistema Agroindustrial (SAI ou SAG).*** Trata-se de um conceito mais abrangente por considerar a influência de outros fatores na cadeia produtiva, entre estes: (a) ambiente institucional; (b) ambiente organizacional; (c) ambiente tecnológico e (d) indústria e serviços de apoio. Esses conceitos aportados pela teoria da Nova Economia Institucional (NEI) são apresentados a seguir.

Ambiente institucional: são as leis, normas e padrões de conduta que influenciam e delimitam o comportamento dos agentes. Atuam como mecanismos de controle e punição frente a comportamentos indesejados de indivíduos. Essas regras ***podem ser formais*** quando englobam leis fundamentadas em estatutos, constituições e outras formas legais, tanto em níveis mais abrangentes (ex.: legislação sanitária), como dentro de normas criadas por organizações, grupos de indivíduos, etc. (ex.: estatuto e regimento interno de cooperativas). Ou ***informais*** quando seguem regras de

comportamentos "impostas" pelas sociedades, organizações, grupos sociais e indivíduos, como, por exemplo, os códigos de conduta, os costumes e tradições de uma sociedade, ou hábitos de consumo culturalmente determinados, a fim de minimizar problemas entre agentes de uma sociedade (ver o Exemplo 3).

Exemplo 3 – Ambiente institucional da pecuária leiteira.

Faz parte do ambiente institucional da pecuária leiteira:

A Instrução Normativa 62/2011 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento que, entre outros aspectos, apresenta regulamentações sobre os níveis máximos permitidos para Contagem de Células Somáticas (CCS) e Contagem Bacteriana Total (CBT) no leite (BRASIL, 2011).

Vale salientar que alguns hábitos de consumo são contrários às leis. Diante desta situação é necessária a existência de mecanismos que façam com que as leis sejam cumpridas - mecanismos de ***enforcement***[9] *(*NORTH, 1994; BÁNKUTI et al. 2008).

Ambiente organizacional: é formado por entidades que representam um ou mais agentes de uma cadeia de produção. São exemplos as associações de produtores rurais, associações da indústria, varejo entre outras. Estas entidades, além de representarem, defendem o crescimento e o interesse de seu grupo (ver Exemplo 4).

Exemplo 4 - Ambiente organizacional da pecuária leiteira.

Faz parte do ambiente organizacional da pecuária:

- A associação brasileira dos criadores de raças leiteiras;
- Embrapa Gado de Leite;
- NUPEL - Núcleo Pluridisciplinar de Pesquisa e Estudo da Cadeia Produtiva do Leite.

Ambiente tecnológico: está relacionado com o desenvolvimento de novas tecnologias e os seus impactos para as cadeias de produção. O desenvolvimento de tecnologia para rastreabilidade é mais uma vez, um bom exemplo (ver Exemplo 5).

Exemplo 5 - Ambiente tecnológico e seus impactos na cadeia produtiva.

[9] Mecanismos de fazer valer as leis.

A tecnologia para rastreamento de bovinos foi "desenvolvida" pelo setor de insumos. Frente a essa alteração tecnológica, produtores rurais têm agora a possibilidade de produzir um produto diferenciado – carne rastreada. A indústria por sua vez, deve adotar procedimentos para separar e identificar os animais e carnes rastreadas daquelas não rastreadas. E por fim, o setor de varejo deve identificar de maneira clara para seus clientes, sejam estes consumidores finais ou não, que o produto é rastreado e por isso, diferenciado do produto "comum". Ou seja, alterações tecnológicas podem modificar as estratégias de um ou mais agentes de uma cadeia de produção".

Indústria e serviços de apoio: é representada pelos agentes que não participam diretamente das cadeias de produção, mas são de grande importância para o seu funcionamento. Entre estas, se podem citar, as empresas de transporte/logística; as agências financeiras (bancos), entre outras.

Juntamente com a Nova Economia Institucional (NEI), a Economia dos Custos de Transação (ECT) é uma teoria de grande utilidade para análise de sistemas agroindustriais. Por meio dela pode-se explicar, mesmo que em parte, porque algumas empresas adotam como estratégias a formação de parcerias ou alianças estratégicas, integração total ou transações no mercado *spot*[10]. A idéia principal é que toda transação envolve algum tipo de risco e, quanto maior o risco, maior a necessidade de salvaguardas (proteção) e de verificação do cumprimento dos contratos. Entretanto, mecanismos de proteção custam tempo, dinheiro e não são totalmente seguros.

Alguns mecanismos de proteção que podem ser adotados para reduzir o risco das transações são: (a) ***conhecer o parceiro da transação*** – o estabelecimento de confiança entre as partes reduz a necessidade de verificação, por exemplo, da idoneidade do parceiro; (b) ***transacionar produtos ou serviços pouco específicos*** – comuns e de fácil identificação de suas características: produtos comuns têm suas características facilmente verificadas pelo comprador e, portanto, a chance de trapaça por parte do outro agente fica reduzida – reduz o oportunismo; (c) ***realizar um contrato informal:***

[10] Mercado *spot* é aquele no qual uma transação começa e termina em um único instante de tempo, não havendo compromissos futuros, por exemplo, de compra e venda, entre os agentes. A compra de carne por uma dona de casa em um açougue pode ser caracterizada como uma transação que ocorreu no mercado spot.

combinar como será a transação e quais as características dos produtos e/ou serviços transacionados, reduz a chance de problemas futuros; (d) ***realizar um contrato formal*:** contratos formais - escrito e/ou com assinaturas reconhecidas em cartório, reduzem ainda mais as chances de oportunismo, muito embora também não as elimine. O custo imposto pelos referidos mecanismos de proteção, somado à necessidade de ***verificação e monitoramento*** dos contratos formais ou informais[11], é chamado de ***custo de transação***[12] (WILLIANSOM, 1985) e está presente em qualquer relação de compra e venda de produtos e serviços. É especialmente importante em produtos perecíveis como por exemplo, em grande parte dos produtos do agronegócio (ver Exemplo 6).

Exemplo 6 - Comercialização de bovinos para abate e o custo de transação.

Considere a seguinte situação: um produtor de bovinos para corte, insatisfeito com as condições de venda decide encontrar uma nova empresa para vender seu produto. Diante desta decisão ele toma algumas medidas. O ***primeiro passo*** é saber quais as empresas que compram animais para abate em sua região. O produtor poderá obter essa resposta por meio das seguintes alternativas: (a) consultar outro produtor de bovinos; (b) procurar o sindicato dos produtores rurais para ter essa informação ou (c) fazer uma busca na *internet* ou em lista telefônica. O ***segundo passo*** é entrar em contato com esse possível comprador (empresa) e verificar o interesse pela compra. Para tanto, o produtor rural poderá: (a) ir pessoalmente até a empresa; (b) fazer uma ligação telefônica ou (c) conversar com algum representante da empresa. Verificado o interesse pela compra, o ***terceiro passo*** é "negociar" as condições da transação. Para tanto, o produtor deverá obter as seguintes informações: (a) quantidade de bois que a empresa tem interesse em comprar; (b) preço médio pago nos últimos meses; (c) critérios para pagamento do animal (ex.: volume, qualidade etc.) e (d) forma de pagamento (à vista, a prazo com 15 ou 30 dias etc.). Após o cumprimento destes passos e após a transação ter sido efetivada, o produtor precisará tomar medidas para a verificação e controle daquilo que foi "combinado". Isso pode ser feito da seguinte maneira; ***quarto passo:*** verificar se

[11] Ou seja, de verificar se realmente o outro agente está cumprido aquilo que foi acordado.

[12] De acordo com Williamson (1985), o custo de transação pode ser definido como sendo o custo para encontrar um parceiro para uma determinada transação, custo para efetivar uma determinada transação, ou seja, custo de elaboração de um contrato. Além do custo para monitorar as condições previstas no contrato.

a empresa está cumprindo o acordo no que se refere à: (a) quantidade de animais comprada; (b) preço de acordo com os critérios adotados, a exemplo da qualidade e (c) prazo de pagamento etc. Caso os critérios acordados (combinados) não estejam sendo cumpridos, o produtor terá que tomar outras medidas; ***quinto passo:*** (a) entrar em contato com a empresa para verificar as razões do não cumprimento do acordo; (b) renegociar as condições da transação e o prejuízo relativo ao não cumprimento do acordo; (c) consultar ou contratar serviço de pessoas especializadas (ex.: advogados) e/ou (d) iniciar uma disputa judicial. Todos os cinco passos acima descritos envolvem: custo monetário (dinheiro) para encontrar uma empresa para vender o produto, a exemplo do custo com ligações telefônicas, combustível para o deslocamento até o sindicato e/ou vizinho etc. Além disso, qualquer uma das estratégias mencionadas envolve tempo, e tempo não dedicado à atividade produtiva significa perda de capital. Desta forma fica claro que o custo de um produto não envolve somente o custo de sua fabricação (custo de produção do boi), mas também, custos de transação. Em algumas situações o custo de transação é tão elevado com não vale a pena, por exemplo, procurar um novo comprador.

A necessidade de mecanismos de proteção ocorre devido a três principais razões apontadas pela teoria da Economia dos Custos de Transação: (a) ***os agentes são oportunistas*** e sendo assim, tomarão ações sempre em benefício próprio em uma transação; (b) ***os agentes não são completamente racionais***. Ou seja, possuem racionalidade limitada. Isso indica que se pode escolher o agente errado para a realização de uma transação – um agente oportunista, por exemplo, e (c) ***contratos são intrinsecamente incompletos***, não havendo, portanto, contratos perfeitos capazes de anular o risco de uma transação (WILLIANSOM, 1985).

Considerando esses pressupostos, é preciso identificar a melhor forma de transacionar um produto ou serviço. Sendo três as principais.

a) ***Mercado (spot):*** caracterizado por transações que se resolvem em um único instante no tempo e pela comercialização de produtos padronizados.

Além disso, é um mercado em que as transações são pouco freqüentes, não havendo obrigatoriedade de compra futura entre as partes (ver Exemplo 7).

Exemplo 7 - Transações de carnes no mercado spot.

A compra de carnes por consumidores finais nos pontos de varejo (ex.: açougues, supermercados) é uma compra realizada no mercado *spot*. É assim caracterizada, por não haver compromissos de nova compra (transação) entre esses dois agentes. No futuro o consumidor pode não mais comprar a mesma carne ou a mesma quantidade, ou ainda poderá comprar carne em outro local ou até mesmo deixar de comprar. Da mesma maneira o vendedor não se obriga a disponibilizar a carne ao consumidor.

b) Forma híbrida (contratos): há entre os agentes o estabelecimento de relação mais duradoura, regida por meio de contratos, sejam estes formais ou informais (ver Exemplo 8);

Exemplo 8 - Contratos para compra de carne.

Considere que em um determinado restaurante sejam comercializadas 200 picanhas por dia. Neste caso, dada a quantidade do produto necessária, o risco de não encontrá-lo diariamente no mercado é razoável. Sendo assim, é necessário que seja feito algum tipo de contrato com açougues, distribuidores de carnes ou supermercados para redução deste risco.

c) Integração vertical: um dos agentes incorpora outra atividade à sua atividade principal, a montante (para trás) ou a jusante (para frente) da cadeia de produção (ver Exemplo 9).

Exemplo 9 - Integração vertical.

Considere que um grupo de agentes decida iniciar uma planta de abate e processamento de bovinos em uma região onde não exista grande número de produtores. Neste caso, a empresa dependerá em grande parte, da negociação com poucos fornecedores existentes, incorrendo, portanto, em elevado risco de falta de abastecimento ou prática de preços abusivos. Em situações como esta, a melhor forma de transação é a integração vertical. Ou seja, a empresa produz e processa o animal.

Outro fator de extrema importância para a redução dos custos de transação é a ***freqüência de transações,*** entendida como sendo o número de transações durante um período de tempo. Quanto maior a freqüência de transações maior a tendência de estabelecimento de reputação[13] entre dois ou mais agentes – os agentes se tornam conhecidos. À medida que a reputação aumenta, há tendência de redução de mecanismos de proteção e verificação do cumprimento do contrato, reduzindo, portanto, o custo de transação. ***Havendo reputação há menor necessidade do estabelecimento de contratos formais, monitoramento de contratos e disputas entre os agentes*** (ver Exemplo 10)**.**

Exemplo 10 - Estabelecimento de reputação.

Considere que um produtor de bovinos de corte transaciona seu produto há cinco anos com a mesma empresa, havendo, neste caso, elevada frequência de transações. Considere ainda, que durante esse período, tanto o produtor quanto a empresa tenham cumprido de maneira satisfatória os acordos que fizeram. Em situações como esta, a necessidade de estabelecimentos de contratos formais ou de renegociação é reduzida, incorrendo em menores custos de transação.

3. Análise de competitividade no agronegócio

O termo competitividade tem sido amplamente utilizado na literatura especializada e no dia a dia de gestores de empresas. Em alguns casos é comum a associação da palavra com aspectos negativos, como por exemplo, "crescimento de um negócio a qualquer custo", quando o mais correto seria "crescer ou se manter em um mercado de forma sustentável", considerando os diversos aspectos exigidos pelo mercado e pelo ambiente institucional ao qual a empresa ou o sistema faz parte.

A literatura especializada em gestão empresarial ou planejamento estratégico define competitividade por várias vertentes, entre essas: (a) ***competitividade revelada***: representada pelo desempenho de uma empresa ou produto. Para essa vertente, alguns indicadores de competitividade são: (a1) *market-share* ou fatia de mercado que a empresa ou produto ocupam e (a2) aprovação pelo mercado das estratégias adotadas por

[13] A reputação pode ser entendida como a credibilidade conferida por um agente a outro.

uma empresa ou por um sistema agroindustrial, por exemplo, e (b) ***competitividade como eficiência***: avaliação de potencial de competitividade de um sistema ou empresa a partir dos fatores, (b1) estrutura; (b2) conduta e (b3) desempenho.

Neste trabalho a definição de competitividade será aquela utilizada por Batalha e Silva (2007), que a consideram como sendo a capacidade de uma empresa em formular e programar estratégias que lhe permitam ampliar e conservar, de forma duradoura, posição sustentável no mercado.

É importante ressaltar que a análise de competitividade é dinâmica. Isso significa que a posição de uma empresa ou do sistema como um todo pode ser frequentemente alterada em função de alterações controláveis ou não. Tais como, adequações de processos produtivos ou de recursos humanos, padrão tecnológico, alterações no comportamento de consumo, modificações Legais entre outros fatores.

Neste trabalho a análise de competitividade será abordada por dois métodos: (a) análise SWOT e (b) método sugerido por BATALHA e SILVA (1999).

a. A análise SWOT

O método de análise SWOT, também conhecido como análise FOFA, tem sido empregado por empresas de consultoria para determinação de competitividade de uma empresa ou sistema como um todo. A sigla SWOT, que tem no idioma inglês a sua definição, é formada pelas palavras *Strong* (forças); *Weak* (fraquezas); *Opportunities* (oportunidades) e *Threats* (ameaças). A sigla FOFA é uma tradução para o idioma português, para definir os mesmos aspectos da sigla anterior: Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças.

O emprego do método parte pela identificação de cada aspecto definido pelas siglas para cada empresa ou agentes, ou para o sistema como um todo. Diferença deve ser feita entre aspectos internos a empresa ou agentes, ou seja, de mais fácil controle, daqueles pouco controláveis ou externos à empresa ou agentes. No primeiro caso devem ser definidas as forças e fraquezas (aspectos internos) e no segundo as oportunidades e ameaças (ver Exemplo 11).

A etapa seguinte é a análise subjetiva dos aspectos identificados, considerando duas ações: ***(a) a definição de quão competitivo é o agente ou sistema*** e ***(b) a definição de estratégias para aumento de competitividade***. No primeiro caso a análise deve feita por *experts* do setor, capazes de julgar a gravidade das fraquezas e ameaças e o benefício real das forças e oportunidades identificadas. Sugere-se, que após definição inicial seja realizado *workshop* com representantes de cada um dos agentes para validação da análise. Na etapa seguinte, devem ser definidas estratégias capazes de "transformar" fraquezas e oportunidades em pontos fortes e de criar barreiras para que as ameaças não sejam "transformadas" em pontos fracos.

Exemplo 11 – Análise SWOT para o SAI do leite.

A análise SWOT para o Sistema Agroindustrial do leite no Brasil pode ter o seguinte resultado: ***(a) Forças:*** grande volume de leite produzido e produção em todo território nacional; ***(b) Fraquezas:*** grande número de pequenos produtores e baixos índices zootécnicos; ***(c) Oportunidades:*** aumento das exportações e melhoria da qualidade do leite; ***(d) Ameaças***: concorrência externa e barreiras ao comércio internacional.

Como resultado desta análise inicial poderia ser concluído: o SAI do leite tem boa competitividade. É promissor principalmente por apresentar forças importantes, fraquezas possíveis de controle, boas oportunidades e ameaças que podem ser contornadas.

As estratégias para manutenção ou incremento de competitividade poderiam ser: ***(a) investimento em assistência técnica*** pública ou privada para aumento de produção e produtividade rural; ***(b) treinamento e capacitação*** para melhoria da qualidade do leite, vislumbrando mercado externo e ***(c) ações direcionadas para maior acesso ao mercado externo.***

b. Método proposto por BATALHA e SILVA (1999)

Metodologia de análise de competitividade

Assim como no método anterior, esse pressupõe a identificação de fatores críticos e sua classificação para a definição de competitividade e de estratégias

de melhoria (alavancagem). A diferença entre os métodos está fundamentada em dois aspectos principais, a definição mais explícita de fatores controláveis e incontroláveis e a possibilidade de quantificação da competitividade.

De forma didática, o método pode ser assim empregado: ***A primeira etapa*** consiste na ***identificação de direcionadores de competitividade*** que podem ser específicos a um agente ou abrangerem todo o sistema. Entre os mais empregados estão: (a) estrutura de mercado; (b) tecnologias de produção; (c) gestão empresarial e (d) ambiente institucional. ***Em uma segunda etapa***, os direcionadores escolhidos devem ser subdivididos em subfatores, tais como: concentração da indústria, concentração da produção e poder de compra da indústria, como parte do indicador "estrutura de mercado". ***Na terceira etapa*** devem ser definidos o grau de controle dos subfatores, podendo estes ser classificados como: (a) controláveis pela firma; (b) controláveis pelo governo; (c) quase controláveis e (d) incontroláveis. ***A quarta etapa*** consiste na avaliação da intensidade do impacto de cada um dos subfatores. Para tanto é utilizada a escala *likert*. Nesta etapa sugere-se a seguinte classificação para cada subfator: 2 (quando muito favorável); 1 (quando favorável); 0 (quando neutro); -1 (quando desfavorável) e -2 (quando muito desfavorável). Em seguida, na ***quinta etapa*** deve-se definir a contribuição ou peso, de cada subfator para a formação agregada do direcionador. Nesta etapa é empregado o método *Delphi* de convergência de valores feita pela equipe de *experts*. Na ***sexta etapa*** deve ser feita a avaliação do resultado parcial para cada indicador. Isso é feito pela multiplicação do grau de intensidade pelo peso de cada subfator. Em seguida deve ser feita a avaliação do resultado final de cada indicador, que representa a soma dos resultados parciais de cada subfator (ver Quadro 1). Com esses resultados, constrói-se um gráfico para facilitação da identificação dos pontos de maior estrangulamento e de alavancagem. Por fim, devem ser definidas as estratégias para incremento de competitividade da empresa ou do sistema em análise. Da mesma forma que no modelo anterior

(análise SWOT), sugere-se que estratégias que sejam mais facilmente controladas e de maior estrangulamento sejam implementadas antes daquelas de menor controle.

Quadro 1: Exemplo análise de competitividade

Direcionadores e subfatores	Grau de controle				Avaliação			
Estrutura de mercado	CF	CG	QC	I	Intensidade	Peso	Resultado parcial	Resultado final dos indicadores
Concentração da indústria		X			Neutro (0)	0,3	0,00	-0,7
Concentração da produção	X				Desfavorável (-1)	0,4	-0,40	
Poder de compra da indústria		X			Desfavorável (-1)	0,3	-0,30	
Tecnologias	CF	CG	QC	I	Indicador	Peso		
Tecnologias de produção rural			X		Desfavorável (-1)	0,6	-0,60	-0,6
Tecnologias de beneficiamento			X		Neutro (0)	0,4	0,00	
Gestão empresarial	CF	CG	QC	I	Indicador	Peso		
Recursos humanos na produção rural	X				Desfavorável (-1)	0,25	-0,25	0,5
Capacidade de produção	X				Muito favorável (2)	0,5	1,00	
Ferramentas de gestão para produção rural			X		Desfavorável (-1)	0,25	-0,25	
Ambiente institucional						Peso		
Aspectos culturais de consumo				X	Desfavorável (-1)	0,4	-0,40	0,2
Normas e leis sanitárias		X			Favorável (1)	0,6	0,60	

Adaptado a partir de SILVA e BATALHA, 1999.

O grau de controle pode ser: CF: controlável pela firma; CG: controlável pelo governo; QC: quase controlável; I: incontrolável.

Direcionadores podem ser: muito favorável; favorável; neutro; desfavorável ou muito desfavorável.

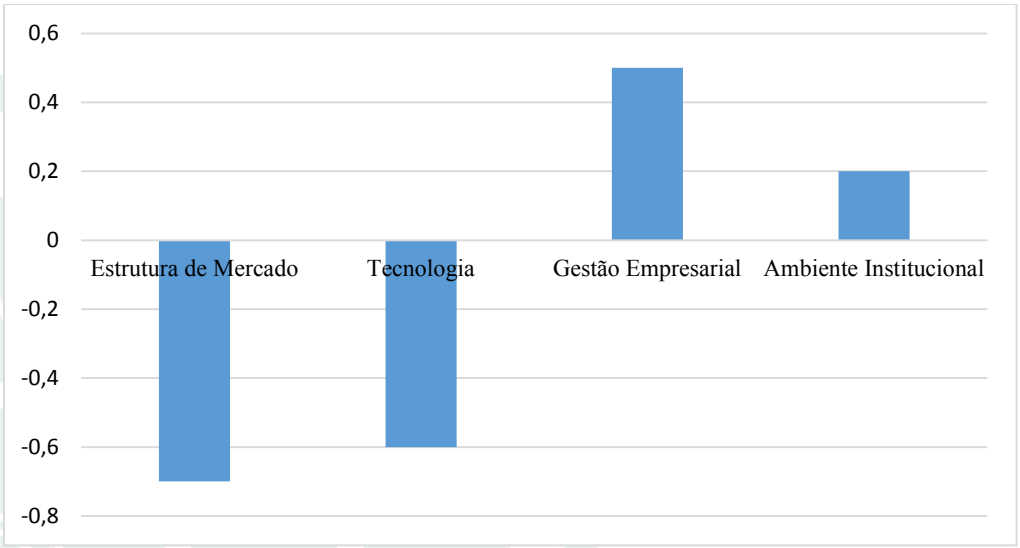


Gráfico 1 – Resultado da análise de competitividade.

A análise do gráfico demonstra dois indicadores de estrangulamento, "estrutura de mercado" e "tecnologia". Entre esses dois, o de mais fácil controle é o de "tecnologia". Portanto, devem ser desenvolvidas prioritariamente, estratégias para melhoria deste indicador.

Os resultados apontam também para dois indicadores positivos, "gestão empresarial" e "ambiente institucional". Para o primeiro, muito embora o resultado agregado seja satisfatório, ações de melhoria devem ser definidas para dois subfatores "recursos humanos na produção rural" e "ferramentas de gestão na produção rural", possibilitando melhoria do indicador. Para o indicador "ambiente institucional" ações para adequação de aspectos culturais devem ser definidas.

A análise global de competitividade a partir do método proposto por Batalha e Silva (1999), revela que o SAI do leite apresenta indicadores importantes com boa pontuação.

Entretanto, os indicadores negativos apresentaram maior peso global, sendo, portanto, um sistema agroindustrial com grande espaço para incremento de competitividade.

Considerações finais

A gestão do agronegócio e todos os seus desdobramentos permitem o entendimento de características de cada um dos agentes que compõem uma cadeia agroindustrial e do ambiente institucional que os condiciona.

A definição da forma de transação mais adequada – mercado *spot,* contratos ou integração total reduz o risco e o custo de transação para os agentes de uma cadeia produtiva, permitindo assim, que estratégias internas ou tomadas em conjunto sejam lançadas em direção à maior competitividade. Vale ressaltar que tais estratégias podem ser privadas, quando tomadas, por exemplo, por uma empresa, ou públicas, quando a iniciativa tem origem em órgãos governamentais. Neste último caso há quase sempre alteração do ambiente institucional. Cadeias produtivas ou sistemas agroindustriais mais bem coordenados tendem a ser mais competitivos.

Referências Bibliográficas

BÁNKUTI, F. I.; SOUZA FILHO, H. M.; BÁNKUTI, S. M. S. Análise e mensuração de custos de transação arcados por produtores de leite nos mercados formal e informal da região de São Carlos, SP. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v. 3, p. 1-25, 2008.

BATALHA, M. O; SILVA, A. L; Gerenciamento de sistemas agroindustriais: definições, especificidades e correntes metodológicas. *In:* BATALHA, M. O. (coord.). 3° ed. **Gestão Agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 2007, v.1 p. 2 – 60.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 62, de 29 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União, 30 dez. 2011. Disponível em: <http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=30/12/2011&jornal=1&pagina=6&totalArquivos=160>. Acesso em: 10 nov. 2012.

NORTH, D. C. **Custos de transação, Instituições e Desempenho Econômico.** Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1994. 38p

SILVA, C. A.; BATALHA, M. O. Competitividade em sistemas agroindustriais: metodologia

e estudo de caso. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DE SISTEMAS AGROALIMENTARES, 2., 1999, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Pensa/ FEA/ USP, 1999. CD ROM.

WILLIAMSON, O. E. The Economic Institutions of Capitalism – firms, markets, relational contracting. New York: the free press, 1985.

ZYLBERSZTAJN, D. Conceitos Gerais, Evolução e Apresentação do Sistema Agroindustrial. *In:* ZYLBERSZTAJN, D; NEVES, M. F. (coord.). **Economia e Gestão dos Negócios Agroalimentares.** São Paulo: Pioneira, 2000, p.1 – 22.

ZYLBERSZTAJN, D. Estruturas de Governança e Coordenação no Agribusiness: uma aplicação da Nova Economia das Instituições. São Paulo: 1995. 237 f. Tese (Livre Docência em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Uso de resíduos da indústria de biocombustíveis na alimentação de ruminantes

Gleidson Giordano Pinto de Carvalho[1], Túlio Otávio Jardim D'Almeida Lins[2], Camila Maida de Albuquerque Maranhão[1], Stefanie Alvarenga Santos[1], Robério Rodrigues Silva[2], Aureliano José Vieira Pires[2], Fabiano Ferreira da Silva[2]

[1]Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador - BA, Brasil.
[2]Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Itapetinga - BA, Brasil.

Considerações iniciais

A geração de coprodutos agroindustriais a partir de sementes oleaginosas, utilizadas na produção de biocombustível no Brasil tem sido crescente. Atentos a essa produção, pesquisadores têm direcionado esforços para avaliar o potencial desses materiais para uso em dietas para ruminantes.

Neste levantamento serão apresentados estudos realizados no Brasil com a utilização de resíduos da indústria do biodiesel na nutrição de ruminantes e discutidas as potencialidades e limitações de uso desses alimentos.

Além do material de apoio, que incluiu livros e relatórios mensais e anuais publicados por agências ligadas ao Governo Federal, foram revisados artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais nos últimos dez anos.

1. Fontes energéticas e sua utilização no Brasil e no mundo

De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2014, lançado pelo Ministério de Minas e Energia (BEN/MME, 2014), a matriz energética instalada no Brasil é pontencialmente caracterizada por fontes renováveis, podendo gerar aproximadamente 80% do total da energia produzida. No entanto, devido à problemas pluviométricos que ocorreram em algumas regiões e, principalmente devido à ociosidade operacional de algumas usinas de bioenergia no Brasil, a energia gerada e utilizada no Brasil em 2013 teve 46,4% de sua origem em fontes renováveis, valor que, mesmo abaixo do esperado, coloca o País em destaque ao ser comparado a outros países do mundo.

No mundo, esse cenário se inverte, uma vez que potencialmente 80% da produção é oriunda de fontes não-renováveis e, em 2013, este valor atingiu a marca de 70%. Considerando essa característica de produção energética do Brasil e visando reduzir os impactos da geração e utilização de energia sobre o meio ambiente, o Governo Federal Brasileiro tem incentivado a produção de bioenergia, especialmente dos biocombustíveis etanol e biodiesel, cuja emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera é menor quando comparada aos combustíveis derivados do petróleo (BEN/MME, 2014). Nessa área, também é crescente a busca pelo aprimoramento técnico da produção de energia utilizando fontes renováveis, principalmente utilizando fontes de biomassa alternativas à cana-de-açúcar, cuja indústria é consolidada no mercado.

1.1 Biodiesel

O biodiesel foi desenvolvido no Brasil em meados de 1980, pelo então professor da Universidade Federal do Ceará, Expedito José de Sá Parente. Inicialmente, o biodiesel foi denominado de PRODIESEL e recebeu patente mundial (Oliveira e Abreu, 2012).

De acordo com o inventor do biodiesel e autor do livro *BIODIESEL: Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado* (Parente, 2003), o biodiesel é um combustível ecologicamente correto, pois é renovável, pode substituir em até 100% o óleo diesel mineral, não contém enxofre, não é corrosivo e é biodegradável. Ainda segundo o autor, o biodiesel é um combustível obtido por meio do processo de transesterificação, que consiste na reação química de qualquer triglicerídeo com alcoóis (metanol ou etanol) na presença de um catalisador (ácido, básico ou enzimático), resultando na substituição do grupo éster do glicerol pelo grupo etanol ou metanol. A glicerina (glicerol) é um subproduto natural resultante da reação de transesterificação e pode ser utilizado na alimentação de ruminantes, como será abordado adiante.

2. Principais fontes de biomassa vegetal e sua distribuição no Brasil

Existem no Brasil aproximadamente 200 espécies de oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel (Beltrão et al., 2008), cada uma com características particulares.

Embora a produção de biodiesel a partir do óleo de soja não receba incentivos do governo federal, a indústria nacional prefere utilizar essa oleaginosa devido à sua alta oferta

no mercado interno, já que, na safra 2013/2014, o Brasil produziu 86,1 milhões de toneladas (CONAB, 2014a), e hà vasta experiência nas áreas de cultivo, colheita e armazenamento. Ainda nesse contexto, de acordo com Prates et al. (2007), a maior utilização do óleo de soja para a produção de biodiesel é resultado da taxa de câmbio desfavorável para a exportação do óleo de soja e ao regime tributário brasileiro, que fornece incentivos à produção de soja, mas não ao seu processamento. Além disso, a oferta de óleo proveniente de outras oleaginosas é muito variável, por diversos motivos, entre eles, volume e escala de produção, desconhecimento de práticas agronômicas como plantio e colheita e baixo rendimento de óleo por área, o que acarreta na elevação dos custos (EPE / MME, 2014).

De acordo com o Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (NAE, 2005), a soja não é a melhor escolha de oleaginosa para a produção de biodiesel, tendo em vista o seu menor rendimento de óleo por quilograma em comparação à outras oleaginosas, como o dendê e a mamona (Tabela 1). Ademais, a soja e seus derivados são insumos básicos da alimentação humana, que por sua vez compete com a produção de bioenergia. Nesse mesmo contexto, o farelo de soja, principal coproduto da indústria processadora de grãos dessa oleaginosa, deixou de ser um simples resíduo e tornou-se um valioso *commodity*.

Tabela 1 – Valor médio do teor de óleo e rendimento de óleo por hectare das principais oleaginosas utilizadas na indústria do biodiesel no Brasil

Espécies (fontes)	Teor de oleo (%)*	Rendimento de óleo ($t.ha^{-1}$)*
Algodão (*Gossypiumhisutum*)	15 - 18	0,2 - 0,3
Soja (*Glicine max*)	17 - 20	0,2 - 0,7
Naboforrageiro (*Raphanussativus* L.)	33 - 38	0,2 - 0,5
Babaçu (*Orbigyniamartiniana*)	60 - 70	0,3 - 0,6
Faveleira (*Cnidosculusquercifolius*)	40 - 70	0,3 - 0,6
Babaçu (*Attaleaspeciosa* M.)	60 - 66	0,4 - 0,8
Colza/canola (*Brassica campestres*)	40 - 48	0,5 - 0,9

Mamona (*Ricinuscommunis*)	43 - 45	0,5 - 1,0
Girassol (*Helianthus annuus*)	38 -48	0,5 - 1,5
Amendoim (*Arachishipogaea*)	40 - 50	0,6 - 0,8
Crambe (*Crambeabyssinica* H.)	35 - 38	0,7 - 0,8
Licuri (*Syagruscoronata*)	45 - 55	0,8 - 1,0
Pinhão-manso (*Jatrophacurcas* L.)	35 - 38	0,8 - 3,2
Dendê (*Elaeisguineenses* N.)	24 - 26	3,0 - 5,0

*O teor e o rendimento de óleo por hectare podem variar de acordo com a variedade, o espaçamento e a região de plantio, bem como com o método utilizado para a extração e quantificação do óleo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

No Brasil, a Região Nordeste destaca-se por apresentar a maior diversidade de espécies com potencial de produção de óleo para a indústria do biodiesel (Figura 1).

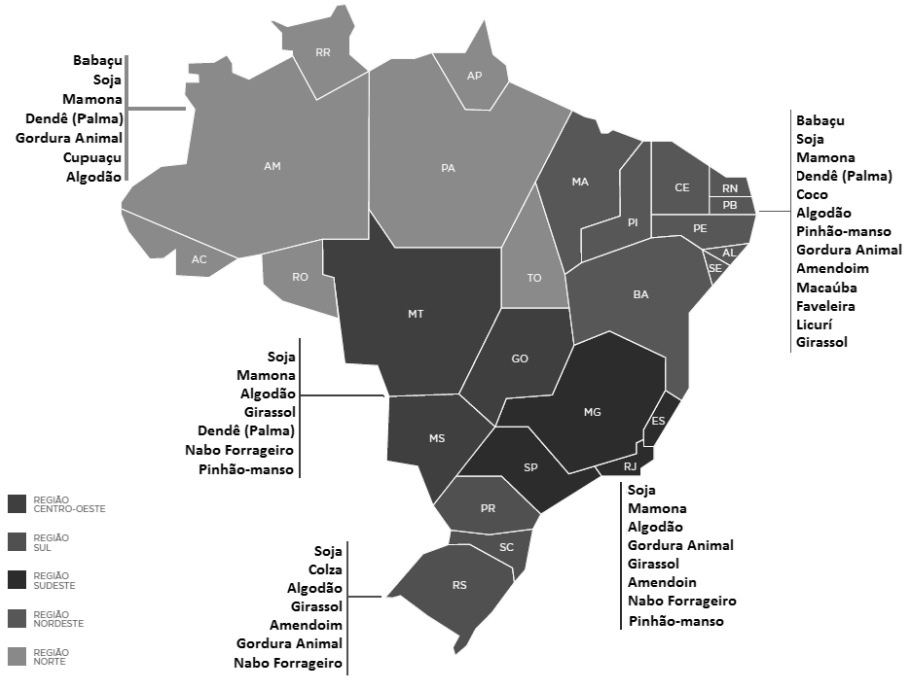


Figura 1 – Distribuição das fontes utilizadas e que apresentam potencial para utilização na produção de biodiesel no Brasil.
Fonte: Elaborado pelos autores.

3. Resíduos da produção de biodiesel

De acordo com Bermann (2001), não existe energia limpa e todas as fontes provocam impactos no meio ambiente em alguma das etapas de transformação, distribuição e utilização. Dentre estes impactos, a indústria de biodiesel tem gerado grande quantidade de resíduos, que precisam receber devida destinação ao final do processo, para que a cadeia se complete de maneira sustentável.

Durante o processo de produção do biodiesel são gerados resíduos em duas etapas. Primeiramente, ocorre a extração do óleo, que pode ser por prensa mecânica (esmagamento), gerando as tortas, ou por extração química, com o uso de solventes, gerando os farelos. Em um segundo momento, segue-se a etapa de transesterificação, gerando como resíduo o glicerol, que comercialmente recebe o nome de glicerina. Devido ao processo de extração de óleo por prensa mecânica (esmagamento), as tortas apresentam maior teor lipídico (extrato etéreo - EE) quando comparadas aos farelos, e normalmente apresentam maior teor de fibras (fibra em detergente neutro - FDN) e menor teor protéico. O uso dos dois processos de extração de forma sequencial pode ocorrer em virtude do percentual de óleo desejado ao final da extração, uma vez que a técnica pode encarecer o produto final.

Tortas e farelos oriundos da indústria do biodiesel normalmente possuem características interessantes para a nutrição de ruminantes, pois apresentam teores de proteína bruta (PB) que os classificam como ingredientes protéicos (> 20%), tal como o farelo de soja. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e EE podem variar de acordo com o método de extração utilizado (extração mecânica ou o uso de solventes) e o nível de inclusão de cascas, o que pode impactar diretamente na alteração dos níveis de inclusão destes insumos nas dietas formuladas. No entanto, em alguns casos, a presença de fatores antinutricionais nesses alimentos é marcante, como no caso da mamona e do pinhão-manso, elevando assim a demanda pela investigação dos efeitos destes componentes sobre o desempenho e saúde animal.

Como exceção a esta regra, a glicerina não possui conteúdo fibroso e o seu teor proteico é quase nulo (em média, 0,14%PB). No entanto, esse contém alto teor de energia bruta (3628 kcal.kg.MS^{-1}, segundo Gomes et al., 2011), caracterizando-se como potencial

fonte energética, podendo substituir parcial ou totalmente o milho na dieta de ruminantes. Pesquisadores têm buscado, principalmente, respostas sobre a ingestão de matéria seca (IMS), sobre a digestibilidade e o desempenho animal, sem ignorar as implicações negativas, como a presença de fatores antinutricionais, que afetam de forma negativa a IMS, podendo levar a intoxicação e morte dos animais.

Embora seja a terceira região produtora de biodiesel, a Região Nordeste conta com o maior número de estudos científicos sobre aproveitamento de resíduos da produção de biodiesel na nutrição de ruminantes, representando quase metade (61; 47%) do total de pesquisas no assunto realizadas no Brasil nos últimos dez anos.

Na estratificação das publicações por estado onde foram desenvolvidas, é possível observar que a Bahia é o estado que mais se destaca em pesquisas desenvolvidas e publicadas (35; 27%) na área. Em segundo lugar, encontra-se o estado de Minas Gerais (16; 12%) e, empatados em terceiro, aparecem São Paulo e Ceará (14; 11%, cada).

3.1 Glicerina

Conhecida comercialmente como glicerina, o resíduo resultante do processo de transesterificação na produção de biodiesel é o glicerol, ou 1,2,3 propanotriol [CH_2(OH) CH(OH) CH_2OH] (IUPAC, 1993). O glicerol é um composto orgânico, pertencente à função álcool, líquido em temperatura ambiente (25 °C), higroscópico, inodoro e viscoso e com sabor levemente adocicado (ANP, 2013). Quanto mais clara a glicerina, maior o seu estado de pureza e maior o teor de glicerol, comprovando eficiência no proceso de puficação.

De acordo com Parente (2003), em média, a cada 100 litros de biodiesel produzidos, são gerados cerca de 10 kg de glicerina bruta, ou 9 kg de glicerol. Dessa forma, com a crescente produção de biodiesel no Brasil, é previsível o aumento de excedente de glicerina no mercado.

Em 2012, foram geradas aproximadamente 274 mil toneladas de glicerina (ANP, 2013), e a região de maior produção foi a Centro-Oeste (129 mil t), seguida das regiões Sul (79 mil t), Nordeste (30,5 mil t), Sudeste (25,3 mil t) e Norte (10,7 mil t), respectivamente.

Na Região Nordeste, o estado da Bahia destacou-se como o quarto maior produtor de glicerina no Brasil, contando com produção de 24,7 mil t, sendo superado pelos estados do Rio Grande do Sul (68,2 mil t), Mato Grosso (59,6 mil t) e Goiás (55,5 mil t).

De maneira geral, estudos sobre o uso de glicerina na alimentação animal indicam que normalmente ocorre melhora, ou nenhuma alteração do desempenho e da produção de leite, o que é interessante, tendo em vista o preço da glicerina, que é inferior ao do milho (Silva et al., 2014; Pimentel et al., 2014; Wilbert et al., 2013). Em pesquisa com novilhas em pastagem de *Brachiaria decumbes* cv. Marandu sob suplementação, na proporção de 1%PC, Farias et al. (2012a) não observaram diferença na IMS, nem no CDMS, mas notaram redução linear no desempenho dos animais que receberam 0; 2,8; 6,1 e 9% MS de glicerina na dieta total. Em tempo, em estudo complementar, os autores (Farias et al., 2012b) não observaram alterações no comportamento ingestivo dos animais, o que é interessante, pois poderia ocorrer rejeição pelos animais ao suplemento, uma vez que, com a adição de glicerina a estrutura física do concentrado é alterada, chegando a se tornar pastoso, dependendo do nível de inclusão. A diminuição do desempenho animal, segundo Farias et al. (2012 a,b), pode ter sido ocasionada pela baixa qualidade da glicerina utilizada, que continha apenas 81,2% de glicerol, coloração marrom-escuro e, inicialmente, antes de ser ofertada aos animais, apresentava 16% de metanol, tornando-se necessário aquecê-la até que atingisse 75 °C (30 minutos) para a evaporação do metanol (0,33% de etanol após aquecimento

Com o interesse em avaliar possíveis efeitos negativos do uso da glicerina na dieta de ruminantes, Silva et al. (2012) avaliaram os parâmetros sanguíneos de novilhos nelores alimentados com dietas contendo níveis crescentes de glicerina. De acordo com os autores, as alterações não indicaram prejuízos à saúde dos animais. Também com o propósito de avaliar a toxicidade da glicerina e possíveis distúrbios pós-abate, Leão et al. (2012) avaliaram amostras de cérebro, fígado, rim, rúmen e da porção inicial do intestino delgado de novilhos castrados e fêmeas terminados em confinamento consumindo dietas com até 24% de glicerina e não observaram lesões, condenação ou aproveitamento condicional das carcaças ou dos órgãos dos animais.

Em estudo realizado nos Estados Unidos, Parsons et al. (2009) avaliaram o percentual de abcessos hepáticos após o abate de 373 novilhas terminadas em confinamento com dietas contendo níveis de até 16% de glicerina na MS e não observaram relação do número de abcessos com a inclusão de glicerina na dieta.

Os níveis de glicerina utilizados nas dietas de bovinos nos artigos revisados variaram de 2,8 a 30% da dieta total, com média de 11,3%.

É possível ver na Tabela 2 os valores médios de consumo, coeficiente de digestibilidade e desempenho dos animais encontrados nos artigos revisados.

Tabela 2 - Valores médios de consumo, coeficiente de digestibilidade e desempenho de bovinos alimentados com dietas contendo ou não glicerina em substituição ao milho para bovinos

Variável	[1]Média geral	[2]Controle	[3]Glicerina
IMS total, kg.dia^{-1}	11,76	11,72	11,78
IMS (%PC)	2,91	2,93	2,90
IMS forragem, kg.dia^{-1}	7,44	7,69	7,37
Cons PB, kg.dia^{-1}	1,56	1,54	1,57
Cons FDN, kg.dia^{-1}	4,14	4,14	4,14
Cons CNF, kg.dia^{-1}	3,61	3,77	3,56
Cons EE, kg.dia^{-1}	0,35	0,34	0,35
Cons NDT, kg.dia^{-1}	7,02	7,04	7,01
CDMS, %	63,47	62,06	63,94
CDPB, %	65,36	63,77	65,89
CDEE, %	65,86	61,84	67,20
CDFDN, %	50,79	51,05	50,71
CDCNF %	82,09	82,25	82,03
NDT, %	---	59,04	60,28
GMD, kg.dia^{-1}	1,12	1,16	1,10

[1]MÉDIA GERAL: Média aritmética de todos os valores encontrados para cada variável listada, incluindo dieta controle (sem glicerina) e dietas contendo glicerina. [2]CONTROLE: média aritmética de todos os valores encontrados para cada variável listada, incluindo apenas a dieta controle (sem glicerina).[3]GLICERINA: média aritmética de todos os valores encontrados para cada variável listada, incluindo apenas as dietas contendo glicerina.

3.2 Tortas e farelos

Embora sejam claras as definições de tortas e farelos, e por consequência a sua diferenciação, ainda é frequente a utilização destes termos de forma errônea, tanto por pesquisadores quanto pela indústria, assim cabe esclarecer alguns conceitos básicos. Por exemplo, no Brasil, o farelo de mamona é vendido como fertilizante de solos e erroneamente comercializado como "torta de mamona". Industrialmente, o óleo da mamona normalmente é extraído com a utilização de solventes, pois, dessa forma, apresenta maior rendimento de óleo por quilograma de matéria-prima, gerando um resíduo com baixo teor de óleo (EE), denominado farelo, e não torta. O erro mais comum, portanto, é chamar o farelo de torta e vice-versa.

3.2.1 Dendê (*Elaeis guineenses*)

O dendezeiro (*Elaeis guineenses*) é uma planta originária da África e trazida para o Brasil no início do Século XVI, quando, plantada no litoral e no Recôncavo Baiano, encontrou condições ideais de clima e solo para o seu desenvolvimento. Atualmente, o dendezeiro é largamente encontrado nas regiões Norte e Nordeste (Peres et al., 2005).

O dendê é a oleaginosa cultivada mais produtiva do mundo, apresentando rendimentos que variam de 25 a 30 toneladas de cachos por hectare por ano. Essa oleaginosa produz de 4 a 6 toneladas de óleo por hectare, gerando grande quantidade de resíduos no processo de extração do óleo (SUFRAMA, 2003).

Não por coincidência, a torta de dendê tem sido o coproduto da indústria do biodiesel mais estudado na nutrição de ruminantes no Brasil. Dos trabalhos revisados, 39 deles incluíram avaliação, *in vitro*, *in situ* ou *in vivo*, do potencial de inclusão desse subproduto na dieta de ruminantes ou como aditivo na ensilagem.

Correia et al. (2011) analisaram os efeitos da inclusão de 15,98% de torta de dendê na dieta de bovinos machos em substituição total ao farelo de soja ou parcial ao milho. Esses autores verificaram redução na IMS ocasionada pelo maior conteúdo de FDN na dieta dos animais que consumiram torta de dendê, já que a torta de dendê apresenta, em média, 72,52% deste nutriente. Devido à essa redução, também houve menor ingestão de PB, CNF e NDT sem diminuição na ingestão de FDN e EE. Esses resultados foram consonantes com a

literatura, pois, de acordo com Mertens (1994), alta concentração de FDN no rúmen-retículo gera limitação de ordem física, diminuindo o trânsito no trato gastrointestinal, provocando efeito de repleção ruminal, limitando o consumo.

Neste mesmo trabalho, também não houve diferenças no pH ruminal após 6 horas de alimentação, com valor mínimo médio de 6,76. Esse valor está acima do valor mínimo crítico (6,2) indicado para não comprometer o crescimento microbiano nem prejudicar a digestão da fração fibrosa da dieta de ruminantes (Osrkov, 1988).

Em pesquisa para avaliação dos efeitos da inclusão de até 34,2% de torta de dendê na matéria seca total da dieta de novilhas leiteiras mestiças Holandês × Zebu em crescimento, Maciel et al. (2012) observaram redução linear nos consumos de MS, PB, FDN, CNF e NDT e redução no CDIMS e CDFDN. Para cada 1% de torta de dendê incluída na dieta, houve redução de 100 g na IMS, fazendo com que, no nível mais elevado de inclusão, a IMS reduzisse em 54,5% em comparação à dieta controle, sem torta de dendê. Dessa forma, o desempenho dos animais foi afetado negativamente. Apesar dos resultados observados, os autores concluíram que a torta de dendê poderia ser utilizada em até 24,6%MS da dieta total, uma vez que o desempenho dos animais seria próximo do observado no grupo controle.

Alguns possíveis fatores, atuando juntos, têm interferido negativamente nas variáveis de consumo, digestibilidade e desempenho quando se fornece torta de dendê aos ruminantes. Por exemplo, o alto teor de FDN com considerável lignificação, torna parte desta fração indigestível (FDNi). Carvalho et al. (2006), em estudo para avaliação da degradabilidade da torta de dendê, salientaram que os compostos nitrogenados estão aderidos à fibra e, quando essa fibra apresenta-se altamente lignificada, tornam-se de difícil acesso ou até mesmo indisponíveis aos microrganismos. Nesse contexto, é possível concluir que a torta de dendê contém altos teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), limitando a disponibilidade de proteína aos microrganismos do rúmen, reduzindo o crescimento microbiano e interferindo negativamente na digestão da fibra e na ingestão de matéria seca. Essa afirmação tem suporte em estudo realizado por Silva et al. (2005a), que salientaram que o teor e a qualidade da proteína da dieta influenciam o consumo de alimentos e, consequentemente, o desempenho de ruminantes.

Silva et al. (2013) avaliaram a inclusão de torta de dendê no concentrado fornecido a vacas mestiças e, apesar de não terem observado alteração na ingestão de matéria seca, não recomendaram o uso desse subproduto na dieta de vacas lactantes, uma vez que constataram redução da digestibilidade de matéria seca e de nutrientes importantes à síntese de leite, o que poderia prejudicar o desempenho desses animais.

Nos trabalhos revisados, a utilização da torta de dendê na dieta de bovinos variou de 6,5 a 34,2% da dieta total, com valor médio de 17,8%. A torta de dendê apresenta potencial para utilização em dietas para bovinos, no entanto, deve-se atentar aos níveis de FDN e EE das dietas.

Os resultados obtidos com a utilização da torta de dendê na dieta de pequenos ruminantes também têm sido controversos, especialmente em relação às variáveis de consumo, como a IMS, cujos resultados em ovinos ora são positivos (Soares et al., 2012; Raiol et al., 2012), ora negativos (Macome et al., 2012; Nunes et al., 2011; Silva et al., 2008), e ora com aumento quadrático com posterior decréscimo (Bringel et al., 2011; Costa et al., 2010).

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e de nutrientes têm apresentado variação (Raiol et al., 2012). Em alguns estudos, não há nenhuma alteração (Nunes et al. 2011; Silva et al. 2007), enquanto em outros tem ocorrido aumento dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes como um todo (Bringel et al., 2011).

A mesma oscilação de resultados tem ocorrido em relação ao desempenho de ovinos consumindo torta de dendê na dieta.

Soares et al. (2012) observaram aumento linear no GMD em borregos SRD (Sem Raça Definida) alimentados com dietas contendo até 5% de torta de dendê na MS total da dieta, e concluíram que esse ganho foi devido ao aumento da IMS. Macome et al. (2011) avaliaram os efeitos da inclusão de torta de dendê em níveis de até 19,5% e observaram que, após o abate, os animais que consumiram o maior nível de torta de dendê apresentaram menor rendimento de carcaça (%RC), que variou de 45,5% no grupo controle para 40,7% no grupo que recebeu maior proporção de torta de dendê na dieta. Em caprinos, são poucos os estudos com inclusão de torta de dendê na dieta.

Silva et al. (2005b) não observaram diferença na IMS ao fornecerem até 30%MS desse subproduto no suplemento concentrado de cabras Saanen. Ressalta-se, no entanto, que esses autores não observaram diferença em nenhuma variável de consumo e, provavelmente em razão desses resultados, a produção de leite dos animais também não sofreu alteração. Além disso, da mesma forma que na dieta de bovinos, para a utilização de torta de dendê na alimentação de pequenos ruminantes, é importante observar os níveis de FDN e EE das dietas. Nos trabalhos revisados, a utilização de torta de dendê na dieta de ovinos variou de 12,5 a 30% da dieta total, com valor médio de 10%. Considerando os resultados observados, é possível afirmar que a torta de dendê parece proporcionar melhores resultados em bovinos, embora o número de trabalhos realizados com ovinos seja superior.

3.2.2 Mamona (*Riciosnus communis* L.)

Provavelmente originária da África ou da Ásia e implantada no Brasil no período de colonização portuguesa, a mamoneira (*Riciosnus communis* L.) é uma oleaginosa com relevante importância no Brasil e no mundo. Atualmente, devido à sua facilidade de propagação e adaptação a condições adversas de clima e solo, essa planta é cultivada em diversas regiões do mundo (Embrapa Agroenergia, 2013).

O Brasil tem sido o terceiro maior produtor de mamona, no entanto, devido à seca que ocorreu em 2012, passou a ser o quarto produtor. De acordo com a CONAB (2014b), naquele ano o Brasil produziu pouco mais de 25 mil toneladas dessa oleaginosa, uma produção muito distante das de Moçambique, 62 mil toneladas, China, 170 mil toneladas, e Índia, 1,6 milhão de toneladas.

Ainda de acordo com a CONAB (2014b), na safra 2013/2014, o Brasil contou com uma área plantada de mamona de 112,3 mil hectares, com 97% dessa área localizada na Região Nordeste, que produziu cerca de 96% do total nacional. O maior produtor nacional é o estado da Bahia (82%), seguido do Ceará (8%) e de Pernambuco (5%).

De acordo com Azevedo e Lima (2001), a cada tonelada de óleo de mamona extraído, gera-se cerca de 1,2 tonelada de resíduo. O principal produto da mamona é o óleo contido em suas sementes. Sendo naturalmente hidroxilado, devido à presença de uma hidroxila (OH) na cadeia carbônica do ácido ricinoléico, ácido graxo predominante (90%). O óleo de mamona

apresenta propriedades fisico-químicas peculiares, tendo uma vasta aplicação na indústria química e farmacêutica (Embrapa Agroenergia, 2013).

O resíduo da extração do óleo gera um subproduto (torta ou farelo) com alto teor proteico (35-40%PB), caracterizando-se como potencial ingrediente na dieta de ruminantes. No entanto, a mamona contém um componente tóxico à saúde animal, uma glicoproteína denominada ricina (1,5 a 2,0% nas sementes), que é solúvel apenas em meio aquoso e, por essa razão, não é extraída junto ao óleo de manona, contaminando apenas a torta ou farelo residual. Dessa forma, os subprodutos de mamona são normalmente comercializados como adubos orgânicos. Ainda como fatores antinutricionais, existem a ricinina, um alcaloide levemente tóxico encontrado em maiores concentrações nas folhas da mamoneira, e fatores alergênicos, no entanto, ambos são extraídos simultaneamente juntos com a ricina (Audi et al., 2005).

A toxidade da ricina decorre da inativação de algumas unidades de ribossomos de células eucarióticas (Lehninger et al., 2005). A molécula dessa proteína é composta por duas cadeias distintas, A e B, unidas por meio de uma ligação dissulfeto (Figura 2). A cadeia B se liga aos carboidratos da superfície celular, facilitando a entrada da cadeia A no interior da célula, ou seja, da toxina. A cadeia A reage com o RNA ribossômico, provocando a remoção de uma adenina. Essa remoção inibe o processo de síntese de proteínas no interior da célula, levando-a a morte (Audi et al., 2005).

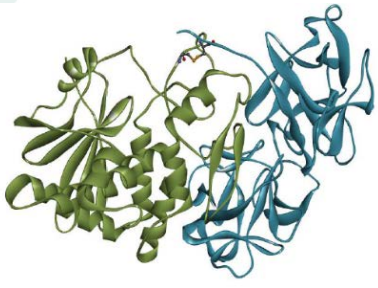


Figura 2 - Estrutura tridimensional da ricina. Em verde, a cadeia A e, em azul, a cadeia B. A ponte dissulfeto que une as duas cadeias é representada por pontos e traços na parte central superior da figura.
Fonte: *Protein Data Bank*, disponível em http://www.rcsb.org

Em pesquisa com ovinos machos castrados, Oliveira et al. (2010) forneceram aos animais dietas contendo farelo e torta de mamona (15%MS da dieta total), detoxificados ou não, e não notaram diferença nos consumos de MS, PB e FDNcp entre os grupos alimentados com as dietas contendo o subproduto de mamona e o grupo controle (farelo de soja). No entanto, observaram redução no consumo de CNF e aumento de EE devidos à composição dos subprodutos da produção de biodiesel, que, de maneira geral, apresentam baixo teor de carboidratos não-fibrosos e alto teor lipídico.

Diniz et al. (2010) avaliaram os efeitos da inclusão de farelo de mamona em dietas para bovinos machos castrados e não encontraram diferença nos consumos de matéria seca e nutrientes. Salienta-se que, para o processo de detoxificação, os autores utilizaram cal (CaO - óxido de cálcio) diluída em água (1:10), em uma razão de 60 g/kg de farelo de mamona, conforme recomendado por Oliveira et al. (2007).

Barros et al. (2011) avaliaram os efeitos de um concentrado contendo farelo de mamona detoxificado em substituição do farelo de soja e observaram redução linear na IMS , PB, EE, CNF e NDT e nos coeficientes de digestibilidade de MS, PB, EE, FDNcp, CNF e NDT. Apesar desses resultados negativos no consumo e na digestibilidade, não houve diferença no GMD dos animais. No entanto, é necessário atentar-se aos decréscimos nas variáveis de consumo e digestibilidade, pois após um período prolongado de consumo, os resultados de desempenho poderiam ser diferentes, evidenciando prejuízos. Ao fornecerem torta de mamona detoxificada na dieta de cordeiros da raça Morada Nova, Pompeu et al. (2012) observaram redução linear no desempenho, com concomitante aumento da conversão alimentar dos animais.

Entre outros subprodutos de mamona, ainda existe a possibilidade de utilização das cascas das sementes como ingrediente volumoso. Urbano et al. (2012) avaliaram a substituição de até 100% do feno de capim-tifton-85 por casca de mamona em dietas para cordeiros sem raça definida (SRD) e não notaram diferença na IMS, no entanto, constaram redução linear na ingestão de NDT. Dessa forma, o desempenho dos animais apresentou redução à medida que foram elevados os níveis de casca de mamona na dieta dos animais,

provavelmente devido à redução na digestibilidade da matéria seca e nutrientes, uma vez que a casca da mamona tem alta concentração de componentes de baixa digestibilidade.

Efeitos negativos do uso de casca de mamona no desempenho de ruminantes também foram observados por Santos et al. (2011). Esses autores substituíram o feno de capim-tifton-85 das dietas de cabras lactantes por casca de mamona e concluíram que até 33% esta substituição é viável. Os resultados obtidos com a utilização de subprodutos de mamona (farelo e torta) em dietas para ruminantes comprovam que esses alimentos são potenciais ingredientes alternativos, uma vez que, de maneira geral, as variáveis de consumo, digestibilidade e desempenho são pouco afetadas. A casca de mamona apresenta potencial para uso na dieta de ruminantes como ingrediente volumoso alternativo. No entanto, ainda são necessários mais estudos para avaliação da composição desse ingrediente, do consumo e da digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, assim como do desempenho dos animais.

Com relação à detoxificação dos coprodutos da mamona, parece haver uma incógnita quanto à necessidade de se eliminar a ricina e quais os níveis e períodos de exposição dos animais a essa proteína que são realmente tóxicos, uma vez que, mesmo consumindo farelo ou torta sem nenhum tipo de tratamento, os resultados de consumo, digestibilidade e desempenho mantiveram-se inalterados e os animais sem sinais clínicos de intoxicação. Entre os métodos de detoxificação, parecem prevalecer os recomendados por Anandan et al. (2005), que são autoclavagem (15 psi por 60 minutos) ou tratamento com hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), na razão de 40 g/kg de subproduto de mamona, e o recomendado por Oliveira et al. (2007), ou seja, tratamento com cal (óxido de cálcio - Cao), na razão de 60 g/kg de subproduto.

3.2.3 Pinhão-manso (*Jathropha curcas* L.)

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie perene, bem adaptada a regiões de clima seco e pertencente à mesma família da mamona (*Euphorbiaceae*). Oficialmente considerado uma planta originária da América Central, tem crescimento espontâneo em várias regiões do Brasil (Saturnino et al., 2005).

Embora seja uma planta de alta rusticidade, para apresentar produção rentável, tanto de sementes por área como de óleo por área, o pinhão-manso necessita de tecnologias de cultivo, como adubação, controle de pragas e doenças e práticas de manejo, que ainda são

pouco conhecidas, uma vez que os estudos agronômicos acerca dessa planta ainda são recentes.

O plantio comercial do pinhão-manso no Brasil teve início em 2006, juntamente com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, e atualmente a área plantada com essa oleaginosa no Brasil é de aproximadamente 25 mil hectares (Embrapa Agroenergia, 2013).

De acordo com a Embrapa Agroenergia, as informações atuais demonstram que essa espécie tem potencial de produção de sementes de 4.000 $kg.ha^{-1}$, com teor de óleo variando de 30 a 40%, o que possibilita a extração, em média, de cerca de 1400 kg de óleo, restando 2.600 kg de resíduo (torta ou farelo) com grande potencial para uso na alimentação animal, já que apresenta até 45% de proteína, dependendo da matéria-prima e do método de extração. No entanto, é necessário proceder à detoxificação do produto gerado, uma vez que a semente de pinhão-manso possui componentes tóxicos (curcina e ésteres de forbol), antinutricionais (inibidores de tripsina e fitatos) e alergênicos (proteínas 2S) que, quando ingeridos, podem atuar de forma aguda, com resposta inflamatória intensa, ou crônica, e formação de tumores (Mendonça e Ribeiro, 2013).

A curcina é uma proteína que age de forma semelhante à ricina, porém com maior severidade. No caso do éster de forbol, no entanto, por ser lipossolúvel, parte permanece no óleo que não é extraído no processo de esmagamento das sementes, tornando a torta do pinhão-manso tóxica. Martinez-Herrera et al. (2006) encontraram uma concentração de ésteres de forbol igual a 3,85 mg/g de farelo de pinhão-manso contendo apenas 0,6% de óleo.

De acordo com Mendonça & Ribeiro (2013), apesar de tóxica, a curcina não é o fator-limitante ao uso da torta de pinhão-manso na nutrição animal, mas sim os ésteres de forbol, por induzirem resposta inflamatória e formação de tumores.

São grandes os esforços para detoxificar a torta de pinhão-manso para sua utilização na nutrição de animal, no entanto, normalmente as técnicas têm apresentado baixa eficácia ou, quando eficazes, são economicamente inviáveis. Os ésteres de forbol não podem ser eliminados por meio de tratamento térmico, mas os componentes protéicos podem ser desnaturados quando um tratamento térmico é realizado de forma adequada (Makkar et al.,

1997). Segundo relatos de Chivandi et al. (2004), a extração por solvente dupla (hexano e etanol) associada à autoclavagem é capaz de inativar totalmente os inibidores de tripsina e lectinas e, de acordo com Martinez-Herrera et al. (2006), a extração com solvente dupla (éter de petróleo e etanol) associada ao tratamento com bicarbonato de sódio (0,07%) reduz em 95,8% o teor de éster de forbol..

A Embrapa Agroenergia vem, desde 2008, coordenando um projeto denominado BRJATROPHA (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Pinhão-Manso para Produçãode Biodiesel), que, além de práticas de manejo, visa selecionar e desenvolver cultivares com alto potencial de produção de óleo por área, e com baixa toxidade. De acordo com os autores do projeto, o melhoramento genético do pinhão-manso seria a estratégia de menor custo e mais segura para a produção de um coproduto livre de ésteres de forbol, com elevado potencial para utilização na suplementação proteica a animais.

Até que o lançamento de cultivares de pinhão-manso atóxicos e com alto potencial de produção aconteça (os cultivares atóxicos conhecidos apresentam baixa produtividade e problemas agronômicos), a Embrapa Agroenergia tem avaliado técnicas de detoxificação de fácil aplicação e economicidade, principalmente aos pequenos produtores.

Devido ao alto teor de toxidade presente nas sementes de pinhão-manso, e consequentemente em seus subprodutos (farelo, torta e casca), poucos trabalhos com a inclusão de algum desses subprodutos na dieta de animais foram desenvolvidos no Brasil. Alguns trabalhos têm incluído a avaliação apenas da composição química dos subprodutos do pinhão-manso como um potencial ingrediente na alimentação de ruminantes, sem, no entanto, mencionar teores de estéres de forbol ou técnicas para detoxificação. Ao que parece, esse trabalho tem sido desenvolvido predominantemente por pesquisadores das áreas de química em associação a grupos de pesquisa em nutrição animal.

Couto et al. (2012) avaliaram *in vitro* e *in vitro* alguns resíduos da indústria do biodiesel, entre eles, o farelo e a torta de pinhão-manso. Esses autores observaram teores de FDN de 60,2% para o farelo e de 40,81% para a torta. O teor protéico, segundo os autores, foi de 27,81 %PB para o farelo e de 19,82 %PB para a torta do pinhão-manso. Os teores de EE do farelo e da torta foram, respectivamente, de 2,38 e 26%. Dessa forma, é possível afirmar que a

torta de pinhão-manso é, no mínimo, dez vezes mais tóxica que o farelo, uma vez que os ésteres de forbol são lipossolúveis e encontram-se no óleo residual presente no coproduto resultante. A degradabilidade ruminal (DR) *in situ* (16 horas) do farelo de pinhão-manso foi de 48,97% e não diferiu da observada para a torta, que foi de 47,83%. Os autores atribuem a baixa DR à baixa qualidade da fibra do pinhão-manso. A proteína degradada no rúmen (PDR) e a não-degradada no rúmen (PNDR) também não diferiram entre os dois subprodutos, com médias de 95,96% para PDR e 4,06% para PNDR. Em estudos para determinação do efeito tóxico, Araújo et al., 2010 e Ferreira et al., 2012 avaliaram a inclusão de pinhão-manso na alimentação de ruminantes e concluíram que todos os animais que consumiram essa oleaginosa apresentaram intoxicação, caracterizada por diversos sintomas, como apatia, redução de apetite, redução do conteúdo e tensão ruminal, redução da motilidade ruminal, emagrecimento acentuado, desordens digestivas, hepáticas, renais, pulmonares e cardíacas. Considerando os quadros de intoxicação apresentados, até que seja possível a eliminação dos componentes tóxicos presentes, principalmente os ésteres de forbol, é impraticável o uso dos coprodutos do pinhão-manso na dieta de ruminantes.

3.3 Outros coprodutos

Além das matérias-primas citadas anteriormente, outras oleaginosas têm potencial para uso na indústria do biodiesel e, consequentemente, seus subprodutos poderão ser usados na alimentação animal, especificamente na nutrição de ruminantes. No entanto, devido a problemas relacionados principalmente ao pequeno volume de produção, a disponibilidade desses ingredientes é baixa no mercado.

Azevedo et al. (2012) avaliaram a inclusão de torta de macaúca (*Acrocomia aculeata*) em niveis de até 30% em substituição ao milho na dieta de ovinos e não observaram efeito da dieta na IMS nem no desempenho animal, com GMD igual a 200 $g.dia^{-1}$. No entanto, na análise econômica dos níveis de inclusão de torta de macaúba na dieta dos animais, verificou-se que a dieta contendo 10% apresentou a melhor relação custo:benefício.

O mesmo grupo de pesquisadores (Azevedo et al., 2013a; 2013b) avaliou a inclusão de torta de macaúca em substituição ao milho na dieta de bovinos da raça Holandesa e observaram efeito quadrático na IMS e no consumo de FDN. Os autores atribuíram estes

resultados ao aumento no teor de EE na dieta, que pode ter reduzido a digestibilidade da FDN dieta, limitando o consumo de MS e consequentemente de FDN. A produção de leite acompanhou o comportamento quadrático observado na IMS. Após a análise econômica, os autores relataram que a taxa de retorno marginal da dieta com 10% de torta de macaúba foi superior à da dieta controle, evidenciando o potencial de utilização desse coproduto em substituição ao milho na dieta de vacas leiteiras.

Correia et al. (2011) avaliaram a inclusão das tortas de dendê, amendoim e girassol na dieta de bovinos machos mestiços (Holandês ´ zebu) em substituição ao farelo de soja e relataram que o grupo de animais alimentados com a dieta contendo torta de dendê foi o que apresentou a menor ingestão de matéria seca (9,9 kgMS.dia^{-1}; 1,75 %PC), enquanto os demais animais não diferiram entre si, com média de 12,15 kgMS.dia^{-1} e 2,15%PC. Os autores relacionaram a limitação na IMS pelos animais alimentados com torta de dendê ao alto teor de FDN presente nesse coproduto.

Os coeficientes de digestibilidade da MS, PB, EE, FDN e CNF não diferiram entre as dietas, independentemente da inclusão das tortas. De posse desses resultados, os autores concluíram que as tortas de amendoim e girassol podem ser utilizadas na dieta de ruminantes em substituição ao farelo de soja. Em pesquisa com o uso de torta de girassol na dieta de bovinos, Lima et al. (2013) e Pereira et al. (2011) não observaram alterações na IMS, diferente de relatos de Domingues et al. (2010), que constataram redução linear nessa variável.

Agy et al. (2012) forneceram dietas contendo até 24% de torta de girassol a cabritos da raça Boer e não observaram redução na IMS, PB e FDN e, como normalmente tem ocorrido com os consumos de EE e CNF, ao adicionarem resíduos da indústria do biodiesel na dieta dos animais, registrou-se aumento no consumo de EE com concomitante redução no de CNF.

De acordo com esses autores, houve redução no coeficiente de digestibilidade da MS (CDMS), mas os coeficientes de digestibilidade da PB, EE e FDN mantiveram-se inalterados. Embora não tenha ocorrido variações nos coeficientes de digestibilidade de PB, EE e FDN, a redução no CDMS causou diminuição do desempenho dos animais. Os autores concluíram que níveis de até 8% de torta de girassol podem ser utilizados na dieta de cabritos da raça

Boer, pois não causam grandes variações no desempenho desses animais.

Borja et al. (2010) forneceram dietas contendo até 45% de torta de licuri (*Syagrus coronata*) a cabritos da raça Boer criados em sistema de confinamento e observaram que a IMS foi semelhante entre os grupos. Além disso, a única variável de consumo que apresentou alteração foi a ingestão de PB, com redução linear. Os coeficientes de digestibilidade da MS e FDN, conforme relatado pelos autores, apresentaram comportamento quadrático, porém sem prejuízos ao desempenho dos animais. Dessa forma, os autores concluíram que a torta de licuri pode ser incluída em níveis de até 45% da dieta total de cabritos da raça Boer.

Considerações Finais

Com algumas ressalvas, é inquestionável o potencial de utilização de resíduos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes, embora a resposta de desempenho do animais dependa da qualidade desses produtos.

Ainda são necessários estudos mais detalhados para avaliação das mudanças na microbiota ruminal quando fornecidos esses subprodutos, principalmente glicerina.

Os entraves existentes, de ordem qualitativa, na utilização desses subprodutos nas dietas de ruminantes, estão relacionados à presença de agentes tóxicos, como no caso dos coprodutos de mamona e pinhão-manso, deixando clara a necessidade da viabilização prática e econômica das técnicas de detoxificação, principalmente de coprodutos do pinhão-manso. No caso da glicerina, recomenda-se a aquisição desse produtos em grandes indústrias que prezem pelo padrão de qualidade, especialmente em relação aos teores de glicerol, ácidos graxos e metanol.

Os entraves de ordem quantitativa estão relacionados à oferta dos subprodutos no mercado local, uma vez que a sua disponibilidade é maior em regiões que processam a matéria-prima para a extração do óleo destinado à produção de biodiesel. Além disso, a baixa produtividade de algumas oleaginosas alternativas tem prejudicado sua utilização como matéria-prima para a produção de biodiesel, tornando-as caras e diminuindo o interesse da indústria em utilizá-las, mantendo-se a prevalência do uso da soja na indústria nacional de biodiesel.

Em suma, para que o produtor invista no uso de resíduos da indústria de biodiesel na

alimentação de ruminantes, é necessário buscar o equilíbrio entre as respostas de ordem biológica e econômica.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: 2013**. Ministério de Minas e Energia (Brasil) – MME. Rio de Janeiro: ANP, p.236, 2013.

AGY, M.S.F.A; OLIVEIRA, R.L.; RIBEIRO, C.V.M. et al. Sunflower cake from biodiesel production fed to crossbred Boer kids. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.123-130, 2012.

ANANDAN, S.; ANIL KUMAR, G.K.; GHOSH, J. et al. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.159-168, 2005.

ARAÚJO, V.L.; BRITO, S.S.; NEIVA, J.N.M. et al. Inclusão de casca de pinhão-manso em dietas de ovinos: consumo voluntário e caracterização de quadro toxicológico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.1255-1258, 2010.

AUDI, J.M.; BELSON, M.; PATEL, M. et al. Ricin poisoning: A comprehensive review. **Journal of American Medical Association,** v.294, p.2342-2351, 2005.

AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. **O agronegócio da mamona do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, p.350, 2001.

AZEVEDO, R.A.; A.C.R. SANTOS; C.S. RIBEIRO JÚNIOR et al. Comportamento ingestivo de vacas alimentadas com torta de macaúba. **Ciência Rural**, v.43, P.1485-1488, 2013a.

AZEVEDO, R.A.; BICALHO, F.L.; ARAÚJO, L. et al. Análise técnico-econômica de diferentes níveis da torta de macaúba em dietas para vacas leiteira. **Archivos de Zootecnia**, v.62, p.147-150, 2013b.

AZEVEDO, R.A.; RUFINO, L.M.A.; SANTOS, A.C.R. et al. Desempenho de cordeiros alimentados com inclusão de torta de macaúba na dieta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1663-1668, 2012.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2014: ANO BASE 2013 / Ministério de Minas e Energia – BEN/MME. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil) – EPE. Rio de Janeiro, p.288, 2014.

BARROS, L.V.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E. et al. Replacement of soybean meal by treated castor meal in supplements for grazing heifer during the dry-rainy season period. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.843-851, 2011.

BELTRÃO, N.E.M.; VALE, L.; SILVA, O.R.F. Grãos oleaginosos. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 4, p.753-766, 2008.

BERMANN, C. **Energia no Brasil para quê? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável**. São Paulo: Editora e Livraria da Física: Fase, p. 123, 2001.

BORJA, M.S.; OLIVEIRA, R.L.; RIBEIRO, C.V.D.M. et al. Effects of Feeding Licury (*Syagrus coronate)* Cake to Growing Goats. **Asian-Australian Journal Animal Scicience,** v.23, p.1436-1444, 2010.

BRINGEL, L.M.L.; NEIVA, J.N.M.; ARAÚJO, V.L. et al. Consumo, digestibilidade e balanço de nitrogênio em borregos alimentados com torta de dendê em substituição à silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1975-1983, 2011.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. et al. Degradabilidade ruminal de concentrados e subprodutos agroindustriais. **Archivos de Zootecnia**, v.55, p.397-400, 2006.

CHIVANDI, E.; MTIMUNI, J.P.; READ, J.S. et al. Effect of processing method on the phorbol ester concentration, total phenolics, trypsin inhibitor activity and the proximate composition of the Zimbabwean Jatropha curcas provenance: a potential live stock feed. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.7, n.6, p.1001-1005, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos, Safra 2013/2014, Setembro/2014.** Ministério da Agricultura, Peduária e Abastecimento. v.1, n.12, p.84, 2014a.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Conjuntura Mensal: Mamona, Março de 2014**. Ministério da Agricultura, Peduária e Abastecimento. p.6, 2014b.

CORREIA, B.R.; OLIVEIRA, R.L.; JAEGER, S.M.P.L. et al. Consumo, digestibilidade e pH ruminal de novilhos submetidos a dietas com tortas oriundas da produção do biodiesel em substituição ao farelo de soja. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.356-363, 2011.

COSTA, D.A.; FERREIRA, G.D.G.; ARAÚJO, C.V. et al. Consumo e digestibilidade de dietas com níveis de torta de dendê para ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, p.783-792, 2010.

COUTO, G.S.; SILVA FILHO, J.C.; CORRÊA, A.D. et al. Digestibilidade intestinal in vitro da proteína de coprodutos da indústria do biodiesel. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.1216-1222, 2012.

DINIZ , L. L.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. Effects of Castor Meal on the Growth Performance and Carcass Characteristics of Beef Cattle. **Asian-Australian Journal Animal Science,** v.23, p.1308-1318, 2010.

DOMINGUES, A.R.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Consumo, parâmetros ruminais e concentração de ureia plasmática em novilhos alimentados com diferentes níveis de torta de girassol em substituição ao farelo de algodão. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.4, p.1059-1070, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa Agroenergia. **Anais do Simpósio Destoxificação e Aproveitamento das Tortas de Pinhão-manso e Mamona** Editores: Clenilson Martins Rodrigues; Patrícia Verardi Abdelnur. Brasília-DF: Embrapa Agroenergia, Documentos Embrapa 16, p.329, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis: Ano 2013**. Ministério de Minas e Energia (Brasil) – MME. Brasília-DF, p.64, 2014.

FARIAS, M.S.; PRADO, I.N.; VALERO, M.V. et al. Glycerine levels for crossbred heifers growing in pasture: performance, feed intake, feed eficiency and digestibility. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.3, p.1177-1188, 2012a.

FARIAS, M.S.; SILVA, R.R.; ZAWADZKI, F. et al. Glycerin levels for crossbred heifers supplemented in pasture: intake behavior. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n.1, p.63-69, 2012b.

FERREIRA, O.R.; BRITO, S.S.; LIMA, F.G. et al. Toxicidade do pericarpo da *Jatropha curcas* em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.559-567, 2012.

GOMES, M.A.B.; MORAES, G.V.; MATAVELI, M. et al. Performance and carcass characteristics of lambs fed on diets supplemented with glycerin from biodiesel production. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.40, n.10, p.2211-2219, 2011.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY - IUPAC. 1993. **A guide to iupac nomenclature of organic compounds – recomendations**. Blackwell scientific publications. 1993.

LEÃO, J.P.; RAMOS, A.T.; MARUO, V.M. et al. Anatomopatologia de amostras de bovinos alimentados com glicerol. **Ciência Rural**, v.42, n.7, 2012.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 4th Edition. Ed. W.H. Freeman, 2005. p. 1119, 2005.

LIMA, H.L.; GOES, R.H.T.B.; OLIVEIRA, E.R. et al. Nitrogenous compounds balance and microbial protein synthesis in steers supplemented with sunflower crushed in partial replacement of soybean meal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.35, n.3, p.281-288, 2013.

MACIEL, R.P.; NEIVA, J.M.N.; ARAUJO, V.L. et al. Consumo, digestibilidade e desempenho de novilhas leiteiras alimentadas com dietas contendo torta de dendê. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.698-706, 2012.

MACOME, F.; OLIVEIRA, R.L.; LEAL, A.R.B.G.G. et al. Productive performance and carcass characteristics of lambs fed diets containing different levels of palm kernel cake. **Revista MVZ Córdoba**, v.16, p.2659-2667, 2011.

MACOME, F.M.; OLIVEIRA, R.L.; ARAUJO, G.G.L. et al. Respostas de ingestão e fisiologicas de cordeiros alimentados com torta de dendê (*Elaeis guineensis*). **Archivos de Zootecnia**, v.61, p.335-342, 2012.

MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K.; SPORER, F. et al. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas.* **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.45, n.8, p.3152-3157, 1997.

MARTINEZ-HERRERA, J.; SIDDHURAJU, P.; FRANCIS, G. et al. Chemical composition, toxic/ antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. From Mexico. **Food Chemistry**, v.96, p.80-89, 2006.

MENDONÇA, S.; RIBEIRO, J.A.A. Desafios na destoxificação da torta de pinhão-manso. p.95-123. **Anais do Simpósio Destoxificação e Aproveitamento das Tortas de Pinhão-manso e Mamona**. Documentos Embrapa 16. p.329, 2013.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr.,G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA - NAE. Cadernos NAE, n.2, Brasília: **Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República**, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, p.214, 2005.

NUNES, A.S.; OLIVEIRA, R.L.; BORJA, M.S. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros sanguíneos de cordeiros submetidos a dietas com torta de dendê.**Archivos de Zootecnia**, v.60, p.903-912, 2011.

OLIVEIRA, H.R.; ABREU, Y.V. Parte I - Agricultura Famíliar, Selo Combustível Social e Leilões. **Biodiesel no Brasil em Três Hiatos: Selo Combustível Social, Empresas e Leilões 2005 a 2012.** Yolanda Vieira de Abreu, Hugo Rivas de Oliveira, José Eustáquio Canguçu Leal. - Málaga, Espanha: Eumed.net, Universidad de Málaga, p.214, 2012.

OLIVEIRA, A.S.; OLIVEIRA, M.R.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. Eficácia de diferentes métodos de destoxificação da ricina do farelo de mamona. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, 2007. p.1-6. (CD-ROM), 2007.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Substituição do milho pela casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: comportamento ingestivo, concentração de nitrogênio uréico no plasma e no leite, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.205-215, 2007.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, M.R.C. et al. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castorseed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed Science and Technology**, v.158 p.15–28, 2010.

ØRSKOV, E. R. **Nutrición protéica de los ruminantes**. Zaragoga: Acribia, 1988. 157p.

PARENTE, E.J.S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: NUTEC, 2003. 66p.

PARSONS, G.L.; SHELOR, M.K.; DROUILLARD, J.S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. **Journal of Animal Science,** v.87, p.653-657, 2009.

PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P.G.; CARNEIRO, M.S.S. et al. Comportamento ingestivo de vacas em lactação alimentadas com rações a base de torta de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.3, p.1201-1210, 2011.

PERES, J.R.; FREITAS JÚNIOR, E.; GAZZONI, D.L. Biocombustíveis: Uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. **Revista Política Agrícola,** v.14, n.1, p.31-41, 2005.

PIMENTEL, L.R.; MARCONDES, M.I.; SILVA, M.V. et al. Inclusion of crude glycerin in the diet of dairy cows on intake, milk yield and composition. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p. 1439-1446, 2014.

POMPEU, R.C.F.F.; CÂNDIDO, M.J.D.; PEREIRA, E.S. et al. Desempenho produtivo e características de carcaça de ovinos em confinamento alimentados com rações contendo torta de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.726-733, 2012.

PRATES, C.P.; PIEROBON, E.C.; COSTA, R.C. **Formação do Mercado de Biodiesel no Brasil**. BNDES Setorial. Rio de Janeiro, n.25, p.39-64, 2007.

RAIOL, L.C.B.; KUSS, F.; MACIEL E SILVA, A.G. et al. Nutrient intake and digestibility of the lipid residue of biodiesel from palm oil in sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.2364-2368, 2012.

SANTOS, S.F.; BOMFIM, M.A.D.; CÂNDIDO, M.J.D. et al. Efeito da casca de mamona sobre a produção, composição e ácidos graxos do leite de cabra. **Archivos de Zootecnia**, v.60, p.113-122, 2011.

SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J. et al. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário.** Belo Horizonte, v.26, p.44-78, 2005.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; CUNHA NETO, P.A. et al. Digestibilidade de dietas contendo silagem de capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.499-506, 2007.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Capim-elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em dietas para ovinos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.734-742, 2008.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. et al. Farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.) e torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na alimentação de cabras em lactação: consumo e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1786-1794, 2005b.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V; SILVA, F.F. et al. Digestibilidade aparente de dietas contendo farelo de cacau ou torta de dendê em cabras lactantes. **Pesquisa Agropecuária Brassileira**, v.40, p.405-411, 2005a.

SILVA, H.G.O.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F. et al. Farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.) e torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq.) na alimentação de cabras em lactação: consumo e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1786-1794, 2005b.

SILVA, L.G.; TORRECILHAS, J.A.; ORNAGHI, M.G. et al. Glycerin and essential oils in the diet of Nellore bulls finished in feedlot: animal performance and apparent digestibility. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.36, n.2, p.177-184, 2014.

SILVA, R.L.N.V.; OLIVEIRA, R.L.; CARVALHO, G.G.P. et al. Degradabilidade ruminal e balanço energético em vacas leiteiras a pasto suplementadas com torta de dendê. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.503-515, 2012.

SILVA, R.L.N.V.; OLIVEIRA, R.L.; RIBEIRO, O.L. et al. Palm kernel cake for lactating cows in pasture: intake, digestibility,and blood parameters. **Italian Journal of Animal Science**, v.12, 2013.

SOARES, B.C.; SOUZA, K.D.S.; LOURENÇO JUNIOR, J.B. et al. Desempenho e características de carcaças de cordeiros suplementados com diferentes níveis de resíduo de biodiesel. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.1747-1754,

2012.

SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS – SUFRAMA. **Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica: Dendê**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Manaus, p.39, 2003.

URBANO, S.A.; FERREIRA, M.A.; DUTRA JÚNIOR, W.M. et al. Substituição do feno de tifton pela casca de mamona na dieta de ovinos: componentes não-carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.1649-1655, 2012.

WILBERT, C.A.; PRATES, E.R.; BARCELLOS, J.O.J. et al. Crude glycerin as an alternative energy feedstuff for dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.183, 116–123, 2013.

Princípios de nutrição de bovinos em pastejo nos trópicos

Edenio Detmann[1], Mário Fonseca Paulino[2], Márcia de Oliveira Franco[3], Luana Marta de Almeida Rufino[3], Cláudia Batista Sampaio[4], Erick Darlisson Batista[3]

[1]/ Zootecnista, D.Sc., Professor Associado, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. Pesquisador 1A do CNPq, Pesquisador do INCT-Ciência Animal (detmann@ufv.br).
[2]/ Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Professor Associado, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Pesquisador 1A do CNPq, Pesquisador do INCT-Ciência Animal.
[3]/ Zootecnista, M.Sc., Doutorando em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Bolsista do CNPq.
[4]/ Zootecnista, D.Sc., Professora Adjunta, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Introdução

A maioria dos sistemas de produção de bovinos de corte em regiões tropicais está baseada na utilização de gramíneas tropicais como recursos forrageiros basais, pois estas são capazes de prover substratos energéticos de baixo custo, principalmente a partir dos carboidratos fibrosos (Paulino et al., 2008). Contudo, as gramíneas tropicais raramente podem ser consideradas como dieta equilibrada para animais em pastejo, pois estas irão exibir invariavelmente uma ou mais limitações nutricionais que causarão restrições sobre o consumo de pasto, a digestão da forragem ou a metabolizabilidade dos substratos absorvidos. Desta forma, demanda-se a identificação da principal limitação nutricional do pasto para se evitar entraves à produção animal. Depois de identificadas, as deficiências nutricionais poderão ser reduzidas ou eliminadas utilizando-se um programa adequado de suplementação, o que resultará em incremento no desempenho dos animais e na eficiência do sistema de produção (Detmann et al., 2010; 2014a).

Neste contexto, os programas de suplementação constituem ferramentas para o provimento de recursos suplementares visando à redução ou eliminação de entraves nutricionais e/ou metabólicos (meta primária) e ao alcance de metas de produção animal (meta secundária) (Figura 1). Os programas de suplementação variam qualitativamente e quantitativamente em função da dinâmica de alteração qualitativa e quantitativa dos recursos nutricionais basais (pasto) ao longo do ciclo climático anual e, em segunda instância, em função das metas de produção para as diferentes categorias animais.

Durante a estação do ano com baixa precipitação (época seca) observa-se declínio na qualidade nutricional das gramíneas sob pastejo, refletindo a baixa concentração de proteína bruta (PB) e o incremento na lignificação da parede celular. A disponibilidade restrita de PB constitui entrave para o crescimento microbiano sobre os carboidratos fibrosos da forragem basal (Henessy et al., 1983; Leng, 1990; Detmann et al., 2009). Esta deficiência específica implica baixa utilização da parede celular potencialmente degradável pelos microrganismos ruminais e resulta em comprometimentos sobre o consumo de pasto e sobre o desempenho

animal (Egan & Doyle, 1985; Leng, 1990; Paulino et al., 2008). Sob tais circunstâncias diversos estudos conduzidos em condições tropicais têm permitido evidenciar que a suplementação com compostos nitrogenados constitui a ferramenta prioritária para se incrementar a utilização da forragem de baixa qualidade por animais em pastejo (Hennessy et al., 1983; Leng, 1990; Figueiras et al., 2010; Sampaio et al., 2010; Souza et al., 2010).

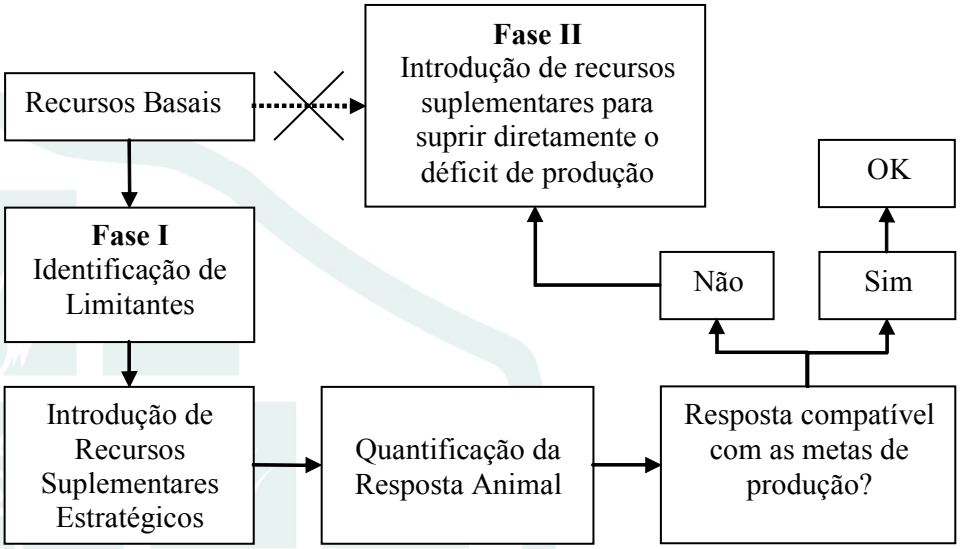


Figura 1 – Descrição teórica do procedimento de adoção de um programa de suplementação em um sistema de produção de bovinos em pastejo. Fonte: Detmann et al. (2010).

Por outro lado, durante a estação chuvosa (época das águas) as gramíneas tropicais sob pastejo exibem intenso crescimento e a forragem produzida possui valor nutritivo superior àqueles observados durante a época seca. Contudo, a despeito da maior produção animal, a utilização da forragem basal durante a época das águas não deve ser vista como otimizada, pois existe um ganho potencial (ganho latente) de aproximadamente 200 g/animal/dia que pode ser obtido com o uso de suplementos (Poppi & McLennan, 1995; Paulino et al., 2008). Segundo Detmann et al. (2010; 2014a), a avaliação dos pastos tropicais durante o período chuvoso indica que há um desequilíbrio na relação proteína:energia (P:E), com excesso relativo de energia (Figura 2). Isso indica diretamente que os programas de suplementação a serem utilizados neste período devem focar prioritariamente o estabelecimento de um equilíbrio dietético que envolva a elevação da concentração dietética de proteína para que o excedente relativo de substratos energéticos da forragem possa ser transformado em produto animal. Desta forma, a suplementação na época das águas deve ser centrada em características essencialmente proteicas (Detmann et al., 2010), excetuando-se os casos em que pastos de alto

nível proteico são disponibilizados aos animais, o que em termos de gramíneas tropicais somente tem sido obtido quando manejos intensivos do pasto são associados a quantidades elevadas de adubação nitrogenada.

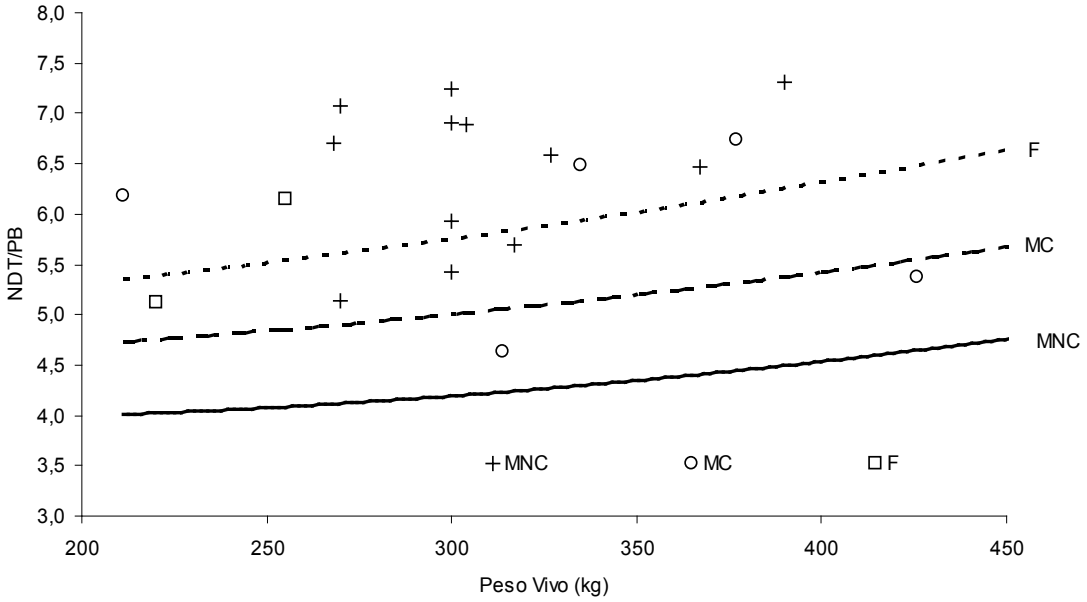


Figura 2 - Relação entre as concentrações de nutrientes digestíveis totais (NDT) e de proteína bruta (PB) na dieta de bovinos em pastejo em forragens tropicais de média a alta qualidade sem suplementação (Dados oriundos de 20 experimentos conduzidos pelo grupo de pesquisa de Nutrição de Bovinos em Pastejo, DZO-UFV, perfazendo 95 unidades experimentais avaliadas. As linhas contínuas representam a relação NDT/PB ditada pelas exigências nutricionais para mantença e ganho de 1 kg/dia segundo dados do sistema BR-CORTE. MNC = macho não-castrado; MC = macho castrado; F = fêmea). Fonte: Detmann et al. (2010).

No entanto, a despeito da visão bem estabelecida no tocante à variação na qualidade e aos entraves nutricionais do pasto ao longo do ano, em poucos estudos têm se atentado para a investigação/elucidação simultânea das interações dos diversos fatores que resultam no estabelecimento das eficiências metabólica e produtiva de animais pastejando gramíneas tropicais (Leng, 1990). Um dos principais aspectos deste processo interativo é a eficiência de uso do nitrogênio (N) para a produção animal. Esta importância se calca sobre o fato de N ser

o elemento associado diretamente às deficiências nutricionais do pasto ao longo de todo o ano e, em decorrência disso, o N passa a representar o principal definidor da composição dos suplementos múltiplos a serem ofertados para os animais. A complexidade dos efeitos do N sobre a produção de animais em pastejo nos trópicos se eleva quando se considera que sua disponibilidade metabólica afeta diretamente o uso da energia metabolizável (EM) e que a retenção de N no organismo animal é reflexo da eficiência de uso de todos os substratos envolvidos na síntese corporal e de produtos (e.g., músculos, órgãos, tecidos secretores, concepto), o que resulta em produção (e.g., ganho de peso, gestação, lactação).

A despeito das evidências científicas que suportam a posição prioritária do N em programas de suplementação, diversos paradigmas ainda necessitam ser derrubados e/ou alterados com relação à prática de programas de suplementação.

Um dos principais paradigmas associados aos programas de suplementação reside sobre a visão do pasto como um recurso nutricional de características discretas. Isso leva à classificação do recurso basal a ser utilizado exclusivamente com base na estação do ano (classificação discreta), fazendo com que o pasto seja interpretado como vários substratos diferentes ao longo do ano. O ponto negativo deste tipo de interpretação reside sobre o fato de que os programas de suplementação passam a ser "regidos" por regras momentâneas, que não são funcionais, que não propiciam o entendimento adequado da produção animal e que dificultam o planejamento do sistema de produção em si.

O fato de o N ser a base dos programas de suplementação, independentemente da estação do ano, evidencia que o substrato basal é único (e não "vários") ao longo do ciclo anual de produção. Em outras palavras, o substrato basal possui características contínuas (e não discretas), assim como a produção animal em pastejo. Desta forma, torna-se necessário e obrigatório o entendimento da dinâmica do pasto ao longo de todo o ciclo anual de produção, o que permitirá a proposição de soluções e regras gerais para os programas de suplementação, ampliando o leque de informações para o planejamento da produção. A partir deste entendimento, chega-se à conclusão de que os problemas de ordem nutricional e metabólica que limitam a produção animal são os mesmos ao longo do ano, uma vez que a produção e o pasto possuem comportamento contínuo. A única variação estaria associada à intensidade com

que cada limitação se manifestaria em função das oscilações quantitativas e qualitativas do pasto ao longo do ciclo anual de produção.

Características nutricionais e eficiência de utilização do nitrogênio dietético

Conforme ressaltado previamente, a suplementação protéica/nitrogenada tem sido apontada como principal ferramenta de manejo para incremento da produtividade animal em pastejo, principalmente no tocante à melhor utilização dos recursos nutricionais oriundos dos pastos tropicais.

Os efeitos positivos da PB suplementar sobre a produção de animais em pastejo podem ser entendidos sob dois diferentes aspectos: suprimento de compostos nitrogenados para crescimento microbiano (deficiência primária ou dietética) e adequação metabólica para utilização dos nutrientes absorvidos (deficiência secundária ou metabólica) (Egan & Moir, 1965; Lee et al., 1987; Leng, 1990; Detmann et al., 2010; Detmann et al., 2014b).

Deficiências primárias de nitrogênio

A meta prioritária para o incremento na utilização de forragens tropicais, principalmente aquelas consideradas de baixa qualidade, consiste em otimizar a disponibilidade de nutrientes para o animal a partir dos processos fermentativos ruminais. Para que esta meta seja alcançada deve se assegurar que não haverá deficiências para o crescimento microbiano no rúmen. Assim, os microrganismos ruminais crescerão de forma eficiente e, por intermédio das vias fermentativas, poderão extrair quantidade satisfatória de energia a partir dos carboidratos fibrosos (Leng, 1990; Detmann et al., 2009). Neste contexto, a deficiência de nitrogênio no rúmen deve ser vista como o principal entrave ao consumo e degradação de forragens tropicais de baixa qualidade (Egan & Doyle, 1985; Lee et al., 1987; Souza et al., 2010). Esta deficiência é normalmente caracterizada pela baixa disponibilidade de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR), o que restringe o crescimento microbiano e, por consequência, a utilização dos carboidratos fibrosos da forragem (Satter & Slyter, 1974; MacRae et al., 1979; Lee et al., 1987; Detmann et al., 2009; Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2010).

Considerando-se este tipo de deficiência, programas de suplementação com compostos nitrogenados devem ser estabelecidos para que se propicie concentração mínima de 8 mg

NAR/dL de fluido ruminal, o que garante aos microrganismos disponibilidade de compostos nitrogenados para a síntese dos sistemas enzimáticos responsáveis pela degradação dos carboidratos fibrosos da forragem (Detmann et al., 2009; Figura 3). Cabe ressaltar que níveis deficitários de NAR somente são observados nos trópicos quando forragens de baixa qualidade são disponibilizadas aos animais (Detmann et al., 2010). De acordo com avaliação conduzida por Detmann et al. (2014b), esta concentração de NAR (8 mg/dL) seria observada com concentração dietética de PB de cerca de 100 g/kg de matéria seca (MS). Considerando o comportamento médio da concentração de PB em forragens tropicais sob pastejo contínuo no Brasil (Detmann et al., 2010; 2014b), deficiências de compostos nitrogenados para o crescimento microbiano seriam mais comumente observadas no período seco do ano.

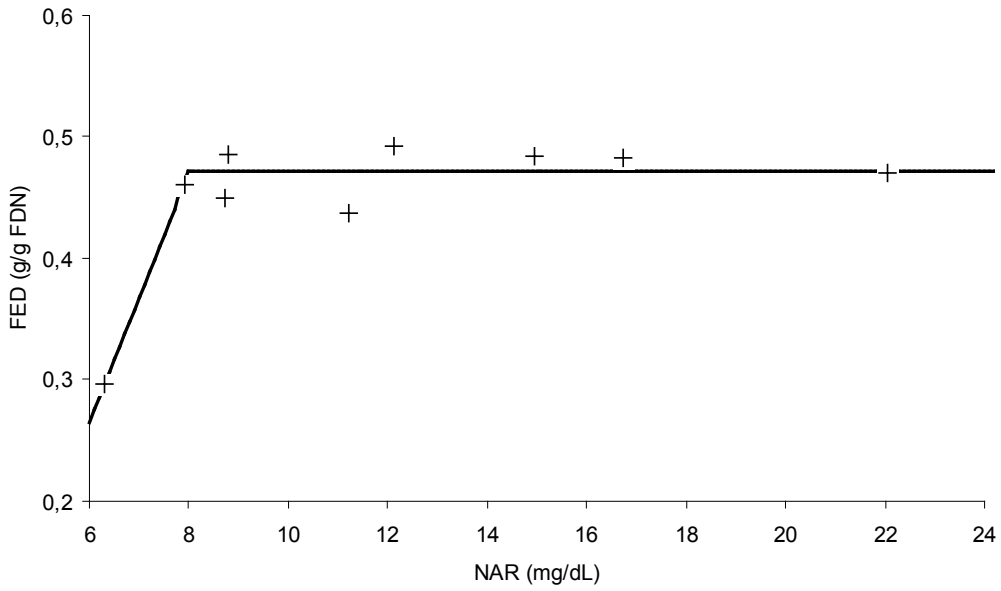


Figura 3 - Relação entre fração efetivamente degradada da fibra em detergente neutro (FED) e a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados ($\hat{Y} = -35{,}4390 + 10{,}323 \times X, \forall\ X \leq 8{,}0048$; $\hat{Y} = 47{,}19, \forall\ X > 8{,}0048$; $R^2 = 0{,}912$). Adaptado de Detmann et al. (2009).

Programas de suplementação calcados no suprimento exclusivo da quantidade de compostos nitrogenados necessária para a correção de deficiências para o crescimento

microbiano são normalmente caracterizados pelo fornecimento de baixas quantidades de suplementos com elevada concentração de N e com grande participação de fontes nitrogenadas não proteicas. Paulino et al. (2001) classificaram esta forma de manejo alimentar como suplementação em níveis catalíticos, na qual objetiva-se apenas reduzir a relação C:N do substrato basal (forragem), ampliando sua degradação, a extração de energia a partir da fibra e a síntese de compostos nitrogenados microbianos. Nestes casos, os patamares máximos de produção oscilarão entre a manutenção do peso animal e o estabelecimento de ganhos de baixa magnitude, o que logicamente dependerá de interações determinadas pela categoria e estádio fisiológico dos animais e pela disponibilidade quantitativa e qualitativa do pasto.

Deve-se, contudo, considerar que as metas de manejo alimentar e produção dos animais e a utilização dos compostos nitrogenados suplementares para produção devem ser interpretadas em dois patamares ou etapas distintas. Qualquer planejamento produtivo para ganhos acima da mantença deve se iniciar a partir da correção da deficiência em compostos nitrogenados para o crescimento microbiano. Somente após o suprimento de tais deficiências e a obtenção de estimativas da capacidade produtiva do pasto é que o suprimento direto de compostos nitrogenados para síntese de produto animal (e.g., ganho de peso) deve ser considerado (Figura 1). A suplementação planejada de forma única e exclusiva para o atendimento direto das exigências para ganho (ou produção) pode conduzir à utilização não otimizada dos recursos basais, reflexo de possíveis deficiências marginais de nutrientes no rúmen, que comprometem o consumo e a digestão da forragem, ou podem causar desequilíbrios dietéticos que refletirão em desequilíbrios metabólicos, prejudicando o consumo e a eficiência de utilização da proteína metabolizável (PM) ou da EM.

Assim, qualquer entendimento da eficiência de transformação metabólica dos compostos nitrogenados em produto animal somente pode ser adequadamente obtido considerando-se que as deficiências de compostos nitrogenados do rúmen tenham sido corrigidas.

Deficiências secundárias de nitrogênio

Diversas avaliações da relação entre o fornecimento de suplementos e o consumo de forragem e a produção animal têm permitido evidenciar que elevações na concentração

dietética de PB causam efeitos positivos em situações nas quais a dieta é deficiente em nitrogênio, mas podem gerar resultados negativos se excesso de PB é provido via suplementação (DelCurto et al., 1990; Detmann et al., 2004; Sampaio et al., 2010; Detmann et al., 2014b).

Como ressaltado anteriormente, quando dietas baseadas em forragens tropicais são oferecidas aos animais, efeitos positivos da suplementação com compostos nitrogenados sobre a degradação ruminal da fibra somente são observados com a elevação da concentração de NAR a níveis próximos a 8 mg/dL (Detmann et al., 2009), o que equivaleria ao fornecimento de suplementos nitrogenados de forma a elevar o nível dietético de PB a concentrações próximas a 100 g/kg MS (Detmann et al., 2010; Detmann et al., 2014b).

Quando dietas apresentam alta proporção de forragem, como é o caso de bovinos em pastejo, esperar-se-ia que o consumo voluntário fosse determinado predominantemente por mecanismos associados à repleção física. Sob este pressuposto, ao se otimizar a degradação ruminal por intermédio da suplementação com compostos nitrogenados propiciar-se-ia condições teóricas para maximização do consumo de forragem. No entanto, contrariando estes pressupostos, estudos conduzidos em condições tropicais têm evidenciado que estímulos sobre o consumo voluntário são observados com a elevação da disponibilidade dietética de N a patamares superiores àqueles necessários para a degradação ruminal (Leng, 1990; Detmann et al., 2009; Figueiras, 2013; Detmann et al., 2014b). Considerando-se resultados obtidos em condições brasileiras, o consumo voluntário de forragem tem sido estimulado com o estabelecimento de concentrações de NAR e de PB próximas a 15 mg/dL (Detmann et al., 2009) e 145 g/kg MS (Detmann et al., 2014b), respectivamente.

Adicionalmente, a avaliação do metabolismo dos compostos nitrogenados em animais em experimentos conduzidos no Brasil evidencia que menos de 20% do incremento na retenção de N no organismo animal podem ser atribuídos a incrementos no suprimento de PM de origem microbiana causados pela suplementação com compostos nitrogenados (Figura 4).

Este comportamento evidencia que efeitos metabólicos ou pós-digestivos dos compostos nitrogenados podem afetar positivamente o consumo em adição aos efeitos causados pelo estímulo à degradação ruminal. Isto significa que o consumo voluntário em

animais alimentados com forragens tropicais deve ser considerado como resultante da integração de mecanismos reguladores (Weston, 1996; Detmann et al., 2014c) e efeitos do N suplementar diferentes daqueles associados à redução do efeito de enchimento ruminal estão atuando diretamente sobre a regulação do consumo voluntário de forragens, mesmo daquelas consideradas de baixa qualidade (Egan 1965a; Detmann et al., 2009; Costa et al., 2011a; Figueiras, 2013).

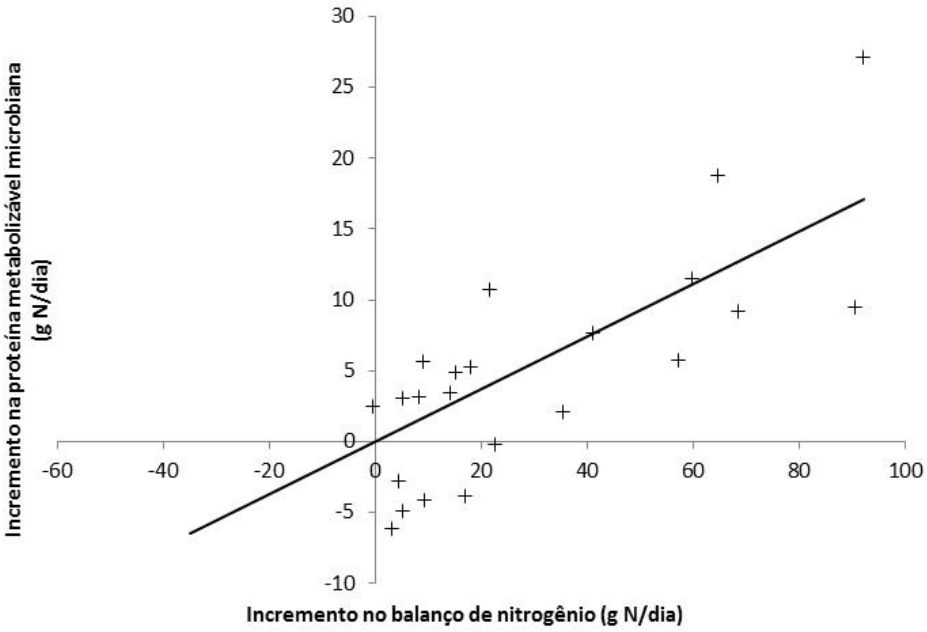


Figura 4 - Relação entre o incremento no balanço de compostos nitrogenados no organismo animal e o incremento no fornecimento de proteína metabolizável a partir da proteína microbiana com o uso de suplementos em bovinos em condições tropicais ($\hat{Y} = 0{,}1856 \times X$; $R^2 = 0{,}59$). Dados obtidos a partir da avaliação de 132 unidades experimentais em experimentos conduzidos pelo grupo de pesquisa de Nutrição de Bovinos em Pastejo, DZO-UFV.

Os efeitos da proteína sobre a regulação do consumo voluntário não podem ser avaliados de forma isolada, pois o metabolismo animal está baseado na integração de diferentes mecanismos, na disponibilidade de diversos substratos e metabólitos e em complexo sistema de sinalização e regulação bioquímica e hormonal (Detmann et al., 2014b).

Incrementos no consumo voluntário têm sido associados com melhorias no status de proteína no organismo animal (Egan, 1965a; Egan & Moir, 1965; Kempton et al., 1976). Em termos teóricos, a expressão "status de proteína" ou "status de nitrogênio" define a disponibilidade quantitativa e qualitativa de compostos nitrogenados para todas as funções fisiológicas no metabolismo animal, incluindo-se as funções associadas com o metabolismo de outros compostos (e.g., energia). Portanto, o status de proteína constitui um termo relativo que dependerá do nível de produção e estádio fisiológico do animal, os quais definirão os requerimentos de compostos nitrogenados (Detmann et al., 2014b).

A utilização de uma relação P:E constitui ferramenta mais plausível para o entendimento dos efeitos metabólicos da proteína sobre o consumo, uma vez que permite melhor visualização da adequação metabólica do animal. Adicionalmente, a relação P:E é reconhecidamente um dos fatores responsáveis pela regulação do consumo voluntário em animais ruminantes (Illius & Jessop, 1996) e diversos autores têm associado alterações na relação P:E na dieta com variações no consumo voluntário de pasto (Egan, 1977; Panjaitan et al., 2010; Costa et al., 2011a; Figueiras, 2013). Uma das formas de expressão da relação P:E mais comum no estudo com ruminantes em pastejo é a razão entre as concentrações dietéticas de PB e de matéria orgânica digestível (MOD) ou de nutrientes digestíveis totais (NDT). Detmann et al. (2014) avaliaram dados oriundos de experimentos brasileiros e inferiram que o máximo consumo voluntário de forragem é observado com a relação de 288 g PB/kg MOD (Figura 5).

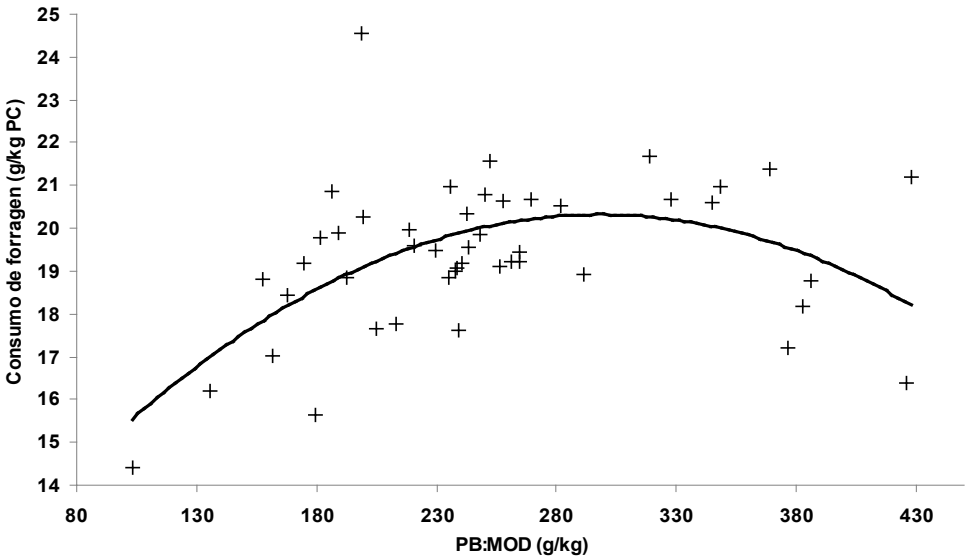


Figura 5 – Associação entre a relação proteína bruta:matéria orgânica digerida (PB:MOD) e o consumo de forragem em bovinos em condições tropicais ($\hat{Y} = 9,1 + 0,075 \times X - 0,00013 \times X^2$; $R^2 = 0,759$). Fonte: Detmann et al. (2014b).

Durante os períodos de crescimento das forragens (i.e., período de chuvas ou períodos de transição seca-águas e águas-seca) os pastos tropicais não seriam considerados quantitativamente deficientes em PB (Poppi & McLennan, 1995). Contudo, em recente abordagem, Detmann et al. (2010) avaliaram dados oriundos de 20 experimentos conduzidos no Brasil durante os períodos de crescimento forrageiro e concluíram que existem um desbalanço dietético da relação P:E nos pastos tropicais, com excesso relativo de energia em relação à proteína (Figura 2). Este tipo de desbalanço decresce a eficiência de utilização da EM e pode reduzir o consumo devido ao aumento na produção de calor corporal atribuído à necessidade de eliminação do excesso relativo de energia (Poppi & McLennan, 1995; Illius & Jessop, 1996). Portanto, a suplementação proteica pode promover adequação na relação P:E e ampliar o consumo voluntário de pasto (Figura 5).

Por outro lado, o excesso de N em relação à energia disponível no metabolismo animal pode acarretar diversos efeitos negativos sobre o consumo voluntário (Poppi & McLennan, 1995; Detmann et al., 2007).

Em abordagem utilizando dados australianos, Poppi & McLennan (1995) inferiram que perdas de proteína iriam ocorrer (e, por consequência, observar-se-ia excesso de proteína em relação à energia) quando a concentração de PB na dieta excedesse 210 g/kg MOD, sendo esta relação recomendada como valor ótimo. Este valor mostra-se inferior à relação ótima sugerida por Detmann et al. (2014b) a partir de dados obtidos no Brasil (288 g PB/kg MOD; Figura 5). No entanto, as respostas à PB suplementar são também dependentes da forragem utilizada e da estrutura da parede celular, além do teor de PB da forragem (Bohnert et al., 2011), fatores que poderiam explicar a diferença entre as relações P:E ótimas estabelecidas na Austrália e no Brasil.

Levando-se em consideração o conceito de status de proteína previamente apresentado, pode ser percebido que os compostos nitrogenados disponíveis para o metabolismo animal seriam utilizados para diferentes funções metabólicas seguindo-se uma ordem de prioridade para o animal, a saber: sobrevivência, mantença e produção (i.e., crescimento, reprodução, etc). Portanto, deposições de N na forma de tecidos corporais ou de produtos somente ocorreriam depois de supridas as demandas por compostos nitrogenados de maior prioridade (Detmann et al., 2014b).

Uma das funções metabólicas de maior prioridade é a reciclagem de N para o trato gastrointestinal. Esta assertiva mostra-se plausível considerando-se que um suprimento contínuo de N para o crescimento microbiano no rúmen deve ser visto como estratégia de sobrevivência (Egan, 1965b; Van Soest, 1994). Sob suprimento deficiente de N, o animal reduz a excreção urinária de N e incrementa a fração do N dietético que é reciclada ao ambiente ruminal (Hennessy & Nolan, 1988). Se a deficiência de N se torna mais severa, o animal pode ampliar a mobilização de tecido para sustentar a massa de N reciclada (NRC, 1985; Rufino, 2011; Detmann et al., 2014a; Figura 6).

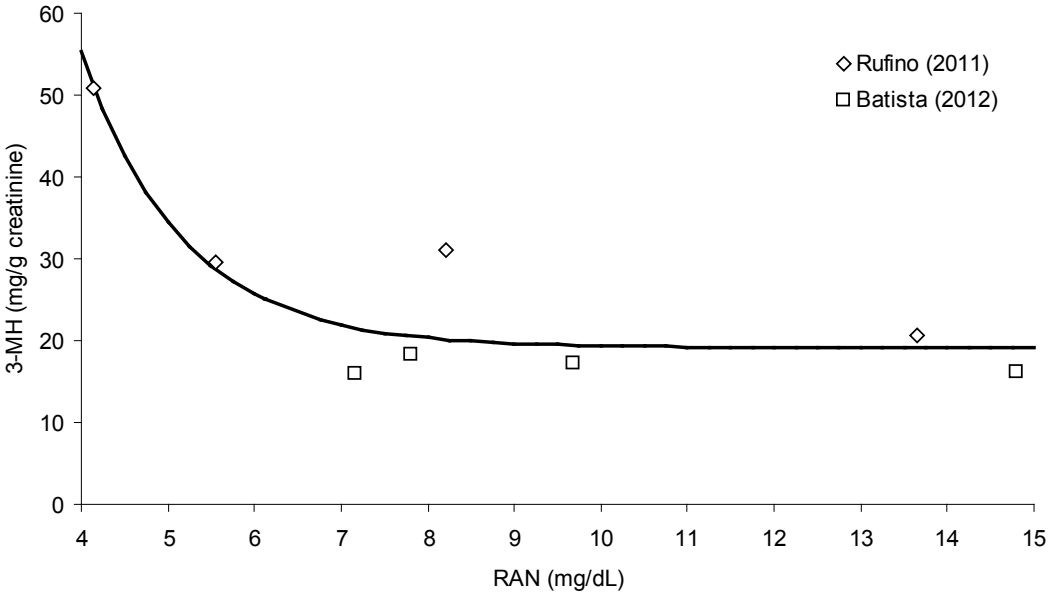


Figura 6 - Excreção urinária de 3-metil histidina (3-MH) em função da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (RAN) em bovinos alimentados com forragens tropicais ($\hat{Y} = 1120{,}0 \times e^{-0{,}8589 \times X} + 19{,}1657$, $s_{XY} = 5{,}88$, $n = 32$; a excreção urinária de 3-MH é utilizada como indicador da mobilização de proteína miofibrilar). Fonte: Detmann et al. (2014a).

Considerando-se uma situação alimentar "normal", sem que haja uma deficiência proeminente de compostos nitrogenados, a quantidade de N reciclada ao ambiente ruminal mantém-se relativamente constante (Marini & Van Ambourgh, 2003; Maltby et al., 2005; Reynolds & Kristensen, 2008). Portanto, haverá menor deposição de N na forma de tecidos sob baixas concentrações dietéticas de compostos nitrogenados devido ao fato de uma maior percentagem do N ingerido ser direcionada para reciclagem e, como consequência, menor percentagem do N estará disponível para produção.

As questões relacionadas às prioridades metabólicas dos compostos nitrogenados podem ser percebidas, ao menos em parte, a partir da avaliação do balanço de N no ambiente ruminal (BNR). Diversas estimativas negativas de BNR têm sido obtidas em experimentos conduzidos em condições tropicais, o que significa que o fluxo de N para o abomaso é superior ao consumo de N. Nestes casos, existirá maior dependência dos eventos de reciclagem para prover suprimento adequado de N no ambiente ruminal. Isto acarretará em

redução da eficiência de utilização da PM para ganho e, em alguns casos, em elevação da taxa de mobilização de proteína muscular para o suprimento das demandas de N de maior prioridade (Costa et al., 2011b; Rufino, 2011; Detmann et al., 2014a; Figura 6), implicando baixa eficiência de utilização do N dietético (Figura 7).

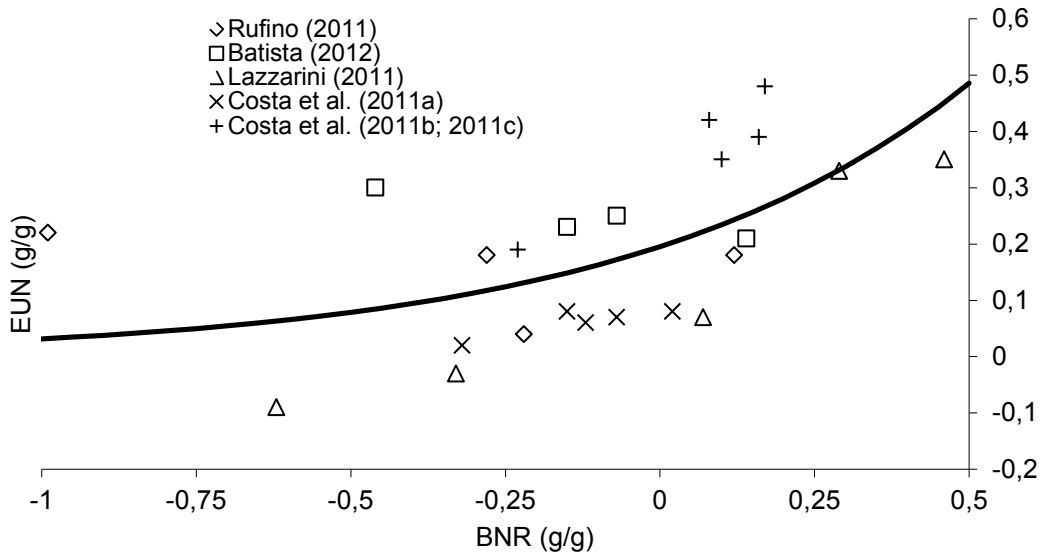


Figura 7 - Eficiência de utilização do nitrogênio no organismo animal (EUN; g N retido/g N ingerido) em função do balanço de nitrogênio no rúmen [BNR, (g N ingerido – g N fluindo para o abomaso)/g N ingerido] em bovinos alimentados com forragens tropicais ($\hat{Y} = 0{,}1955 \times e^{1{,}8199 \times X}$, $s_{XY} = 0{,}1261$, n = 107). Fonte: Detmann et al. (2014a).

Sob condições tropicais, o BNR está positivamente associado à disponibilidade de N (concentração dietética de PB e concentração de NAR), mas não sofre influência direta da digestibilidade da dieta (Detmann et al., 2014b). Este comportamento indica que a deficiência dietética de N é a causa da falta de equilíbrio no ambiente ruminal concernente ao balanço de N e situações de BNR negativos podem ser contornadas pela utilização de suplementos proteicos (Figueiras et al., 2010; Costa et al., 2011b; Lazzarini, 2011; Rufino, 2014). De acordo com avaliações conduzidas por Detmann et al. (2014b), seriam necessárias concentrações mínimas de 124 g PB/kg MS ou 9,2 mg NAR/dL de fluido ruminal para proporcionar um equilíbrio aparente entre *input* e *output* de N no rúmen (i.e., BNR = 0) e,

consequentemente, garantir boa disponibilidade de N para outras demandas no metabolismo animal (Figura 8).

As avaliações em termos de BNR podem ser realizadas em conjunto com mensurações da produção microbiana relativa no ambiente ruminal (NMICR; g N microbiano/g N ingerido), uma vez que ambas as variáveis são consideradas indicadores do status de N no rúmen e, consequentemente, estão indiretamente associadas ao status de proteína no organismo animal. Estimativas de NMICR maiores que 1 indicam deficiência severa de N e elevada dependência do N reciclado para manutenção do crescimento microbiano no rúmen (Detmann et al., 2010). Sob condições de suprimento dietético deficiente ocorrerá um ganho líquido de N no rúmen devido à assimilação do N reciclado na forma de proteína microbiana (Egan, 1974; MacRae et al., 1979; NRC, 2001), o que constitui uma das principais causas dos valores negativos de BNR e das altas estimativas de NMICR. Uma vez mais se ressalta que o suprimento de N suplementar pode ser utilizado para se contornar esta deficiência ruminal (Figura 8).

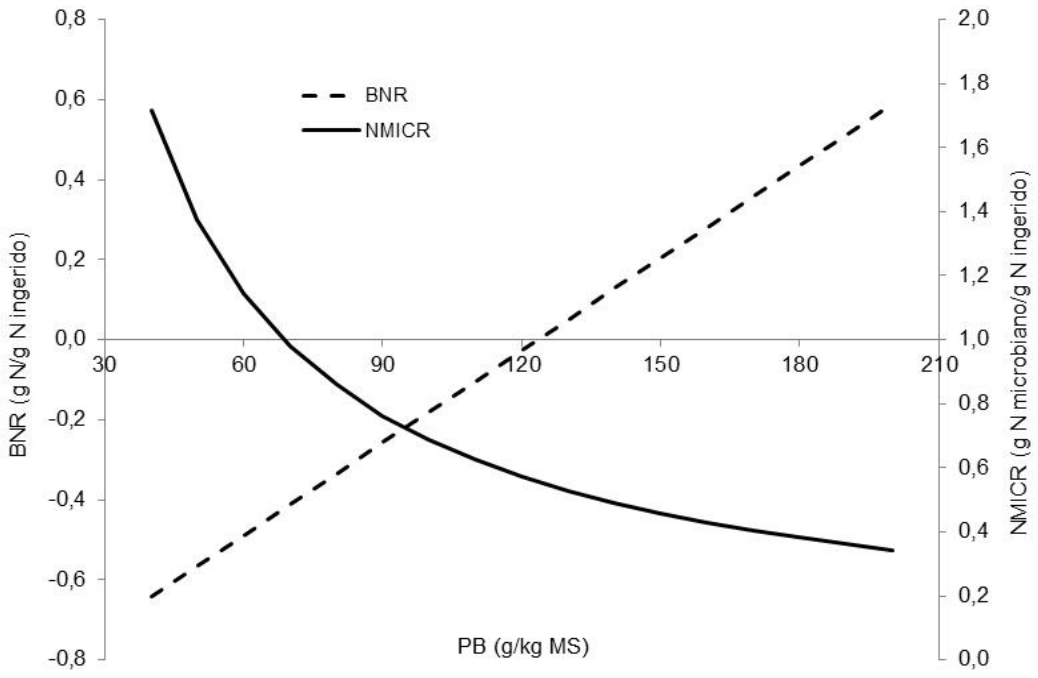


Figura 8 - Relação entre o balanço de nitrogênio no rúmen (BNR), a produção relativa de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (NMICR) e a concentração dietética de

proteína bruta (PB) ($\hat{Y}_{BNR}$ = -0,951 + 0,0077 × X; r² = 0,641; $\hat{Y}_{NMICR}$ = 68,67/X; R² = 0,965). Fonte: adaptado de Detmann et al. (2014b).

De forma geral, a eficiência de utilização do N no organismo do animal (EUN; g N retido no organismo/g N ingerido) está mais fortemente associada ao suprimento de N do que ao conteúdo de energia da dieta e é ampliada pela melhoria nas condições do status de proteína no organismo animal (Detmann et al., 2014b). Estas relações confirmam os argumentos previamente apresentados, nos quais a melhoria no status de proteína incrementa a proporção do N total que é utilizada para fins anabólicos, o que eleva a eficiência global de utilização da PM. Em recente experimento, Rufino (2014) verificou que a suplementação de bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade com compostos nitrogenados incrementou as atividades anabólicas no organismo animal, o que foi evidenciado pela elevação na concentração sanguínea do fator de crescimento similar à insulina (IGF-1, Figura 9).

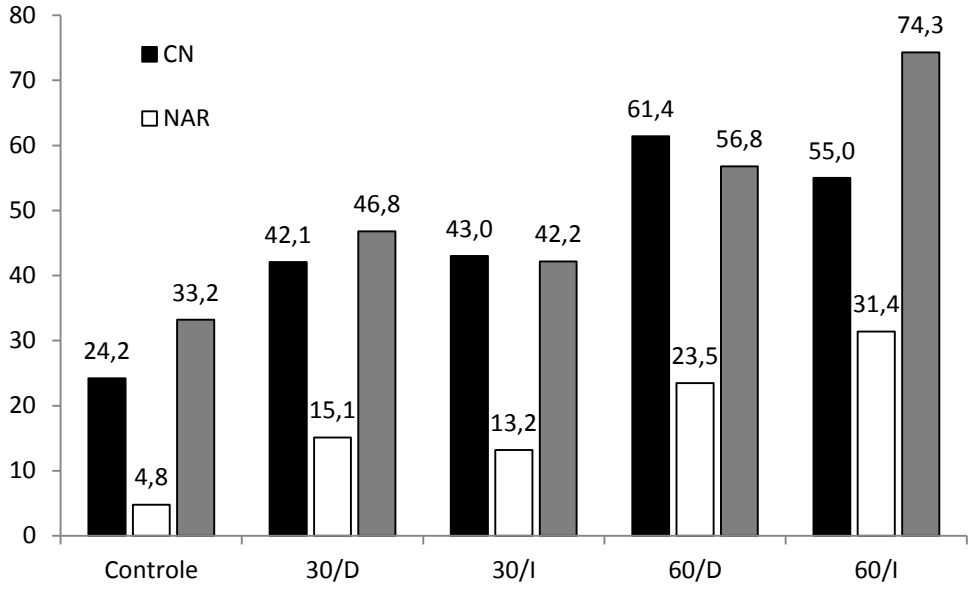


Figura 9 – Médias para o consumo de nitrogênio (CN; g/dia), concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL) e concentração sanguínea do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1; ng/mL) em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados (Controle = sem

suplementação; 30 e 60 = suprimento de 30 e 60% das exigências diárias de proteína degradável no rúmen; D e I = fornecimento de suplemento diário ou infrequente, a cada três dias). A concentração de IGF-1 constitui indicador das atividades anabólicas no organismo animal. Fonte: Rufino (2014).

A hipótese de que a EUN é ampliada pela melhoria no status de proteína do organismo animal parece ser muito mais verossímil do que qualquer efeito direto do suprimento de PM via suplementos, pois incrementos na EUN têm sido obtidos como fornecimento de fontes nitrogenadas proteicas ou não proteicas (Egan & Moir, 1965; Costa et al., 2011b).

A baixa associação entre EUN e energia dietética relatada por Detmann et al. (2014b) agrega suporte aos argumentos previamente apresentados por Detmann et al. (2010) com relação ao excesso relativo de energia nos pastos tropicais. Neste contexto, incrementos na EUN com a suplementação com compostos nitrogenados (Figura 10) somente são possíveis devido ao fato de haver energia disponível no metabolismo animal (Figueiras, 2013; Detmann et al., 2014b). Este argumento é reforçado pelos resultados obtidos por Figueiras (2013), o qual verificou que a suplementação exclusivamente energética em animais em pastejo durante o período das águas poderia resultar em incrementos no consumo de pasto. Contudo, elevações na eficiência metabólica somente foram obtidas com o fornecimento de compostos nitrogenados (Tabela 1). Desta forma, a suplementação nitrogenada pode também incrementar a eficiência de utilização da EM (Leng, 1990; Poppi & McLennan, 1995), mais uma vez corroborando que os compostos nitrogenados devem ser a base para o estabelecimento de programas de suplementação, mesmo quando as forragens sob pastejo são consideradas de média ou alta qualidade.

Tabela 1 - Médias de quadrados mínimos e desvio-padrão residual (s) para o consumo de pasto (CP; g/kg de peso corporal), consumo de N (CN; g/dia), concentração de N amoniacal ruminal (NAR; mg/dL), eficiência de uso do nitrogênio (EUN; g N retido/g de N ingerido), fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC; g/dia) em bovinos em pastejo durante o período das águas recebendo suplementos com diferentes concentrações de proteína

	Tratamentos [1]						Valor-P[2]			
Item	C	0	330	670	1000	s	C vs S	L	Q	C
CP	19,0	20,7	22,0	21,7	24,5	1,9	0,001	0,024	0,427	0,218
CN	121	113	135	169	196	21	0,014	<0,001	0,780	0,657
NAR	7,5	7,7	9,7	11,9	14,6	0,7	<0,001	<0,001	0,294	0,788
EUN	0,16	-0,07	0,12	0,09	0,11	0,13	0,164	0,099	0,184	0,344
NMIC	44	59	72	71	98	18	0,007	0,016	0,446	0,279

[1]/ C = controle, sem suplementação; 0, 330, 670 e 1000 = concentração de proteína bruta nos suplementos (g/kg de matéria natural). Os suplementos foram fornecidos na quantidade de 1 g/kg de peso corporal. O pasto apresentava concentração de PB de 122,5 g/kg MS. [2]/ C vs S = comparação entre controle (sem suplementação) e tratamentos com o fornecimento de suplementos; L, Q e C = efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica em função da concentração de proteína nos suplementos. Os efeitos foram considerados significativos com P<0,10. Fonte: Figueiras (2013).

Nitrogênio suplementar e desempenho animal

O manejo da suplementação animal em pastejo no Brasil tem sido realizado tomando-se como base a categoria animal, a meta de produção e, principalmente, as características qualitativas e quantitativas da forragem disponível ao pastejo. Estas características da forragem refletem tão somente as respostas da planta às características climáticas peculiares de cada estação do ano, as quais são geralmente agrupadas em períodos de crescimento ou não das plantas forrageiras.

Durante o período seco do ano, embora com menor qualidade, a forragem disponível ao pastejo pode ser considerada estável do ponto de vista nutricional. Devido à interrupção quase completa do crescimento vegetal, a variabilidade nutricional do pasto ao longo da estação é afetada praticamente pela disponibilidade de massa forrageira. Ao início da estação seca, a maior disponibilidade de forragem permite aos animais exercer de forma mais intensa a seleção do material a ser ingerido. Sem crescimento vegetal, a massa disponível se reduz ao longo da estação seca, reduzindo a possibilidade de seleção e, conseqüentemente, fazendo com que o animal ingira partes da planta de menor qualidade nutricional (Detmann et al., 2010).

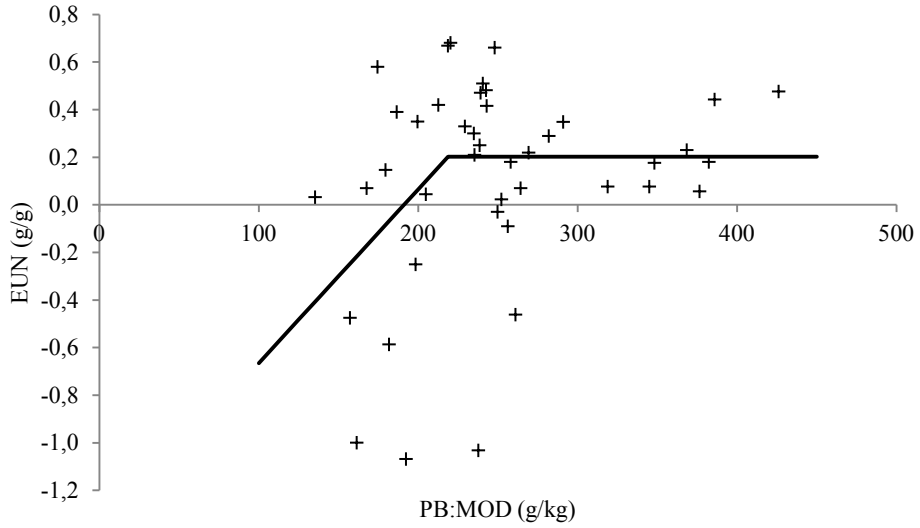


Figura 10 - Associação entre a relação entre as concentrações dietéticas de proteína bruta e de matéria orgânica digestível (PB:MOD) e a eficiência de utilização do nitrogênio no organismo animal (g N assimilado no organismo/g N ingerido; $\hat{Y} = -1,395 + 0,0073 \times X$, $\forall$ $X \leq 218,8$ $\hat{Y} = 0,202$, $\forall$ $X > 218,8$; $s = 0,171$). Fonte: Detmann et al. (2014b).

Por outro lado, durante o período de crescimento das plantas, a massa disponível ao pastejo não pode ser considerada estável do ponto de vista nutricional, pois a forma como o crescimento vegetal se altera durante este período e a interação do animal com a variabilidade

na massa disponível podem levar a alterações marcantes na qualidade do material ingerido. Segundo Detmann et al. (2010), sob as óticas nutricional e produtiva, o período em que forragem de melhor qualidade é ofertada ao animal pode ser dividido em três fases distintas: transição seca-águas, águas e transição águas-seca. Detalhes sobre as particularidades de cada um destas fases podem ser observadas em Detmann et al. (2010; 2014a).

Detmann et al. (2014b) realizaram meta-análise envolvendo o desempenho de animais, características da forragem pastejada e dos suplementos utilizados em 44 experimentos com animais em pastejo no Brasil. Estes autores concluíram que as transições apresentam características similares entre si, mas possuem características distintas daquelas observadas nas estações de seca e águas, demandando adequações específicas dos programas de suplementação.

A despeito das diferenças entre estações, Detmann et al. (2014b) concluíram que há respostas positivas à suplementação proteica ao longo de todo o ano. Contudo, de forma lógica, a resposta à PB suplementar será inversamente proporcional à concentração de PB no pasto. Em outras palavras, a resposta à suplementação proteica será mais proeminente à medida que ocorre queda na qualidade do pasto. Segundo a equação ajustada por estes autores, respostas positivas com a suplementação proteica seriam obtidas com pastos de até 225 g PB/kg MS (Figura 11).

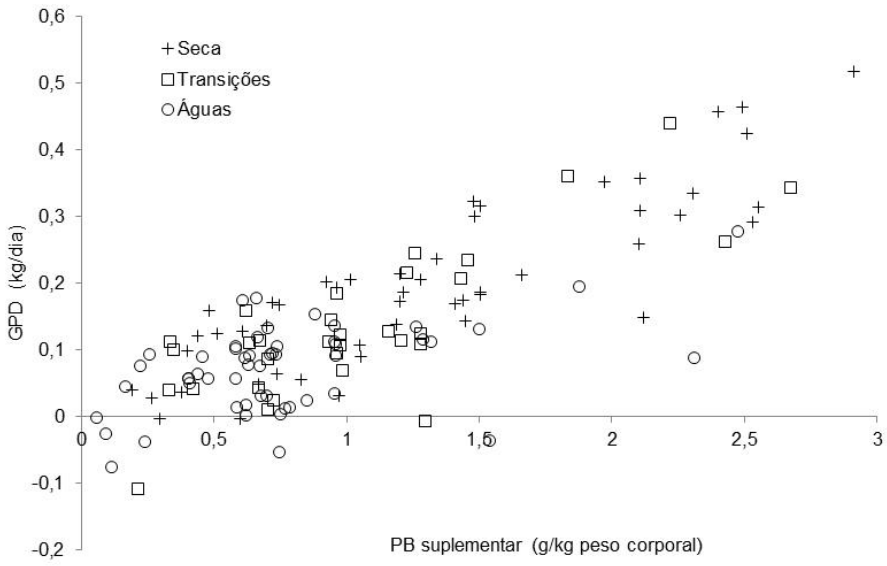


Figura 11 - Relação entre o ganho de peso diferencial (GPD; ganho adicional em relação ao ganho obtido apenas com forragem, sem suplementação) e a proteína bruta (PB) fornecida via suplementação [$\hat{Y} = 0{,}198 \times PBS - 0{,}00088 \times (PBS \times PBP)$; $R^2 = 0{,}965$; em que: PBS = proteína bruta suplementar (g/kg de peso corporal) e PBP = concentração de proteína bruta no pasto (g/kg MS)]. Fonte: Detmann et al. (2014b).

Os resultados expostos sobre o desempenho animal representam uma aproximação prática para a discussão previamente apresentada sobre a EUN. A maior resposta verificada com forragens de baixa qualidade (i.e., período seco) pode ser explicada pelo efeito duplo do N suplementar em termos de se ampliar a disponibilidade de N para a fermentação ruminal e ampliar o status de proteína no metabolismo animal (Egan & Moir, 1965; Detmann et al., 2009). Por outro lado, as respostas à proteína suplementar com forragens de média a alta qualidade (Figura 11) corroboram as assertivas realizadas por pesquisadores australianos (Poppi & McLennan, 1995) e brasileiros (Paulino et al., 2008), nas quais declara-se haver a possibilidade de obtenção de ganho adicional de aproximadamente 200-300 g/dia com o uso de suplementos quando as forragens pastejadas apresentam boa qualidade nutricional.

Conclusões

Existem respostas positivas da suplementação com compostos nitrogenados com relação ao consumo de forragem e eficiência de uso do nitrogênio no metabolismo animal. Estas respostas são em parte atribuídas a melhorias na digestibilidade da dieta, principalmente quando as forragens apresentam baixa qualidade. Contudo, o principal benefício da suplementação com compostos nitrogenados está baseado em melhorias do status de proteína no metabolismo animal. Ambos os efeitos contribuem para a observação de respostas positivas da suplementação proteica sobre o desempenho animal ao longo de todo o ano.

Agradecimentos

Os autores externam seus agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao INCT-Ciência Animal, que tornaram possível a realização dos trabalhos de pesquisa que serviram de base para esta revisão.

Referências

BATISTA, E.D. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade**. Viçosa: UFV, 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

BOHNERT, D.W.; DelCURTO, T.; CLARK, A.A. et al. 2011. Protein supplementation of ruminants consuming low-quality cool-or warm-season forage: Differences in intake and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3707-3717, 2011.

COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Intake and digestibility in cattle under grazing during rainy season and supplemented with different sources of nitrogenous compounds and carbohydrates. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1788-1798, 2011a.

COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Total and partial digestibility and nitrogen balance in grazing cattle supplemented with non-protein and, or true protein nitrogen during the rainy season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2815-2826, 2011b.

DelCURTO, T.; COCHRAN, R.C.; CORAH, L.R. et al. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. **Journal of Animal Science**, v.68, p.532-542, 1990.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T. et al. Crude protein levels in multiple supplements for finishing crossbred beef cattle at pasture during dry season: productive performance and carcass characteristics. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.169-180, 2004.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Fatores controladores de consumo em suplementos múltiplos fornecidos *ad libitum* para bovinos manejados a pasto. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.73-93, 2007.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C. et al. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. **Livestock Science**, v.126, p.136-146, 2009.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa. 2010. **Anais...** Viçosa: UFV, 2010. p.191-240.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. et al. Nutritional aspects applied to grazing cattle in tropics: a review based on Brazilian results. **Semina Ciências Agrárias**, v.35, p.2829-2854, 2014a.

DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BATISTA, E.D. et al. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, v.162, p.141-153, 2014b.

DETMANN, E.; GIONBELLI, M.P.; HUHTANEN, P. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. **Journal of Animal Science**, 2014c (in press).

EGAN, A.R. Nutritional status and intake regulation in sheep. III. The relationship between improvement of nitrogen status and increase in voluntary intake of low-protein roughages by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, p.463-472, 1965a.

EGAN, A.R. The fate and effects of duodenally infused casein and urea nitrogen in sheep fed on a low-protein roughage. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, p.169-177, 1965b.

EGAN, A.R. Protein-energy relationships in the digestion products of sheep fed on herbage diets differing in digestibility and nitrogen concentration. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.25, p.613-630, 1974.

EGAN, A.R. Nutritional status and intake regulation in sheep. VIII. Relationships between voluntary intake of herbage by sheep and the protein/energy ratio in the digestion products. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.28, p.907-915, 1977.

EGAN, A.R.; MOIR, R.J. Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects of duodenally infused single doses of casein, urea, and propionate upon voluntary intake of a low-protein roughage by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, p.437-449, 1965.

EGAN, J.K.; DOYLE, P.T. Effect of intraruminal infusion of urea on the response in voluntary food intake by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.36, p.483-495, 1985.

FIGUEIRAS, J.F. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo suplementados durante os períodos de transição seca águas e de águas**. Viçosa: UFV, 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia).

FIGUEIRAS, J.F.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Intake and digestibility in cattle under grazing during dry season supplemented with nitrogenous compounds**. Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1303-1312, 2010.

HENNESSY, D.W.; NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics in cattle fed a mature subtropical grass hay with and without protein meal supplementation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.39, p.1135-1150, 1988.

HENNESSY, D.W.; WILLIAMSON, P.J.; NOLAN, J.V. et al. The roles of energy-or protein-rich supplements in the subtropics for young cattle consuming basal diets that are low in digestible energy and protein. **Journal of Agricultural Science**, v.100, p.657-666, 1983.

ILLIUS, A.W.; JESSOP, N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3052-3062, 1996.

KEMPTON, T.J.; NOLAN, J.V.; LENG, R.A. Principles for the use of non-protein nitrogen and by-pass proteins in diets of ruminants. **World Animal Review**, v.22, p.2-10, 1976.

LAZZARINI, I. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante os períodos de seca e águas suplementados com compostos nitrogenados e/ou amido**. Viçosa: UFV, 2011. Tese (Doutorado em Zootecnia).

LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B. et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2021-2030, 2009.

LEE, G.; HENNESSY, D.W.; NOLAN, J.V. et al. Responses to nitrogen and maize supplements by young cattle offered a low-quality pasture hay. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.38, p.195-207, 1987.

LENG, R.A. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Review**, v.3, p.277-303, 1990.

MacRAE, J.C.; MILNE, J.A.; WILSON, S. et al. Nitrogen digestion in sheep given poor-quality indigenous hill herbages. **British Journal of Nutrition**, v.42, p.525-534, 1979.

MALTBY, S.A.; REYNOLDS, C.K.; LOMAX, M.A. et al. Splanchnic metabolism of nitrogenous compounds and urinary nitrogen excretion in steers fed alfalfa under conditions of increased absorption of ammonia and L-arginine supply across the portal-drained viscera. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1075-1087, 2005.

MARINI, J.C.; Van AMBURGH, M.E. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. **Journal of Animal Science**, v.81, p.545-552, 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, DC: Academic Press, 1985.138p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.**7 ed. Washington, DC: Academic Press, 2001. 381p.

PANJAITAN, T.; QUIGLEY, S.P.; McLENNAN, S.R. et al. Intake, retention time in the rumen and microbial protein production of *Bos indicus* steers consuming grasses varying in crude protein content. **Animal Production Science**, v.50, p.444-448, 2010.

PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2, 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2001. p.187-232.

PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L. et al. Nutrição de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4, 2008.Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2008. p.131-169.

POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.

REYNOLDS, C.K.; KRISTENSEN, N.B. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. **Journal of Animal Science**, v.86, p.E293-E305, 2008 (electronic supplement).

RUFINO, L.M.A. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade**. Viçosa: UFV, 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

RUFINO, L.M.A. **Desempenho nutricional e características metabólicas em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade em respostas à suplementação**

infrequente com compostos nitrogenados. Viçosa: UFV, 2014. Tese (Doutorado em Zootecnia) (em andamento).

SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1471-1479, 2010.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.199-208, 1974.

SOUZA, M.A.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F. et al. Intake, digestibility, and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch**. Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1299-1310, 2010.

Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

WESTON, R.H. Some aspects of constraint to forage consumption by ruminants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, p.175-197, 1996

CNPA 2014
IX Congresso Nordestino de Produção Animal
De 11 a 14 de Novembro de 2014
PRODUÇÃO ANIMAL: NOVAS DIRETRIZES
CENTRO DE CONVENÇÕES LUÍS EDUARDO MAGALHÃES . ILHÉUS - BAHIA - BRASIL

I SIMPÓSIONORDESTINO DE PRODUÇÃO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS

HISTÓRICO E SITUAÇÃO ATUAL DO PIRARUCU, *Arapaima gigas*, CULTIVADO NO NORDESTE DO BRASIL

Carlos Riedel Porto Carreiro

O pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz,1822)

O nome vulgar "*pirarucu*", designado para este peixe, deriva do fato dele possuir bordas e centro das escamas de determinadas regiões do corpo com forma e coloração vermelha semelhante a da semente do "urucu", *Bixa orellana*[1] (FONTENELE, 1948; CHU-KOO *et al*, 2008).

O pirarucu é encontrado no Brasil, Guianas, Bolívia e Peru, sendo exclusivo das águas interiores de clima equatorial, com médias anuais de temperatura elevadas. Este peixe habita rios, lagos, e estreitos canais principalmente na área de ocorrência do ecossistema da Bacia Amazônica. (FONTENELE, 1948).

Os pirarucus pertencentes à ordem dos Osteoglossiformes, são peixes, em sua grande maioria, de água doce, que possuem como principal característica uma língua óssea e nadadeiras dorsal e anal alongadas. (LI e WILSON, 1996). A ordem dos Osteoglossiformes está dividida em seis famílias, 26 gêneros e cerca de 210 espécies sendo o pirarucu o único representante de seu gênero (GREENWOOD *et al*, 1966).

O pirarucu pode alcançar até três metros de comprimento e pesar até 200 kg, sendo considerado o maior peixe de escamas de águas interiores do planeta (SAINT-PAUL, 1986; IMBIRIBA *et al.,* 1986; BOCANEGRA, 2006). Esta espécie possui importância histórica, cultural e econômica na região Norte do País. (CASTELLO, 2004; ANDRADE, 2007.

A captura e a comercialização do pirarucu no Norte brasileiro são monitoradas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que para controlar a exploração da espécie e evitar a sobrepesca determinou, para a Bacia Amazônica, o tamanho mínimo de captura em 150 cm, de acordo com a portaria nº. 08/96 (QUEIROZ e SARDINHA, 1999).

[1] A palavra "pirarucu" tem origem no idioma Tupi ("pira" significa peixe e "rucu" refere-se à coloração da semente do "urucu". *Bixa orellana*, ou seja, peixe com cor de urucu).

O pirarucu é um peixe carnívoro, que quando alevino se alimenta de plâncton, enquanto que nas fases de transição de juvenil à adulta altera sua dieta, passando a se alimentar de pequenos peixes, crustáceos e insetos (QUEIROZ e SARDINHA, 1999). Mas apesar de possuir este hábito alimentar carnívoro, o que aparentemente exige um nível nutricional de alto teor de proteína, o pirarucu pode se habituar a alimentação com ração comercial, desde que submetido a um treinamento alimentar (CAVERO, 2003).

A carne do pirarucu é apreciada por não possuir pequenas espinhas. A língua óssea e áspera é utilizada para ralar sementes de guaraná e de mandioca. O estômago e a bexiga natatória, após secagem ao sol, são utilizados como cola. O couro, quando curtido, é aproveitado para elaboração de peças artísticas (CASCUDO, 1968).

A rusticidade ao manejo, bem como respiração aérea obrigatória desse peixe, propicia vantagens em relação ao cultivo de outras espécies. Isto porquê o pirarucu apresenta tolerância a baixos níveis de oxigênio e altos níveis de amônia, propiciando cultivos com grandes densidades de estocagens, sem prejuízos para o seu desempenho zootécnico, e sua sobrevivência (IMBIRIBA, 2001).

Apesar do relativo sucesso no treinamento alimentar, o cultivo do pirarucu carece de um pleno desenvolvimento em virtude da escassez de informações científicas, especialmente sobre sua biologia reprodutiva, principal obstáculo à produção de alevinos em escala comercial (CAVERO, 2003).

1.2 Material e Métodos

1.2.1 Informações disponíveis para os anos 30 e 40 do Século XX

As informações relativas a introdução do pirarucu no Nordeste do Brasil, nas décadas de 30 e 40 do século XX, resultaram de consultas ao acervo das bibliotecas do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), em Fortaleza/CE, e do Centro de Pesquisas em Aquicultura Rodolpho von Ihering (CPA/DNOCS), em Pentecoste/CE.

A principal fonte encontrada na biblioteca do CPA/DNOCS foi um álbum, com 253 fotografias, que registra as primeiras expedições aos açudes nordestinos da Comissão de

Piscicultura da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS).[2] Tais expedições foram lideradas pelo naturalista Rodolpho von Ihering, sendo que algumas delas relatam a introdução de exemplares de pirarucu, *Arapaima gigas*, em açudes do Nordeste do Brasil.[3]

1.2.2 Informações disponíveis para a primeira década do Século XXI (Situação atual)

A reintrodução do pirarucu realizada pelo DNOCS a partir do ano de 2005 é descrita a partir de relatos e documentos do DNOCS.

Esse levantamento foi realizado com participação direta na elaboração, orientação e acompanhamento de pesquisas desenvolvidas no CPA/DNOCS. As pesquisas envolveram estudos de crescimento, anestesia, biologia molecular e processamento do pescado.

Na compreensão do processo de reintrodução da espécie foram aplicados questionários e realizadas entrevistas aos principais atores do processo, bem como realizados foto-registros em máquina fotográfica digital (Sony DSC-S85).

São apresentadas as quantidades iniciais de alevinos e reprodutores importados e os meios de transporte utilizados na importação de exemplares de pirarucu; são descritas as tecnologias desenvolvidas auxiliares no processo de reprodução em cativeiro, os aspectos zootécnicos – como os tipos de cultivo e alimentação utilizadas, além de impactos na mídia e abrangência geográfica e cientifica.

1.3 Resultados

1.3.1 Introdução do pirarucu no Nordeste do Brasil – anos 30 e 40 do século XX

1.3.1.1 Considerações Iniciais

No final da década de 30 do século passado, a Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) criou programas de povoamento e repovoamento de peixes que tinham como objetivos reduzir a população de piranhas, *Serrasalmuspiraya*, e pirambebas, *S. rhombeus*, nos açudes do Nordeste do Brasil, proporcionar uma fonte alternativa ao bacalhau,

[2]O IFOCS sucedeu, em 1919, a Inspetoria de Obras Contra as Secas – IOCS (criada pelo Decreto 7.619, de 21 de outubro de 1909) e foi sucedido, a partir de 28/12/1945 (Decreto-Lei 8.846), pelo DNOCS.

[3]As fotografias do álbum foram digitalizadas, em impressora multifuncional Epson TX-105 e armazenadas em meio magnético, e integradas ao acervo da biblioteca do CPA/DNOCS com o título "Arquivo de imagens CPA/DNOCS".

Gadusmorrhua, importado da Europa, e contribuir para a melhoria da produção pesqueira em açudes públicos e particulares (FONTENELE e VASCONCELOS, 1982).

Nesta época, para o povoamento de seus reservatórios, o IFOCS selecionou, além de outras duas espécies da Bacia Amazônica (tucunaré, *Cichlatemensis e* apaiari, *Astronotusocellatus*), o pirarucu (FONTENELE e VASCONCELOS, 1982).

O processo de introdução do pirarucu no Nordeste do Brasil foi iniciado pelo IFOCS a partir de estudos pioneiros sobre a reprodução do pirarucu em cativeiro que estavam sendo desenvolvidos, desde os primeiros anos da década de 30, em Belém/PA, por pesquisadores do Museu Emílio Goeldi.

O IFOCS enviou, em maio de 1939, para que se integrasse à equipe paraense do Museu, o biólogo Antônio Carlos Estevão de Oliveira, responsável pelo envio ao Ceará, no mesmo mês, vias marítima e aérea, dos primeiros exemplares de pirarucu: 50 reprodutores, 19 destes com comprimento total médio de 1,20m, e cerca de 5.000 alevinos, com comprimento médio de 20 cm (figuras 1 e 2) (FONTENELE e VASCONCELOS, 1982).

Figura 1 – Visita de autoridades a Estação de Piscicultura Lima Campos-CE, onde ocorreu a primeira desova de pirarucu, *Arapaima gigas.* Fonte: CPA/DNOCS.

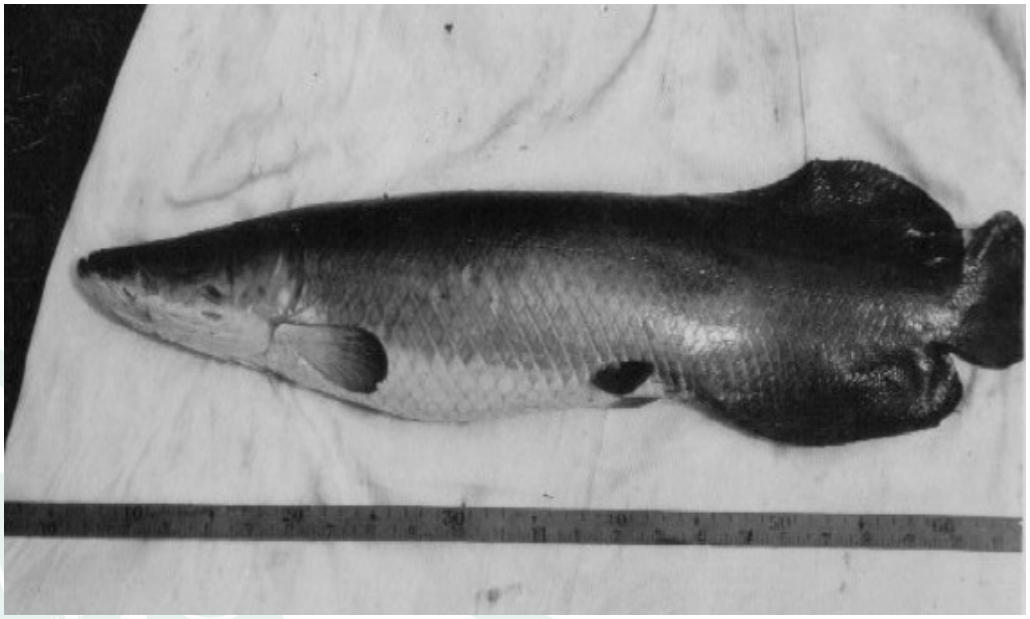


Figura 2 – Exemplar de alevino de pirarucu, *Arapaima gigas*, em biometria nas instalações do Serviço de Piscicultura do IFOCS, em Fortaleza/CE. Fonte: CPA/DNOCS.

Ao chegarem ao Ceará, esses exemplares provenientes de Belém foram conduzidos para as instalações do Serviço de Piscicultura do IFOCS, na capital cearense. Posteriormente, em 1942, 19 exemplares foram transferidos para a recém-construída Estação de Lima Campos,[4] no município de Icó/CE.

A Estação de Piscicultura de Lima Campos possuía, naquela época, doze tanques, com 24m de comprimento por 6,3 m de largura, paredes revestidas de tijolos e pisos em terreno natural, profundidades entre 80 cm até 180 cm e se intercomunicavam por meio de aberturas de $1m^2$ (figura 3).

[4] A Estação de Piscicultura de Lima Campos, atualmente chamada Estação de Piscicultura Pedro de Azevedo encontra-se no perímetro irrigado do Açude Lima Campos, localizado no distrito de Lima Campos, município de Icó/CE.

Figura 3 – Instalações preservadas de parte dos tanques utilizados, nos anos 40 do século passado, para a reprodução de pirarucu, *Arapaima gigas*, na antiga Estação de Piscicultura de Lima Campos, em Icó/CE. Fonte: Carlos Riedel

A partir das instalações do Serviço de Piscicultura do IFOCS, em Fortaleza, foram distribuídos, em três anos (1940-43), nos açudes públicos do Nordeste do Brasil, 4.654 exemplares de pirarucu, oriundos da importação dos 5.000 exemplares de 20cm de comprimento (figura 4).

Nesta distribuição foram contemplados sete reservatórios administrados pelo IFOCS (tabela 1). No açude de Riacho do Sangue (CE) - foi constatada, em 1944, a primeira reprodução de pirarucu em açudes do Nordeste do Brasil, em condições ambientais muito diferentes daquelas encontradas na Amazônia, de onde o peixe originalmente fora trazido. (FONTENELE e VASCONCELOS, 1982).

Figura 4 – Caminhão utilizado pelo IFOCS/Comissão de Piscicultura nos peixamentos de alevinos de pirarucu, *Arapaima gigas.* Fonte: CPA/DNOCS

Tabela 1 – Introdução de alevinos de pirarucu, *Arapaima gigas*, em açudes públicos do Nordeste do Brasil.

Açudes	**Ano**	**Nº de Alevinos**
Aires de Sousa (CE)	1940	568
Curemas (PB)	1941	900
General Sampaio (CE)	1940	1.050
Itans (RN)	1943	552
Piranhas (PB)	1941	1.153
Riacho do Sangue (CE)	1941	248
São Gonçalo (PB)	1940	183

Nota: Comprimento médio inicial de 300 mm.

Fonte: FONTENELLE e VASCONCELOS, 1982.

Ainda no ano de 1944 foi observada a primeira reprodução em cativeiro de pirarucus no Nordeste do Brasil que ocorreu na Estação de Piscicultura de Lima Campos, em Icó/CE (Figura 05) (FONTENELE, 1948). Nos quatros anos seguintes à primeira reprodução (1944-1948), foram registradas vinte desovas, com frequência predominante nos meses de dezembro a maio. Cada desova produziu em média três mil alevinos.

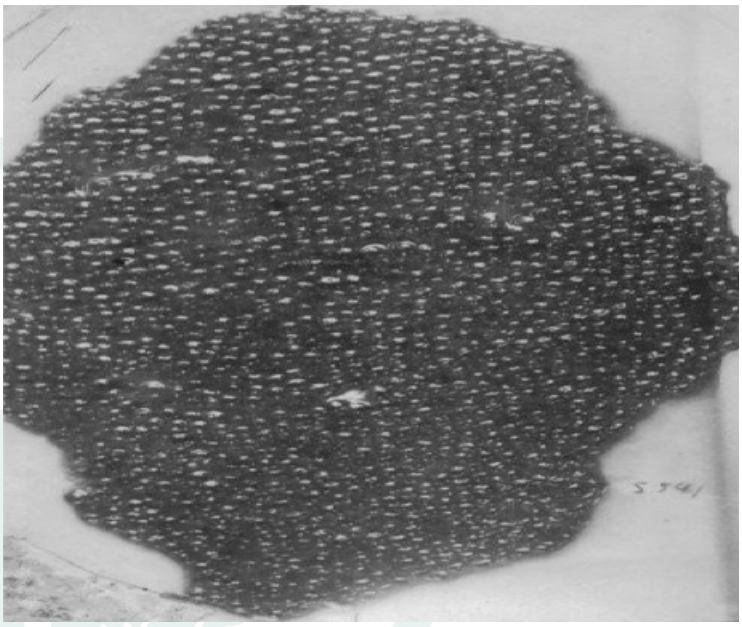


Figura 5 – Primeira desova de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro no Estado do Ceará na Estação de Piscicultura de Lima Campos em Icó, no ano de 1944, com um total de 5.341 ovos. Fonte: CPA/DNOCS.

Os exemplares de pirarucu originados dos peixamentos realizados pelo IFOCS em açudes do Nordeste brasileiro na década de 40 se reproduziram nas condições climáticas e linminológicas regionais. Entretanto, estes espécimes estavam sujeitos a pesca predatória, o que gerou uma continuada diminuição da população de pirarucu nos açudes.

Objetivando minimizar os efeitos desta pesca predatória, o IFOCS editou a portaria n°114, de 17.12.1946, que fixou o período de defeso do pirarucu entre os meses de novembro a junho estabelecendo o tamanho mínimo de sua captura em 1m (FONTENELE e VASCONCELOS, 1982). Entretanto, a portaria n°114/1946 não produziu o efeito esperado, pois somente em 1948 é que o IFOCS iniciou a fiscalização da pesca de pirarucu. O fato de que a instalação dos Postos de Fiscalização da Pesca Local se arrastou por anos, sendo concluídos apenas doze

anos depois, também contribuiu para a diminuição do número de exemplares das espécies nos açudes (FONTENELE e VASCONCELOS, 1982)

1.3.1.2 Pesca do pirarucu

A pesca do pirarucu, na década de 40, nas águas de reservatórios públicos nordestinos foi consequência direta de ações do IFOCS. Por ser o peixe de maior porte nessas águas despertou rapidamente a atenção dos pescadores, que desenvolveram diversas técnicas de captura – muitas dessas aproveitando-se da respiração aérea obrigatória (que faz o peixe emergir na superfície em intervalos regulares de tempo), quando pode ser facilmente visualizado e capturado. As técnicas de pesca mais utilizadas resumiam-se a linha de mão, bóia, espinhéis, redes de espera e raramente, pesca com arpão (FONTENELE e VASCONCELOS, 1982)

As artes de pesca, bem como as técnicas utilizadas pelos pescadores na captura do pirarucu, não possuíam rendimento adequado, o que resultou em um esforço-de-pesca mal empregado e predatório, conforme demonstra o seguinte trecho extraído de um relatório de pesca do DNOCS: "*Na realidade, ainda não existe um processo de pesca de pirarucu que ofereça bom rendimento, nos açudes do Nordeste*." Outro trecho deste relatório de pesca já fazia referência à queda na produção e diminuição do estoque capturável do pirarucu: "*Se persistirem os abusos a que está exposto o pirarucu, nossos vindouros vão sentir a sua carência, a dificuldade de obter tão valioso pescado. Entregam-se os mariscadores a um verdadeiro tripúdio. A obsessão é matar o peixe, pequeno ou grande. Tal seja a seca matam-no até a cacete*." (MENEZES, 1951).

1.3.1.3 Comercialização do Pirarucu

Na década de 40 do século passado o pirarucu era normalmente comercializado na forma de mantas submetidas ao processamento pelo método da salga. Este procedimento tinha como objetivo aumentar a abrangência da área de comercialização de carne de pirarucu, sobretudo para as regiões brasileiras Norte e Nordeste (MENEZES, 1951).

O processo de salga consistia - geralmente ás margens dos açudes - em logo após a captura, eviscerar o espécime para em seguida cortar a região lombar para retirar grandes porções do peixe (as chamadas mantas), que eram salgadas e postas em varais para a secagem

ao sol. Por ser um peixe relativamente abundante em açudes de águas interiores, sua carne era pouco valorizada, com preços extremamente baixos (CASCUDO, 1968).

A comercialização de mantas de pirarucu nas regiões brasileiras Norte e Nordeste representava quedas nos lucros dos comerciantes de bacalhau, *Gadusmorrhua*, que em resposta a esta "ameaça aos seus ganhos" patrocinavam a publicação de artigos nos jornais da época mencionando contaminações sofridas em adultos e crianças e até mesmo citando mortes em razão do consumo de pirarucu. Divulgavam ademais que o processo de salga realizado nos açudes, sem condições sanitárias mínimas adequadas, representava altos riscos para a saúde dos consumidores (MENEZES, 1951).

1.3.4 Reintrodução do pirarucu no Nordeste do Brasil – A primeira década do século XXI (Situação Presente)

1.3.4.1 Considerações Iniciais

A reintrodução do pirarucu, *Arapaima gigas*, no Nordeste do Brasil pelo DNOCS foi consequência de inovações tecnológicas ocorridas no setor aquícola na década passada (2001-2010) e ao crescimento exponencial da produção da aquicultura, aliadas a uma conjuntura política favorável nas esferas governamentais federal e estadual.

Diferentemente da introdução ocorrida nas décadas de 30 e de 40 do século XX, quando o principal propósito foi o de utilizar o pirarucu para a erradicação de piranhas, a reintrodução no século XXI visou o desenvolvimento de pesquisas para a produção de alevinos e o cultivo em viveiros e tanques-redes, funcionando desta forma como uma alternativa/complementação de renda para os produtores rurais.

Para executar tal estratégia de ação foi criado o "Projeto Pirarucu", resultante de convênio celebrado entre a extinta Secretaria Especial da Aquicultura e Pesca da Presidência da República (SEAP/PR) (atual Ministério da Pesca e Aquicultura-MPA) e o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas/DNOCS, em outubro de 2004.

Os objetivos específicos do "Projeto Pirarucu" eram: a) desenvolver técnicas eficientes de manejo reprodutivo – com ênfase na produção de alevinos e treinamento alimentar; b) realizar estudos de crescimento e peso em viveiros, tanques e tanques-rede; c) desenvolver técnicas para a identificação sexual; e d) realizar análises econômicas para implantação de estruturas-modelo de cultivo.

As atividades do "Projeto Pirarucu" foram efetivamente iniciadas quando a diretoria do DNOCS adquiriu no ano de 2005, para o Centro de Pesquisas em Aquicultura Rodolph von Ihering (CPA/DNOCS), de uma empresa privada do Estado do Mato Grosso do Sul (MS), 33 juvenis de pirarucu (1±0,6m e peso 20±3kg) e 750 alevinos (41±8 cm e 400±60g).

Comparada com a introdução realizada nas décadas de 30 e 40 do século passado nos açudes nordestinos, a reintrodução de 2005 apresenta 19 juvenis a mais e 4.250 alevinos a menos de pirarucu.

1.3.4.2 Transporte dos reprodutores e alevinos

Para o transporte dos reprodutores e alevinos de pirarucu adquiridos em 2005 foi utilizado um caminhão contendo quatro caixas de fibra com capacidade de 4.000 mil litros cada.

Os reprodutores foram transportados, por uma empresa privada de transporte rodoviário, de Campo Grande/MS para o CPA/DNOCS, em Pentecoste/CE. O tempo total de transporte foi de 96 horas, tendo sido realizadas quatro paradas do caminhão para troca parcial de água e verificação do estado geral dos peixes.

Os 33 reprodutores foram distribuídos em duas caixas de transporte (16 e 17 exemplares em cada uma), enquanto que os 750 alevinos foram igualmente distribuídos: 375 em cada uma das caixas restantes. Cada caixa de transporte possuía um sistema de injeção de oxigênio puro, além disto, eram dotadas de câmara de ar inflada na superfície da água. As câmaras de ar tinham a função de minimizar o efeito do movimento ondulatório da água resultante da inércia da aceleração do caminhão, e com isto minimizar os riscos de inalação acidental de água no momento da respiração do pirarucu.

Os 750 alevinos de pirarucu chegaram ao *Campus* II do CPA/DNOCS no dia 11 de maio de 2005, oportunidade em que, após a realização de procedimento biométrico parcial, foram transferidos para dois tanques de concreto de 250 m^2 de área, com renovação parcial de água, compensando apenas perdas por evaporação.

1.3.4.3 Biometria dos Alevinos

No *Campus* II do CPA/DNOCS todos os alevinos foram contados no momento do desembarque e em 15% desses foi realizada biometria (figuras 6a e 6b). Para realização das biometrias foram utilizados um ictiômetro e uma balança eletrônica digital com capacidade

máxima de 20 kg. Os exemplares foram cuidadosamente retirados das caixas de transporte com auxílio de um puçá e imediatamente conduzidos à estação de biometria, adaptada na carroceria de uma caminhonete utilitária e estrategicamente posicionada a fim de facilitar a operação de biometria e o posterior transporte ao viveiro de quarentena. Ao término das biometrias os exemplares foram imediatamente conduzidos para os viveiros, e iniciado o período de quarentena, onde aspectos gerais do comportamento foram observados.

Figura 6 - (a) Alevino de pirarucu, *Arapaima gigas*, em biometria inicial na estação móvel, após a chegada ao *Campus* II do CPA/DNOCS. (b) detalhe do procedimento de biometria. Fonte: Carlos Riedel

1.3.4.4 Quarentena de alevinos

Foi realizada uma quarentena para os alevinos e reprodutores recém-importados visando avaliar a adaptação dos espécimes às condições climáticas e limnológicas. A quarentena ocorreu, em um período de trinta dias, para todos os 750 alevinos que foram estocados em tanques de 350m^2, na densidade de 3 peixes/m^2, e alimentados com ração comercial para carnívoros.

Os tanques da área da quarentena possuíam renovação constante de água ajustada para compensar as perdas por evaporação. Durante o período de quarentena foi ofertada ração para peixes carnívoros, quatro vezes ao dia, e observados dados de qualidade de água (utilizando sonda eletrônica limnológica modelo YSI-6600), bem como aspectos comportamentais do cardume (natação e alimentação).

1.3.4.5 Permutas de reprodutores

Como medida para auxiliar na formação do plantel de pirarucus do *Campus* II do CPA/DNOCS foram utilizados espécimes remanescentes de outras estações de piscicultura do DNOCS, em especial da Estação de Piscicultura Pedro de Azevedo, de Lima Campos/Icó/CE, além dos importados de empresa particular. Para tanto foi necessária a captura, transporte e readaptação dos espécimes nos novos tanques. Este foi, possivelmente, o primeiro transporte de reprodutores vivos em idade de maturação sexual do Estado do Ceará.

Inicialmente foi bombeada água dos tanques para o caminhão de transporte (figura 07). Em cada caixa de transporte, que comportava 4.000 litros (com volume útil de 3.500 litros), foi adicionada uma câmara de ar inflada.

Figura 7 – Caminhão pertencente ao CPA/DNOCS destinado ao transporte de alevinos e reprodutores de pirarucu, *Arapaima gigas*.Fonte: Carlos Riedel

Para captura dos reprodutores nos tanques em que estavam originalmente, foi drenada água de cada tanque com o objetivo de alcançar uma lâmina de 50cm (figura 8). Com isto, as possibilidade de saltos de um exemplar, por redução da área de natação e consequente capacidade de impulso, eram reduzidas. Um salto de um exemplar de pirarucu poderia dificultar seriamente o processo de captura, além de causar lesões indesejadas, tanto nos animais como nas pessoas envolvidas diretamente na captura dos mesmos.

Figura 8 – Procedimento para captura de reprodutor de pirarucu, *Arapaima gigas*, em tanque com volume de água intencionalmente reduzido. Estação de Piscicultura Pedro de Azevedo, em Icó/CE. Fonte: Carlos Riedel

Os reprodutores foram manualmente conduzidos em maca de lona, especialmente fabricada para este fim, e acomodados no caminhão: um exemplar por caixa de transporte. A maca teve por função básica manter cada exemplar imobilizado na posição horizontal para evitar possíveis traumas.

Em seguida a acomodação do reprodutor uma câmara de ar era colocada em cada caixa de transporte. Nos primeiros 15 minutos de confinamento na caixa de transporte, cada reprodutor dava fortes pancadas, chegando, por vezes a balançar o caminhão transportador.

O transporte dos reprodutores, no trecho Icó–Pentecoste, de 535km, durou aproximadamente nove horas, com paradas para verificação do estado geral dos peixes (equilíbrio de natação e presença de lesões). Neste transporte não foi realizada troca de água. Os reprodutores transportados ao chegarem no *Campus* II do CPA/DNOCS, foram identificados com marcas eletrônicas e em seguida cuidadosamente transportados para viveiro de 5.000m^2, onde foram observados aspectos comportamentais.

A primeira desova de pirarucu nas instalações do CPA/DNOCS foi registrada em outubro de 2006 e gerou 240 alevinos. O casal recém-formado responsável pela desova era composto por um exemplar trazido da Estação de Piscicultura Pedro de Azevedo, de Lima

Campos/Icó/CE e outro exemplar proveniente de Campo Grande/MS. Em fevereiro de 2007 esse mesmo casal apresentou uma segunda desova com 3.648 alevinos.

Durante o período de 2007 a 2010 foram produzidos no *Campus* II do CPA/DNOCS aproximadamente 21.000 alevinos de pirarucu provenientes das desovas de oito casais. De outros 30 supostos casais ainda não ocorreram desovas.

Os alevinos de pirarucu produzidos no *Campus* II do CPA/DNOCS despertaram o interesse, tanto de particulares como de instituições de pesquisa e universidades, sobretudo das regiões Nordeste, Norte e Centro-Oeste do País.[5]

Para cada grupo de alevinos comercializados foi preenchido um formulário contendo as seguintes informações: município de destino, quantidade, finalidade (engorda ou reprodução), valor, além do endereço. Os estados e municípios cearenses para os quais foram fornecidos alevinos de pirarucu e encontram-se representados na figura 9.

Figura 9 – Estados e municípios do Ceará que adquiriram alevinos de pirarucu, *Arapaima gigas*, produzidos no *Campus* II do CPA/DNOCS. Fonte: Carlos Riedel

[5]As seguintes instituições adquiriram alevinos para realização de pesquisas: Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal de Goiás. Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal do Pará.

A tabela 2 apresenta um comparativo entre a introdução e a reintrodução de pirarucu, *Arapaima gigas*, no Nordeste do Brasil, destacando os principais eventos.

Tabela 2 - Comparativo da introdução e reintrodução de pirarucu, *Arapaima gigas*, realizadas, respectivamente, pelo IFOCS e DNOCS, no Nordeste do Brasil.

Evento	**Introdução**(*)	**Reintrodução** (**)
Quantidade inicial de reprodutores	19	33
Quantidade inicial de alevinos	5.000	750
Transporte de reprodutores e alevinos	Aéreo e Marítimo	Rodoviário
Instituições que desenvolveram pesquisas	DNOCS	Universidade Federal do Ceará Universidade Estadual do Ceará Universidade Federal da Bahia Universidade Federal Rural de Pernambuco
Tecnologias desenvolvidas	Reprodução em cativeiro	Condicionamento alimentar para rações comerciais. Desenvolvimento de ferramentas para identificação sexual de juvenis (ultrassom, laparoscopia, marcadores bioquímicos), anestesia. Estudos de crescimento em tanques, viveiros e gaiolas.
Comercialização	Mantas salgadas sem condições mínimas de higiene (processo de salga realizado às margens do açudes)	*In natura* (mantas e cortes especiais, com base em tecnologias de processamento do pescado)

Impacto na mídia	Publicações em jornais e boletins técnicos especializados	Publicações em jornais, Programas de televisão
Impacto científico	Não há registro	Apresentações de monografias, dissertações, teses e participações em congressos
Tipo de alimentação	Peixes vivos	Ração comercial
Abrangência do projeto	Regional	Regional/nacional
Tipo de cultivo	Extensivo	Intensivo
Classificação do consumidor	Classes D e E	Classes A, B e C

Notas: (*) Introdução (Anos 30 e 40 do século XX). (**) Reintrodução (primeira década do século XXI - Situação Presente)

1.4 Conclusões

A introdução do pirarucu no Nordeste do Brasil, nos anos de 1930 e 1940 do século passado, foi marcada pelo propósito do IFOCS de povoamento e repovoamento de peixes nos açudes que administrava com o objetivo principal de reduzir a população de piranhas, (*Serrasalmuspiraya*), e pirambebas, (*S. Rhombeus*), e também de proporcionar uma fonte alternativa ao bacalhau, (*Gadusmorrhua*), importado da Europa contribuindo para a melhoria da produção pesqueira em açudes públicos e particulares.

Nesse período, a carência de fiscalização pelos órgãos competentes, e em consequência a persistência da pesca predatória, aliados a concorrência desleal dos comerciantes de bacalhau, foram fatores que contribuíram inicialmente para a crescente redução do consumo e, posteriormente, para a eliminação das populações de pirarucus em açudes do Nordeste do Brasil.

A reintrodução de exemplares de pirarucu na década passada (2001 a 2010) gerou o desenvolvimento de pesquisas de manejo, crescimento e reprodução voltadas à produção aquícola, não somente pelo CPA/DNOCS, mas por outras instituições públicas.

Referencias

ANDRADE, J.I.A.; Ono, E.A.; Menezes, G.C.; Brasil, E.M.; Roubach, R.; Urbinati, E.C.; Tavares-Dias, M.; Marcon, J.L.; Affonso, E.G. 2007. Influence of diets supplemented with vitamins C and E on pirarucu (*Arapaima gigas*) blood parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology,* 146: 576–580.

BOCANEGRA F A, Wust WH et al (2006) Paiche. El gigante del Amazonas. Instituto de Investigaciones de la Amazônia Peruana, Iquitos, Peru.

CASCUDO, L.D.C. História da alimentação no Brasil. São Paulo: Companhia Editora. Nacional, 1968. Volume 323 – A.

CASTELLO, L. 2004. A Method to count pirarucu, *Arapaima gigas*: fishers, assessment, and management. *North American Journal of Fish Management,* 24: 379–389.

CAVERO, Bruno, Pereira-Filho, MANOEL, ROUBACH, RODRIGO, ITUASSÚ, DANIEL, GANDRA, ANDRÉ, Y CRESCÊNCIO, ROGER. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de Pirarucú em ambiente confinado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)/Universidade Federal do Amazonas, Manaus-Brasil. 2.003

CHU-KOO, F.; DUGUÉ, R.; AGUILAR, M.A.; DAZA, A.C.; BOCANEGRA, F.A.; VEINTEMILLA, C.C.; DUPONCHELLE, F.; RENNO, J.F.; TELLO, S.; NUÑEZ, J. 2008. Gender determination in the Paiche or Pirarucu (*Arapaima gigas*) using plasma vitellogenin, 17*b*-estradiol, and 11-ketotestosterone levels. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35: 125–136.

FONTENELE, O. Contribuição para o Conhecimento da Biologia do Pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) em cativeiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). **Revista Brasileira de Biologia.** v. 8. n. 166. p. 237-251. 1948.

FONTENELE, O.; VASCONCELOS, E. A. O pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1817), nos açudes do Nordeste: Resultados de sua aclimação e prováveis causas de depleção de seus estoques. **Boletim Técnico do DNOCS,** Fortaleza, v.1, n.40, p.43–66, 1982.

GREENWOOD, P. H.; ROSEN, D. E.; WEITZMAN, S. H.; MYERS, G. S. Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. Bulletin of the American Museum of Natural History, v. 131, n. 4, 1966.

IMBIRIBA, E.P. Potencial da criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazonica**, v.31, p.299-316, 2001.

Li, G. Q.; Wilson, M. V. H.; Grande, L. Review of Eohiodon (Teleosei: Osteoglossomorpha) from Western North America, with phylogenetic reassessment of Hiodontidae. **Journal Paleontol.** n.71. p.1109-1124. 1997.

MENEZES, R. S. De. Notas biológicas e econômicas sobre o pirarucu. **Série Estudos Técnicos.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, n. 3. 1951.

QUEIROZ, H.L.; SARDINHA, A.D. A preservação e o uso sustentado dos pirarucus em Mamiraruá. In: QUEIROZ, H.L.; CRAMPTON, W.G.R. (Ed.). **Estratégias para manejo de recursos pesqueiros em Mamirauá.** Brasília: Sociedade Civil Mamirauá; CNPq, 1999. p.108-141.

SAINT-PAUL, U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture,* 54: 205-240

PRODUÇÃO DE ALEVINOS DE TILÁPIAS

Professor José William Bezerra e Silva

(e-mail jwbs@terra.com.br)

1 Espécies e linhagens criadas

Por solicitação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) o Dr. Jacques Bard, do *Centre Technique Forestier Tropical* (*Nogent sur Marne*, França) enviou alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus (L, 1766)*, diretamente de *Bouaké*, então Costa do Marfim, África, para a Unidade Experimental em Piscicultura Intensiva (UEPI), Pentecoste, Ceará, hoje pertencente ao atual Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering do DNOCS. Chegada em 24 de novembro de 1971, de imediato técnicos dessa Autarquia começaram os estudos com a tilápias do Nilo (Figura 1), sendo os mesmos pioneiros no Brasil. Em 1972 já eram obtidas as primeiras desovas da espécie em nosso país e, em 1973, começaram, também pelo DNOCS, o povoamento dos açudes e outros reservatórios do Nordeste com a espécie.

Em setembro de 1996, foram trazidos, do *Asian Institute of Technology* (AIT), Bangkok, Tailândia, para Londrina, Paraná, 20.800 reprodutores "avós" da tilápia do Nilo, linhagem *chitralada* (ou *tai-chitralada* ou, simplesmente, tailandesa). Alguns destes peixes e/ou seus descendentes foram trazidos para o Nordeste, sendo criados em diversos estados. Em novembro de 2002 o DNOCS trouxe, também do AIT, 13.000 exemplares daquela linhagem (Figura 2), sendo os peixes recebidos no Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering, Pentecoste, Ceará, de onde descendentes dos mesmos foram distribuídos para as estações de piscicultura espalhadas no Nordeste. O objetivo foi à formação de plantéis de reprodutores e reprodutrizes, para atuarem nas instalações da Autarquia e cessão aos produtores capacitados. Hoje a linhagem predomina nos cultivos de tilápias na região.

Linhagens das tilápias vermelhas (híbridos), principalmente a jamaicana e a *supréme*, foram trazidas para o Nordeste do Brasil (Figura 3). Tilápias vermelhas são mutantes genéticos selecionados de espécies do gênero *Oreochromis* sp, utilizados na produção de

híbridos. Elas foram introduzidas no Brasil a partir de 1980/81, chegando primeiro uma linhagem oriunda da Flórida, a qual foi desenvolvida nos anos 70.

Figura 1 – Exemplar de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L., 1766), descendentes dos exemplares trazidos em 1971. Foto: DNOCS.

Figura 2 – Exemplares da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L., 1766) linhagem tailandesa ou *chitralada*. Foto: Lustosa Neto (2004).

Figura 3 – Exemplares de tilápia vermelha (híbrido). Foto: Lustosa Neto (2004).

2. Produção de alevinos de tilápias

2.1 Seleção de reprodutores e reprodutrizes

Na tilapicultura a produção de alevinos se inicia com a seleção de reprodutores e reprodutrizes, feita, normalmente, a partir de tilápias nascidas na própria unidade produtora ou oriundas de criadores idôneos. São selecionados indivíduos saudáveis (que não contraíram doenças), sem deformações corporais e de bom desenvolvimento somático, evitando-se a consangüinidade. Apesar de alguns cuidados, suspeita-se ter havido forte consangüinidade entre os plantéis de tilápias das estações de piscicultura nordestinas. Isto porque a maioria dos exemplares da tilápia do Nilo em reprodução descendia, até a segunda metade da década de 90, dos indivíduos trazidos da Costa do Marfim, em 1971, pelo DNOCS, cujas descendências se espalharam por todas as regiões do Brasil e até para outros países da América latina.

O assunto passou a ser discutido em encontros, simpósios e congressos realizados no país. Daí as introduções da linhagem tailandesa da tilápia do Nilo no Brasil, conforme afirmado antes. Hoje reprodutores e reprodutrizes desta linhagem são selecionados para as unidades produtoras de alevinos, com base nos caracteres antes citados.

A tilápia do Nilo vem sendo, no momento, o principal peixe cultivado no Nordeste brasileiro. São, quase sempre, usados machos da linhagem tailandesa, obtidos por reversão sexual. Em virtude das excelentes características, relacionadas com rusticidade, facilidade de propagação, taxas de crescimento e conversão alimentar e em particular pela sua aceitação comercial, credenciada pelo ótimo sabor da carne e ausência de espinhas em **Y**, os piscicultores têm elegido a tilápia do Nilo como espécie principal nos cultivos e até mesmo a única criada.

2.2 Obtenção de pós-larvas para a reversão sexual

Na obtenção de pós-larvas para a reversão sexual um dos métodos usados é a coleta total de pós-larvas (pl's) em "hapas". "Hapas" de reprodução de tilápias são estruturas armadas dentro de um corpo de água, normalmente viveiro de piscicultura, tendo como principal vantagem facilitar a coleta de reprodutores, reprodutrizes e pós-larvas (Figura 4). Eles têm, ainda, a vantagem de poderem ser colocados em corpos de água com outras espécies de peixes e não requererem a drenagem do viveiro para a captura das pl's. A estrutura e dimensões de um "hapa" variam muito. No Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS) ele apresenta, geralmente, 10,00 m de comprimento e 1,50 m de

largura (15 m²), sendo confeccionado com tela plástica, tipo industrial, abertura de malha de 1 mm, amarrada, por meio de cabinho de náilon, em estacas de madeira, estas fincadas no piso do viveiro (Figura 4). A lâmina de água exigida para colocação dos "hapas" é de, no mínimo, 0,80 m e no máximo 1,20 m. Na tilapicultura regional usam-se "hapa" com até 40 m².

Figura 4 – "Hapas" de reprodução de tilápias para produção de pl's destinadas à reversão sexual. Centro de Pesquisas em Aquicultura Rodolpho von Ihering (Pentecoste, Ceará).Foto de Abreu (2005).

Nos "hapas" as coletas de reprodutores, reprodutrizes e pl's são facilitadas e exigem menor mão-de-obra, quando comparada às coletas feitas em viveiro ou tanque. Outra vantagem é o menor custo de implantação e confecção dos "hapas", quando comparado a outros sistemas. Entre suas desvantagens, cita-se a freqüente obstrução das malhas pela deposição de algas e argilas, prejudicando a passagem da água dentro dos "hapas", o que acarreta diminuição na taxa de oxigênio dissolvido na água dentro dos mesmos, maior facilidade de predação dos reprodutores por aves e maior risco de roubo.

Cada "hapa" de 15 m² recebe, para um período de acasalamento, 45 fêmeas e 15 machos da tilápia do Nilo, linhagem tailandesa, num total de 60 peixes, ou seja, 4 por m², com peso acima de 200 g, quase sempre. Nas tilapiculturas cearenses as proporções variam de 2:1 a 4:1 (fêmeas e macho, respectivamente) nos acasalamentos em "hapas", bem como peixes em reprodução pesando 200 a 700 g, quase sempre.

Os peixes em reprodução recebem ração balanceada e extrusada, quase sempre com 28 a 35% de proteína bruta, fornecida na base de 2 a 3% da biomassa/dia, em duas refeições diárias. Isto na primeira semana de acasalamento. Na segunda, diminui-se a ração ofertada aos peixes, vez que as fêmeas se encontram com ovos e/ou larvas na boca e, portanto, não se alimentam.

Decorrido o período de acasalamento, normalmente 14 dias, reprodutores e reprodutrizes são retirados dos "hapas" e levados para os tanques de descanso (Figura 5), ficando separados por sexo. A captura é feita com puçá ou com pequena rede de arrasto, ambos com abertura de malhas de 20 mm, entre nós. Em seguida, larvas e pl's são capturadas com puçá, confeccionado com tela de náilon e abertura de malhas de 1 mm, e levadas para o tanque de seleção (Figura 6), onde são selecionadas. As que passam no selecionador, tela com malha de 2,8 mm, seguem para o setor de reversão sexual. Reprodutores e reprodutrizes são mantidos, separadamente, no tanque de descanso (Figura 5) e recebem ração balanceada, extrusada, com 32% ou 35% de PB, às vezes até mais, fornecida na base de 3% da biomassa/dia. A renovação de água no tanque é constante, dia e noite. Após repouso de 10 a 14 dias, as tilápias retornam aos "hapas", para novo ciclo de acasalamento.

Outro método adotado para obtenção de pós-larvas (pl's) destinadas à reversão sexual é a coleta de ovos, larvas ou pl's diretamente da boca das fêmeas. Neste caso a reprodução é feita quase sempre em "hapas", idênticos aos descritos anteriormente (Figura 4). Contudo, se tem utilizado "hapa" com até 30 m^2 de área, posto em tanque de alvenaria ou em viveiro. As técnicas empregadas para reprodutores e reprodutrizes em desova (no que se refere a número, peso, proporção de sexos, densidade de estocagem por "hapa", manejo alimentar e outras) são idênticas às descritas antes. Porém o período de acasalamento varia de 7 a 14 dias, normalmente de 10 a 14. A linhagem é, quase sempre, a tailandesa. O descanso das fêmeas é necessário, pois aumenta o número de ovos e alevinos produzidos bem como possibilita o controle das desovas. A recomendação é que o período de descanso de reprodutores e reprodutrizes varie de 10 a 14 dias.

Figura 5 – Tanques para descanso de reprodutores e reprodutrizes de tilápias. Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS), Pentecoste, Ceará. Foto de Abreu (2005).

Figura 6 – Tanque usado na seleção de ovos, larvas e pl's de tilápias destinados à incubação (ovos) e à reversão sexual (larvas e pl's). Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS). Note-se os selecionadores, tipo peneira. Foto de Abreu (2005).

Decorrido o período de acasalamento, reprodutores e reprodutrizes são conduzidos para um canto do "hapa", mediante a suspensão da tela de fundo do mesmo, sendo aí capturados com auxílio de puçá, panagem de tela de náilon, abertura de malhas de 10 ou 20 mm. Para condução dos peixes ao canto do "hapa", usa-se também pequena rede de arrasto, feita com tela de náilon, mesma abertura de malhas do puçá. Os machos são colocados em caixas de transporte e levados para o tanque de descanso (Figura 5). As fêmeas são examinadas, quanto à presença de ovos, larvas ou pl's na cavidade oral, facilmente constatada pela dilatação da região gular ou abrindo-lhes a boca (Figura 7). Caso positivo, ovos, larvas ou pl's são retirados, colocados em pequeno balde ou bandeja, ambos de plástico, e levados para os tanques de seleção (Figura 6), onde ovos, larvas e pl's são separados, sendo os primeiros levados para incubadoras, seguindo as larvas e pl's para as unidades de reversão. Para colocação das fêmeas são utilizados dois tambores de plástico, cada um com 50 l de capacidade e contendo 20 g de sal (cloreto de sódio) por litro de água, a fim de prevenir parasitas. Num dos tambores colocam-se as fêmeas que doaram ovos, larvas ou pl's e as não sexualmente maduras e no outro balde as fêmeas não desovadas, mas que apresentam condições para tal. Reprodutores e reprodutrizes desovados ou não sexualmente maduros são conduzidos para os tanques de descanso (Figura 5), permanecendo neles de 7 a 10 dias, submetidos ao mesmo manejo referido antes, retornando, então, aos "hapas" para novo ciclo de acasalamento. Contudo, fêmeas não desovadas, facilmente verificáveis pela observação da papila genital, que se apresenta dilatada e avermelhada, e pela dilatação da região ventral, podem retornar ao "hapa", juntamente com alguns machos, para efetuarem a desova. Logo que isto ocorre, os ovos são também coletados, sendo os peixes desovados conduzidos para o tanque de descanso.

Em qualquer dos casos de reprodução em "hapas", estes são devidamente limpos (escovados e lavados), sempre nos intervalos de dois períodos de reprodução.

Figura 7 – Fêmea de tilápia do Nilo, *O. niloticus*, com ovos na cavidade oral. Note-se a cor amarelada dos mesmos, denotando desova recente. Foto: Abreu (2005).

2.3 Incubação artificial de ovos de tilápias

Na grande maioria das tilapiculturas vem se fazendo a incubação artificial de ovos coletados na boca das fêmeas da tilápia do Nilo. Para isto, é usada pequena incubadora (Figura 8), feita, normalmente, em fibra de vidro ou em plástico e com capacidade de até 10 litros de água. No Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS) a incubadora se constitui num recipiente plástico, formato cilíndrico, com base mais larga, e com capacidade para 1,5 litro de água, podendo receber até 300 g de ovos de tilápias numa incubação (Figura 8). Alguns criadores usam a densidade de até 20.000 ovos por litro de água, na incubação de ovos de tilápias. A incubadora recebe fluxo contínuo de água, cujo jato sai na parte interna e inferior da mesma, através de tubo plástico (PVC), enroscável, de ½". As incubadoras são postas sobre bancada de madeira (Figura 8).

Ovos, larvas ou pl's, coletados diretamente da boca das fêmeas nos "hapas" de reprodução, são levados, em pequenos baldes ou bandejas, ambos de plástico, para o tanque de seleção (Figura 6). Quando são coletados juntos (ovos, larvas e pl's), o que às vezes ocorre, devem ser inicialmente separados, fazendo-se derramar, lentamente, a água da bandeja que os contenha, de forma que larvas e pl's caiam no selecionador (malha de 2,8 mm, quase sempre) e os ovos permaneçam na bandeja (Figura 6). As pl's são separadas das larvas facilmente, pois aquelas são natantes, contadas por amostragem, com auxílio de pequena peneira plástica,

previamente avaliada quanto a sua capacidade em peso e número de pl's. Estas, depois de contadas, seguem para a unidade de reversão e os ovos para as incubadoras (Figura 8), após um processo de assepsia, seleção e contagem. Larvas não natantes são colocadas em bandejas (Figuras 9 e 10), onde ficam até se transformarem em pl's. As pl's coletadas isoladamente em tanques, viveiros ou "hapas" ao chegarem ao tanque de seleção (Figura 6), são submetidas ao selecionador, malha de 2,8 mm, e as que passam nas malhas são contadas e levadas para a unidade de reversão. O mesmo acontece com as que vêm das bandejas.

Os ovos, depois de separados das larvas e pl's ou aqueles coletados isoladamente, são lavados cuidadosamente, desinfetados e classificados, quanto à cor, em claros ou escuros. Estes em mais adiantado estádio de desenvolvimento embrionário. Em seguida, é obtida uma amostra de 1 g de ovos, os quais são contados. Com o número de ovos contidos em 1 g, pode-se determinar a quantidade dos mesmos a ser colocada em cada incubadora, fazendo-se apenas a pesagem dos ovos. Ovos claros ou escuros são incubados separadamente. Isto é importante para que não haja grande diferença no tempo de eclosão. A incubação dura 2 a 3 dias, quando as larvas nascem, dependendo do estádio de desenvolvimento dos ovos.

Figura 8 - Incubadoras para ovos de tilápias, sobre bancada de madeira. Note-se uma bandeja para cada incubadora. Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS), Pentecoste, Ceará. Foto: Abreu (2005).

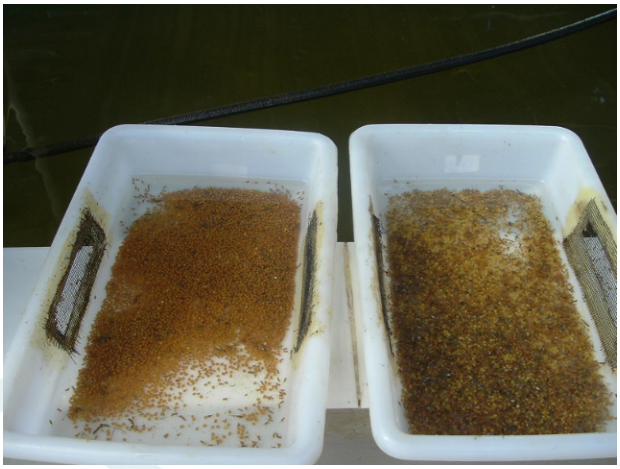


Figura 9 – Bandejas receptoras de pl's de tilápias, oriundas das incubadoras ou de coletas. Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS), Pentecoste, Ceará. Foto: Abreu (2005).

Figura 10 – Bandejas usadas no início da reversão sexual da tilápia do Nilo, vendo-se aeração com pedras porosas.

À medida que as larvas se transformam em pl's, estas se elevam na coluna de água da incubadora, caem através do bico de drenagem da mesma e se concentram na bandeja de plástico (Figuras 9), com janela telada na lateral (aberturas de malhas de 1 mm), a qual permite a passagem da água de renovação e retém as pl's na bandeja. Aqui elas permanecem cerca de 4 dias, onde são banhadas numa solução de formalina (formol comercial a 40%), na proporção de 1 ml para 1 litro de água. O tratamento é rápido, no máximo 3 minutos. Ainda na bandeja, e antes que o saco vitelino esteja totalmente absorvido, as pl's começam a receber ração com o hormônio. A reversão termina em "hapas", gaiolas, tanques-rede, calhas ou tanques de alvenaria. Em qualquer caso, após o tratamento hormonal a percentagem de machos revertidos tem variado de 93 a 99%.

2.4 Estruturas usadas na reversão sexual

No Nordeste brasileiro a reversão sexual de tilápias é feita em gaiolas (Figura 11), tanques-rede (Figura 12), "hapas" (Figura 13), calhas (Figura 14), tanques (Figura 15) ou viveiros. Estes são geralmente usados como ambientes para colocação de tanques-rede, gaiolas ou "hapas". Vale ressaltar que gaiolas e tanques-rede são estruturas flutuantes, sendo utilizados tambores, bombonas ou tubos de plástico (PVC) para flutuação (Figuras 11 e 12). "Hapas" são confeccionados com telas, geralmente de nylon, amarradas em estacas de madeira, fincadas no piso dos ambientes aquáticos (Figura 13).

Figura 11 – Gaiolas usadas na reversão sexual de tilápias, no Nordeste brasileiro. Foto: Matos (2003).

Figura 12 - Tanques-rede usados para reversão sexual de tilápias, no Nordeste brasileiro. Foto: Matos (2003).

Figura 13 – “Hapas” usados para reversão sexual de tilápias, no Nordeste brasileiro. Foto: Matos (2003).

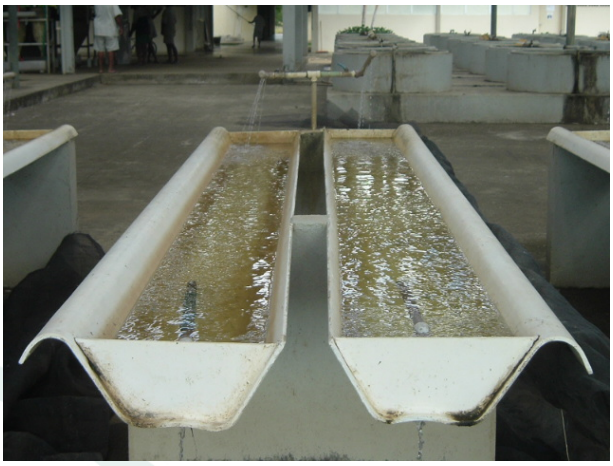


Figura 14 – Calhas de cimento-amianto utilizadas na reversão sexual da tilápia do Nilo. Centro de Pesquisas em Aquicultura Rodolpho Von Ihering. DNOCS, Pentecoste, CE.

Figura 15 – Tanques de alvenaria (3 m² cada um), parcialmente cobertos, usados na reversão sexual de tilápias. Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering. Foto: Abreu (2005).

A gaiola (Figura 11) e o tanque-rede (Figura 12) para reversão sexual de tilápias medem, normalmente, 1,00 x 1,00 m e têm, quase sempre, altura de 0,80 a 1,00 m, ficando emersos 0,20 m. Suas estruturas podem ser de madeira, metálica ou de canos de plástico (PVC), geralmente de 40 mm, unidos por conexões e vedados nas extremidades livres. Tela de náilon, aberturas de malhas de 1 a 5 mm, dependendo do tamanho das pl's ou dos alevinos, ou seja, da fase da reversão (primeira, segunda, terceira ou quarta semanas), completa a estrutura da gaiola ou tanque-rede. Contudo, há quem use gaiola e tanque-rede de 2,00 x 1,00 m e até maior. Estas estruturas flutuam com auxílio de dois canos de plástico (PVC rígido), de 75 ou 100 mm de diâmetro, vedados nas extremidades, ou de bombonas. Geralmente são colocadas em viveiro.

Os "hapas" para reversão sexual de tilápias (Figura 13) são estruturas semelhantes aos "hapas" de reprodução (Figura 4), contudo possuem áreas bem menores. O "hapa" para reversão usado no Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS), Pentecoste, Ceará, tem área de 3 m², sendo confeccionado com tela plástica, aberturas de malhas de 1 mm, e coberto com a mesma tela, a fim de impedir o predatismo das pl's e pequenos alevinos por aves, morcegos ou outros predadores. A tela se apóia em estrutura de madeira (estacas), fincadas no piso do viveiro ou outro reservatório.

A calha de reversão (Figura 14) é de cimento-amianto, medindo, quase sempre, 3,00 m de comprimento, 0,30 m de largura e 0,15 m de lâmina de água. Internamente é revestida com plástico branco ou pintada com tinta epóxi, também branca. Apresenta renovação intensa de água, com entrada e saída em posições opostas, esta última com tela para impedir a saída das pl's ou pequenos alevinos.

O tanque para reversão sexual de tilápias tem, geralmente, área inferior a 10,00 m^2 e profundidade média de 0,40 m (quando coberto ou semi-sombreado) a 1,00 m, quando a céu aberto. Muito comum é que tenha 3 m^2, como os usados no Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering do DNOCS (Figura 15). O tanque é construído em alvenaria de tijolo, revestida com argamassa de cimento/areia ou em azulejo, sendo dotado de sistemas de abastecimento e de esgotamento e renovação de água. Podem ser cobertos ou semi-sombreados e possuírem grades teladas sobre os mesmos, a fim de evitar predadores.

2.5 Tratamento hormonal na reversão sexual

Como sabemos na embriogênese os embriões de tilápias não têm os sexos definidos, fenotipicamente, embora estejam presentes as células germinativas primordiais, precursoras biológicas de testículos e ovários. Em determinada fase do desenvolvimento os embriões recebem sinais químicos, oriundos dos genes, determinando o sexo. Contudo, o fenótipo sexual poderá ser direcionado, aplicando-se, numa fase do desenvolvimento pós-larval (antes do saco vitelino ter sido totalmente absorvido ou logo após isto), hormônios sexuais (andrógeno, para machos, e estrógeno, para fêmeas). Na tilapicultura interessa, geralmente, a reversão para machos, vez que estes crescem bem mais do que as fêmeas, quando de mesma idade e criados em idênticas condições.

Nas tilapiculturas nordestinas o hormônio usado na reversão sexual, quase que exclusivamente, é o 17α-methyl-testosterona, na dosagem de 60 mg/kg de ração, cuja aplicação é feita através da ração. Na preparação o hormônio (na forma de pó fino) é pesado e diluído em um pouco de álcool absoluto (95% álcool, no mínimo), sendo, em seguida, acrescentado mais álcool à solução inicialmente obtida. Após isto, a nova solução é misturada uniformemente com a ração, numa operação feita, quase sempre, com as mãos, sendo evitado o contacto com a pele, mediante o uso de luvas e máscara (Figura 16). Ração + hormônio são postos para secar, à sombra e em camadas de até 5 cm, por 24 horas. É usada ração finamente moída, passada em peneira com malhas de 0,5 mm, para que as pós-larvas possam degluti-la, e com alto teor protéico, que chega a 56%, sendo, ainda, completa em vitaminas e minerais. Vários fabricantes mantêm no comércio rações para reversão sexual de tilápias. Pode-se preparar uma solução estoque, contendo 6 gramas do hormônio 17α-methyl-testosterona diluídas em 1.000 ml de álcool a 96%. Esta solução é armazenada num frasco cor âmbar (Figura 16), conservada em geladeira e tem prazo de validade de até três meses. Para misturar a ração, contendo 50% de proteína bruta, com o hormônio, 10 ml da solução estoque são diluídos em 500 ml de álcool e esta segunda solução misturada com 1 kg da ração, como referido antes, resultando uma dosagem final, portanto, de 60 mg/kg. Estudos indicam que pl's da tilápia do Nilo recebendo rações com granulometria de 0,5 mm apresentam melhores

desempenhos, no que se refere às médias de crescimento, em comprimento e peso, e a taxa de sobrevivência, no final da reversão sexual.

Figura 16 – Mistura da solução álcool + hormônio com a ração para reversão sexual de *O. niloticus*. Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS), Pentecoste, Ceará. Foto: Abreu (2005).

No tratamento hormonal são utilizadas pós-larvas com até 10 dias de vida, comprimento total inferior a 14 mm (preferentemente abaixo de 10 mm) e peso médio em torno de 0,02 g, como referido antes. Isto porque o tratamento deve começar antes que o tecido gonadal das fêmeas genéticas jovens tenha se diferenciado em ovários e deve ser suspenso quando os testículos estiverem suficientemente desenvolvidos, a fim de manter os níveis de hormônios endógenos numa faixa de normalidade. O tratamento hormonal tem, quase sempre, duração de 21 a 28 dias, dependendo da temperatura da água. Alguns criadores prolongam o tratamento por até 32 dias.

A taxa de arraçoamento das pl's em tratamento hormonal varia, na maioria dos casos, de 15 a 20% da biomassa/dia, sendo o alimento distribuído em quatro ou mais refeições ao dia (as 7, 11, 13 e 17 horas, normalmente). Tem-se observado freqüência alimentar de duas a oito vezes ao dia, mais frequentemente quatro a cinco vezes/dia. Também se observa taxa de arraçoamento variando de 10 a 25% da biomassa/dia. Alguns criadores iniciam a reversão com taxa de arraçoamento de 15 a 20% e, quando os alevinos completavam 15 mm de comprimento total médio, a reduzem, gradativamente, para 10%, até o final da reversão.

A densidade de pl's de tilápias na reversão em gaiola (Figura 11), tanque-rede (Figura 12) ou "hapas" (Figuras 13) varia de 2.000 a 5.000/m^3. Uma calha (Figura 14) pode receber, inicialmente, até 25.000 pl's para um período de reversão de 28 dias. No Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS) são usadas 100 pl's/l de água e elas permanecem na calha por 5 a 6 dias, quando são levadas para os "hapas", onde permanecem até o final da reversão. Em algumas tilapiculturas a reversão se inicia na calha, onde os peixinhos passam até 10 dias, e termina em tanque, tanque-rede, "hapa" ou gaiola, na densidade de 7 a 10 mil pequenos alevinos/m^3. O tanque de reversão usado no Centro antes referido (Figura 15) recebe até 30.000 pl's, as quais podem vir do tanque de seleção (Figura 6) ou de uma bandeja (Figuras 9 e 10). Aquele é dotado de fluxo de água contínuo e aeração artificial, esta através de mangueiras porosas (Figura 10), ligadas a um compressor. É comum que as pl's permaneçam no tanque de reversão por 5 a 6 dias, quando são levadas para os "hapas", onde ficam até o final da reversão. Em todos os casos, o "hapa", com 3 m^2, recebe, no máximo, 10.000 pl's.

A densidade de estocagem de pl's em "hapas" depende da fase da reversão, da abertura da malha das telas e da possibilidade de renovação de água ou de aeração no interior dos mesmos, podendo variar de 5.000 a 15.000 por m^3 de água.

Projetos cearenses estudados mostraram que nas calhas (ou calhetas, como também são chamadas) de cimento-amianto a densidade de estocagem de pl's para reversão sexual variava de 53 a 300 por litro de água, com média de 176,6. A mais utilizada era a de 200 pl's/litro. Pesquisas indicaram que densidades de 2.000 a 4.000 pl's/m^3 de água são as mais adotadas para calhas de reversão sexual da tilápia do Nilo.

No Centro de Pesquisas em Aqüicultura Rodolpho von Ihering (DNOCS) o tratamento hormonal, para reversão sexual de pl's da linhagem tailandesa da tilápia do Nilo, tem a duração de 21 dias, eficiência de 98% e taxa de sobrevivência de 50 a 60%, de pl's (início da reversão) a alevinos (final da reversão).

O peso médio dos alevinos no final da reversão, em 14 projetos estudados no Ceará, variou de 0,25 a 2,00 g, com média de 0,72 g. A grande variação no peso final dos alevinos deveu-se ao tipo de instalação usada na reversão, à densidade de estocagem e ao manejo alimentar. O comprimento total médio dos alevinos, no final da reversão, variou, nos 14

projetos acima referidos, de 15 a 44 mm, com média de 23,4. O ideal é que após 28 dias de reversão sexual os alevinos atinjam 3 a 5 cm e peso de 0,5 a 2 g.

A análise dos resultados obtidos por 14 tilapiculturas cearenses mostrou que as taxas de sobrevivência dos alevinos, no final da reversão sexual, variaram de 40 a 82%, com média de 64%. Aquela mostrou também que a percentagem de machos no final do processo da reversão variou de 87 a 98%, com média de 94,07. A baixa efetividade na reversão sexual pode ser atribuída ao tamanho e idade das pl's no início do processo, duração do tratamento, fatores ambientais, dosagem do hormônio, além de considerações ambientais e salubridade.

Referências bibliográficas

LUSTOSA NETO, A.D. Oportunidade de negócio na tilapicultura: mercado nacional e internacional. II FESTPEIXE, Jaguaruana, Ceará. Palestra…, 102 p., 2004.

MATOS, A.R.B. Análise da Produção de Alevinos Revertidos de Tilápias, *Oreochromis* spp, no Estado do Ceará. UFC/Departamento de Engenharia de Pesca. *Dissertação de Mestrado*... Fortaleza, Ceará, 2003, 94p.

ABREU, A.W.M. de. Acompanhamento da produção de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, revertidos sexualmente no Centro de Pesquisas em Aquicultura Rodolpho von Ihering – DNOCS, Pentecoste, Ceará. Fortaleza: UFC/CCA/Departamento de Engenharia de Pesca, 27 p., 2005.

SILVA, J.W.B. e. A Aqüicultura nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 5., 1987, Fortaleza. *Anais*... Fortaleza: AEP/CE, 1988. p. 24-49.

SILVA, J.W.B. e. Contribuição das tilápias (Pisces: Cichlidae) para o desenvolvimento da piscicultura no Nordeste brasileiro, especialmente no Ceará. 2001a. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

SILVA, J.W.B. e. Tilápias: Técnicas de Cultivo – o Caso de uma Comunidade Carente. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2007. 77p.

SILVA, J.W.B. e. Tilápias: Biologia e Cultivo. Evolução atual e perspectivas da tilapicultura no Nordeste brasileiro. Fortaleza, ed. UFC, 2009. 326 p.: il.

ZIMMERMANN, S. Incubação Artificial. Técnica permite a produção de Tilápias do Nilo geneticamente superiores. *Panorama da Aqüicultura*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 54, p. 15-21, 1999.

Ostreicultura Comunitária: As experiências do Ceará

MSc. Maximiano Pinheiro Dantas Neto

Introdução

Nas últimas décadas a aquicultura vem se desenvolvendo de forma extraordinária e já se apresenta como alternativa viável para suprir, em parte, a carência mundial de alimentos. A pesquisa de novas fontes de alimento posiciona-se na atualidade, como linha prioritária de ação governamental, já que com o aumento crescente da população e das técnicas de exploração predatória do meio ambiente, a oferta de recursos protéicos tem sido sistematicamente reduzida, tanto qualitativamente, quanto quantitativamente. Entre as diferentes práticas de cultivos aquáticos, a ostreicultura sempre representou um importante papel como fonte de alimento no Oriente e adquiriu caráter empresarial nos países do Ocidente, sendo uma atividade economicamente viável em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Além de proporcionar uma nova fonte de alimento, a aquicultura apresenta-se como alternativa importante para minimizar os problemas sociais e econômicos de comunidades que antes viviam da pesca artesanal e que atualmente sofrem com o evidente declínio da atividade.

A ostra do mangue é encontrada em praticamente todos os estuários da costa brasileira e amplamente explorada pelas populações locais. O Estado do Ceará apresenta várias regiões de mangue onde ocorrem ostras em grande quantidade, o que demonstra um ótimo potencial para o desenvolvimento de cultivos. Em virtude do extrativismo irracional dos recursos naturais, a implantação da maricultura apresenta-se como boa opção para a preservação ambiental e o desenvolvimento com sustentabilidade das comunidades pesqueiras.

A coleta da ostra do mangue ou ostra nativa neste Estado data de tempos antigos, desde os primeiros habitantes. Sendo uma atividade puramente extrativista, as ostras são coletadas de bancos naturais e consumidas pela população local, sem nenhum limite de extração e sem a observância do período reprodutivo da espécie, o que acarreta danos na dinâmica populacional deste recurso e pode ocasionar o desaparecimento do mesmo na região em médio/longo prazo. Portanto, essas comunidades sobrevivem economicamente do uso dos recursos naturais renováveis, e, como essas populações em geral não têm outra fonte de renda

além da pesca, o uso sustentado de recursos naturais é de fundamental importância para se ter um desenvolvimento equilibrado com o ambiente.

No litoral cearense os projetos de ostreicultura comunitária foram realizados diretamente junto às comunidades "marisqueiras". Marisqueiras, como são chamadas, são as mulheres de pescadores que trabalham coletando "búzios" *Anomalocardia* sp. (Gmelin, 1791), ostras *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1928) e *C. brasiliana* (Lamarck, 1819) e sururus *Mytella falcata* (D'Orbgny, 1846) na maré baixa dos rios. A utilização desses mariscos é para o consumo familiar e alguns são comercializados. A metodologia de coleta desses organismos é bem artesanal: na maré baixa, grupos de marisqueiras e seus filhos carregam baldes, colheres e outros recipientes para a coleta desses mariscos (Fig. 1). A extração dos búzios é realizada raspando-se o substrato com as colheres, desenterrando os indivíduos que são armazenados e depois levados para a casa. Geralmente estes "búzios" constituem o prato principal do almoço ou jantar, quando não há nenhum outro recurso oriundo da pesca.

Figura 1- Marisqueiras em Fortim coletando bivalves no estuário. Foto: Maximiano Dantas.

Paralelamente, as marisqueiras também vão ao mangue para a coleta de ostras, caranguejos e siris, os quais são consumidos em casa ou comercializados em pequenas quantidades para turistas ou pequenos estabelecimentos comerciais. A atividade extrativista na região é arriscada (devido às características intrínsecas do ambiente de manguezal) e

degradadora, já que ao se retirar ostras do mangue, há um corte das raízes que sustentam a vegetação e servem de refúgio para várias espécies da fauna estuarina (Dantas Neto, 2001). A ostra é consumida pela população local crua ou cozida em fogueiras feitas nas margens do rio (Fig. 2). Tem-se notado que estes grupos de mulheres que vão ao mangue, o fazem sob um clima de muita descontração e alegria, apesar das condições de vida quase sempre árduas em que vivem.

Os projetos comunitários de cultivo de ostras na região tinham por finalidade alavancar uma estratégia de desenvolvimento sustentável, que promovesse como benefício a obtenção de um alimento com baixo custo de produção, e instruísse a população local sobre a importância de se consumir um recurso pesqueiro rico em valor nutricional, que pudesse minimizar as deficiências protéicas e financeiras da população e melhorar o seu nível de vida. Neste contexto, o primeiro projeto de cultivo da ostra *Crassostrea rhizophorae* no Ceará foi implantado no final de 1999, no Município de Fortim (CE). Tratou-se de um trabalho pioneiro em cultivo de moluscos, que foi desenvolvido pelo Grupo de Estudos de Moluscos Bivalves (GEMB) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR/UFC). Posteriormente, foram instalados projetos de ostreicultura comunitária com resultados significativos nos Municípios de Camocim e Eusébio.

Figura 2- Comunidade consumindo ostras à margem do Rio Jaguaribe, em Fortim - Ceará. Foto: Maximiano Dantas.

Bastos (1997) afirma que em Mandira (SP) a comunidade vem explorando os bancos de ostras desde a década de 70, sempre atuando na mesma área e mantendo praticamente inalterada a produção. Os únicos critérios de manejo são apenas o respeito ao tamanho mínimo de comercialização (5cm) e a não retirada de ostras matrizes que ocorrem no fundo, critérios estes que têm sido suficientes para garantir a sustentabilidade dos estoques. A demanda de ostras como alimento tem aumentado consideravelmente, e para atendê-la, o extrativismo está atingindo níveis perigosamente próximos à dizimação dos bancos naturais, merecendo, portanto a atenção de pesquisadores que atuam na área.

Breve histórico da ostreicultura no Brasil

No Brasil, a primeira citação sobre a vantagem do cultivo de moluscos, mais precisamente das ostras, ocorreu em 1934, numa publicação do comandante Alberto Augusto Gonçalves denominada "O Futuro Industrial da Ostreicultura no País", apresentada no I Congresso Nacional de Pesca, organizado pelo Ministério da Agricultura – Divisão de Caça e Pesca. Ao que parece, o cultivo de moluscos bivalves começou simultaneamente em vários locais na década de 70, não sendo possível definir se eram atividades atreladas a interesses particulares ou por parte de grupos de pesquisa, ou se eram cultivados ostras ou mexilhões, já que não existe na literatura nenhum dado sobre algum plano nacional de desenvolvimento de cultivo de moluscos no Brasil ou algo semelhante, que marque este período como o início da atividade no país.

Pode-se dizer que a ostreicultura brasileira teve seu início com a publicação do relatório "A ostra de Cananéia e seu cultivo", elaborado pelo especialista japonês Takeshi Wakamatsu (Wakamatsu, 1973). Posteriormente, foram realizados projetos experimentais com a ostra nativa *C. rhizophorae* nos Estados de São Paulo, Paraná, Pernambuco, Bahia e Santa Catarina. Entretanto, muitos desses projetos tiveram curta duração, sendo prejudicados fundamentalmente pela constante falta de recursos financeiros e também por que não envolviam diretamente as comunidades de pescadores locais.

O relatório da FIPERJ/IO-SP (1989) cita que o GEDIP (Grupo Executivo de Desenvolvimento da Indústria Pesqueira) em conjunto com a SUDEPE (atual IBAMA), implantou no período de maio de 1973 a agosto de 1974 um cultivo experimental de mexilhões em mar aberto no litoral de Tramandaí (RS). Este experimento utilizava estruturas

de bambu para coleta de sementes, o qual deu ótimos resultados face à existência da grande disponibilidade das mesmas e de seu rápido crescimento.

Em outras regiões brasileiras, estudos biológicos sobre moluscos já vinham sendo realizados há mais tempo. Desde 1960, havia no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP) o programa *Mytilus*, que foi encerrado em 1969. Entretanto, não foi estabelecido, nesta época, o objetivo de cultivo propriamente dito, já que os estudos eram direcionados principalmente para os aspectos biológicos e fisioecológicos. Ainda neste mesmo ano, o Instituto Oceanográfico da USP em convênio com a Superintendência do Desenvolvimento do Litoral Paulista (SUDELPA) iniciou um programa destinado a promover estudos visando o desenvolvimento da ostreicultura como atividade comercial na região estuarina de Cananéia (SP). Ramorino (1974) ressaltou a necessidade de pesquisas básicas para o estabelecimento de sistemas de cultivo de ostras e outros moluscos de importância comercial na América do Sul. Nascimento (1974) e Costa (1975) frisaram a importância dos estudos fisioecológicos da espécie *Crassostrea rhizophorae* para o êxito de projetos de cultivo no Brasil.

A espécie de ostra mais cultivada comercialmente no mundo é a ostra do Pacífico ou ostra japonesa *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795), a qual apesar de ser exótica é uma das principais espécies cultivada no Estado de Santa Catarina, atualmente seu principal produtor, contando com o apoio do Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), através do fornecimento de sementes durante todo o ano, o que fomenta a prática desta atividade em todo o Estado.

Após sua introdução no Brasil, em 1973 pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM-RJ), foram utilizadas sementes de *C. gigas* oriundas da Grã-Bretanha em cultivos experimentais na região de Cabo Frio (RJ).

Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA) parece ter sido o percursor do cultivo da ostra do mangue ou ostra nativa *C. rhizophorae*, quando iniciou um projeto de viabilidade de cultivo em Jiribatuba - Canal de Itaparica (BA). O cultivo de ostras neste Estado iniciou-se com a criação do Projeto de Ostreicultura, através de um convênio de cooperação técnica entre a UFBA e o Conselho Britânico, em 1971. Em 1974 foi implantada a

primeira fazenda de cultivo, que passou a sofrer sérios problemas de mortalidade por parasitismo, sendo então o projeto abandonado em 1985 (Poli, 1996).

No início dos anos 80, o primeiro grande projeto de cultivo de ostras em nível industrial, foi implantado em Cananéia pelo Sr. Jacques Debevois, que pode ser considerado o pioneiro neste tipo de empreendimento. Esta iniciativa foi a primeira a enfrentar comercialmente todas as experiências desta atividade, desde a obtenção de sementes, passando pelos processos de engorda, comercialização, burocracia, etc.

No Ceará, em 1997 foi criado o Grupo de Estudos de Moluscos Bivalves – GEMB, o qual ficou sediado no Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR sob a coordenação da Profa. Tereza Cristina Vasconcelos Gesteira. Estava lançada a "semente" na vanguarda de pesquisar e ensinar para as comunidades litorâneas do Ceará uma nova cadeia produtiva (cultivo de moluscos) como alternativa à pesca artesanal.

No ano de 2001, foi criado o Programa Nacional de Apoio ao Desenvolvimento de Cultivo de Moluscos Bivalves, parte integrante do Plano de Ação do Departamento de Pesca e Aquicultura do Ministério da Agricultura e Abastecimento, com o intuito de conferir competitividade e sustentabilidade à cadeia produtiva desses recursos pesqueiros no Brasil (Proença, 2001). Com a criação da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca – SEAP, em 2003 e sua posterior transformação em Ministério em 2009, alguns estímulos pontuais foi dado à esta cadeia produtiva, mas ainda impera a desorganização e o ingerenciamento das questões relacionadas à sustentabilidade da atividade.

Ostreicultura Comunitária em Fortim

A cidade de Fortim localiza-se no litoral leste do Estado do Ceará (acesso pela rodovia CE-040), a 140km de Fortaleza (IPLANCE, 2000). A cidade tem coordenadas geográficas -04º27'07" e -37º47'50", fazendo limites ao norte com o Oceano Atlântico e o Município de Beberibe, ao sul com o Município de Aracati, a leste com Aracati e o Oceano Atlântico, e a oeste com Beberibe e Aracati.

O cultivo piloto da ostra do mangue *Crassostrea rhizophorae* começou em setembro de 1999, contando com o suporte financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa – FUNCAP do Governo do Estado do Ceará.

Inicialmente foram feitas visitas a diferentes áreas dos municípios de Aracati e Fortim. Na ocasião, foram coletadas amostras da água de vários locais para análise físico-química e microbiológica, além de verificado aspectos fisiográficos como: tipo de substrato, perfil da costa e variação de marés.

O Município de Fortim foi selecionado para iniciar o projeto, levando-se em consideração a infra-estrutura existente, qualidade da água e outras características como variação de marés e presença de locais protegidos.

Em princípio foram realizadas reuniões, com a presença de representantes do governo municipal, técnico do Banco do Nordeste e lideres comunitários e também feita a apresentação do Grupo de Estudo de Moluscos Bivalves (GEMB), do LABOMAR/UFC com um breve relato sobre seus trabalhos de pesquisa e extensão (Gesteira et al., 2004). A seguir, foi feita uma explanação acerca do cultivo de ostras e seu potencial de desenvolvimento naquele município.

Em um segundo momento estiveram presentes os representantes da comunidade, tendo-se escolhido dois locais para realização do projeto: Canto da Barra e Viçosa. Nessa oportunidade, foram divididas as equipes responsáveis e estabelecidos seus deveres e direitos. A montagem das estruturas de cultivo ficou sob a responsabilidade dos técnicos do LABOMAR e a manutenção a cargo das mulheres (marisqueiras). Ficou também estabelecido que no final do cultivo, o lucro seria dividido com todos os participantes e o restante reinvestido na continuidade do cultivo.

Dando início ao projeto piloto, foram instaladas duas estruturas de cultivo (uma em cada localidade) e uma estrutura de coleta de sementes colocada no Canal do Cachimbo, adjacente ao Rio Jaguaribe.

O sistema de cultivo utilizado foi o de “mesa” as quais foram construídas em massaramduba e mediram 5,0 x 2,0 metros. Essas estruturas ficavam totalmente submersas na maré alta (Fig. 4).

Figura 4- Mesa de massaranduba usada no cultivo de ostras em Fortim – Ce.
Foto: Maximiano Dantas.

As estruturas de cultivo compreenderam caixas plásticas vazadas revestidas de tela de *nylon* de malha 1mm. As caixas foram divididas por telas, em três camadas ou andares, onde foram distribuídas as sementes, numa densidade inicial de 750 indivíduos/andar e em seguida fixadas na mesa de cultivo (Fig. 5A e 5B).

Figura 5- (A) Mesas de cultivo de ostras montados no estuário do Rio Jaguaribe e (B) travesseiros utilizados no Ceará para o cultivo de ostras. Foto: Maximiano Dantas.

As sementes utilizadas foram adquiridas na COOPERATIVA DE TRABALHADORES CONSERVADORES DA NATUREZA LTDA (CONATURA), localizada em Ponta dos Mangues - Sergipe, tendo chegado ao LABOMAR acondicionadas em sacos plásticos, dentro de caixas de isopor. Posteriormente realizaram-se os procedimentos de: medição, contagem e distribuição das sementes nos andares das caixas de cultivo que a seguir, foram amarradas às mesas, utilizando-se cabos de *nylon*.

Paralelamente foram confeccionados os coletores para captação das sementes de ostras no ambiente natural, com a finalidade de garantir a continuidade do projeto, sem depender da compra desse insumo. Na escolha do material para sua confecção, levou-se em conta a facilidade de obtenção, a durabilidade e o custo. Desse modo, optou-se por garrafas plásticas de refrigerante, abertas e presas por fios de *nylon* (Fig. 6).

Figura 6- Coletores de sementes de ostras confeccionados de garrafas plásticas.

Os coletores de sementes foram levados para o ambiente natural na localidade do Canal do Cachimbo, onde foram fixados em uma mesa, semelhante à aquela utilizada no cultivo, e monitorados quinzenalmente com a finalidade de se observar a eficiência de fixação, bem como o período de maior assentamento das larvas.

A limpeza das caixas de cultivo, para retirada de lodo e organismos incrustantes foi feita semanalmente pelas mulheres da comunidade.

A equipe técnica visitava o projeto a cada quinze dias, quando então eram realizadas reuniões com os participantes da comunidade, efetuadas amostragens para o acompanhamento do crescimento das ostras e dada manutenção do cultivo através de observações das estruturas no que diz respeito à segurança, tipos de incrustações, presença de predadores e competidores. Na oportunidade, eram medidos os parâmetros ambientais, e coletada uma amostra da água do local do cultivo para análise microbiológica.

Posteriormente em 2005 o projeto foi ampliado com recursos da SEAP. Levando-se em consideração as experiências vivenciadas e às particularidades ambientais do local, as metodologias de cultivo e manejo foram aprimoradas e adaptadas às condições locais, à medida que se tentava otimizar o tempo de cultivo até se atingir o tamanho comercial.

Ostreicultura Comunitária em Camocim

O Município de Camocim, abrangendo uma área de 1.147 km2, está localizado no litoral noroeste do estado e possui dois distritos, Amarelas e Guriú. Sua linha de costa estende-se por 60 km, correspondendo a 10% da extensão do litoral cearense. A sede do município fica a 373 km de Fortaleza à margem esquerda da foz do Rio Coreaú. Camocim possui importantes riquezas naturais formadas pelas praias de Maceió, Xavier, Imburana, Tatajuba e Guriú; os lagos Seco, Boqueirão, Lagoinha da Torta e Grande, além de mangues, dunas e falésias. O município possui duas Áreas de Preservação Permanentes (APAs): Tatajubá e Maceió.

Com a expectativa de tornar a ostreicultura uma fonte de renda para as comunidades tradicionais, este trabalho teve como objetivo fazer a difusão tecnológica da ostreicultura em comunidades litorâneas no estado do Ceará. Em específico, propôs-se a instalar uma unidade demonstrativa de cultivo de ostras de mangue, em regime coletivo e em caráter experimental. Para isto, primeiramente foi feito um diagnóstico de experiências anteriores em difusão da ostreicultura no litoral cearense com a finalidade de identificar possíveis dificuldades e barreiras no processo de transferência tecnológica. Posteriormente foi realizado um diagnóstico socioeconômico de comunidades potencialmente aptas a hospedar o projeto de difusão tecnológica em ostreicultura. Com base neste estudo, a Comunidade dos Quilômetros,

em Camocim, foi selecionada como a mais adequada para ser alvo da difusão tecnológica em ostreicultura. Em seguida, as famílias interessadas no projeto receberam a capacitação social e técnica para o cultivo de ostras. Finalmente, foram feitas avaliações mensais quanto ao desempenho da ostreicultura comunitária (Araújo e Moreira, 2006).

Nessa região, cada módulo de cultivo que foi instalado tinha capacidade para 12 travesseiros de 60x50 cm, totalizando 60 travesseiros. Uma estrutura de cultivo (módulo) foi instalada mediante a fixação no solo de 6 (seis) estacas de pau-ferro de 2 (dois) metros de comprimento dispostos paralelamente em pares, formando duas linhas de 3 (três) estacas, cada linha distando 80cm uma da outra. As estacas sustentavam 2 (dois) barrotes de maçaranduba de 5x5cm, cada um com comprimento de 6 metros, que serviram de suporte para os travesseiros (Fig. 7).

Figura 7- Estruturas de cultivo de ostras instaladas em Camocim. Foto: Rogério Araújo.

A Unidade Demonstrativa (UD) instalada em Camocim foi formada por 12 módulos de cultivo, cada módulo ficando sob a responsabilidade de uma família (Fig. 8). Uma vez instalada a UD, a equipe técnica acompanhou e monitorou o primeiro ciclo produtivo, desde sua instalação até a colheita e comercialização da produção. Depois desta fase, o grupo de

trabalho recebeu a posse definitiva das estruturas de cultivo e ficou responsável pelo planejamento e organização do segundo ciclo produtivo.

Figura 8- Famílias dando manutenção em suas estruturas de cultivo. Foto: Rogério Araújo.

O cultivo de ostras teve início logo após o término do período das chuvas, iniciando-se em agosto e estendendo-se até março do ano seguinte, totalizando 8 meses de cultivo. Os procedimentos de limpeza, seleção e biometria foram realizados duas vezes por semana quando as ostras tinham tamanho entre 1 e 2cm e mensalmente durante a fase adulta. As condições físico-químicas e microbiológicas da água foram avaliadas periodicamente e, especificamente neste projeto em Camocim, o desempenho econômico da ostreicultura comunitária foi avaliado por meio de uma análise de custos e rentabilidade econômica.

Este projeto contou com a colaboração de diversos parceiros. Na UFC, contou com a importante colaboração do Grupo de Estudos em Moluscos Bivalves do Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR que ficou responsável pela parte técnica do projeto e conduziu as atividades de implantação e monitoramento do cultivo de ostras. A Pró-Reitoria de Extensão teve uma importante colaboração ao contemplar o projeto com bolsas de extensão durante a execução da pesquisa. A Prefeitura Municipal de Camocim por intermédio de sua Secretaria de Desenvolvimento Sustentável deu apoio ao projeto provendo hospedagem e alimentação para a equipe técnica durante a execução

do mesmo. A EMATER de Camocim colaborou de forma relevante por meio de informações e contatos com os representantes das associações comunitárias, indispensáveis na fase de seleção da comunidade-alvo. Por fim, a unidade do SEBRAE de Fortaleza, por intermédio da Divisão de Tecnologia, gentilmente disponibilizou relatórios de pesquisa sobre a avaliação de ambientes favoráveis ao cultivo de ostras no Estado do Ceará.

Ostreicultura Comunitária em Eusébio

O projeto de ostreicultura comunitária no Município de Eusébio foi desenvolvido por meio de uma parceria entre a Fundação Alphaville e o Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (CEAC), contando com o apoio financeiro do primeiro e a assistência técnica do segundo (Gomes et al., 2009). O Grupo de Estudos de Moluscos Bivalves (GEMB) do LABOMAR capacitou as marisqueiras, implantou o cultivo e gerenciou o projeto. O cultivo foi executado de acordo com as seguintes etapas: 1) cadastramento das pessoas da comunidade Mangabeira interessadas em participar do projeto; 2) capacitação técnica de 20 horas-aula sobre ostreicultura; e 3) implantação das estruturas do cultivo com a participação das marisqueiras. O curso de ostreicultura (Fig. 9) abordou os aspectos relacionados à biologia das ostras, implantação das estruturas de cultivo, manutenção e manejo do cultivo de ostras (Fig. 10) e monitoramento das variáveis ambientais e parâmetros microbiológicos da qualidade da água de cultivo. Para o cultivo da ostra do mangue *C. rhizophorae*, foi utilizado um sistema de cultivo tipo mesa, nos mesmos moldes dos cultivos já descritos anteriormente (Fig. 11). Esse sistema permite explorar as áreas com variação de maré, sendo indicado para locais abrigados com profundidades de até 3 m, de fundo arenoso ou areno-lodoso. Sua vantagem deve-se ao baixo custo e baixa ocorrência de incrustações, enquanto a desvantagem é que durante o castigo (período em que ficam emersas), as ostras deixam de se alimentar, o que pode diminuir sua taxa de crescimento (Gomes et al., .2009).

Figura 9- Capacitação em ostreicultura para as marisqueiras de Eusébio. Foto: Graça Rodrigues.

Figura10- Manejo de ostras pelas marisqueiras de Eusébio. Foto: Maximiano Dantas.

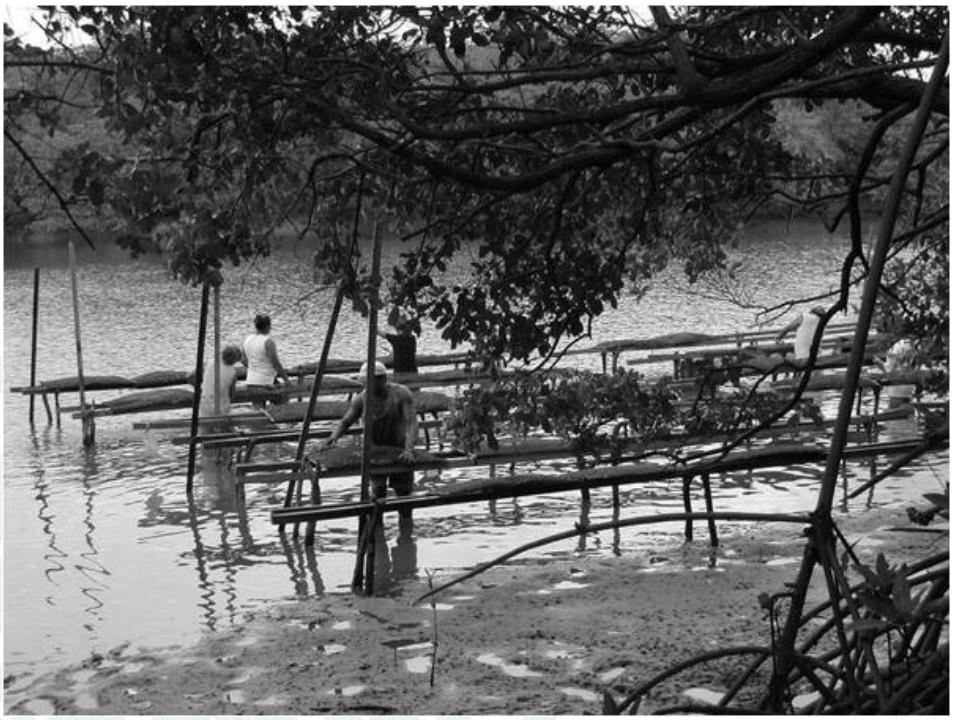


Figura 11- Mesas de cultivo de ostras instalada no estuário do Rio Pacoti, Eusébio. Foto: Maximiano Dantas.

Referências

ARAÚJO, R.C.P.; MOREIRA, M.L.S. 2006. **Difusão tecnológica da ostreicultura em comunidades litorâneas no Estado do Ceará: o caso de Camocim, Ceará.** Relatório técnico. Núcleo de Estudos em Economia do Meio Ambiente – NEEMA, UFC. 115f.

BASTOS, A.A. **A Coleta da Ostra *Crassostrea brasiliana* e Manejo Sustentado em Áreas de Manguezal (Mandira-Cananéia)**. São Paulo: USP, 1997. Dissertação (Mestrado).

COSTA, A.F. **Fisioecologia da ostra do mangue de Pernambuco *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828).** São Paulo: USP, 1975. 75f. Tese (Doutorado).

DANTAS NETO, M.P. **A ostreicultura como atividade sustentável em Fortim, Ceará.** Fortaleza: UFC, 2001. 98f. Dissertação (Mestrado).

FIPERJ/IO-SP. 1989. **Apoio ao Desenvolvimento do Cultivo de Moluscos Bivalves no Brasil.** Fundação instituto de Pesca do Estado do Rio de Janeiro – Instituto de Pesca, Secretaria de Agricultura, 181f.

GESTEIRA, T.C.; DANTAS NETO, M.P.; SABRY, R.C. 2004. **Cultivo da Ostras do Mangue *Crassostrea rhizophorae*** (Apostila). Fortaleza: UFC. Grupo de Estudos de Moluscos Bivalves – GEMB/LABOMAR.

GOMES, R.S.; ARAÚJO, R.C.P.; DANTAS NETO, M.P. Contribuição da ostreicultura para a formação da renda familiar: estudo de caso do projeto de ostreicultura comunitária da Fundação Alphaville, Eusébio – Ceará. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, v. 42, p.72 – 84, 2009.

IPLANCE. **Perfil básico municipal: Fortim.** Edições IPLANCE, 27f. Fortaleza, 2000.

PROENÇA, C.E.M. **Programa Nacional de Apoio ao Desenvolvimento do Cultivo de Moluscos Bivalves.** MA/SAR/DPA. Brasília, 2001.

NASCIMENTO, I.A. **Atividade mitocondrial em ostras e lambretas da Bahia de Todos os Santos – estudo comparativo.** São Paulo: USP, 1974. Tese (Doutorado).

POLI, C.R. O Cultivo de Ostras no Brasil. In: **Apostila sobre cultivo de ostras.** Florianópolis: UFSC, 1996.

QUAYLE, D.B. **Possibilidades para o cultivo de ostras em algumas áreas estuarinas do Estado do Ceará (Brasil).** Fortaleza: UFC, 1973. Relatório Técnico LABOMAR.

RAMORINO, L. Biologia de Moluscos Cultivados en América Latina. In: SIMPÓSIO FAO/CARPAS, 1974, Montevideo. 17f. 1974.

UFSC. **Apostila sobre cultivo de ostras.** Florianópolis: UFSC, 1996.

WAKAMATSU, T. **A ostra de Cananéia e seu cultivo**. São Paulo: IO/USP. 141f. 1973.

Pirarucu: Cultivo do Gigante Amazônico no Nordeste

Marcel José Martins dos Santos[1]

[1] Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal.

Resumo: O pirarucu, *Arapaima gigas*, espécie originária da bacia amazônica, possui respiração aérea, hábito alimentar carnívoro e boa tolerância ao manejo em cativeiro. Foi introduzido em açúdes da região Nordeste no início da década de 40 do último século, em uma iniciativa de identificação de espécies propícias para a piscicultura realizada por técnicos do Departamento Nacional de Obras contra as Secas – DNOCS, caracterizando o seu potencial para aquicultura. O pirarucu apresenta uma carne de sabor suave, coloração rósea, excelente textura, com filés sem espinhas e de alto rendimento, sendo uma das espécies nativas com melhor aproveitamento industrial na aquicultura. Entretanto, apenas na última década passou a ser priorizado em projetos de pesquisa e desenvolvimento, existindo ainda grandes gargalos principalmente no que decorre ao manejo reprodutivo e nutricional. O cenário para a comercialização do pirarucu ainda está em formação, porém há um grande interesse por parte dos consumidores devido à elevada qualidade da carne e a diversidade de produtos que podem ser desenvolvidos a partir desta espécie. Observa-se ainda a necessidade de ajuste da tecnologia de produção, através de pesquisa e desenvolvimento, para a consolidação desta cadeia produtiva do pescado com sustentabilidade e rentabilidade para todos os elos envolvidos.

Palavras-chave: Pirarucu, Peixe Amazônico, Piscicultura, Cadeia Produtiva Pescado, Aquicultura.

Arapaima: Growing Giant Amazon in the Northeast

Summary: The arapaima, *Arapaima gigas*, species from the Amazon basin, has air-breathing, carnivorous habits and good tolerance to captive management. Was introduced in the ponds Northeast in the early 40s of the last century, in an effort to identify favorable species for fish farming carried out by technicians from DNOCS, characterizing its potential for aquaculture.

The Arapaima has a mild flavor meat, pinkish in color, excellent texture, with boneless fillets and high yield, one of the best native species for industrial use in aquaculture. However, only in the last decade began to be prioritized in research and development, major bottlenecks still exists mainly for those affected by the reproductive and nutritional management. The scenario for the marketing of the arapaima is still in training, but there is great interest from consumers due to high meat quality and diversity of products that can be developed from this species. There is equally a need for adjustment of production technology through research and development, for the consolidation of this production chain of seafood sustainability and profitability for all links involved.

Keywords: Arapaima, Amazon Fish, Fish Farming, Fish Production Chain, Aquaculture.

1. Potencial da espécie

Dentre as espécies de peixes carnívoros brasileiros destacam-se animais de grande porte e elevado interesse para pesca e aquicultura como o dourado (*Salminus brasiliensis*), cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*), pintado (*Pseudoplatystoma corrugans*) e o gigante amazônico pirarucu (*Arapaima gigas)*. Espécie endêmica da bacia amazônica, o pirarucu é um dos maiores peixes de água doce, com escamas, do mundo, podendo atingir até 3 m de comprimento e 200kg (Saint-Paul, 1986). Apresenta respiração aérea, hábito alimentar carnívoro, boa rusticidade ao manuseio em ambientes tropicais (Fontenele, 1955). Segundo Crescêncio et al. (2005), o pirarucu pode ser condicionado a aceitar rações industrializadas, podendo alcançar até 10kg de peso no primeiro ano de cultivo (Imbiriba, 2001), além de tolerar elevadas densidades de estocagem em cativeiro (Cavero et al., 2003), por tudo isso passou a ser considerada uma das espécies prioritárias para o desenvolvimento da aquicultura. Entretanto, para que este potencial se expresse em produção, faz-se necessário o desenvolvimento de sua tecnologia de cultivo. Dentre os desafios para a produção de novas espécies estão o conhecimento das exigências nutricionais; o domínio de sua reprodução em cativeiro; a propagação de formas jovens; o dimensionamento para seu cultivo em cativeiro; além do desenvolvimento de metodologia para o beneficiamento e o aproveitamento industrial da carne.

2. Histórico de introdução no Nordeste

Apesar de ser uma espécie nativa da região amazônica o pirarucu está presente nas bacias hidrográficas do nordeste desde a década de 40 do século passado. O Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, DNOCS, foi pioneiro no desenvolvimento da espécie para fins de aquicultura. Desde a criação da Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste do Brasil, chefiada pelo Dr. Rodolpho Von Ihering, tem apresentado contribuições de elevada relevância à piscicultura nacional, desde a introdução de técnicas de hipofisação de espécies reofílicas, que se tornou rapidamente prática de rotina nas estações de piscicultura do DNOCS, trazendo grande impulso para uma nova atividade nos açúdes nordestinos. Através da seleção, aclimatação e reprodução de espécies com potencial aquícola, as águas dos açúdes nordestinos foram sendo povoadas, com o objetivo de ofertar uma fonte proteica com elevado valor nutricional, disponibilizando um novo alimento para as comunidades do entorno dos grandes açúdes administrados pelo DNOCS. No início dos anos 40, pesquisadores do DNOCS no Ceará, através de contatos com pesquisadores do Museu Emílio Goeldi em Belém do Pará, trouxeram os primeiros exemplares de pirarucu para o Nordeste. Vários trabalhos de observação da espécie tanto em açúdes quanto em viveiros foram realizados, buscando o conhecimento do comportamento reprodutivo do pirarucu, até que quatro anos após a introdução, foram observadas as primeiras desovas em açúdes, fora das condições ambientais da bacia amazônica, demonstrando à perfeita adaptação do pirarucu as condições do nordeste. A partir deste aprendizado, obtiveram êxito também na reprodução do pirarucu em cativeiro, produzindo seus primeiros alevinos, que foram direcionados para o povoamento de açúdes do DNOCS, com o objetivo principal de controlar a população de piranhas nestes ambientes.

Segundo os registros de pesca do DNOCS, no período entre 1948 a 1980, foram capturadas mais de 2.000 toneladas de pirarucu nas sete barragens em que a espécie foi introduzida. A partir de 1965, foi autorizada a pesca com redes de espera nas barragens do DNOCS, prática que reduziu consideravelmente os estoques de pirarucu nestes ambientes, observada, com maior efeito, a partir de 1974, quando foi registrada a captura de apenas 10.784kg de pirarucu. Bastante vulneráveis, até o final dos anos 80, estes peixes foram completamente eliminados das barragens por sua constante captura pelas comunidades ribeirinhas (Girão, 2007).

Mesmo na ausência de tecnologia de produção o pirarucu foi sendo cultivado de maneira extensiva em viveiros com o uso de espécies forrageiras, onde se desenvolviam até atingirem a maturidade sexual a partir de 4 a 5 anos, chegando a pesos de 40 a 45kg. Quando estes ambientes apresentavam condições climáticas próximas às de sua região de origem, os animais se reproduziam de forma natural. Assim foram sendo selecionados casais de pirarucu que se reproduziam em cativeiro, formando uma base de reprodutores em empreendimentos predominante privados, localizados em estados da região Norte e Nordeste, atualmente com grande destaque para os estados de Rondônia, Ceará e Bahia.

A partir do conhecimento do comportamento reprodutivo e do manejo de matrizes em cativeiro, passou a existir a disponibilidade de juvenis de pirarucu desta origem, apresentando elevado status nutricional e sanitário, preparados para expressar todo seu potencial em cultivos comercias. A disponibilidade destes juvenis ainda é pequena, em vista do que pode ser desenvolvido em cultivo, apresentando uma oferta inferior à demanda, o que até o momento tem encarecido a produção do pirarucu nas etapas de engorda, sendo a reprodução um dos maiores gargalos para o desenvolvimento da cadeia produtiva da espécie.

3. Projetos focados em pesquisa e desenvolvimento para o pirarucu

Na última década tem se observado um grande esforço por parte das instituições governamentais na organização e consolidação da cadeia produtiva do pirarucu. Destaca-se neste cenário o estabelecimento do pirarucu como uma das espécies prioritárias para o desenvolvimento da aquicultura na região Norte, pela Embrapa (Queiroz et al., 2002). Também merece destaque o convênio celebrado em 2004, entre a SEAP e o DNOCS, para o desenvolvimento do cultivo do pirarucu no Centro de Pesquisa em Aquicultura de Pentecostes no Ceará (Girão, 2007). Mais recentemente, em 2007, iniciou-se uma força tarefa por parte do SEBRAE para a instalação de unidades de observação de engorda, no projeto estruturante do pirarucu da Amazônia, que conduziu seus trabalhos por um período de três anos, nos estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Rorâima e Tocantins, além de pesquisas de mercado e divulgação da culinária da espécie (SEBRAE, 2010).

No mesmo período a iniciativa privada pôde se desenvolver principalmente no que tange a produção de alevinos e ao treinamento alimentar, para o fornecimento mais regular de formas jovens. Projetos como o Eco peixes, no Amazonas; Só peixe da Amazônia, em Rondônia; a

Fazenda Canta Galo e Aguavale, na Bahia já apresentam estágios mais avançados de arranjos produtivos com foco na cadeia produtiva do pirarucu.

De uma forma geral, as universidades e as instituições de pesquisa, vêm trazendo contribuições em áreas específicas de seu domínio como nutrição, manejo e tecnologia do pescado, favorecendo a construção do conhecimento sobre a espécie, principalmente através de seus grupos de pesquisas e do apoio financeiro das Fundações de Apoio a Pesquisas dos estados. Dentre os principais gargalos no cultivo de pirarucu ainda se encontra o binômio, reprodução e nutrição, sendo os alevinos e as rações os fatores que mais impactam na determinação dos custos de produção da espécie (Oliveira et al., 2012). No campo da nutrição observa-se que a maioria dos autores trabalhou com peixes em formas jovens, obtendo os melhores resultados de desempenho zootécnico, com teores variando de 40 a 50% de proteína bruta na dieta (Aldea, 2002; Ono et al., 2004; Itassu et al. 2005; Del Risco et al., 2008). Sabe-se que fatores como balanço energético das dietas, forma de processamento (peletização ou extrusão), frequência alimentar, sistema de cultivo adotado (tanque-rede/viveiro) e a categoria ou tamanho dos animais avaliados podem influenciar diretamente nos resultados obtidos (Crescêncio et al. 2005; Gandra et al., 2007; Ono et al., 2008). Apesar do avanço das informações sobre a nutrição e alimentação do pirarucu, as exigências nutricionais da espécie ainda não foram determinadas, tão pouco há um domínio seguro do manejo reprodutivo de matrizes, passos fundamentais para o desenvolvimento de um pacote tecnológico que permita a expansão do cultivo da espécie.

4. Resultados alcançados em cultivo

O cultivo do pirarucu vem sendo desenvolvido nos últimos anos, verificando a adaptabilidade da espécie aos diversos sistemas de produção, desde sistemas mais tradicionais em viveiros escavados, passando por cultivos em tanques-rede e até mesmo sistemas mais intensivos com uso de tanques de alvenaria, recirculação de água e utilização de estufas, como descrito por Scorvo-Filho et al. (2004). De acordo com Cavero et al. (2003a) quando cultivados em tanques-rede de pequeno volume (1m^3) a eficiência produtiva se manteve até um tamanho médio de 50cm, ou seja, a metade do comprimento dos tanques-rede utilizados, apresentando bons resultados zootécnicos até atingir a biomassa de 22kg/m^3, evidenciando que o espaço físico disponível é um fator limitante para o pleno desenvolvimento da espécie.

Por outro lado, quando submetidos a maiores densidades de estocagem (15, 20 e 25 peixes/m^3) em tanques-rede de pequeno volume, o efeito da densidade influenciou positivamente sobre a eficiência alimentar, podendo ser recomendado para períodos mais curtos em fases de crescimento inicial Cavero et al. (2003b), tornando-se uma boa estratégia para a fase de produção de juvenis de pirarucu. Oliveira et al., (2012) avaliando efeito de densidade de estocagem em tanques-rede de $4m^3$, puderam observar diferenças na taxa de crescimento absoluto e no peso médio final de juvenis de pirarucu estocados em densidades de 10,0 e 12,5 peixes/m^3, cultivados por período de 140 dias, numa faixa de crescimento de 100g a 2.500g. Segundo estes autores, novos estudos devem ser realizados para a definição de fases de cultivo mais adequadas ao porte da espécie, que apresenta grande potencial para o cultivo em tanques-rede, até que alcancem o peso comercial de abate. Oliveira et al. (2013), avaliando taxas de alimentação para o pirarucu, cultivado em tanques-redes, em fases posteriores (1,5 a 6,8kg), verificaram uma maior eficiência na aplicação da taxa de 2% da biomassa ao dia, quando comparada a taxa de 3%, implicando em valores de FCA para os tratamentos de 2,8 e 4,3 respectivamente.

Segundo Imbiriba (2001) trabalhos pioneiros no cultivo intensivo de pirarucu, realizados em viveiros derivados de tanques de manejo de búfalos, obtiveram produtividades variando de 5,9 a 14,2 toneladas por hectare para peixes de até 4,5kg de peso final, em períodos variando de 150 a 201 dias de cultivo. Pereira-Filho et al. (2003) obtiveram produtividade de 25 toneladas por hectare, para pirarucus de até 7,0kg, cultivados em viveiros povoados com 1 peixe/$3m^2$, alimentados exclusivamente com ração para carnívoros, durante 12 meses de cultivo.

O sistema de cultivo até o momento mais utilizado tem sido o de viveiros escavados, com resultados variando amplamente conforme a densidade de estocagem, o nível de tecnologia adotado, a faixa de peso determinada para o abate, o segmento do mercado explorado, além do grau de eficiência atingido pelo produtor (Ono, 2011). A maioria das pesquisas desenvolvidas com a produção de pirarucu aponta para a necessidade de determinação de fases para o cultivo desta espécie, facilitando as comparações e otimizando o seu desenvolvimento. Torna-se evidente o grande potencial para o cultivo do pirarucu no Brasil, assim como foi observado o avanço do conhecimento em áreas específicas de seu ciclo

produtivo, sendo necessário um esforço para a consolidação de um pacote tecnológico para o manejo da espécie.

5. Cadeia produtiva do pirarucu

A visão de atuação em cadeia produtiva pode facilitar os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento para o pirarucu. Devido a sua elevada especificidade de conhecimentos, a divisão em áreas de domínio tecnológico setorizadas, como nutrição, reprodução, alevinagem, manejo produtivo, industrialização do pescado, comercialização e marketing poderão trazer avanços para a aquicultura. Isto já tem acontecido na iniciativa privada com destaque para projetos nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Nos últimos anos, produtores do Baixo Sul da Bahia tem se organizado através de um arranjo produtivo, conhecido como Aliança Cooperativa da Aquicultura, que tem priorizado o cultivo da tilápia e do pirarucu. O modelo concebido envolve uma cooperativa de aquicultores, uma fábrica de rações, uma empresa de alevinagem, uma unidade de beneficiamento de pescado, além de uma escola aquícola e a universidade, que atuando de forma sinérgica, buscam desenvolver a cadeia produtiva do pirarucu naquela região. Nesta parceria estão estabelecidas metas de produção de 40 milheiros de juvenis/ano, para engorda entre os parceiros, o desenvolvimento de rações para as diferentes fases do cultivo, além do trabalho focado na industrialização e a comercialização do pescado através dos parceiros sociais da Cooperativa de Aquicultores de Águas Continentais - Coopecon.

Quanto ao porte do desenvolvimento da atividade tem se observado que até o momento predominam os pequenos cultivos frente aos grandes empreendimentos. De acordo com Silva et al. (2012) o perfil dos produtores de pirarucu na região de Conceição do Araguaia no Pará é formado por agricultores com mais de 41 anos, com ensino médio completo, com até dois anos na atividade de piscicultura e que ocupam mão de obra contratada para o desenvolvimento da piscicultura. Quanto ao perfil das propriedades predominam as de pequeno porte com menos de 50 hectares, com até cinco viveiros de 500 a 1.000m^2, onde o pirarucu é cultivado ocupando de um a três viveiros, sendo direcionados sempre para os de maior dimensão.

Apesar do perfil predominantemente empresarial da atividade em Conceição do Araguaia, quanto ao porte, esta situação identifica-se com a realidade da maioria das pequenas

propriedades no Brasil, inclusive nas de agricultura familiar, nas quais a piscicultura costuma ser tratada como alternativa para a complementação de renda ou como fonte para a segurança alimentar das famílias. Desta forma observa-se que há um grande potencial de expansão para o cultivo do pirarucu, mesmo em pequenas áreas de produção, devido a suas características de rusticidade, tolerância aos ambientes com baixa renovação de água e alta produtividade alcançada em viveiros, podendo ser fonte de trabalho e renda em muitas das comunidades e assentamentos rurais distribuídos entre o Norte e Nordeste do Brasil.

6. Características da carne e potencial de aproveitamento industrial

O pirarucu é um peixe que apresenta um grande potencial para aproveitamento industrial de sua carne, além de excelentes características organolépticas, como filé alto de textura firme e macia, sabor suave, coloração rosada e totalmente isento de espinhas em sua musculatura. Segundo Oliveira (2007) o rendimento obtido para o filé de pirarucus cultivados, de animais com peso entre 6,2 e 9,1kg, foi em média de 41,41% para o filé sem pele; Silva et al. (2012) obteve rendimento médio de 46,3% também para filé sem pele, de animais oriundos de pisciculturas na região de Conceição do Araguaia, no Estado do Pará, pesando entre 8,6 e 16,0kg. Já Dias (1983) obteve para pirarucus de menor porte (5,9kg), obtidos através da pesca artesanal, o rendimento de 57,8% para o filé com pele, produto bastante comercializado por ribeirinhos na região amazônica. Os rendimentos observados para o pirarucu são superiores aos encontrados tradicionalmente para tilápia do nilo (32,9 a 37,3%), segundo Souza et al. (1999), para filés obtidos de diferentes tamanhos de peixe, submetidos a duas formas de filetagem. Segundo estes autores, fatores como a destreza do filetador, formato anatômico, o tamanho do peixe, assim como o método aplicado para a filetagem, podem resultar em maiores ou menores rendimentos de filé nos pescados. Segundo Oliveira (2007), o elevado rendimento de filé que demonstra o pirarucu era esperado, principalmente devido a sua anatomia em forma cilíndrica, característica de outros peixes de alto rendimento industrial como a cobia e os atuns.

Devido a seu grande porte, o pirarucu permite a obtenção de cortes específicos como mantas, lombo, filés com pele, cortes em postas, além do desenvolvimento de produtos mais elaborados como embutidos, empanados e defumados que podem ser produzidos através do processamento industrial da espécie. Como caracterizado anteriormente, o rendimento

industrial do pescado, não se restringe apenas à filetagem para o aproveitamento da carne do peixe, devendo considerar seu aproveitamento integral para as diversas finalidades da indústria animal. De acordo com Oliveira (2007) restaram do processo de filetagem do pirarucu, as seguintes frações com suas respectivas porcentagens com base no peso total do peixe: cabeça (11,9%), vísceras (6,8%), brânquias (2,7%), pele e escamas (18,5%), carcaça (18,2%), sendo estes considerados resíduos da obtenção do filé. Considerando um peixe com peso médio de 10kg e filé de 4,1kg, restam por volta de 5,9kg de resíduos que podem ser utilizados para a produção de óleo e farinha de pescado, sendo ainda necessária a caracterização da composição centesimal e a descrição dos nutrientes disponíveis neste novo insumo, o que certamente irá incrementar ainda mais o valor agregado à cadeia produtiva do pirarucu.

Os modelos de indústrias mais alinhados com os preceitos de sustentabilidade atuais, já incluem em seu planejamento unidades de produção de óleo e farinha de pescado, produzindo mais dois insumos de elevado valor no mercado de alimentação animal, além de reduzir significativamente suas emissões de resíduos ao meio ambiente, demonstrando claramente o nível de sustentabilidade que pode alcançar a cadeia produtiva da aquicultura. Por fim destaca-se ainda o aproveitamento industrial da pele do pirarucu, que pode gerar mantas superiores aos 80cm de comprimento por até 50cm de largura em seus extremos, sendo bastante adequada para aproveitamento na indústria do couro, podendo ser posteriormente utilizada na decoração de produtos diferenciados como sapatos, cintos, jaquetas e acessórios, elevando ainda mais o valor agregado da espécie.

Apesar do enorme potencial para o desenvolvimento da espécie, até o momento não há definido um tamanho ideal para abate e comercialização do pirarucu, faltando estudos que equalizem as questões produtivas ao máximo rendimento industrial e às exigências de um mercado consumidor, cada vez mais consciente quanto à origem e sustentabilidade dos produtos comercializados.

7. Potencial de mercado e comercialização

O pirarucu enquanto produto carrega um enorme apelo quanto a sua origem, trazendo uma grande identidade com a região Amazônica e o Brasil, além do fato de se tratar de uma das maiores espécies de peixes de água doce de escamas do mundo e apresentar uma grande

fragilidade em seus estoques naturais, passando inclusive pelo risco de extinção. Todos estes fatores favorecem o estabelecimento de uma cadeia produtiva organizada para o cultivo da espécie, que pode passar de animal ameaçado na natureza, para um produto da aquicultura na pauta de exportação brasileira, com grande apelo de sustentabilidade e preservação ambiental.

Quanto à percepção do mercado para a espécie os primeiros passos foram dados pela equipe do SEBRAE, que segundo Ono (2011), realizou estudos de mercado para avaliar a aceitação do pirarucu em alguns dos principais centros consumidores do Brasil como Belém, Brasília, Curitiba, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, São Paulo e Palmas. Ainda de acordo com este pesquisador, foram realizadas degustações em mais de 50 restaurantes e com mais de 1.500 consumidores entrevistados em supermercados, indicando um elevado índice de aprovação para o pirarucu (>96%), estando quase à totalidade dos consumidores disposta a adquirir o produto prontamente. O mesmo cenário foi identificado na ocasião em que o pirarucu de cultivo foi apresentado à alta gastronomia brasileira, ficando os *Chefs* de renomadas casas, encantados com a elevada qualidade da carne e com as possibilidades que apresenta o peixe para o desenvolvimento de pratos sofisticados da gastronomia, estando o pirarucu apto a ser incluído nos cardápios dos principais restaurantes do País de maneira imediata (Panorama da Aquicultura, 2009).

De acordo com Ono (2011) as características que mais se destacaram para os participantes das degustações foram o excelente sabor da carne, maciez e grande suculência, sendo o pirarucu classificado como pescado nobre, com qualidade e preços compatíveis a peixes como robalo, badejo, garoupa e surubim; apresentando valoração numa faixa de R$15 a R$40 por quilo do filé entre os mercados atacadista e varejista, respectivamente. Este panorama de mercado tem se confirmado na região Sul da Bahia, onde produtores individuais tem comercializado o filé a preços compatíveis aos praticados para o robalo, nas regiões litorâneas, onde há grande oferta de peixes marinhos de elevada qualidade.

Segundo Silva et al. (2012) a maior concentração de pirarucu cultivado no Estado do Pará se encontra nos municípios de Conceição do Araguaia e São Felix do Xingú, onde o peixe fresco tem sido comercializado para indústrias, distribuidores, supermercados ou mesmo para restaurantes na região do Araguaia-Tocantins, alcançando valores superiores a R$10/kg, quando vendido no varejo e inferiores a R$10/kg, quando negociado com frigoríficos no

estado do Tocantins. Esta mesma situação tem sido vivenciada por produtores no Baixo Sul da Bahia, quando são comercializadas cargas para frigoríficos da região Sudeste do País.

Os custos de produção do pirarucu ainda apresentam um amplo espectro, variando com o nível de tecnologia adotado nos cultivos, eficiência das rações utilizadas, além do nível de experiência dos produtores no manejo com a espécie. Oliveira et al. (2012) avaliaram o cultivo de pirarucu em tanques redes no nordeste, cultivados em duas densidades de estocagem, estabelecendo os custos de produção por um período de 140 dias, sendo que em um dos tratamentos os peixes atingiram 2,6kg de peso médio final. Segundo os autores os principais itens do custo variável do pirarucu em tanques redes foram os juvenis e as rações, isso costuma ser observado para a maioria das espécies de peixes cultivados, entretanto estes mesmos exaltam o elevado custo da aquisição dos juvenis do pirarucu, que para a fase avaliada chegou até 58,9% dos custos totais de produção. Isso se deve ao pequeno porte dos animais, considerando o resultado satisfatório para uma primeira fase de cultivo, esse valor certamente se dilui quando os animais são comercializados entre 10 e 15kg de peso final, o que normalmente acontece entre 12 e 18 meses. Segundo Oliveira et al. (2012) esta avaliação parcial do cultivo se viabilizou devido a uma demanda interna para peixes jovens com até 3,0kg, que por questões do mercado local, apresentaram preços atrativos para a venda de animais menores, obtendo uma taxa interna de retorno de 34,4% para os resultados alcançados, sendo considerada uma taxa atrativa para investimentos agropecuários com ciclos curtos de duração. Segundo Pereira-Filho et al. (2003), considerando apenas o desembolso com rações, o custo de produção do pirarucu cultivado em viveiros por 12 meses, atingiu o valor de US$0,54/kg, enquanto o preço de venda do quilograma do filé de pirarucu no mercado de Manaus oscilou entre US$3,20 e US$4,80, apresentando uma ampla margem para a comercialização deste produto.

O cenário do mercado para a comercialização do pirarucu ainda está em formação, porém há indícios claros de grande aceitação por parte dos consumidores devido à qualidade e diversidade de produtos que podem ser desenvolvidos para esta espécie. Salienta-se ainda a necessidade de ajustamento da tecnologia de produção, através de pesquisa e desenvolvimento, para a consolidação desta promissora cadeia produtiva de pescado com sustentabilidade e rentabilidade para os produtores.

8. Considerações finais

Mesmo se tratando de um negócio novo, com uma espécie que não apresenta até o momento uma tecnologia completamente dominada em áreas como a reprodução e nutrição, seus principais gargalos para produção em grande escala, o pirarucu apresenta características de crescimento, adaptação aos sistemas de produção em cativeiro, aproveitamento industrial da carne, resíduos e pele, além do aspecto comercial, destacando-se como uma das espécies a ser priorizada para o desenvolvimento da aquicultura nacional. Haja visto que suas características ainda podem evoluir, através de trabalhos de melhoramento genético e nutrição, como acontece atualmente com espécies de uso tradicional na aquicultura, com destaque para o salmão, a tilápia e mesmo o camarão branco do pacífico, conhecidas *commodites* da aquicultura mundial.

A possibilidade de cultivo com boa produtividade tanto em grandes quanto em pequenos espaços, permitindo o acesso de pequenos e médios produtores ao negócio, amplia as possibilidades de sucesso da cadeia produtiva, trazendo oportunidades de geração de trabalho e renda no meio rural.

Destaca-se como de vital importância para o desenvolvimento do negócio o avanço nos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento para espécie, visando obter o domínio reprodutivo da espécie, uma vez que as etapas posteriores têm ocorrido com desenvoltura. Faz-se necessário o estabelecimento de fases para a engorda, buscando o melhor aproveitamento das estruturas produtivas; a determinação do melhor momento para a despesca, identificando o tamanho mais adequado em termos produtivos e de rendimento industrial, além do estabelecimento dos custos de produção, para que a rentabilidade do negócio seja adequada nos diferentes elos da cadeia produtiva, possibilitando que a atividade se desenvolva de forma sustentável.

9. Agradecimentos

Agradecemos a FAPESB pela aprovação do projeto de pesquisa através do Edital 004/2012 de Apoio à pesca e aquicultura no estado da Bahia, assim como pela disponibilização de bolsa de doutorado ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da UESC. Agradecemos também a toda equipe do AQUANUT, que desenvolveu e executou as etapas das pesquisas propostas, assim como aos nossos parceiros institucionais aqui

representados pela Coopecon, Casa Familiar das Águas, Aguavale e Pratigi Alimentos, que através de cooperação mútua nos ajudaram a compreender um pouco mais do universo de conhecimentos que representam o cultivo do pirarucu, permitindo que esses conhecimentos retornem as comunidades rurais beneficiárias finais do projeto.

Literatura citada

ALDEA, G.M.I. **Cultivo de "paiche", *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) com dietas artificiales em jaulas flotantes.** Iquitos: UNAP, 2002. 54f. Dissertação (Monografia).

CASTILLO, C. P. C. D. **Exigência proteica e respostas fisiológicas de juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822).** Manaus: INPA, 2012. 88f. Dissertação (Mestrado).

CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; et al. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. **Pesquisa Agropecuária brasileira,** v. 38, n. 6, p. 723-728, 2003a.

CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R.; et al. Efeito da densidade de estocagem sobre a eficiência alimentar de juvenis de pirarucu (*Arapaima gigas*) em ambiente confinado. **Acta Amazônica,** v. 33, n. 4, p. 631-636, 2003b.

CRESCÊNCIO, R.; ITUASSÚ, D. R.; PEREIRA FILHO, M.; et al. Influência do período de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p.1217-1222, 2005.

DEL RISCO, M.; VELÁSQUEZ, J.; SANDOVAL, M.; et al. Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas* (shinz, 1822). **Folia Amazónica**, v. 17, n 1-2, p. 29–37, 2008.

DIAS, A. F. **Salga e secagem do pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1929) com aplicação de coletores solares.** Manaus: INPA, 1983. 133f. Dissertação (Mestrado).

FONTENELE, O. Contribuição ao conhecimento do pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) em cativeiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). Fortaleza: **Departamento Nacional de Obras Contra as Secas**, v. 166, p. 235-250, 1955.

GIRÃO, M.V.D. **Avaliação dos procedimentos de introdução do pirarucu (*Arapaima gigas*) na região nordeste: retrospectiva histórica, situação atual e perspectivas futuras.** Fortaleza, UFC, 2007. 62f. Dissertação (Mestrado).

GANDRA, A.L.; ITASSU, R.D.; PEREIRA-FILHO, M.; et al. Piracucu growth under different feeding regimes. **Aquaculture International**, v. 15, n. 1, p. 91-96, 2007.

GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n 4, p. 779-786, 2003.

IMBIRIBA, E.P. Potencial de criação de Pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazônica,** v. 31, n. 2, p. 299-316, 2001.

ITUASSÚ, D. R.; PEREIRA FILHO, M.; ROUBACH, R.; et al. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 255-259, 2005.

OLIVEIRA, E. G; PINHEIRO, A. B.; DE OLIVEIRA, V. Q.; et al. Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. **Aquaculture**, v. 370-371, p. 96-101, 2012.

OLIVEIRA, V. Q.; MATOS, A.R.B; BEZERRA, T.A.; et al. Preliminary studies on the feeding rate for pirarucu *Arapaima gigas* juveniles reared in floating cages. **International Journal of Aquaculture**, v. 3, n. 25, p. 147-151, 2013.

OLIVEIRA, P. R. **Qualidade do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz, 1822), procedentes de piscicultura, estocados em gelo, congelados e de seus produtos derivados.** Manaus: INPA, 2007. 130f. Tese (Doutorado).

ONO, E.A. Produção de pirarucu no Brasil: Uma visão geral. **Panorama da Aquicultura**, v. 21, p. 40-45, 2011.

ONO, E.A.; HALVERSON, M.R.; KUBITZA, F. Pirarucu, o gigante esquecido. **Panorama da Aquicultura**, v. 14, p. 14-25, 2004.

ONO, E.A.; NUNES, E.S.S.; CEDANO, J.C.C.; et al. Digestibilidade aparente de dietas práticas com diferentes relações energia:proteína em juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 43, p. 249-254, 2008.

PEREIRA-FILHO, M.; CAVERO, B.A.S.; ROUBACH, R.; et al. Cultivo do pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. **Acta Amazônica,** v. 33, n. 4, p. 715-718, 2003.

QUEIROZ, J.F.; KITAMURA, P.C.; LOURENÇO, J.N.P; CASTAGNOLLI, N.; CYRINO, J.E.P.; SCORVO-FILHO, J.D.; BERNARDINO, G.; VALENTI, W.C. **A Embapa e a Aquicultura**. Demandas e prioridades de pesquisa. Brasília: Embrapa, 2002. 35p.

SAINT-PAUL, U. Potencial for aquaculture of south American freshwather fishes: a rewiew. **Aquaculture Amsterdan**, v. 54, p.205-240. 1986.

SCORVO-FILHO, J.D.; ROJAS, N.E.T.; SILVA, C.M.; et al. Criação de *Arapaima gigas* (TELEOSTEI OSTEOGLOSIDAE) em estufa e sistema fechado de circulação de água, no estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 30, n. 2, p. 161-170, 2004.

SEBRAE. **Projeto estruturante do pirarucu na Amazônia**: Manual de boas práticas de produção e cultivo do pirarucu em cativeiro. Porto Velho: SEBRAE, 2010. 42 p.

SILVA, L.G.; FERREIRA, L.A.S.; RIBEIRO, I.A.; et al. Caracterização do cultivo de pirarucu no município de Conceição do Araguaia, no Estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 8, n. 15, p. 179-195, 2012.

SOUZA, M.L.R.; MACEDO-VIEGAS, E.M.; KRONKA, S.N. Influência do Método de Filetagem e Categorias de Peso sobre Rendimento de Carcaça, Filé e Pele da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileia de Zootecnia**, v.28, n.1, p.1-6, 1999.

TEIXEIRA, B; MACHADO, C.C.; FRACALOSSI, D.M. Exigência proteica em dietas para alevinos do dourado (*Salminus brasiliensis*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v 32, n 4, p. 33-38, 2010.

Produção de peixes ornamentais – atualidades e perspectivas

Ivan Oliveira Nogueira da Silva

Eng. de Pesca, Sócio da AquarioMania LTDA

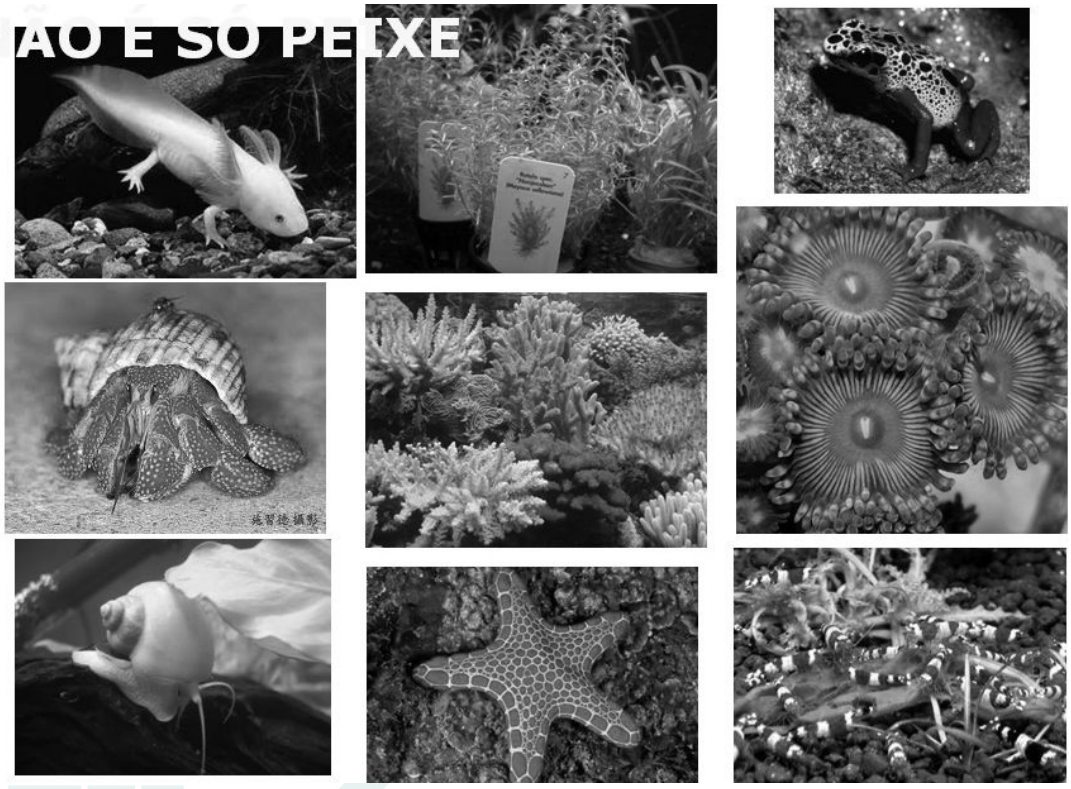
A criação e estudo de peixes ornamentais, a aquariologia, é um segmento da aquicultura voltado para a produção de peixes e outros organismos aquáticos coloridos normalmente de pequeno porte, fazendo uso de aquários e pequenos lagos de função paisagística, a qual sustenta o segundo maior hobby do mundo depois da filatelia, a aquariofilia. Este mercado engloba toda uma cadeia produtiva que vai desde o coletor ou produtor, passando pelas rações e produtos relacionados até o cliente final chamado aquarista. O valor econômico do peixe ornamental se destaca pelo seu valor unitário ao contrario do valor em peso dos peixes para consumo humano, tendo ao final um maior retorno de investimento, principalmente em pequenas áreas.

É um hobby muito atraente pelo prazer de se colecionar uma enorme variedade de tipos de aquário e espécies de peixes como também diversos outros animais aquáticos, como crustáceos, moluscos, plantas aquáticas e corais marinhos, e gera grande conhecimento durante a construção e manutenção dos animais e da qualidade da água, em áreas como biologia, matemática, física, química, etc. Sendo hoje cada dia mais fácil e pratico cuidar e manter um aquário, devido a tecnologia e conhecimento dos aspectos biológicos dos animais. Como qualquer hobby, a aquariofilia pode começar de pequenos valores a altos preços dependendo do valor agregado, principalmente pela raridade do animal e também na tecnologia empregada em aquários modernos dos mais variados tamanhos.

Um dos desafios deste hobby é disseminar informação suficiente a respeito da importância na manutenção e alimentação dos animais do aquário de forma correta para que o novo aquarista não desista rapidamente deste hobby fascinante, pois é muito comum às vendas sem nenhuma explicação ou com informações passadas erradas por lojas do setor, o que criou uma crença no Brasil de que aquários são difíceis de cuidar.

Segundo a ABINPET (Associação brasileira da indústria de produtos para animais de estimação), o Brasil está em segundo lugar em faturamento, perdendo somente para os EUA e em quarto em população total de animais, atrás da China, EUA e Reino Unido, mas em segundo lugar em cães e gatos. São 106,2 milhões de pets no Brasil sendo 26,5 milhões de peixes ornamentais.

A pesquisa da associação mostrou também que com a vida em apartamentos nas grandes cidades cresce a procura por animais menores e mais independentes, como gatos e peixes. Os dados demonstram que o mercado de aquários e peixes no Brasil pode crescer muito se compararmos as proporções em outros países, isto irá depender de fatores como economia, cultura, tecnologia aplicada à aquicultura, divulgação do hobby e apoio do governo através de fomento da atividade e menor burocracia com leis mais favoráveis a atividade.



Existem diversos outros animais que podem ser criados em aquários

Mercado mundial

Atualmente, os maiores mercados internacionais de peixes ornamentais são o Japão, a Europa (principalmente a Alemanha, Reino Unido e a Holanda) e os Estados Unidos. Em termos globais, o comércio mundial de peixes ornamentais excede US$ 3 bilhões, e uma indústria de produtos e serviços para aquariofilia em torno de US$15 bilhões, crescendo de 8-14% ao ano desde 1998. Nos Estados Unidos, uma em cada três residências possui um aquário. No Japão, de cada duas residências, uma tem um aquário, existindo hoje milhões de aquaristas espalhados pelo mundo.

O mercado é ávido por novidades que são lançadas nas maiores feiras do mundo, desde produtos eletrônicos, rações, novas descobertas de peixes, corais e plantas selvagens, mutações com novas cores e formas, híbridos e animais transgênicos, uma em Cingapura nos anos impares e outra na Alemanha nos anos pares, e agora anualmente na China internacional PET Show e Global PET EXPO nos EUA. Grandes lojas na Europa e EUA possuem grande variedade de produtos e peixes que encantam qualquer criança ou adulto.

Feira Interzoo na Alemanha, a maior feira PET do mundo, com 50% de empresas do setor de aquarismo

Aquarama, feira em Cingapura exclusiva do setor de aquarismo, com concursos dos melhores peixes do mundo

Novidade do setor, peixe transgênico bioluminescente (brilha no escuro)

Mercado Nacional

De acordo com o SEBRAE o Brasil possui aproximadamente 5000 pontos de venda de peixes ornamentais, destes segundo o MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura) somente 163 tem registro RGP, mostrando o tamanho do mercado informal, desde pequenos criadores,

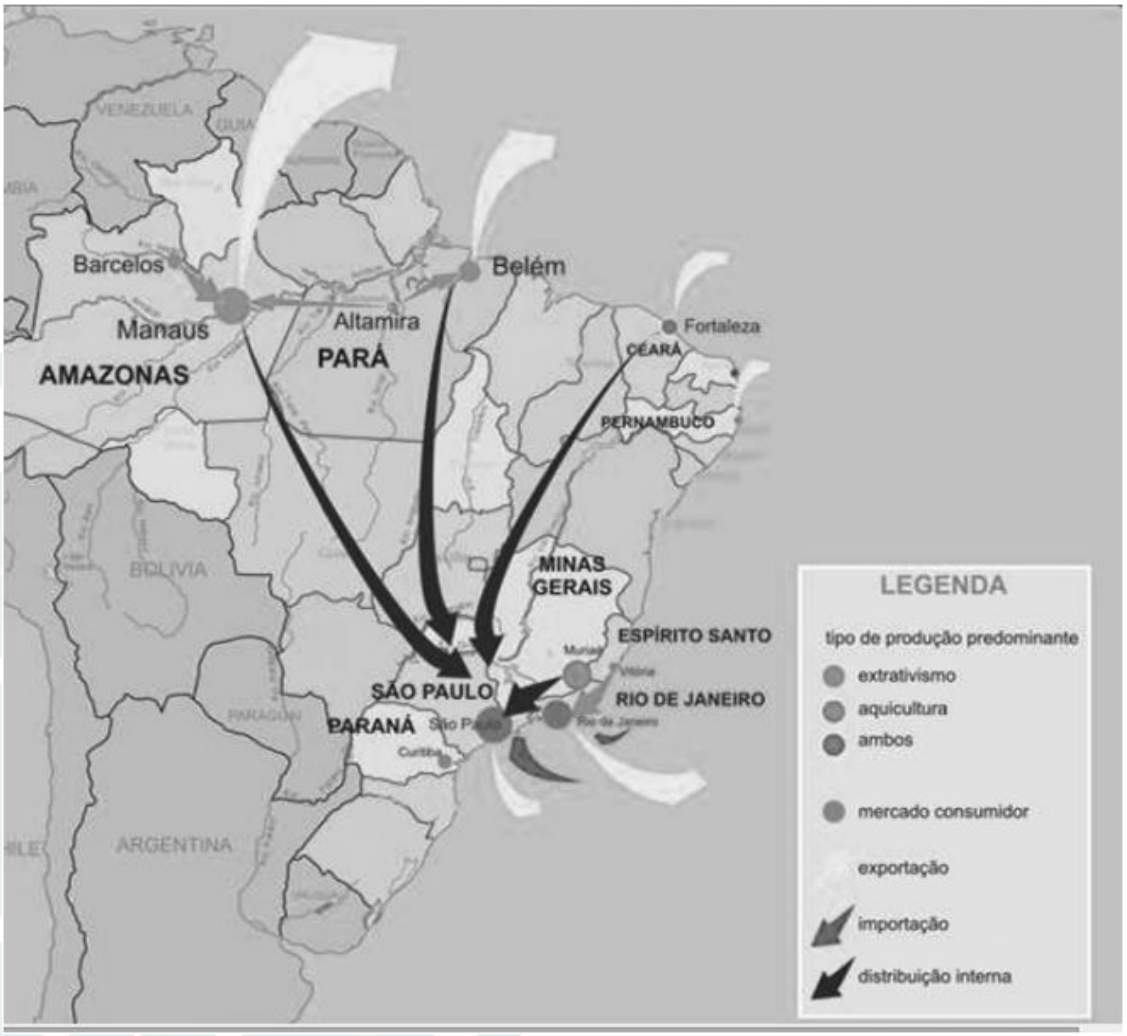
feirantes, Petshops e até lojas especificas de aquários e peixes, devido a isso são poucos os dados reais conhecidos pelo governo para criação de políticas publicas. Associações estaduais e nacionais vem ajudando o governo a esclarecer aos empresários a necessidade de se formalizarem e se associarem para o crescimento do setor. Nossa industria vem se modernizando tanto para alimentos para peixes e tartarugas como em equipamentos para aquário, mas ainda dependemos de muitos produtos importados e peixes vindos de diversas partes do mundo, com grandes atacadistas concentrados no Rio e São Paulo.

Maior varejista de animais incluindo peixes do Brasil

Itaquera em São Paulo é a maior loja do Brasil

O Brasil possui a maior variedade de espécies de peixes de água doce do mundo (cerca de 2000-3000 espécies), muitas não catalogadas e proibidas para o comercio, dentre as liberadas, existe o comércio de exportação de peixes de água doce nos estados do Amazonas com principais espécies o cardinal (*Paracheirodon axeroldi*), as coridoras (*Coridora* sp.) e acarás discos (*Symphysodon aequifasciata*) e no Pará diversas espécies de loricarideos e arraias de água doce. O Ceará se destaca como maior exportador de peixes marinhos nativos com destaque para o peixe anjo rainha (*Holacanthus ciliares*), Pernambuco, Bahia, São Paulo e Rio de Janeiro também realizam exportações em pequenos volumes.

No Ceará apesar do pequeno número de lojas especializadas e atacadistas, existem diversos pontos de venda como pet shops, feiras e pequenos criadores, também grandes criadores de peixes ornamentais de água doce e marinha, considerados alguns dos maiores do Brasil e com o maior numero de espécies criadas, e também dos maiores exportadores de espécies marinhas, como dissemos anteriormente. Um mercado novo que vem se organizando com a ajuda da ACLACE (Associação dos criadores e lojas de aquário do Ceará) que desde 2008 formaliza, informa e auxilia os associados e divulga o hobby no estado.

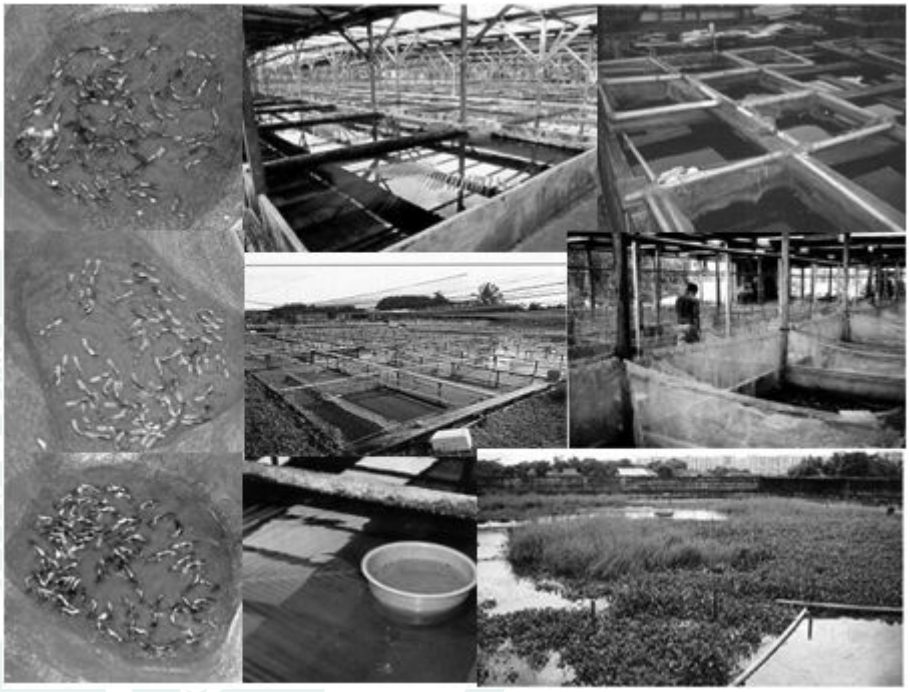


Mapa do mercado de atacado de peixes ornamentais do Brasil

Aquicultura mundial

Um exemplo de desenvolvimento do agronegócio da piscicultura de peixes ornamentais é encontrado em Cingapura, que estimula a implantação e a competitividade do setor, na busca por uma fatia do mercado internacional. A piscicultura de peixes ornamentais vivos na República de Cingapura começou na forma de negócios familiares em criações de fundo de quintal, transformando-se em uma indústria milionária com verdadeiros parques agro tecnológicos. Há atualmente 60 pisciculturas em Cingapura ocupando 127,40 hectares, arrecadando anualmente US$ 61 milhões com a exportação de peixes ornamentais, sendo 100% de animais cultivados. Crescem 10% ao ano e lançam no mercado de 7 a 10 espécies

novas por ano. A maioria dos animais são criados e tanques de alvenaria e aquários, com controle da qualidade de água, aeração e alimentação balanceada, para cada espécie existe um protocolo definido de reprodução e estocagem, cada espécie possui características especificas que servirão para definir o tamanho ideal de venda e seleção de cores e sexo.



Criações em Cingapura, com destaque para o peixe Guppy

Nos Estados Unidos, somente o estado da Florida fatura US$ 67,0 milhões anualmente, com 200 produtores e mais de 800 variedades de peixes, plantas aquáticas, corais e invertebrados, e produz 95% de todo o peixe criado naquele país, onde praticamente é todo consumido no próprio país.

Principais peixes de água doce criados no mundo.

Guppy, Kinguio, Betta, Neon, Disco e Bandeira.

Países como China, Sri Lanka, Republica Tcheca, Espanha, Holanda, Indonésia e Israel também se destacam pelo volume criado.

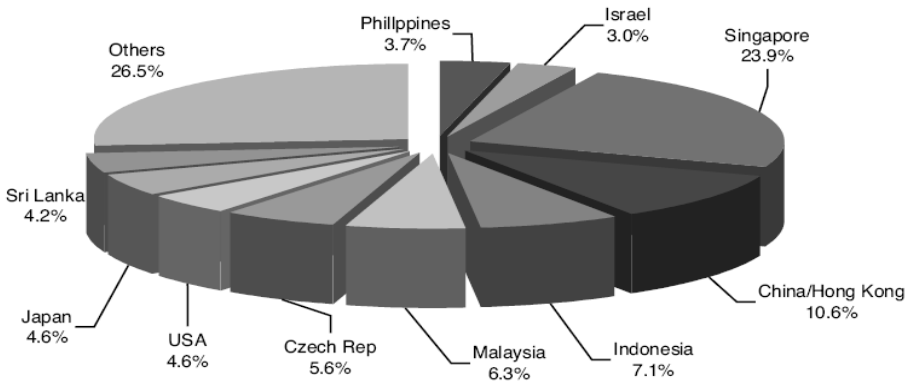


Gráfico da distribuição do mercado de peixes ornamentais por países

Aquicultura ornamental no Brasil

Não existem dados concretos sobre a aquicultura ornamental no Brasil que como dissemos antes, é totalmente informal. Acredita-se que existam 4000 aquicultores em sua maioria micro e pequenas criações, tanto na zona rural como urbana. Destacam-se os estados

do Paraná, São Paulo, Rio, Minas, Pernambuco e Ceará, onde estão as maiores criações do país. A produção ainda é toda voltada para o mercado interno, devido ao baixo nível tecnológico, a distancia e logística para outros mercados consumidores, as leis e burocracias existentes e a baixa competitividade em preço e volume de produção em relação aos países asiáticos.

No Rio de Janeiro, produz mais de 2,5 milhões de peixes anualmente, sendo o Kinguio (*Carassius auratus*) e a carpa (*Ciprinius carpio*) os principais peixes produzidos. Em Minas maior produtor nacional de especies de água doce, 60% do total com 400 produtores destacam-se o Betta (*Betta splendens*), os barbos, tricolgasters, colisas e poecilideos, com uma produção mensal de 450 mil unidades quase todos com destino para São Paulo. No Paraná, destacam-se os Bettas, Acarás discos e Kinguio. Em São Paulo os Poecilídeos, carpas e Kinguios. Em Pernambuco os tetras, Poecilídeos e barbos.

Maior produtor do Brasil no Rio de Janeiro. Mais de 1,5 milhões de unidades por ano. Kinguios e Carpas

Existem criadores de peixes marinhos ornamentais, no Ceará, Pernambuco, Bahia, Rio e São Paulo, mas experimentos com a criação de cavalos marinhos estão sendo realizados no Espirito Santo e Rio Grande do Norte.

No Ceará são produzidos mais de 600 mil animais aquáticos por ano, entre peixes e invertebrados de água doce e marinhos. A maior criação do estado hoje emprega mais de 30 pessoas diretamente, entre engenheiros de pesca e pessoas locais, e até o final de 2015 terá mais de 1600 tanques e 1000 aquários em 1 hectare chegando a produzir 1 milhão de animais

por ano. As principais espécies de água doce são os Ciclídeos africanos e americanos, tetras, acará bandeira, Coridoras e camarões coloridos. Nos marinhos destacam-se os palhaços e mudas de corais.

Piscicultura Tanganyika no Ceará, uma das maiores e mais modernas do país, com a maior variedade de espécies.

Aquicultura método básico de produção

Existem dezenas de procedimentos de produção de ornamentais e isso se deve a grande variedade de espécies criadas com aspectos biológicos e comportamentais diferentes, podemos dividi-los em 4 grandes grupos pelo método de reprodução.

1. Peixes que cuidam da prole, não necessitam de separação dos sexos e ficam mais tempo com os filhotes ou ovos. (Ciclídeos e peixes-palhaço)
2. Peixes com indução hormonal onde a inseminação é artificial e os ovos já vão para outro compartimento separado dos pais. (Pangassius, labeos, botias, algaes, carpas)
3. Peixes de desova parcelada ou vivíparos, que são mantidos em grandes grupos e os alevinos ou ovos são retirados semanalmente para outros compartimentos. (Melanotenias, espadas, guppys, platis, molis, agulhas)

4. Peixes que são unidos somente no dia da reprodução em casais ou em grupos e no dia seguinte já são recolhidos ou ovos ou retirados os casais. (japoneses, barbos, Coridoras, Bettas e tetras)

Resumidamente o processo de produção pode ser divido nas seguintes etapas:

Manter matrizes separadas ou não por sexo, bem alimentadas em condições físico-químicas ideais recriando detalhes do ambiente natural na época de reprodução (mudanças de luz, temperatura, correnteza, esconderijos, plantas, etc.). Unir os sexos em casais separados ou grupos em aquários ou pequenos tanques e aguardar a desova que ocorre com 1 a 2 dias. Retirar os ovos ou as matrizes e aguardar a eclosão. Alimentar as pequenas larvas com alimentos vivos (infusórios, náuplios de Artêmia, microvermes, rotíferos), essa fase é feita em pequenos aquários e leva de 10 a 40 dias, com muito cuidados com a qualidade de água (oxigênio, amônia e níveis de bactéria), após esse período os alevinos devem ser selecionados, contados e transferidos para tanques médios onde ficarão mais 30 dias até serem novamente selecionados e transferidos para tanques maiores. Em todo esse período a alimentação deve ser constante com diversas doses diárias e a qualidade de água acompanhada. Ao receber o pedido o produtor transfere os animais para aquários onde serão aclimatados a uma água mais similar ao destino, defecarão e não comeram até serem embalados e despachados ao comprador.

Aquicultura ornamental x corte

Pequenas áreas, boas e rentáveis criações de ornamentais podem ter menos de 30 metros quadrados.

Produção normalmente semi-intensiva ou intensiva, para criar ornamentais é necessário tirar diversas reproduções e colocar os peixes em pequenos e médios volumes de água que requerem mais trocas de água ou filtragem e oxigenação artificial, pelo menos nas fases de reprodução e larvicultura.

Lucros altos, custos e investimentos altos (produção intensiva), peixes ornamentais são vendidos na unidade com poucas gramas de peso, portanto gastaram pouco ração e tempo pra crescer, mas por trás disso existe muito manejo, equipamentos, acompanhamento de qualidade de água e dedicação, o que gera muitos custos de investimento e dedicação.

Mão de obra experiente, não é o curriculum que conta nesta hora mas a habilidade em perceber detalhes e o cuidado constante, ter interesse e gostar do que se esta fazendo.

Manejo mais delicado e constante, peixes grandes suportam mudanças bruscas, stress, manejo e certas doenças demoram a se debilitar. Peixes ornamentais devido ao tamanho ou pela seleção genética recessiva que possuem são muito sensíveis e rapidamente podem se debilitar e morrer.

Qualidade de água – doenças, muitas espécies são ornamentais são de rios e lagos de águas cristalinas e oxigenadas, portanto não suportam condições extremas por muito tempo, adoecendo e morrendo.

Grande número de espécies, um criador de peixes ou camarões para corte, normalmente cria uma única espécies e se especializa para aquele animal (procedimentos, ração, tipos de tanque), nos ornamentais é necessário variedade para agradar ao comprador e cada espécies tem suas particularidades.

Importância do fenótipo (seleção). Peixes ornamentais são vendidos pelo seu tamanho e aparência (beleza ou exotismo), enquanto que no corte só importa o peso, portanto o acompanhamento deve ser muito mais rigoroso, pois os descartes podem ser altos devido a má formação, cores apagadas, nadadeiras rasgadas por brigas e doenças, etc.

Rações de maior valor e alimentos vivos, como a aparência tem grande importância, os alimentos de boa qualidade darão mais cor e vitalidade ao animal, e alimentos vivos incentivam a reprodução e essenciais para espécies delicadas.

Aquários, filtros e estufas são necessários para produção de ornamentais, pois em diversas fases é necessário ver os animais e coloca-los em condições perfeitas para reprodução e crescimento.

Fazer todo o ciclo (produção e engorda), em peixes e camarões de corte é comum, comprar as larvas ou alevinos de outros produtores e fazer somente a engorda, nos ornamentais quase sempre todo o ciclo é feito pelo mesmo produtor, devido ao curto período de tempo entre a reprodução a engorda e a venda.

Dedicação, a chave de todo negocio, principalmente na produção animal e mais ainda com pequenos animais.

Legislação

Existem hoje 5 principais normativas que regem o setor de ornamentais aquáticos no Brasil. São elas:

- IN 202 de 2008 que determina as espécies nativas marinhas de peixes que podem ser coletadas com cotas anuais. A lei já necessita ser revista, devido a determinação de cotas sem estudo prévio. São 136 espécies liberadas com cotas para exportação e sem cotas para o mercado interno, e 530 espécies exóticas para importação autorizadas.
- IN 204 de 2009 que determina as espécies e cotas de arraias de água doce para os estados do Amazonas e Pará. A mesma já teve alterações para atualização de pedidos de cotas e adequação de quarentenários para manutenção dos animais.
- IN nº 16 agosto 2014 Espécies nativas para Aquicultura que podem ser coletadas com autorização e vendidas suas proles.
- IN nº 21 setembro 2014 do uso da nota fiscal eletrônica para origem e transporte de animais aquáticos ornamentais.

Para crustáceos e moluscos aquáticos não existe legislação especifica, somente lista de animais em extinção que não podem ser coletados, o restante pode ser coletado por pescador profissional e vendidos no mercado de aquarismo, outros invertebrados como equinodermos, todos os repteis e todos os anfíbios e cnidários são considerados fauna e não recurso aquático pelo IBAMA e não podem ser coletados sem autorização, que hoje ninguém possui. Plantas aquáticas podem ser comercializadas sem problema e algas calcárias ou não, podem ser vendidas com autorização para coleta.

O futuro da aquicultura ornamental mundial

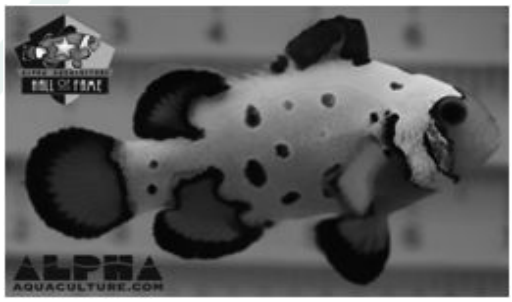
Com constantes investimentos em tecnologia podemos esperar ainda grandes avanços em alimentos vivos e rações especificas por fase e espécie, produtos químicos e biológicos e sistemas de filtragem.

Hoje o mercado consegue produzir mais de 95% das espécies de peixes de água doce, mas somente 5% dos peixes marinhos, que ainda depende muito da pesca. Mas ano a ano novas espécies são reproduzidas em cativeiro e novos protocolos são criados, mas muitas ainda a nível experimental longe da produção em escala.

O mercado é ávido por novidades, e estas rendem muito dinheiro a quem as consegue, então cada dia mais se trabalha o controle genético, através de seleção de novas cores e formas, através de mutações descobertas ou criadas, criação de híbridos e transgênicos, o que preocupa alguns cientistas pelo futuro genético de certas espécies selvagens serem perdidos.

Já temos grandes novidades no controle de doenças, como vacinas e imunoestimulantes, em embalagens, com sacos plásticos especiais que respiram e injeção de nano bolhas de ozônio para aumentar o tempo de oxigênio nas viagens dos peixes.

Hoje também já começam a surgir associações mundiais com cursos, livros, consultorias e certificações para criações de ornamentais.



Kinguio o primeiro um dos primeiros peixes selecionados geneticamente, hoje peixes palhaços sendo selecionados criando novas cores.

Parque agro tecnológico na China, para desenvolvimento do setor de peixes ornamentais, o primeiro do mundo.

O futuro da aquicultura ornamental brasileira

Temos hoje um mercado tímido, mas em pleno crescimento, estão surgindo associações, feiras, grandes criadores, atacadistas e novas indústrias nacionais. Estamos também importando mais, tanto produtos como animais, tendo hoje o mercado nacional toda e qualquer novidade disponível no planeta.

Temos hoje a oportunidade de criarmos espécies raras nacionais antes proibidas, e que tem ótimos preços para exportação.

Podemos hoje também com exceção dos transgênicos proibidos no Brasil, trazer quaisquer novidades em peixes e invertebrados e cria-los para o mercado interno, que devido o preço do dólar e das taxas de importação, peixes exóticos (de origem estrangeira), tem bons preços no Brasil.

Com a ajuda do MPA teremos mais acesso ao crédito e capacitação, desburocratização dos tramites de documentação para criadores do setor, como licenciamento ambiental e inscrições nos órgãos e guias, pois ainda são poucos os criadores que querem se formalizar e crescer, com medo de fiscalizações e multas.

Precisamos de mais profissionais qualificados em aquicultura com experiência em ornamentais e insumos que hoje ainda são caros e escassos.

Temos muito a produzir para o mercado nacional e para conquistar o mercado mundial temos que ter preço, qualidade e constância nos estoques para um futuro talvez não tão distante.

Espécies raras (muitas do Brasil) que já são criados no exterior a preços altos e que podem ser criadas no Brasil.

III SIMPÓSIO NORDESTINO SOBRE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS ANIMAIS

Caracterização protéica do plasma seminal em caprinos Moxotó visando a exploração sustentável dos rebanhos nativos na região Nordeste

Angela Maria Xavier Eloy[1], Tatiana Maria Farias Pinto[2], Roberta Vianna do Valle[2], Fagner Cavalcante Patrocínio dos Santos[2]

[1] Pesquisadora Embrapa Caprinos e Ovinos, Caixa Postal 145, Sobral, CE CEP:62010-970 angela.eloy@embrapa.br
[2] Mestre em Produção Animal, Universidade Estadual vale do Acaraú (UVA), Sobral,CE, 62040-370

Resumo: A caprinocultura é uma atividade econômica explorada em todos os continentes, estando presente em áreas sob as mais diversas características climáticas, edáficas e botânicas. Existe uma relação significativa entre os efeitos ambientais e as características manifestadas pelos indivíduos. Sabe-se que técnicas de manejo adequadas são importantes para a produtividade dos animais, no entanto, o potencial genético pode representar um fator limitante da produtividade. Devido ao processo de seleção natural que as raças nativas sofreram ao longo de várias gerações, esses animais apresentam alta capacidade de sobrevivência no semi-árido brasileiro e alta prolificidade, embora tenha baixa produtividade. Os recursos genéticos animais enfrentam desafios cada vez mais críticos. A FAO (2006) estima que a demanda por carne vai dobrar até 2030 em relação a 2000 e, em relação ao leite vai mais que dobrar. Por outro lado, os recursos genéticos animais estão desaparecendo rapidamente em todo o mundo. Muitas raças de importância local para a segurança alimentar não estão sendo melhoradas ou utilizadas de forma sustentável e estão em risco de se perder ou ser diluída através de cruzamentos. Com os caprinos nativos acontece o mesmo. Trabalhos anteriores de melhoramento genético eram realizados cruzando estas raças com as exóticas. Com o tempo, estas raças nativas foram desaparecendo, desencadeando redução dos rebanhos. É importante frizar que a diversidade dentro da raça é tão importante quanto a diversidade entre raças para ser capaz de lidar com a mudança de requisitos e demandas futuras no melhoramento e seleção. Atualmente trabalhos de melhoramento genético estão sendo desenvolvidos com as raças caprinas nativas da região Nordeste, em especial com a raça Moxotó, com foco na caracterização molecular e proteômica da mesma. Devido a escassez de

dados moleculares sobre a biologia molecular e o potencial genético dos caprinos, os programas de melhoramento não são assistidos por marcadores moleculares. Portanto, a investigação em busca de marcadores moleculares e de seu potencial biotecnológico em caprinos Moxotó está sendo objeto de investigação científica, de modo a possibilitar a utilização destas características em programas de melhoramento da raça.

Abstract: The goat is an economic activity explored in every continent, being present in areas under different climatic, soil and botanical characteristics. There is a significant relationship between environmental effects and characteristics expressed by individuals. It is known that proper handling techniques are important for the animals productivity, however, the genetic potential may represent a limiting factor. Due to natural selection that native breeds had to process over several generations, these animals have high rusticity and high prolificacy in the Brazilian semi-arid region, although present low productivity. The animal genetic resources face a critical challenges. The FAO (2006) estimates that the demand for meat will double by 2030 compared to 2000, and for milk will more than double. Moreover, genetic animal resources are rapidly disappearing worldwide. Many breeds of local importance for food security are not being improved or used sustainably and are at risk of being lost or diluted by crossover. With native goats happens the same. Previous breeding projects were undertaken crossing these breeds with exotic ones. Over time, these native breeds were disappearing, triggering reduction of herds. It is important emphasize that diversity within the breed is as important as diversity between races to be able to cope with changing requirements and future demands in breeding and selection. Currently breeding projects are being developed with the native breeds of goats in the Northeast region, especially with Moxotó, focusing on molecular and proteomic characterization. Due to scarcity of molecular data on the molecular biology and genetic potential of goats, breeding programs are not assisted by molecular markers. Therefore, the investigation on searching molecular markers and their biotechnological potential in goats Moxotó is the subject of scientific research in order to allow the use of these features in programs to improve the breed.

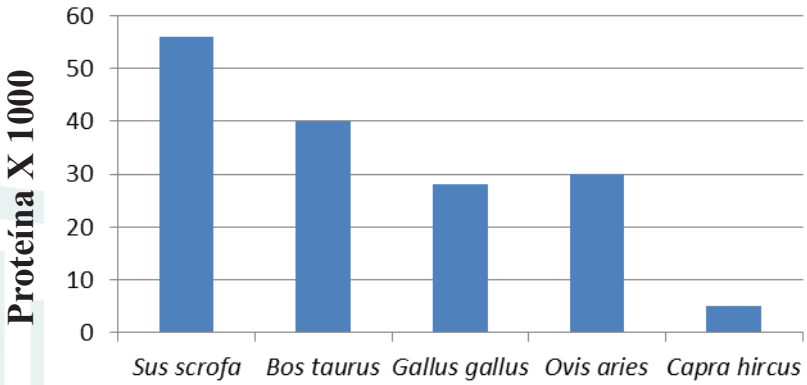
Introdução

Trabalhos de melhoramento genético voltados para a conservação e desenvolvimento das raças locais é importante, porque muitos deles utilizam alimentação de baixa qualidade, são mais resistentes ao estresse climático e aos parasitas e às doenças locais, e representam uma fonte única de genes para melhorar as características de saúde e desempenho de raças industriais. Aliado a isso, é importante desenvolver e utilizar raças locais que já estão adaptadas aos seus ambientes, onde a grande maioria das explorações não adotam nenhuma tecnologia com limitada ação gerencial. Em animais geneticamente adaptados espera-se que sejam mais produtivos a custos mais baixos, se satisfazendo com a oferta de alimento local.

Estudos realizados por Lima et al. (2007) demonstram que os rebanhos de caprinos nativos, como da raça Moxotó, encontram-se reduzidos, pondo em risco o patrimônio genético local. A alta taxa de consanguinidade, aliado ao reduzido número efetivo do rebanho, mostra a necessidade de estudos voltados para a preservação e conservação deste recurso genético (Souza et al., 2008). O conhecimento dos aspectos moleculares do fluido genital masculino e sua fisiologia podem auxiliar nas estratégias de exploração sustentável dos recursos genéticos das raças nativas, entre elas a Moxotó.

Enquanto o genoma de um organismo permanece relativamente estável ao longo da vida, o proteoma é extremamente dinâmico e variável. A análise proteômica permite saber se um gene esta sendo expresso, a concentração relativa desse produto e, por fim, as modificações que podem ocorrer nessas proteínas após a sua tradução (Galdos, 2009). Portanto, a proteômica é um campo de interesse crescente em quase todas as áreas das ciências da vida. Na agricultura, no entanto, estudos em pesquisa veterinária ainda é limitado, apesar do grande número de aplicações potenciais. A proteômica é hoje uma valiosa ferramenta na determinação de biomarcadores ou no mapeamento do perfil dos mesmos dentro de diferentes amostras, como em individuos doentes e sadios, de alta e baixa fertilidade ou congelabilidade do sêmen, assim como no efeito da sazonalidade na reprodução, sendo também as moléculas mais afetadas quando do diagnóstico de doenças (Aebersold et al., 2005). Melhoristas de plantas e animais utilizam marcadores como proteínas e genes para auxiliar na seleção de genótipos desejáveis benéficos para a sociedade, levando em consideração a variação do DNA. Na produção animal, a proteômica vem sendo empregada,

principalmente, nas espécies bovina e suína, enquanto em caprinos os estudos ainda são incipientes, cujos dados estão representados no Gráfico 1.



(UNIPROT, 2014)

Gráfico 1.Trabalhos realizados sobre a proteômica em diferentes espécies domésticas.

1. A raça Moxotó

Segundo Egito et al. (2002), dentre as raças de caprinos exploradas no Nordeste brasileiro, a Moxotó é uma das mais expressivas. Os animais possuem coloração branca, com pelos pretos no dorso e nos membros, e presença de chifres. É uma raça considerada de baixa produtividade, não possuindo aptidão específica, embora seja produtora de leite, pelos, pele e carne. Pesquisadores afirmam que esses animais são resultantes do cruzamento da raça Alpina Francesa com cabras brancas nativas, outros relatam que é a mesma raça criada em Portugal com o nome de Serpentina (Souza et al., 2008).

Sabe-se que no processo de adaptação, por meio de seleção natural, os indivíduos que apresentam maior capacidade de adaptação às condições ambientais sobrevivem. Observa-se nesse processo, que os animais sofrem redução no porte e, consequentemente, nos produtos que fornecem como a produção de carne, leite, pelos e a pele. No caso da raça Moxotó pode ter havido este ajuste, contudo, houve ganhos em rusticidade, pois são animais adaptados ao sistema extensivo de criação (Souza et al., 2007).

Nas regiões tropicais e subtropicais, como no Nordeste brasileiro, os caprinos se reproduzem durante todo o período do ano, sendo o desempenho reprodutivo nessas regiões afetado, principalmente, pela nutrição e pelo sistema de criação (Maia et al., 2011). O estudo de biomarcadores no plasma seminal representa uma alternativa para avaliar o desempenho reprodutivo através do estudo da função e qualidade do sêmen em caprinos.

2. Biomarcadores proteicos

A proteômica tem como finalidade selecionar caracteres expressos em um líquido orgânico ou células pelo seu genoma (Corthals et al., 2000; Figeys e Pinto, 2001), capazes de predizer potenciais produtivos e reprodutivos em animais por meio de marcadores proteicos (Eloy et al., 2009) (Figura 1). A proteomica emprega técnicas precisas e sofisticadas para identificar moléculas com importantes funções biológicas e possível potencial biotecnológico.

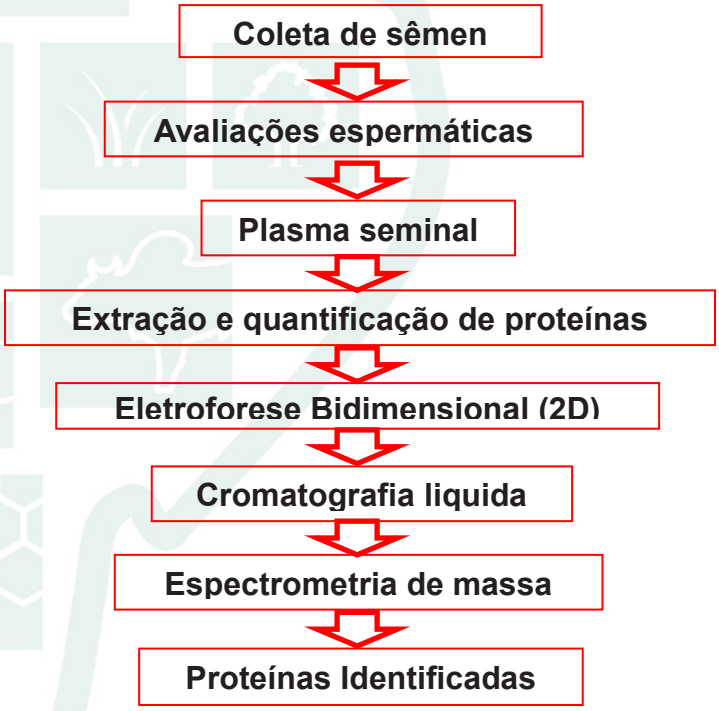


Figura 1. Esquema da análise proteômica

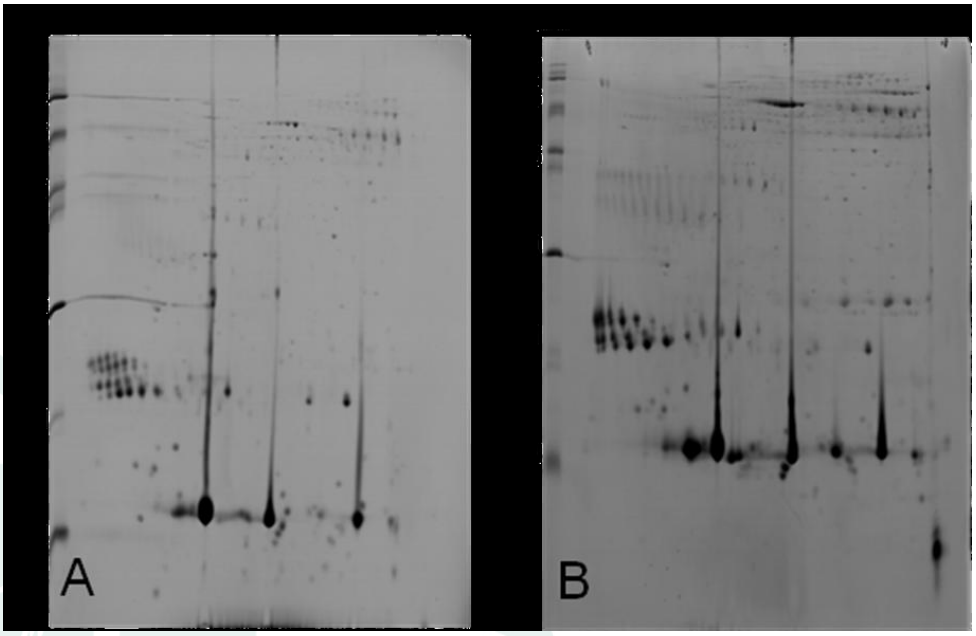
Biomarcador é uma característica mensurada e avaliada como um indicador de processos biológicos normais, processos patogênicos, ou respostas farmacológicas para intervenção terapêutica. Na produção animal, a proteômica vem sendo empregada

basicamente com duas finalidades: para predizer características proteicas dos produtos de origem animal levados ao consumidor final, e na utilização de marcadores proteicos, a fim de selecionar animais com características produtivas e reprodutivas superiores.

Baseado em experimentos recentes, foram identificadas as seguintes proteínas que são principais candidatas a marcadores de fertilidade em diversas espécies de mamíferos: osteopontina (OPN), prostaglandina D- sintase tipo lipocalina (PDGS), BSP-30 kDa, fosfolipase A2 (PLA-2), espermadesinas, proteínas de ligação à heparina (HBPs), P25b e clusterina.

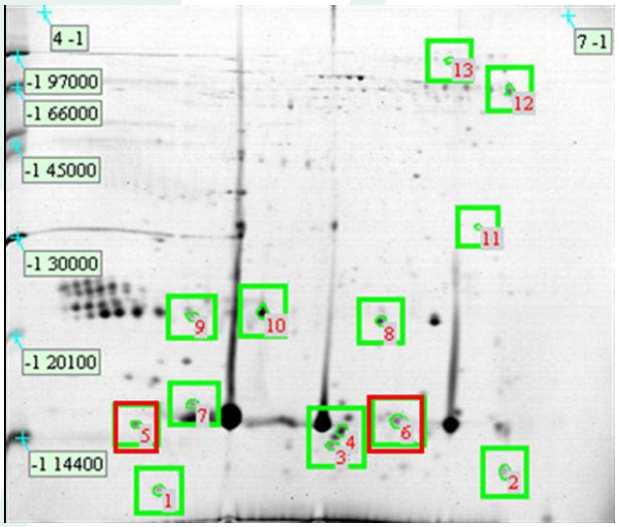
3. *A raça Moxotó e o "Fingerprinting"* das proteínas do plasma seminal

Valle (2012) trabalhando com o plasma seminal de caprinos Moxotó, visando conhecer o perfil protéico do plasma seminal entre os períodos chuvoso e seco, observou que o período seco apresentou menor diversidade de proteínas diferencialmente expressas obtidas por meio da técnica de 2D-PAGE (Figura 2). Além disso, também foi observado nesse período a presença de proteínas de baixo peso molecular (<40 kDa), que supõe-se sejam as mesmas encontradas por Jobim et al. (2003) cuja função tem relação com a manutenção da motilidade espermática. Observou-se nas análises dos géis, através do *software ImageMaster,* a presença de dois *spots* protéicos S5 e S6, de baixo MW (15,0 e 15,1 kDa) e pI ácido (4,5 e 6,0), respectivamente, que estiveram presentes somente no período chuvoso em todos os animais (Figura 3). Esses *spots* protéicos, provavelmente, são da família BSP, que segundo afirmação de Desnoyers et al. (1994) e Fraser et al. (1996), é a mais abundante no plasma seminal de bovino e, principal proteína de ligação à heparina, apresentando pI entre 4,6 e 7,2 e MW entre 12 e 17 kDa. Possui importância na fertilização, especificamente, na capacitação espermática, conferido pela sua ligação ao grupo de colina de fosfolípidios presentes na membrana do espermatozoide (Desnoyers e Manjunath, 1992). Em caprinos, essas proteínas foram observadas nas amostras de sêmen *in natura* e são denominadas de proteína seminal caprina (GSP; 14-15 kDa) (Villemure et al., 2003).



Roberta Vianna do Valle (2012)

Figura 2. Perfil bidimensional de proteínas do plasma seminal de caprinos Moxotó, cujo gráfico A representa o gel de referência do período chuvoso e o B representa o gel de referência do período seco, ambos gerados pelo *software ImageMaster Plantinum* versão 7.0



Roberta Vianna do Valle (2012)

Figura 3. Gel de referência representando os "*spots*" similares nos períodos chuvoso e seco (quadrado verde) e os "*spots*" 5 e 6 (quadrado vermelho) presentes apenas no período chuvoso, de acordo com as análises do *software ImageMaster Plantinum* versão 7.0

Os 12 *spots* protéicos foram identificados no banco de dados Uniprot, Expasy, pela ferramenta TagIdent através da comparação por pI e MW, estando as proteínas discriminadas na Tabela 1. Na espectrometria de massa foram identificadas sete proteínas (Tabela 2) através das ferramentas ProFound e uma utilizando MASCOT, disponíveis *online* em banco de dados. Contudo, a maioria dessas proteínas não possui função ainda definida na fisiologia reprodutiva do caprino.

Nenhuma proteína demonstrou homologia direta com a espécie *Capra hircus*, fato este justificado pelo reduzido número de proteínas e genes depositados nos bancos de dados, sendo, portanto, utilizado bancos de outras espécies como de ratos, primatas e bovinos.

Tabela 1. Proteínas similares presentes no período chuvoso e seco nos caprinos Moxotó adultos identificadas pela eletroforese bidimensional em gel de poliacrilamida através do banco de dados UniProt utilizando a ferramenta TagIdent disponível "*online*" no portal ExPASy com seus respectivos pesos moleculares (MW), ponto isoelétrico (pI) e funções (Fonte: Valle, 2012).

Proteínas	**MW(kDa)**	**PI**	**Função**	**Referência**
Thioredoxin	12,1-14,4	6,2-6,6	Antioxidante espermático	Paul et al. (2009)
Ribonuclease	13,0-14,0	6,2-6,6	Proteção na criopreservação do sêmen	Shivaj et al. (1989) Roncoletta et al. (2002)
Fosfolipase A2	14,0	5,6	Catalisa a liberação de ácidos graxos e de lisofosfolipídios no espermatozoide	Lee et al. (2003) La Falci et al. (2002)
Lisozima C-1	14,7-15,8	5,7	Proteção antimicrobiana	Lahnsteiner e Radner (2010)
Ubiquitin conjugation factor E4	16,1-17,5	4,8-5,0	Proteção através da fagocitose/eliminação de células espermáticas defeituosas	Sutovsky et al. (2001)

Mediador do RNA polymerase II transcription	21,3	5,9	Regulação da transcrição celular/sem função definida na reprodução	Siegal et al. (2005)

Tabela 2. Proteínas do plasma seminal de caprinos Moxotó adultos identificados por eletroforese bidimensional SDS-PAGE e espectrometria de massa (MALDI-ToF), nas ferramentas ProFound e MASCOT (Fonte: Valle, 2012).

Spots (Período)*	**Proteínas**	**MW/pI Teór**	**MW/pI Exper.**	**Proteína ID (gi)**	**Sequência coberta**
PROFOUND					
27 (PS)	*Histone H100-like Putative palmitoyltransferase ZHHHC4*	33,2/11,4	28,4/4,7	332231463	18%
29 (PS)	ZHHHC4	40,9/8,6	14,7/6,1	109065941	5%
48 (PC)	*rCG55718*	9,3/5,4	14,9/6,3	149021127	17%
47(PC)	*Immunoglobulin heavy* chain	12,2/9,3	15,1/5,7	13364887	14%
52 (PC)	*Hypothetical protein* LOC100720506	14,8/8,9	15,3/4,8	348563064	9%
708 (PC)	*cAMP response* Element binding protein	8,4 /3,8	15,7/4,9	4261569	88%
51 (PC)	*Hypothetical protein* LOC100720506	14,8/8,9	15,3/5,8	348563064	9%

MASCOT					
25 (PS)	*RNA polymerase subunit k*	-----	27,7/4,3	272569	-----

*PC: Período Chuvoso / PS: Período Seco

Dentre as proteínas identificadas no período seco, a ***histone H100-like*** fazem parte de um pequeno grupo formado por quatro proteínas presentes em grande quantidade, sendo ricas em arginina e lisina e associadas ao DNA das células eucarióticas, formando o nucleossomo que é a unidade da cromatina (Thatcher e Gorovsky, 1994). A cromatina exerce função de proteção a eventuais danos aos espermatozoides, causados pelo ambiente ou pela idade do animal (Sousa et al., 2010). A proteína *histone H-100 like,* encontrada no plasma de caprinos Moxotó, apresentou maior concentração no período seco, demonstrando que seja uma possível ação na proteção da cromatina das células espermáticas aos danos ambientais de altas temperaturas e de baixa umidade do semiárido do Nordeste.

A ***immunoglobulin heavy chain*** **(IgH)** foi diferencialmente expressa no período chuvoso e é caracterizada como uma subunidade polipeptídica da imunoglobulina, sendo considerada, geralmente, altamente polimórfica, com variação entre os animais (Wang et al., 2008). A função da IgH no plasma seminal de caprinos ainda não é conhecida. Porém em humanos, Chiu e Chamley (2003) na Nova Zelândia, relataram a presença desse anticorpo em 20% dos pacientes que procuram tratamento de infertilidade e concluíram que esse tem função de ligar-se às proteínas do plasma seminal para proteger a célula espermática de efeitos danosos. Portanto, a identificação dessa proteína para os caprinos Moxotó é relevante, principalmente para selecionar reprodutores de alta linhagem que se encontram com problemas temporários de fertilidade.

Estudos verificaram que a presença de ***RNA polymerase*** nos espermatozoides maduros de epidídimos de ratos (Wilkerson e Sarge, 2009) e bovinos (Fuster et al., 1977) tem função na maturação da célula espermática. Segundo Svarcova et al. (2008), estudando fêmeas bovinas que tiveram seus embriões pré-implantados, observaram que a *RNA polymerase* tem participação no desenvolvimento do núcleo durante a transcrição nas células embrionárias. Dessa forma, a identificação da *RNA polymerase* no plasma seminal de caprinos em maior

quantidade no período seco, sugere uma importante cooperação dessa proteína no processo da espermatogênese, propiciando condições adequadas para a produção de células germinativas mesmo em ambiente hostil.

4. Proteínas ligadas à heparina (HBP's) no plasma seminal de caprinos da raça Moxotó

Glicosaminoglicanos, em particular a heparina, estão envolvidos em vários processos celulares, tais como a apoptose, controle do ciclo celular, activação das plaquetas, capacitação, reação do acrossoma e descompactação do esperma. Proteínas de ligação à heparina (HBPs), são constituintes essenciais do fluido seminal humano, que se ligam a lípidos do esperma contendo o grupo fosforilcolina e medeiam o processo de fertilização (Kumar et al., 2009).

Esse grupo de proteínas seminais que têm atração pela heparina são importantes no processo de capacitação espermática, cuja presença é fundamental e essencial para que a célula possa alcançar o óocito no oviduto da fêmea, ativando o acrossoma para posterior fertilização (Poiani, 2006). Dentre estas HBPs encontram-se as espermadesinas e as proteínas ligadoras ao espermatozoide (BSPs) (Manjunath et al., 2009), sendo consideradas, portanto, como marcadores para capacitação espermática.

As HBPs foram identificadas em várias espécies tais como bovina (Chandonnet et al., 1990), eqüina (Frazer e Bucci, 1996), suína (Calvete et al., 1996), canina (Souza et al., 2006), bubalina (Hiron et al., 2006) e caprina (Santos, 2013). Estas proteínas são produzidas pelas glândulas próstata, vesículas seminais e glândulas bulbouretrais (Nass et al., 1990). Estudos têm mostrado que espermatozóides de touros de alta fertilidade apresentaram grande afinidade de ligação com a heparina do que os de menor fertilidade (Marks e Ax, 1985). Uma maior afinidade de ligação à heparina corresponde a maiores taxas de reação acrossômica (Ax et al., 1985; Ax e Lenz, 1987; Lenz et al., 1988). Ainda de acordo com estudos destes pesquisadores, os reprodutores com as três HBPs (30, 24 e 21 kDa) identificadas em suas membranas tiveram maior fertilidade (81,5%); quando a HBP de 24 kDa estava ausente, havia uma redução na fertilidade (61,3%) e quando os animais não possuíam HBPs em suas membranas, a fertilidade foi a mais baixa (41,9%).

Santos (2013) estudando a proteômica da raça Moxotó, através da cromatografia líquida de alta pressão (HPLC) (Gráfico 3), usando coluna de heparina Sefarose cujas frações das HBPs foram recuperadas e submetidas à SDS-PAGE, 12,5%, identificaram a presença de diferentes proteínas com afinidade à heparina (HBPs) durante o período chuvoso, cujos pesos moleculares foram 25, 27, 36, 41, 52, 60 e 75 kDa. Durante o período seco identificou-se proteínas cujos pesos foram 17, 48, 63, 86, 93 e 98 kDa, sendo as mesmas caracterizadas pela primeira vez como proteínas ligadas à heparina na espécie caprina da raça Moxotó no semiárido do Nordeste. As HBP's identificadas no plasma seminal ao longo dos dois períodos do ano foram as de pesos: 15, 20, 22, 23, 30, 32, 39, 52, 55, 66 e 69 kDa. Esse autor não observou variação sazonal para os parâmetros seminais (volume, concentração espermática, motilidade individual progressiva, vigor e vitalidade) na raça Moxotó entre os períodos chuvoso e seco (P>0,05), havendo, no entanto, diferença entre animais.

Com base nos estudos proteômicos do plasma seminal, pode-se conhecer melhor a função das proteínas na fecundação e preconizar a potencialidade dos reprodutores. Os espermatozoides têm que possuir capacidade fecundante para fertilizar os oócitos viáveis, e essa capacitação é mediada pelas HBP's, sendo então consideradas importantes marcadores no processo de fertilização.

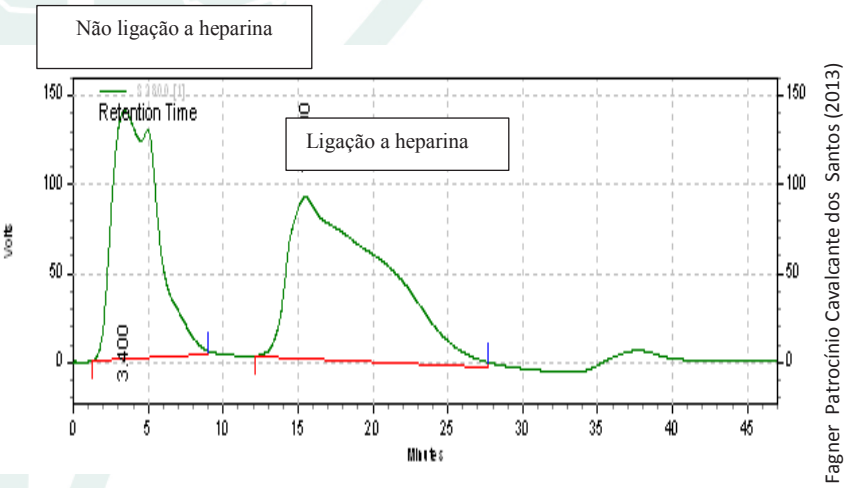


Gráfico 3. Cromatograma de purificação das proteínas do plasma seminal de caprinos da raça Moxotó, com amplitude máxima (mUA) e tempo de retenção (min) durante o período seco (Fagner, 2013).

Silva et al. (2006) estudando a adaptabilidade de caprinos nativos Moxotó e naturalizados Anglo-Nubiano, Boer e Savana demonstraram que estas raças estão bem adaptadas, fisiologicamente, às condições climáticas do semiárido e, que apresentam o mesmo grau de tolerância ao calor.

La Falci et al. (2002) observaram, através da cromatografia líquida em coluna de heparina Sepharose CL-6B na raça Saanen, no sul do Brasil, diferenças no padrão de proteínas por afinidade a heparina (HBPs), como uma banda de 178 kDa, única para a época de reprodução; uma diminuição na de 119 kDa; e um aumento das proteínas variando de 73-104 kDa. Além disso, as HBPs apresentam atividade da enzima fosfolipase A2 (PLA2), que foi 4,4 vezes maior na temporada não reprodutiva do que na época de reprodução na raça Saanen, cujos locais de ligação foram observados na superfície dos espermatozóides, particularmente na parte média. Estes resultados indicam que as proteínas do plasma seminal de caprinos estão sob controle sazonal na região sul, e está relacionada com a qualidade e função espermática durante as estações não reprodutivas.

Na tabela 3 encontram-se algumas HBPs identificadas em alguns animais domésticos.

Tabela 3. Algumas Heparin Binding Proteins (HBPs) identificadas em animais de diferentes espécies

Peso Molecular (kDa)	**Espécie**	**Identificação/Possível Função**
12	Caprina Saanen	Teixeira et al. (2006)
14 - 31	Bos taurus	Miller et al. (1990); Bellin et al. (1996)
15	Caprina	Espermadesina: Manutenção da motilidade espermática (Jobim et al., 2003).
15	Bos taurus	Fernandes et al. (2008)
14-15	Caprina	GSPs: Vilemure et al. (2003)
20 -22	Caprina	Proteína homóloga à BSP em caprinos (GSP 22kDa): Villemure et al. (2003)
22-25	Equina	Töpfer-Petersen et al. (2004)
25	Bos taurus	Provavelmente relacionada com a inibição das Metaloproteinases: Fernandes et al. (2008)

21-24	Bovina	Reação do acrossomo: Bellin et al. (1996); Mccauley et al. (1996)
25	Bovina	Clusterina: Jobim et al. (2009)
30	Bovina	HSP-1 em bovinos: Prolonga a manutenção da vida das células espermáticas no trato genital da fêmea e também mantem a motilidade espermática durante a passagem pelo epitélio tubário feminino (Gwathmey et al., 2006); Envolvida no momento da chegada do espermatozóide ao óvulo, na fertilização (Poiani, 2006).
39	Bos taurus	Relacionada com a qualidade do sêmen e fertilidade: Fernandes et al. (2008)
53	Bos taurus	Relacionada com a qualidade do sêmen e fertilidade:Fernandes et al. (2008);
58	Bos taurus	Relacionada com a qualidade do sêmen e fertilidade: Fernandes et al. (2008);
63	Bos taurus	Relacionada com a qualidade do sêmen e fertilidade: Fernandes et al.(2009)
73-104 119	Caprina Saanen	As HBPs causam deterioração da motilidade dos espermatozóides e quebra do acrossoma em meios contendo e não contendo leite desnatado, e o efeito foi mais acentuado com as proteínas na estação não reprodutiva: La Falci et al. (2002)
178	Caprina Saanen	Única proteína presente em caprinos na estação reprodutiva no sul do Brasil (La Falci et al., 2002)

Jobim et al. (2003), afirmam que a banda de peso molecular de 15 kDa em bovinos está relacionada com a manutenção da motilidade espermática. Villemure et al. (2003) encontraram em caprinos espermadesinas (HBPs) com pesos de 14 e 15 kDa, concordando com os resultados deste trabalho, no qual identificou a proteína de 15 kDa por afinidade em coluna de heparina-sefarose tanto no período seco como chuvoso. Também Jobim et al. (2009) identificaram apenas no período chuvoso a proteína de peso 25 kDa identificada como clusterina, proteína essa identificada também neste trabalho apenas no período chuvoso em caprinos Moxotó. Em equinos, Töpfer-Petersen et al. (2004) encontraram as HSP-1, com pesos variando de 22 a 25 kDa.

A HBP-30 kDa foi encontrada neste trabalho nos períodos seco e chuvoso, concordando com os achados de Gwathmey et al. (2006) que acharam em bovinos a proteína de 30 kDa, também considerada uma BSP em bovinos, a qual prolonga a manutenção da vida das células espermáticas no trato genital da fêmea, mantendo a motilidade espermática durante a passagem pelo epitélio tubário feminino (Gwathmey et al., 2006), até que o oócito atinga o local da fertilização (Poiani, 2006).

Considerações Finais

A variação sazonal do clima tropical na região semiárida do Nordeste não mostrou interferir na qualidade do sêmen dos caprinos da raça Moxotó, mesmo havendo diferença entre as variáveis meteorológicas entre os períodos estudados e uma menor diversidade de proteínas diferencialmente expressas no período seco do que no chuvoso. Esses resultados podem ser explicados, provavelmente, pela rusticidade e adaptabilidade da raça Moxotó e à presença de 12 proteínas similares com função de proteção das células espermáticas nos dois períodos. No período chuvoso foram detectados dois *spots* da família das GSPs, podendo vim a serem potenciais marcadores da fertilidade na raça Moxotó;

Pela primeira vez foram identificas no plasma seminal de caprinos as seguintes proteínas: ***histone H100-like***, *putative palmitoyltransferase,* ***immunoglobulin heavy chain***, *cAMP response element binding protein* (ProFound) e a proteína ***RNA polymerase*** (MASCOT).

O conhecimento dos aspectos moleculares do fluido genital masculino e de sua fisiologia podem auxiliar as estratégias de preservação e conservação dos recursos reprodutivos da raça Moxotó.

Referência Bibliográfica

ABERSOLD, R.; ANDERSON, L.; CAPRIOLI, R. et al. Perspective: a program to improve protein biomarker discovery for cancer. **Journal of Proteome Research**, v.4, p.1108-1109, 2005.

AX, R.L.; LENZ, R.W. Glycosaminoglycans as probes to monitor differences in fertility of bulls. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.1477, 1987.

BELLIN, M.E. et al. Monoclonal antibody detection of heparin-binding proteins on sperm corresponds to increased fertility of bulls. **Journal of Animal Science**, v.74, p.173-182, 1996.

CALVETE JJ, CARRERA E, SANZ L, TÖPFER-PETERSEN E. Boar spermadhesins AQN-1 and AQN-3: oligosaccharide and zona pellucida binding characteristics. **Biology Chemistry**, v.377, p.521-527, 1996.

CHANDONNET L, ROBERTS KD, CHAPDELAINE A, MANJUNATH P. Identification of heparin-binding proteins in bovine seminal plasma. **Molecular Reproduction Development**, v.26, p.313-318, 1990.

CHIU, W.W.; CHAMLEY, L.W. Human seminal plasma prolactin-inducible protein is an immunoglobulin G-binding protein. **Journal of Reproductive Immunology**, v.60, p.97-111, 2003.

CORTHALS, G. L.; WASINGER, V. C.; HOCHSTRASSE, D. F. et al. The dynamic range of protein expression: A challenge for proteomic research. **Electrophoresis**, v. 21, p. 1104-1115, 2000.

DESNOYERS, L.; MANJUNATH, P. Major proteins of bovine seminal plasma exhibit novel interactions with phospholipid. **Journal of Biological Chemistry**, v.267, p.10149-10155, 1992.

DESNOYERS, L.; THÉRIEN, I.; MANJUNATH, P. Characterization of the major proteins of bovine seminal fluid by two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis. **Molecular Reproduction and Development**, v.37, n.425-435, 1994.

EGITO, A.A.; MARIANTE A.S.; ALBUQUERQUE, M.S.M. Programa brasileiro de conservação de recursos genéticos animais. **Archivos de zootecnia**, v.51, p.39-52, 2002.

ELOY, A.; FURTADO, J. R.; SILVA, N. M. M. Marcadores moleculares do plasma seminal de caprinos – Estudos Preliminares. **Documentos / Embrapa Caprinos e Ovinos**, ISSN 1676-7659; 88, 33p. Sobral, 2009. Disponível em:<http://www.cnpc.embrapa.br>. Acesso em: 11 Jan. 2012.

FERNANDES, C. E.; SOUZA, F. F.; SOUZA-NETO, J. A. et al. Heparin-binding proteins of seminal plasma in Nellore bulls. seminal plasma in Nellore bulls. **Ciência Rural,** v.39, p. 275-278, 2009.

FIGEYS, D.; PINTO, D. Proteomics on a chip: Promising developments. **Electrophoresis**, v.22, p.208-216, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Edts. Ruane, J. e Sonnino, A. The role of biotechnology in exploring and protecting agricultural genetic resources. Disponível em: (http://www.onu.org.br/onu-no-brasil/fao/). Acesso em 05 de setembro de 2014.

FRASER, G.S.; BUCCI, D.M.; BROOKS, C.L. Two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis of bovine semen after cryopreservation in half-milliliter straws. **Theriogenology**, v.43, p.1103-1115, 1996.

FRASER, G.S.; BUCCI, D.M. Characterization of the major polipeptides of equine seminl plasma by two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis. **Theriogenology**, v.46, p.1398-1402, 1996.

FUSTER, C.D.; FARRELL, D.; STERN, F.A. et al. RNA polymerase activity in bovine spermatozoa. **The Journal of Cell Biology**, v.74, n.3, p.698-706, 1977.

GALDOS, A. C. R. Análise proteômica do saco vitelino de bovinos. [Proteomic analisys of bovine yolk sac]. 2009. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) –Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GWATHMEY, T.M., IGNOTZ, G.G., MUELLER, J.L. et al. Bovine seminal plasma proteins PDC-109, BSP-A3, and BSP-30-kDa share functional roles in storing sperm in the oviduct. **Biology of. Reproduction**. 75, 501-507, 2006.

HIRON, M.; HARSHAN, L. P.; SINGH, A. et al. Effect of buffalo seminal plasma heparin binding protein (HBP) on freezability and in vitro fertility of buffalo cauda spermatozoa. **Animal Reproduction Science**, v.93, p.124-133, 2006.

JOBIM, M. I. M.; GREGORY, R. M.; MATTOS, R. C. Marcadores protéicos de fertilidade no plasma seminal e na membrana plasmática. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, n.6, p.11-19, 2009.

JOBIM, M.I.M.; OBERST, E.R.; SALBEGO, C.R. et al. Proteínas de baixo peso molecular do plasma seminal bovino relacionadas com a congelabilidade do sêmen através de

eletroforese bidimensional em gel de poliacrilamida. **Acta Scientiae Veterinariae**, v.31, n.1, p.21-30, 2003.

KUMAR, V.; HASSAN, M.I.; TOMAR, A.K. et al. Proteomic analysis of heparin-binding proteins from human seminal plasma: a step towards identifi cation of molecular markers of male fertility. **Journal of Biosciences**. v.34, n.6, p.899–908, 2009.

LA FALCI, V.S.N.; TORTORELLA, H.; RODRIGUES, J.L. et al. Seasonal variation of goat seminal plasma proteins. **Theriogenology**, v.57, p.1035-1048,2002.

LAHNSTEINER, F.; RADNER, M. Lysozyme activities and immunoglobulin concentrations in seminal plasma and spermatozoa of different teleost species and indications on its significance for sperm function. **Theriogenology**, v.74, n.2, p.246-254, 2010.

LEE Y.H.; BAHN C.S.; KANG Y. et al. Secretory low molecular weight phospholipase A2 plays important roles in cell elongation and shoot gravitropism in arabidopsis. **The Plant Cell**, v.15, p.1990–2002, 2003.

LENZ, R.W, MARTIN, J.L, BELLIN, M.E. et al. Predicting fertility of dairy bulls by inducing acrosome reactions in sperm with chondroitin sulfates. **Journal of Dairy Science,** v.71, p.1073- 1078, 1988.

LIMA, P.J.S.; SOUZA, D.L.; PEREIRA, G.F. et al. Gestão genética de raças caprinas nativas no estado da Paraíba. Archivos de Zootecnia, v. 56 (Sup. 1), p. 623-626, 2007.

MAIA, F.J.; BRANCO, A.F.; MOURO G.F. et al. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: produção,composição e perfil dos ácidos graxos do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1504-1513, 2006.

McCAULEY, T.C. et al. Localization of a heparin-binding protein to distinct regions of bovine sperm. **Journal of Animal Science**, Champaing, v.74, p.429-438, 1996.

MARKS, J.L.; AX, R.L. Relationship of nonreturn rates of dairy bulls to binding affinity of heparin to sperm. **Journal of Dairy Science**., v.68, p.2078-2082, 1985.

MILLER, D.J. et al. Heparin-binding proteins from seminal plasma bind to bovine spermatozoa and modulate capacitation by heparin. **Biology of Reproduction**, v.42, p.899-915,1990.

NASS, S.J.; MILLER, D.J.; WINER, M.A. et al. Male accessory sex glands produce heparin-binding proteins that bind to cauda epididymal spermatozoa and are testosterone dependent. **Molecular Reproduction and Development**, v.25, p.237-246, 1990

PAUL, C.; TENG, S.; SAUNDERS, P.T.K.A. et al. Transient scrotal heat stress causes hypoxia and oxidative stress in mouse testes, which induces germ cell death. **Biology of reproduction**, v.80, p.913–919, 2009.

POIANI, A. Complexity of seminal fluid: a review. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.60, n.3, p.289-310, 2006.

RONCOLETTA, M.; MORANI, E.S.C.; FRANCESCHINI, P.H. 14 kDa seminal plasma protein identification and its relation with bull semen freezability. **Theriogenology**, v.57, p.479, 2002.

SANTOS, F. C. P. Proteínas ligadas à heparina no plasma seminal de caprinos da raça Moxotó. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2013.

SHIVAJ, S.; RUKMINI, V.; GUPTA P.D.; BHARGAVA, P.M. Localization of bovine seminal plasma RNA-A BS1, on the superface of bovine spermatozoa. **Cell and Molecular Biology**, v.3, p.285-291, 1989.

SIEGAL, M.L.; BAKER, B.S. Functional conservation and divergence of intersex, a gene required for female differentiation in Drosophila melanogaster. **Development Genes and Evolution**, v.215, p.1-12, 2005.

SOUZA, B.B. et al. Temperatura superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de diferentes grupos raciais no semi-árido nordestino. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.275-280, 2008.

SOUZA, F. F.; MARTINS, M. I. J.; FERNADES, C. E. S. et al. Heparin-binding proteins of canine seminal plasma. **Theriogenology**, v. 66, p. 1606-1609, 2006.

SUTOVSKY, P., TERADA, Y. AND SCHATTEN, G. Ubiquitin-based sperm assay for the diagnosis of male factor infertility. **Human Reproduction,** 16, 250-258, 2001.

SVARCOVA, O.; STREICEK, F.; PETROVICOVA, I. et al. The role of RNA polymerase I transcription and embryonic genome activation in nucleolar development in bovine

preimplantation embryos. **Molecular Reproduction and Development**, v.75, n.7, p.1095-1103, 2008.

TEIXEIRA, A.V.C.; ELOY, A.M.X.; FURTADO, J.R.; PINHEIRO, R.R.; PONTES, M.S. 1D mapping of seminal plasma proteins in Anglo-Nubian goats. **Animal Reproduction**, v.6, n.4, p.516-525, 2009.

THATCHER, T.H.; GOROVSKY, M.A. Phylogenetic analysis of the core histones H2A, H2B, H3 and H4. **Nucleic acids research**, v.22, p.174-179, 1994.

TÖPFER-PETERSEN, E.; EKHLASI-HUNDRIESER, M.; KIRCHHOFF, C. et al. The role of stallion seminal proteins in fertilization. **Animal Reproduction Science**, v.89, n.1-4, p.159-170, 2004.

UNIPROT. **Universal Protein Resource**. Disponível em: <http://www.uniprot.org/>. Acesso em: Março de 2014.

VALLE, R. V. Variação sazonal das proteínas do plasma seminal de caprinos (*capra hircus)* da raça Moxotó. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2013.

VILLEMURE, M.; LAZURE, C.; MANJUNATH, P.Isolation and characterization of gelatine-binding proteins from goat seminal plasma. **Reproductive Biology and Endocrinology**, v.1, p.39, 2003.

WANG, Y.; JACKSON, K.J.L.; SEWELL, W.A. et al. Many human immunoglobulin heavy-chain IGHV gene polymorphisms have been reported. **Immunology and Cell Biology**, v.86, p.111-115, 2008.

WILKERSON, D.C.; SARGE, K.D. RNA polymerase II interacts with the *Hspa1b* promoter in mouse epididymal spermatozoa. **Reproduction**, v.137, p.923-929, 2009.

Como aumentar a produtividade de seu rebanho: o potencial do melhoramento animal

Prof. Dr. José Bento Sterman Ferraz

Núcleo de Apoio à Pesquisa em Melhoramento Animal, Biotecnologia e Transgenia, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - Campus de Pirassununga, SP, ✉ jbferraz@usp.br

Introdução

O melhoramento animal vem sendo realizado desde os primórdios da humanidade, quando o homem começou a domesticar os animais e percebeu que poderia modificar a aptidão dos mesmos, ao longo das gerações. A seleção de reprodutores nada mais é do que a escolha dos animais que devem ser os pais das próximas gerações e seu acasalamento de forma mais privilegiada que os demais indivíduos da população. Esse processo permite que esses animais escolhidos deixem mais descendentes do que outros e, consequentemente, contribuam de forma diferenciada com o patrimônio genético da próxima geração, deixando mais cópias de seus genes e alterando a frequência gênica.

Para se entender como funciona o processo de seleção e como o melhoramento genético animal pode ser aplicado para melhorar a produtividade e rentabilidade, é necessário o conhecimento de alguns conceitos.

O que é melhoramento genético animal?

O melhoramento genético animal é a ciência que estuda as ações da genética dos indivíduos e do ambiente na determinação de suas características de interesse econômico. Essa ciência se divide, basicamente, em duas ações: a seleção e os sistemas de acasalamento.

A seleção consiste em escolher os animais que, pela união de seus gametas, formarão a próxima geração. A seleção, por permitir taxas reprodutivas diferenciadas, é uma das mais poderosas forças de alteração da frequência dos genes nas populações.

Mas como escolher reprodutores e matrizes de maneira adequada a determinados objetivos, com o menor risco de erro possível? Essa é a pergunta que está sempre intrigando os criadores. Para se responder a essa pergunta, é necessário responder a uma outra pergunta crítica para o agro-negócio da pecuária: para que servem reprodutores e matrizes?

Os animais de reprodução de um rebanho, reprodutores e matrizes, são verdadeiras "máquinas" e valem pelo número de produtos que elas produzem: os bezerros e bezerras. Se as máquinas valem pelos seus produtos e, para produzir esses descendentes, machos e fêmeas contribuem com partes iguais na genética nuclear, genética essa transmitida pelos seus gametas (espermatozóides e óvulos), reprodutores e matrizes valem exatamente o valor médio desses gametas. Essa resposta é essencial para que se saiba dar o valor correto ao material genético que é adquirido nas propriedades rurais. Mas como conhecer esse valor?

Infelizmente não é possível conhecer com precisão o valor genético dos animais. O problema é muito simples: o desempenho dos animais, também denominado de fenótipo é resultado do patrimônio genético que o animal possui, o chamado genótipo e, ainda, dos efeitos de meio ambiente, existindo ainda uma interação entre os efeitos de genótipo e de meio ambiente, já que alguns animais são superiores a outros em alguns ambientes, mas podem se tornar inferiores àqueles em outros ambientes.

A Figura 1, apresentada a seguir, simboliza os fatores que condicionam o desempenho de um animal, desempenho esse que pode se expressar em características de crescimento, reprodutivas, de qualidade de carcaça e de carne.

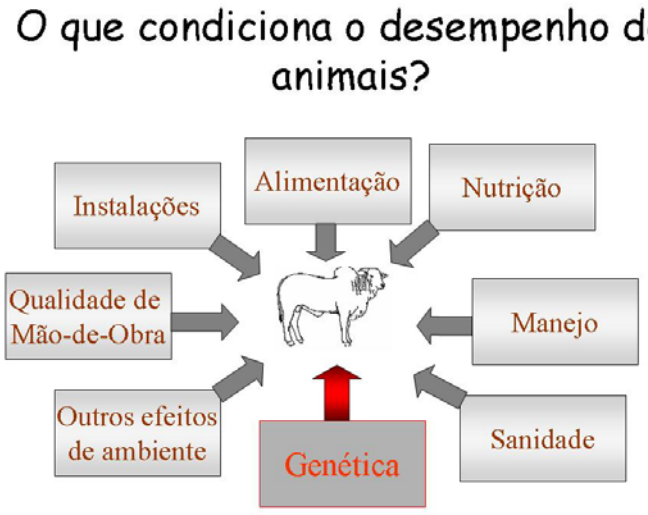


Figura 1. Esquema dos fatores que influenciam a produtividade dos animais.

Para facilitar o entendimento, é possível colocar esse diagrama da Figura 1, na forma de um modelo ou equação simples e simbolizar o fenótipo com a letra F, o genótipo com a letra G, o meio ambiente com a letra E e a interação entre o genótipo e o ambiente com as letras GE. O desempenho dos nossos animais, seja qual for a característica estudada (peso à desmama, peso ao ano, produção de leite, circunferência escrotal, etc.) poderá ser colocado numa equação muito simples:

$$F = G + E + GE$$

Esta equação nos mostra que, infelizmente, o fenótipo que medimos nos animais não demonstra diretamente sua qualidade ou potencialidade genética. Essa produção ou medida F estará sempre influenciada pelo meio ambiente E e pela interação genótipo-ambiente GE.

Para complicar mais um pouco, a fração G pode ser dividida em três componentes: o valor aditivo dos genes (A), que todo gene tem, o desvio da ação individual dos genes, o desvio devido aos efeitos de dominância (D), que dependem do efeito conjunto dos genes contidos nos gametas que vêm do pai e de mãe, e dos efeitos de interação entre genes de loci diferentes (I). Assim, nossa equação, ficaria:

$$F = (A + D + I) + E + GE$$

No entanto, o único termo previsível dessa equação é o A. A enorme evolução das metodologias de análise de dados visando estimar esse valor de A, ocorrido no século XX, exige o uso de modelos estatísticos bastante complexos para, dado um conjunto de observações e informações de pedigree dos animais, podermos fazer essa estimativa. Quando estimamos esse valor de A, e o utilizamos para a escolha dos animais que deixarão descendentes, estaremos perto de obter o ganho máximo que a seleção pode oferecer.

A evolução das metodologias de estimação do valor genético: Vamos ser mais eficientes?

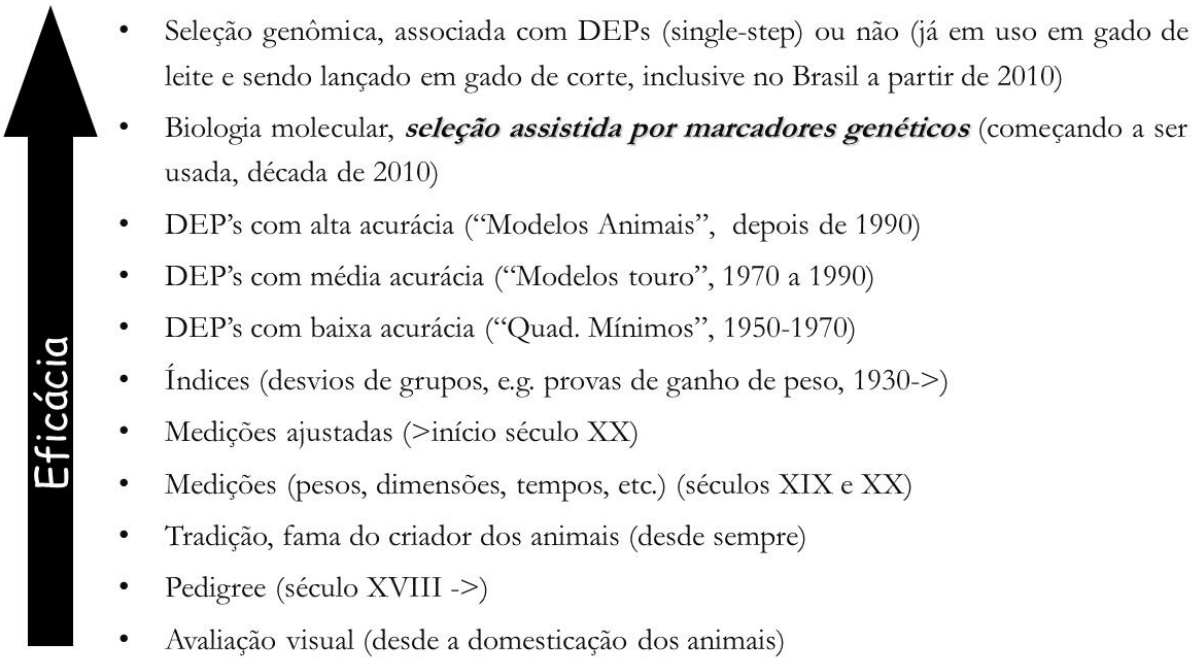


Figura 2. Representação esquemática dos principais métodos de estimação de valor genético dos animais.

A eficiência de seleção e dos métodos de estimação do valor que os animais tinham como reprodutores, inicialmente intuitivos e depois baseados no conhecimento científico, evoluiu desde o início da vida dos homens e a domesticação dos animais, como mostra a Figura 2. A flecha que ilustra essa lista refere-se ao sentido no qual a eficácia dos processos seletivos aumentou, isto é, quando mais recente o processo, mais eficiente ele tem sido.

As avaliações genéticas

O processo pelo qual são estimados os valores genéticos aditivos dos animais, o A da equação acima é conhecido como avaliação genética. Avaliar a qualidade genética de um animal nada mais é do que estimar o seu valor genético aditivo, ou seja, o A de nossa equação. Jamais conheceremos com precisão o valor que um animal tem como reprodutor, mas, através

de metodologias diversas, é possível estimar esse valor. É, entretanto, necessário que a estimativa seja livre dos efeitos de meio ambiente e da interação genótipo-ambiente.

O valor genético dos animais depende da ação dos genes envolvidos na determinação das características, do número de informações a respeito dos animais avaliados (quanto maior este número, melhor a estimativa do valor genético), do parentesco entre os animais avaliados e as fontes de informação (quanto mais próximo o parentesco, maior a ênfase que a informação deve ter), além dos chamados efeitos permanentes de ambiente e da precisão com que os efeitos de ambiente são identificados.

Por definição, o valor genético aditivo esperado (Expected Breeding Value ou EBV) de um animal é o valor que ele teria como reprodutor. Em última análise o valor genético aditivo (lembra-se do A de nossa equação?) é o que os rebanhos selecionadores vendem, pois expressa o potencial genético dos animais vendidos. Este valor mostra o quanto a média dos filhos de um animal seria desviada em relação à média de todos filhos dos reprodutores em utilização, ou seja, produziriam "a mais" ou "a menos" que a média dos filhos dos outros reprodutores, que tenham sido utilizados na mesma população de animais onde estivemos estimando os valores genéticos.

As DEPs (Diferenças Esperadas de Progênie) são, por definição, a fração de uma superioridade de progênie devidas aos efeitos dos genes do reprodutor e correspondem é a metade de seu valor genético aditivo.

Uma conta muito útil para entender a aplicação prática das DEPs: imagine que um touro A tem DEP de +12,0 kg para Ganho de peso ao sobreano e outro touro B tem DEP de -3,0 kg para a mesma característica. A diferença entre os dois touros será de 15 kg e os filhos do touro A serão 15 kg mais pesados ao sobreano que os do touro B, se ambos forem acasalados com vacas semelhantes. Se essa diferença se mantiver até o abate, o que é comum, multiplique esta arroba extra de peso vivo por animal por 30 filhos/ano e por 5 anos (vida útil do touro) e por 52% de rendimento de carcaça. O resultado é de cerca de 80 arrobas de peso no gancho, equivalente, a preços de agosto de 2014, a cerca de R$9.600,00 (ou cerca de US$4,200.00), que é o valor da diferença, no bolso do criador, entre os valores de abate dos filhos dos touros A e B.

As DEPs (Diferenças Esperadas de Progênie) são, por definição, a fração de uma superioridade de progênie devidas aos efeitos dos genes do reprodutor e correspondem é a metade de seu valor genético aditivo. Este conceito de DEP é usado em geral pelos criadores de gado de corte. Os criadores de gado leiteiro utilizam-se dos termos PTA (Predicted Transmiting Ability ou habilidade prevista de transmissão),TA (Transmiting Ability, ou Habilidade de Transmissão), ou ainda PD (Predicted Difference) ou SC (Sire Comparison ou Comparação entre Reprodutores). Em essência, todos estes termos estimam a metade do valor genético de um reprodutor. As DEPs são uma potente ferramenta para auxiliar nas decisões de seleção por parte dos pecuaristas. Utilizar-se dessa ferramenta no momento de decidir qual touro, ou sêmen, será adquirido, deve aumentar de maneira acentuada o progresso genético dos rebanhos.

A enorme valorização de reprodutores e matrizes campeões de exposições pecuárias de gado de corte, com preços de venda incompatíveis com a pecuária comercial, muitas vezes se baseia em seleção por avaliação visual, associada a seleção pelo pedigree, métodos pouco acurados de avaliação do valor que os animais têm como transmissores de material genético, que é a função real dessas matrizes e reprodutores. A transferência de embriões, muitas vezes realizada em fêmeas que tiveram problemas reprodutivos ou até mesmo nunca pariram, e que não têm avaliações genéticas de qualquer tipo, têm sido realizadas como forma de obter embriões de alto preço, mas que não têm, novamente, nenhum tipo de avaliação genética. Esses dois mecanismos de supervalorização desses animais e embriões têm como consequências não o melhoramento da raça, mas resultados imprevisíveis, na maioria das vezes representam um trabalho de seleção contrária aos reais objetivos da pecuária de corte. Os processos de seleção devem ser orientados pelos valores genéticos dos indivíduos e, dependendo do nível de risco que se pode assumir, pela acurácia das avaliações.

A acurácia das avaliações

Além da predição do valor genético dos animais, é importante também a acurácia associada a este valor, que é dependente da qualidade e da quantidade de informação disponível. Em geral, quanto maior o número de informações de desempenho dos animais e

mais próximo o parentesco entre os animais com informação disponível e o animal avaliado, maior a acurácia de predição do valor genético deste animal.

A acurácia (do inglês accuracy), também conhecida como repetibilidade da avaliação) de uma estimativa é uma medida da correlação entre o valor estimado e os valores das fontes de informação, ou seja mede o quanto a estimativa que obtivemos é relacionada com o "valor real" do parâmetro. Ela nos informa o quanto o valor estimado é "bom", ou seja o quanto o valor estimado é "próximo" do valor real e nos dá a "confiabilidade" daquela estimativa ou valor. Se o valor genético é estimado apenas pelo desempenho do próprio animal (em peso ao sobreano, por exemplo), o valor da acurácia será de 0,50 (para herdabilidade de 0,25), mas se a estimativa for baseada em 18 filhos (progênie) de um touro com uma amostra aleatória (tirada ao acaso) de vacas, a acurácia subirá para 0,74. Quanto mais informações a respeito de um reprodutor estiverem disponíveis, mais acurada, mais "confiável" a estimativa. A acurácia, no entanto, não depende somente do número de filhos de um reprodutor que foram medidos, mas, também do número de parentes medidos que esse reprodutor teve. Assim, é comum touros com menor número de filhos do que outros terem acurácias maiores, devido à contribuição de maior número de parentes na estimação de seu valor genético.

Este conceito de acurácia é muito importante para as decisões de um criador, pois indica o "risco" da decisão. Se o criador tiver um pequeno rebanho de alto valor genético, fica muito difícil utilizar-se um reprodutor cujo valor genético aditivo (DEP) tenha baixa acurácia, pois o valor estimado não é muito "confiável" e quando aumentarem as informações a respeito daquele reprodutor, por exemplo, na próxima avaliação ou no próximo ano, aquele valor genético previsto poderá diminuir e o pequeno criador terá à venda então filhos de um reprodutor inferior ao que ele imagina que iria ter. Mas aquele valor poderá também subir e então o criador terá filhos de um bom touro. A acurácia nos informa em última análise a "segurança" que temos de que aquele valor estimado vá mudar ou não. Mas se o criador tem um porte maior e gosta de correr riscos (e talvez ter maiores lucros), ele poderá investir adquirindo tourinhos (ou sêmen) com altos valores genéticos estimados e baixa acurácia, que em geral são mais baratos, e usar este material genético em uma parte de seu rebanho. Se o tourinho confirmar seu alto potencial e tiver maior acurácia na próxima avaliação, esse criador

terá feito um bom negócio, mas se tiver um pior desempenho, só parte dos seus produtos será originária de reprodutores "inferiores".

Mas, altas acurácias só são conseguidas a partir de muitas informações a respeito do animal que está sendo testado, em geral obtidas a partir de muitos filhos e filhas do touro e isto significa mais tempo entre o nascimento desse reprodutor e seu uso no rebanho. Isso, no entanto, aumenta o intervalo entre gerações e diminui o ganho genético por ano. Assim, usarem-se animais jovens, com baixa acurácia, pode aumentar o risco, mas se a avaliação estiver sendo bem feita, o mérito genético do rebanho como um todo cresce mais rapidamente do que se utilizar touros "provados", com altas acurácias. A decisão é estritamente técnica e deve ser tomada caso a caso.

A Tabela 1, apresentado a seguir, nos dá uma idéia aproximada desse risco:

Tabela 1 - Relação entre acurácia de uma estimativa de valor genético de um animal e o risco de utilizar-se ou não tal animal como reprodutor na propriedade.

Acurácia	**Razão**	**risco**
0,10 a 0,30 (baixa)	poucas informações a respeito do animal, animal em geral muito jovem ➔ acurácia baixa, diminui o intervalo entre gerações	alto
0,31 a 0,70 (média)	número razoável de informações, reprodutor jovem, com de 10 a 20 filhos já testados (em gado de leite, 10 a 20 filhas com lactação) ➔ acurácia média, intervalo entre gerações médio	médio
acima de 0,7 (alta)	número suficiente de informações, animal com mais de 20 filhos ou filhas testados ➔ acurácia alta, aumenta muito o intervalo entre gerações	baixo

A fórmula do ganho genético anual, apresentada a seguir, mostra que a acurácia, nela representada por rÂ,A é importante para esse ganho anual, pois está no numerador da fração, mas o intervalo de gerações, que representa a idade dos reprodutores (o L da equação), está no denominador. O uso de reprodutores provados, mas de idade avançada, retarda o ganho genético anual. O ideal é buscar reprodutores jovens, com a maior acurácia possível, para garantir avanços constantes no seu plantel.

$$\Delta G/ano = \frac{i * r_{\hat{A}A} * \sqrt{h^2} * \sigma_P}{L}$$

ΔG/ano = ganho genético/ano
i = intensidade de seleção
Acc = $r_{\hat{A}A}$ = acurácia
σ_p = desvio-padrão fenotípico
h^2 = herdabilidade
L = intervalo de gerações

O uso das avaliações genéticas pelos criadores

As DEPs – Diferenças esperadas de progênie - são resultados de amplos programas informatizados de controle e avaliação de reprodutores conduzidos por criadores ou Associações de Criadores e publicados em seus "Sumários de Reprodutores" em gado de corte. Em outras espécies os valores genéticos aditivos são expressos em “breeding value” (BV) ou “estimated breeding value“ (EBV), como no caso dos suínos e “predicted transmiting ability” (PTA) ou “transmiting ability”(TA), como no caso do gado de leite. A DEP é a metade do EBV.

As DEPs podem ser estimadas para quaisquer características que se possam medir com precisão, como o peso ao nascer, peso à desmama ajustado, peso aos 60, 180 ou 270 dias, produção leiteira, de gordura ou proteína ajustadas, circunferência escrotal ajustada, pontuação em um sistema linear de avaliação corporal, altura, notas para facilidade de parto, etc. Quanto maior o número e mais precisas forem as informações, incluídas as de pedigree dos animais, mais ampla será a avaliação de um reprodutor. Nada impede que um reprodutor seja "superior" aos demais em algumas características e "inferior" em outras. Essas informações é que são úteis para a decisão de cada criador, que tem a liberdade de melhorar seu rebanho segundo seus conceitos e idéias.

Os valores das DEPs podem mudar de uma avaliação para outra (em geral de um ano para outro), à medida que novas informações são agregadas. Os sistemas de avaliação em uso

hoje estimam DEPs para todos os animais controlados, inclusive aqueles que não têm registro de produção ou que já morreram, pois isso é feito pelos laços de parentesco com aqueles que têm produções controladas.

Um detalhe das DEPs deve ser ressaltado: elas se referem ao valor genético que o gameta médio de um indivíduo tem, ou seja, o que ele transmitirá a seus filhos. Desta forma, touros, que não produzem leite, mas têm genes para tal, têm DEPs para produção de leite. Com raciocínio similar, fêmeas não têm testículos e nem perímetro escrotal, mas têm DEPs para essa característica, pois têm os genes que participam de sua determinação.

As DEPs têm, em geral, uma distribuição conhecida como "distribuição normal", o que quer dizer que a maioria dos animais tem valores ao redor da média, com poucos exemplares nos extremos. Isto permite calcular os desvios-padrão dessas estimativas e dizer qual percentual de animais estará dentro de uma faixa de DEPs. Dentro desse enfoque, algumas definições são importantes:

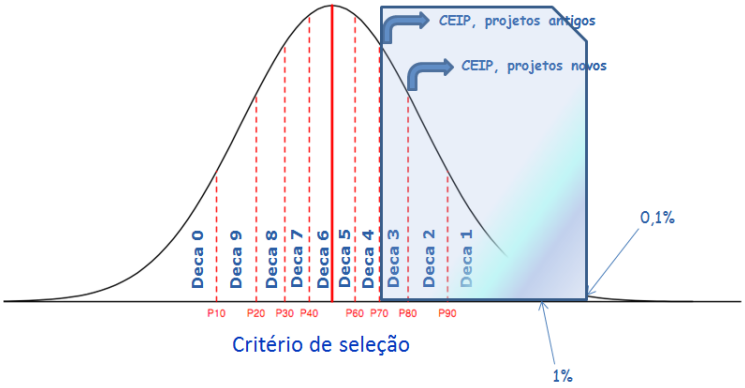
Percentil: em estatística descritiva, é o valor que corresponde à freqüência cumulativa e que dá a noção correta da classificação de determinado animal. O percentil varia entre 0 e 100%. Para se saber qual percentual de animais que é pior do que um animal basta subtrair o valor de seu percentil de 100. E para se saber quantos % dos animais é melhor do que um dado indivíduo, basta verificar seu percentil. Assim, um animal que tem uma DEP que corresponde ao valor do percentil 1, está entre os 1% melhores animais para aquela DEP. Somente 1% de todos os animais terá DEP maior que a dele. Outro exemplo: Um animal está com DEP entre os percentis 20 e 25. Ele se situa, na classificação cujo critério é a DEP para aquela característica, entre os 20 e 25% dos melhores animais. Já o animal com DEP próxima do percentil 90% tem 90% dos animais melhores que ele, ou seja, está entre os 10% piores.

DECA: o critério é o mesmo do percentil, mas refere-se a “fatias” de 10% dos animais. Assim, uma animal com DECA 1, está entre os 10% melhores, um DECA 5 está entre os 50% melhores e um animal DECA 8 está entre os 80% melhores, o que equivale a estar entre os 20% piores, já que a soma das DECAS é 100. Os animais situados entre os 10% piores, ficam na DECA 0.

Quartil: Conceito semelhante, que divide a distribuição dos animais em quartos. Animais do 1º quartil estão entre os 25% melhores, os do esgundo quartil entre os 50% e assim por diante.

Mediana: o valor da mediana é igual ao valor do 50º percentil, ou o valor que separa o 2º e o 3º quartis.

A Figura que se segue representa a distribuição dos animais em uma avaliação genética, sendo que no eixo dos X estão os valores genéticos dos animais, enquanto no eixo do Y, a frequência de animais.



Como já foi explicado anteriormente, o desempenho de um animal não é apenas resultado de seu genótipo, mas também dos efeitos de ambiente. As características produtivas economicamente importantes são condicionadas pelo genótipo em frações de 20 a 40% (o que equivale à sua herdabilidade), o que significa que de 80 a 60 % da variação da mesma é devida ao ambiente ou outras causas não controláveis. Assim, as DEPs não são garantias de desempenho superior dos filhos dos touros testados, mas tão somente uma indicação, a melhor que a genética moderna pode oferecer, do potencial genético do reprodutor que está sendo usado. Resta ao criador tentar controlar a outra parte responsável pelo desempenho dos animais, que seja o ambiente, a alimentação, a saúde, etc.

As DEPs são válidas para a população onde foram estimadas. Assim, estimativas obtidas para a raça Nelore não são comparáveis aos obtidos para a raça Angus, Tabapuã, ou

Guzerá. DEPs obtidas em diferentes programas, como nos vários programas de avaliação da raça Nelore, também não são comparáveis.

Um bom programa de avaliação de reprodutores sempre estima as DEPs dos animais que estão nascendo no rebanho, mas o mais importante é que devem ser incluídos nas avaliações todos os animais nascidos, bons ou ruins. Incluir apenas os melhores filhos de um carneiro pode resultar em maiores DEPs, mas esta estimativa será falsa e os filhos desses animais não terão o desempenho esperado, comprometendo o próprio programa, mas sobretudo colocando em dúvida a seriedade do criador.

Os criadores devem estar sempre familiarizados com os catálogos de touros e consultar tais valores antes dos leilões ou pedidos de sêmen. O criador deve saber o que ele deve melhorar em seu rebanho e comparar as DEPs do reprodutores disponíveis. A compra de material genético é, antes de tudo, uma compra técnica. Estar atualizado no significado dos termos técnicos de avaliação de reprodutores é uma importante ferramenta tanto de compra quanto de venda.

Como usar um Sumário de Touros para escolher material genético

O Sumário de Touros é, sem dúvida, a melhor ferramenta de seleção disponível aos criadores para realizar mudanças genéticas no rebanho, na direção desejada. O melhor valor genético estimado para seu rebanho, expresso em DEPs, dependerá do mercado, dos objetivos e do nível genético do rebanho do criador.

A prioridade de um criador que trabalha com a fase de cria é a fertilidade. O planejamento para fertilidade garantirá um baixo custo operacional pela seleção de fêmeas que parem precoce e regularmente, e que mostrem harmonia com o ambiente, em termos de tamanho na idade adulta e adaptabilidade. A seleção de touros para cobrir essas fêmeas deverá garantir mais quilogramas de bezerros desmamados/fêmea exposta e moderados pesos ao nascer, para evitar problemas com partos complicados. Posteriormente, o criador deve atentar para o desempenho pós-desmama, de modo a conseguir o peso final adequado.

É importante lembrar que, em determinados ambientes, com pastagens de qualidade inferior ou períodos prolongados de seca, não é muito interessante selecionar para pesos à desmama muito alto, pois as vacas não terão condições nutricionais para fornecer o leite

necessário para que os bezerros expressem o seu potencial. A escolha do touro com base na DEP do atributo Materno Total deve ser feita em função do ambiente disponível. Para ambientes com boas condições de nutrição, as DEPs mais elevadas são as mais indicadas porém, para aqueles em que as pastagens se encontram degradadas e a nutrição é deficiente, DEPs positivas, mas não muito elevadas, são as mais indicadas, uma vez que mais peso ou mais leite requer mais alimento.

Balanceando sua escolha

O mais importante no momento da escolha dos reprodutores é definir, adequadamente, os objetivos da produção de gado de corte, por meio do correto diagnóstico de seu rebanho e da definição de quais características devem ser melhoradas.

Um lembrete muito importante: um reprodutor deve ter seu patrimônio genético o mais balanceado possível, para atender às necessidades do criador. Alguns touros apresentam DEPs extraordinárias para Peso à Desmama, mas um Ganho de Peso ao Sobreano médio ou abaixo da média. O uso destes animais dará muita ênfase para determinada característica, em detrimento de outras. Para um criador de bezerros, isso pode significar que ele irá vender bezerros pesados à desmama, mas que terão um ganho de peso pós desmama menos pronunciado, causando prejuízos ao seu cliente, que, possivelmente, não voltará a comprar seus bezerros.

Cada criador, levando em consideração seu meio ambiente, seu mercado, as condições de manejo e de pastagens, deverá definir seu ponto ótimo para cada característica. Balanceando de maneira adequada as informações sobre os reprodutores, os pecuaristas de cria poderão aumentar de maneira significativa sua produtividade.

O futuro chegou: Os marcadores de DNA e a seleção assistida por marcadores

Marcadores moleculares são frações do DNA – o ácido desoxirribonucléico, a molécula que armazena as informações genéticas de todos os seres vivos – que estão próximas de genes (ou até mesmo façam parte desses genes e seus reguladores) que condicionam características de interesse zootécnico. Essas frações se tornam "marcadores" quando se apresentem em mais de uma forma e são detectáveis e suas associações com essas características devem comprovadas. Os marcadores moleculares são resultantes de mutações

pontuais ou outras causas que resultam em modificações da seqüência do DNA dos animais, com mudança sensível nas proteínas ou peptídeos e no desempenho dos animais.

Os marcadores moleculares são muito úteis para, caracterização racial, seleção assistida nos processos de melhoramento animal, diagnóstico de portadores de doenças genéticas e deficiências bioquímicas, aumento de eficiência produtiva, testes de paternidade em pastagens que se utilizam de múltiplos touros, seleção genômica, auxílio nos acasalamentos e descartes, manejo Assistido por Marcadores, decisão de estratégia de compra e venda, decisão sobre o ponto ideal de abate, decisão sobre o sorteamento de grupos, decisão de estratégia de ordenha, uniformidade de lotes, bônus por sólidos totais, acasalamentos dirigidos, agregação de valor ao produto final, ferramenta de rastreabilidade, entre inúmeras outras. Os marcadores moleculares são ferramentas adicionais para melhorar a eficiência dos processos de seleção. Sua utilização nos permitirá ter mais segurança na escolha dos reprodutores.

Ao se selecionarem reprodutores com DEPs semelhantes, deverão ser escolhidos aqueles que têm, em seu conjunto de genes, os marcadores associados a aumentos de produtividade. Isso será muito útil, ainda, nos casos em que a medição das características é difícil, como as medições de carcaça e qualidade de carne, eficiência alimentar, etc.

Os marcadores moleculares foram desenvolvidos, em sua maioria, em bovinos taurinos, em países como os Estados Unidos da América, Canadá, países europeus, Austrália e Nova Zelândia. No entanto, devido importantes diferenças de formação das raças de bovinos, chegando mesmo os taurinos e zebuínos terem sido classificados como espécies diferentes, é de se supor que os marcadores moleculares para cada uma dessas espécies sejam diferentes. Faz-se, portanto, de extrema importância que os marcadores moleculares descobertos em outros países e em raças diferentes das utilizadas no Brasil, sejam validados em rebanhos e sistemas de produção brasileiros.

A maior dificuldade de um processo de validação é colher dados fenotípicos (de produtividade), confiáveis, além da necessidade de colher amostras para extração de DNA.

O maior impacto do uso das informações genômicas nas avaliações genéticas é, sem dúvida, aumentar de maneira muito expressiva a acurácia das predições de valores genéticos,

numerador da expressão que calcula o ganho genético/ano e, ao mesmo, diminuir o intervalo de gerações, denominador da mesma fração. Aumentos de até mais de 250% na acurácia de predições foram observados em bovinos da raça Nelore, com incorporação das informações de marcadores moleculares, em características de difícil mensuração, como qualidade de carne, eficiência alimentar, etc. Inúmeros trabalhos relacinados a esse assunto foram apresentados no 10th World Congresso of Genetics Applied to Livestock Production, em agosto de 2014 (www.wcgalp.com).

Conclusões

As avaliações genéticas, expressas em DEP, em conjunto com os marcadores moleculares ou genéticos são a melhor ferramenta para um sem número de novas aplicações que agregam valor aos produtos e causarão um grande impacto na pecuária brasileira, colocando-a em nível de produtividade e qualidade semelhante ao dos principais países concorrentes no mercado mundial da carne bovina, facilitando a conquista e manutenção de mercados.

Referências bibliográficas relevantes para o assunto

ALBERTS. B. Fundamentos da biologia celular: uma introdução a biologia molecular da célula. Porto Alegre. Artes Médicas Sul.757p.. 1999.

ALBERTS. BRUCE. Biologia Molecular da Célula. 4.ED. ARTMED / 2006.

BANKS. L. R; MILLER. S. P.; WILTON. 1. W. Genetic parameter estimates for traits measured on bulls in central evaluation stations. .http://apsit.aps.uoguelph.ca/pub/jwwpapers/96beefrep6.html (1 0/Oct/200 1).

BOLDMAN. K.G.; KRIESE. L.A.; VAN VLECK. L.D.; KACHMAN. S.D. A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variances and covariances. USDA-ARS. 1993.

BOURDON. R. M. Understanding Animal Breeding. Upper Saddle River. Prentice Hall. 523p.. 1997.

CRUZ. C.D.; VIANA. J.M.S; CARNEIRO. P.C.S. Genética. Volume 2. GBOL. Viçosa. Editora UFV.. 475p.. 2001.

DE ROBERTIS. EDUARDO M. F.; HIB. JOSÉ. Bases da Biologia Celular e Molecular. 4.ed GUANABARA KOOGAN / 2006

FALCONER. D.S. Introduccion a la genetica cuantitativa. Barcelona. Co. Edit. Continental. 429p.. 1981.

GAMA. L.T. da. Melhoramento Genético Animal. Lisboa. Escolar Editora. 306p.. 2002.

GRIFFITS. J.F. et al. An introduction to genetic analysis. New York. W. R. Freeman and Company. 860 p.. 2000

HILL. W.G. Evolution and animal breeding. Oxon : Cab International. 313p.. 1989.

LEWIN. B. Genes VII. Oxford : Oxford University Press. 990p. 2000.

MADALENA. F.E. Efeitos colaterais da genética de alta produção. Matéria publicada no site www.milkpoint.com.br. Acessado em 25/02/2008. (http://www.milkpoint.com.br/?actA=9&erroN=1&areaID=73&referenciaURL=noticiaID=42598||actA=7||areaID=61||secaoID=171).

NICHOLAS. F.W. Introdução à genética veterinária. Porto Alegre : Artes Médicas Sul. 326p.. 1999.

PEREIRA. J.C.C. Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal. Belo Horizonte. 416 p.. 1996.

STRICKBERGER. M.W. Genética. Barcelona. Ed. Omega. 461 p.. 1980.

VALLE. SILVIO; TELES. JOSÉ LUIZ. Bioética e Biorrisco: Abordagem Transdisciplinar. INTERCIÊNCIA / 2003

VAN VLECK. L.D. Selection Index and Introduction to Mixed Model Methods. Boca Raton. CRC Press. 481 p.. 1993.

VAN VLECK. L.D.; POLLAK. E.J.; OLTENACU. E.A.B. Genetics for the animal sciences. N. York. W.H. Freeman. 391 p.. 1987.

VIANA. J.M.S; CRUZ. C.D.; BARROS. E.G. Genética. Volume 1. Fundamentos. Viçosa. Editora UFV.. 330p.. 2ª edição. 2003.

WELLER. J.I. Economic Aspects of Animal Breeding. Padstow. TJ Press. 244p.. 1994.

Programas de Melhoramento Animal e Retorno do Investimento

Raimundo Nonato Braga Lôbo

Pesquisador Genética e Melhoramento Animal - Embrapa Caprinos e Ovinos - raimundo.lobo@embrapa.br

1. Introdução

Programas de melhoramento são fundamentais para a eficiência dos sistemas de produção animal porque é a mola propulsora para o aumento da produtividade(Lôbo e Lôbo, 2007; Lôbo et al., 2010). O melhoramento genético animal consiste em um conjunto de processos seletivos e de direcionamento de acasalamentos cujoobjetivo é aumentar a frequência de alelos (genes) desejáveis ou das combinações genéticas boas em uma população, para aperfeiçoar a capacidade produtiva dos animais de interesse econômico para o homem em um ambiente específico. As duas ferramentas para atingir este objetivo são a seleção de reprodutores e matrizes, pais das futuras gerações, e os métodos de acasalamento, como os cruzamentos e os acasalamentos endogâmicos (Lôbo e Villela, 2005).

Tais processos promovem ganhos genéticos nas características de interesse e geram mudanças positivas nas mesmas, como aumento dos pesos corporais e ganhos de pesos por unidade de tempo, ou aumento de produção de leite, produção de lã, melhoria da eficiência reprodutiva, como aumento da taxa de fertilidade, redução da idade ao primeiro parto, ou ainda aumento na eficiência alimentar, na resistência a enfermidades, com redução de custos de exploração, etc. Assim, espera-se que as mudanças genéticas nas características selecionadas resultem em aumento da produtividade do sistema de produção. No entanto, é necessário avaliar se o aumento de produtividade supera os custos de executar um programa de melhoramento. Isto porque, como qualquer outra atividade, um programa de melhoramento animal possui custos para sua execução e se o lucro obtido for maior que os custos, então, este se torna investimento. Este aspecto é fundamental para avaliar se o programa em execução é viável, ou necessita de um novo planejamento, ajustando seus objetivos e atividades. Diante

disso, abordaremos aqui a avaliação de programas de melhoramento como investimento que gera lucro.

2. Planejamento de um Programa Estruturado

A primeira ação para um eficiente programa de melhoramento é seu planejamento inicial, bem como a sua avaliação periódica. Isto permite que o mesmo seja ajustadoquando necessário.

Harris et al. (1984) propuseram por meio de uma sequência de passos, uma metodologia para organização de um programa de melhoramento animal. A determinação do objetivo da seleção é o segundo destes passos: (1) Descrição do sistema de produção; (2) Formulação do objetivo deste sistema; (3) Escolha do sistema de acasalamento (animais puros ou cruzados) e raças; (4) Estimativa dos parâmetros de seleção e pesos econômicos; (5) Proposta de um sistema de avaliação animal; (6) Desenvolvimento dos critérios de seleção; (7) Plano de acasalamento dos animais selecionados; (8) Expansão do sistema; (9) Comparação com programas alternativos.

Observa-se que o primeiro ponto deste planejamento refere-se ao conhecimento sobre o sistema de produção em questão e o mercado em que ele está inserido. Cada programa ou estratégia deve ser específico para o(s) sistema(s) de produção. Assim, é importante ter cautela quando da adaptação de programas de outras espécies ou regiões. Programas para bovinos de corte e leite, ou outras espécies, não necessariamente são adequados para caprinos e ovinos. Por outro lado, o Brasil possui dimensões continentais e uma grande diversidade de sistemas de produção (Poli et al, 2014; Costa e Gonzalez., 2014; Selaive-Villarroel e Costa, 2014; Pereira et al, 2014) e mercados regionais, de maneira que dificilmente seria possível ter um programa com uma estratégia única, para todo território nacional.

O segundo passo refere-se a determinação do objetivo da seleção, que é um dos pontos primários no delineamento de um programa de melhoramento, porque tais objetivos devem ser específicos para o sistema em contexto. O objetivo de seleção é um conjunto de características que interferem nas receitas e nos custos do sistema de produção, e, portanto, influenciam o lucro do mesmo. O objetivo da seleção será o objetivo do programa de

melhoramento, ou seja, será o conjunto de características que necessitam ser melhoradas. Para a formulação do objetivo da seleção uma sequência ordenada também é importante. Ponzoni (1988) apresentou uma sequência específica para a determinação do objetivo da seleção: (1) especificação dos sistemas de produção e mercado; (2) identificação das receitas e despesas em populações comerciais; (3) determinação das características biológicas que influenciam receitas e despesas; (4) derivação dos valores econômicos para cada característica.

Com base no conhecimento sobre o potencial de produção e de adaptação dos recursos genéticos disponíveis (Villela et al, 2005), se define o sistema de acasalamentos (terceiro passo), ou seja, se serão usadas raças puras ou estratégias de cruzamentos (Sousa et al. 2006; Barbosa Neto et al., 2010). Ressalta-se que as estratégias de cruzamentos somente são justificáveis quando os recursos animais disponíveis, em estado puro, não atendem às especificidades produtivas e de adaptação do sistema de produção. Isso porque é muito mais complexo e oneroso manter e manejar diversos recursos genéticos, em estado puro, para o fornecimento dos animais mestiços que serão submetidos à produção. Em função dessa complexidade, é comum a proposição de formação de raças sintéticas e compostos definidos para uso direto, sem a necessidade de contínua formação de populações mestiças.

O próximo passo refere-se às estimativas de parâmetros de seleção e pesos econômicos. Esses parâmetros são os coeficientes biológicos e técnicos e os parâmetros genéticos e fenotípicos, como vida útil de matrizes e reprodutores, idade média dos pais quando os filhos nascem, intervalo de gerações, taxas de sobrevivência, fertilidade e taxas de parição, prolificidade, estimativas de herdabilidade e correlações genéticas e fenotípicas, etc. Ressalta-se que essas informações são geradas a partir de estudos de levantamento e trabalhos sérios de pesquisa. Infelizmente estas estimativas são escassas para as populações de caprinos e ovinos no Brasil (Lôbo, 2002). A seleção simultânea para diversas características apresenta a necessidade de ponderação pela importância de cada uma delas. Esta ponderação é feita pelos pesos econômicos, que indicam o valor de cada característica em relação às demais. A metodologia de estimação dos valores econômicos está disponível e é de fácil execução. Apesar disto, alguns programas de melhoramento em execução, nos dias de hoje, utilizam valores arbitrários. Um dos principais motivos desta falha, principalmente no Brasil, consiste

na ausência da disponibilidade de anotações contábeis seguras e completas da exploração animal, que permitam a realização das estimativas. Até hoje, no Brasil, somente trabalhos de avaliação e de simulação foram realizados nesse sentido para ovinos deslanados (Morais e Madalena, 2006 e Lobo et al., 2011) e caprinos (Lopes et al., 2012).

O quinto e sexto passo propõem um sistema de avaliação animal e a determinação dos critérios de seleção. Estes são feitos de forma quase simultânea. O critério de seleção é formado pelas características usadas na estimação dos valores genéticos dos animais. Segundo Ponzoni e Newman (1989), algumas características no objetivo da seleção são difíceis ou caras para serem mensuradas e existem outras altamente correlacionadas com elas que podem ser usadas como critério de seleção. As características do objetivo da seleção são as que se deseja melhorar, enquanto aquelas do critério de seleção são as que se utiliza para alcançar o melhoramento das primeiras. A escolha dos critérios de seleção deve ser determinada pelas características do objetivo. Entretanto, é imprescindível que o objetivo da seleção não seja determinado pelo critério de seleção, uma vez que, podem ser omitidas características importantes. As características do critério podem até serem as mesmas que estão no objetivo de seleção, ou outras que apresentem estreita correlação com aquelas do objetivo, e que são mais fáceis de serem mensuradas. Assim, em um primeiro momento, é possível ter uma lista de características que podem ser usadas como critério de seleção. Entretanto, o planejamento do sistema de avaliação animal vem primeiro, porque é preciso estar ciente que alguns critérios para avaliação podem não ter custo/benefício viável. Com esse planejamento, que envolve questões de logística, infraestrutura, custos, etc, é possível determinar o critério de seleção em definitivo e definir o sistema de coleta periódica das mensurações das características que compõem o critério.

As fases finais do programa referem-se ao uso da informação gerada nas avaliações genéticas dos animais para o delineamento dos acasalamentos dos progenitores selecionados e a expansão do programa. Na definição dos acasalamentos é importante considerar diversos aspectos, não somente aqueles referentes aos ganhos genéticos. Nas populações pequenas, como é o caso dos diversos recursos genéticos de caprinos e ovinos localmente adaptados, a taxa de endogamia dos animais deve ser consideradal. De acordo com Paiva et al., (2011),

médias de endogamia acima de 10% representam risco elevado para ocorrer depressão endogâmica. Assim, como vários fatores podem ser considerados, metodologias adequadas devem ser usadas na definição dos melhores acasalamentos. Como exemplo, o Programa de Melhoramento Genético de Caprinos e Ovinos de Corte (GENECOC®; Lôbo et al., 2010), usa a metodologia de programação linear em seu Sistema de Gerenciamento de Rebanhos (SGR; Lôbo, 2013), para a determinação dos acasalamentos que maximizam o ganho genético e minimizam a endogamia dos animais. Estas fases é que mais diferenciam um programa de melhoramento genético de um programa de avaliação genética. Esse último apenas estima os valores genéticos dos animais, sem o comprometimento em definir as estratégias de uso das informações para maximizar o ganho genético por meio de acasalamentos delineados.

Por fim, um programa de melhoramento deve apresentar um contínuo processo de avaliação de estratégias alternativas. Isto porque os sistemas de produção e mercado são dinâmicos em função da evolução e competitividade das cadeias. Um programa de melhoramento genético que hoje é eficiente poderá não ser amanhã. Não há, também, como fazer transições radicais e, além disso, os ganhos genéticos não são perceptíveis em curto prazo. Portanto, é necessário se antecipar, fazer previsões, avaliar estratégias e efetuar mudanças antes que seja tarde. Nessa avaliação, tanto os potenciais ganhos genéticos como a rentabilidade do programa deve ser avaliada. O mais eficiente programa de melhoramento é aquele que maximiza o lucro do investimento. Este lucro não é completamente proporcional ao aumento da produção, apesar de haver maiores ingressos quando se produz mais. Dessa forma, avaliações econômicas, tanto quanto avaliações genéticas, são necessárias para a condução racional e eficiente dos programas.

A importância da ordenação e condução da sequência lógica em um programa de melhoramento, tanto dos passos quanto da determinação do objetivo da seleção, se baseia na interligação entre eles, de maneira que determinada decisão tomada em um, trará consequências à elaboração dos demais. Genericamente, esquemas de registro de desempenho têm sido realizados antes da avaliação dos objetivos de seleção viáveis e estimação dos pesos econômicos. Isto pode conduzir a gastos em tempo e recursos em registros de características sem interesse para o sistema de produção e a omissão de outras mais importantes.

Outro descompasso a ser evitado é que, quando existe um sistema hierárquico na indústria animal, o setor comercial é totalmente dependente do melhoramento genético realizado nos segmentos superiores. NEWMAN et al. (1992) chamaram a atenção para isso e relataram que os núcleos devem definir seus objetivos de seleção em função do setor comercial e, comentaram que não adianta promover melhoramento em um setor que não interessa ao mercado.

3. Custos de um Programa de Melhoramento

Geralmente um programa de melhoramento é conduzido por uma associação de criadores, com suporte de instituições técnicas, privadas e/ou governamentais. Independente da sua estratégia de seleção, um programa de melhoramento possui custos fixos que estão relacionados à manutenção da infraestrutura física e humana necessária à sua condução contínua. Estes custos referem-se as despesas com a manutenção da central do programa (prédio próprio ou aluguel do imóvel e suas despesas com energia, manutenção, impostos, etc), salários de profissionais (coordenador, técnicos, secretária, etc) e demais despesas diversas, como material de expediente, viagens, ações promocionais e de marketing, etc. Estes custos por si já justifica a importância da avaliação da rentabilidade do programa. Os custos fixos anuais de um programa de melhoramento genético animal no Brasil têm sido estimados em R$ 120 mil a R$ 470 mil (Lôbo et al., 2000a; Lôbo et al, 2000b; Santos, 2013). Estes custos representaram cerca de R$ 2,50/ano a R$ 3,36/ano por matriz avaliada.

Os custos variáveis de um programa de melhoramento referem-se ao registro dos animais e as mensurações do desempenho ponderal, da produção de leite e das características reprodutivas e qualitativas para a análise do leite, dentre outras. Essa fase é a de coleta das informações referentes às características do critério e é a que possui os maiores custos em um programa de melhoramento, pois cada mensuração é um custo variável, que aumentará à medida que maior número de animais é avaliado. Os custos variáveis médios por matriz/ano no Brasil foram estimados em R$ 7,90 a R$ 8,64 para bovinos de dupla aptidão (Lôbo et al., 2000a; Lôbo et al, 2000b) e em R$ 5,80 a R$ 11,20 para caprinos leiteiros (Santos, 2013), dependendo do esquema de seleção.

Outros custos do programa de melhoramento relacionam-se a disseminação do material genético selecionado. Despesas com coleta de sêmen de reprodutores em teste, estocagem de sêmen de animais provados, etc., também devem ser consideradas.

Portanto, está claro que um programa de melhoramento animal não é uma simples ação virtual, e que seus custos são consideráveis, o que requer um bom planejamento. Então, é importante ser questionado: os custos envolvidos em um programa de melhoramento são viáveis, promovem retornos ao investimento?

4. Avaliação de Programas de Melhoramento

Como antes apresentado, uma vez estruturado um programa de melhoramento, este deve ser avaliado quanto aos seus impactos e quanto à possibilidade de haver esquemas de seleção mais eficientes, tanto do ponto de vista genético como do ponto de vista econômico. Inicialmente, não é possível obter os resultados concretos de um programa e contrastar com esquemas alternativos com informações reais. Isso somente é possível realizando-se estudos de tendência e avaliando-se projeções. Por outro lado, no decorrer das ações do programa é importante manter todas as informações controladas e armazenadas, para que se avalie sua eficiência. Com o registro de suas informações contábeis e os registros do desempenho dos animais participantes do programa, é possível realizar estudos genéticos e econômicos que estimem seus impactos e comprovem a sua eficiência.

De qualquer forma, a avaliação econômica de um programa de melhoramento não é tarefa fácil, principalmente com dados reais, com um processo já em execução. As avaliações podem ser realizadas usando a estratégia de simulação. O software ZPLAN pode ser usado para esta finalidade (Willam et al., 2008). A primeira versão do programa foi escrita por Karras (1984) e desenvolvido por Niebel, como descrito por Niebel e Fewson (1988). Foi baseado em Niebel (1974) e no método de fluxo de genes descrito por Hill (1974), Elsen e Mocquot (1974) e Brascamp (1978). A versão atual contém mudanças que permitem a inclusão de efeitos maternos e a seleção de linhas em esquemas de cruzamento na construção da matriz do fluxo de genes. O programa requer a estrutura de população e seus parâmetros biológicos e técnicospara determinar a matriz de transmissão do fluxo de genes. É necessário também adicionar os custos com a seleção, os custos variáveis, e os custos fixos para a

predição das respostas econômicas. O mesmo também determina o critério de seleção que otimiza o valor presente líquido do programa de melhoramento, inclusive para população dividida em estratos, além de estimar os ganhos genéticos, receitas e lucro decorrentes da seleção por meio de enfoque determinístico, utilizando a teoria dos índices de seleção e a metodologia do fluxo de genes descontado. A simulação considera um horizonte de tempo definido pelo usuário, além das taxas de desconto para receitas e despesas.

Uma desvantagem do ZPLAN está relacionada ao tipo de simulação utilizada. No enfoque determinístico, os resultados produzidos são naturalmente determinados pelos parâmetros disponíveis, não havendo informações adicionais sobre a variância na resposta à seleção, ou riscos inerentes ao esquema de seleção, que são úteis em pequenas populações e quando se considera pequenos grupos de seleção. Simulações estocásticas poderiam evitar estas desvantagens por permitirem maior aproximação com a realidade. Estas permitem maiores variações nas respostas à seleção, considerando a redução na variância genética devido à seleção e endogamia quando se avalia várias gerações. Entretanto, sua utilização é limitada pelo alto requerimento computacional.

Outra possível limitação a ser considerada nestes estudos é o desconhecimento dos valores verdadeiros dos parâmetros genéticos e pesos econômicos para a população considerada. O uso de valores de diversas fontes pode levar a vícios que podem afetar as respostas para o programa considerado. Graser et al . (1994) observaram que os resultados para os esquemas de seleção foram sensíveis ao nível de herdabilidade assumido. De qualquer forma, Os estudos de simulação apresentam grande importância, por permitirem o conhecimento de respostas para problemas de difícil solução prática. Por outro lado, as respostas destes estudos são mais importantes do que aquelas tomadas apenas por intuição. A partir das respostas dos programas de simulação outros caminhos podem ser considerados para alcançar o propósito desejado, ou pode-se ter a confirmação dos caminhos já escolhidos. A partir desta decisão, no futuro, anotações de campo poderão ser contrastadas com os resultados deste estudo e possíveis falhas serem corrigidas.

Na avaliação de programas de melhoramento, os principais pontos a serem estimados são a resposta genética para o objetivo da seleção e o valor presente líquido, que permite

avaliar o retorno ao investimento. Na espécie bovina, em estudos que consideraram o uso de touros provados em testes de progênie, as respostas genéticas para o objetivo de seleção foram 48% (Konig et al., 2009), 54% (Chen et al., 2011), 57% (Harder et al., 2004) e 70% (Lôbo et al., 2000a). . Estudos tem demonstrado que programas de melhoramento bem conduzidos são viáveis e apresentam retorno do investimento. Lobo et al (2000a) verificaram retornos de investimento de cerca de 235% para bovinos de dupla aptidão no Brasil. Hill (1971), no Reino Unido, também para bovinos, observou que tanto a seleção para corte dentro do rebanho leiteiro quanto a seleção dentro de raças de corte usadas como fonte de touros para cruzamentos promoveram retorno do investimento em torno de 15%. Nitter et al. (1994) avaliando um esquema de seleção de bovinos para corte na Austrália, reportaram retornos de investimento do programa de melhoramento de cerca de 20%.

Recente pesquisa conduzida na Embrapa Caprinos e Ovinos simulou programas de seleção para a caprinocultura leiteira brasileira. O objetivo de seleção foi formado pelas características produção de leite (PL), duração de lactação (DL), idade ao primeiro parto (IPP), intervalo de partos (IP) e qualidade do leite (sólidos totais – ST, e contagem de células somáticas - CCS). Foram avaliados dois esquemas de seleção: o primeiro considerou um esquema tradicional, com a seleção dos reprodutores feita com base no desempenho de suas mães para PL, DL, IPP e IP, e a seleção das matrizes feita pelo seu desempenho e de suas mães para as mesmas características; o segundo considerou um esquema de teste de progênie de reprodutores jovens, e a seleção de reprodutores e matrizes era feita com base na PL, DL, IPP, IP, extrato seco total, produção de gordura, produção de proteína e CCS. Este último esquema simulou o Programa de Melhoramento de Caprinos Leiteiros (CAPRAGENE®), coordenado pela Embrapa Caprinos e Ovinos, cuja estratégia de seleção é teste de progênie. Para a seleção dos reprodutores neste último esquema, foram usadas informações de suas mães, das mães de seus pais e mães de suas mães, e de 30 filhas para aquelas características; a seleção das matrizes era realizada com base em suas próprias informações e aquelas das suas mães.

As respostas genéticas para o objetivo de seleção foram R$ 0,61 /ano e R$ 2,33 /ano para o esquema tradicional e teste de progênie, respectivamente. O valor presente líquido foi

R$ -7,57/cabra no esquema tradicional de seleção e R$ 0,56/cabra no teste de progênie. Os resultados apontaram que o esquema de seleção tradicional não tem viabilidade econômica, não cobrindo os custos com a infraestrutura física e humana para a manutenção do programa de melhoramento. Por outro lado, o esquema usando o teste de progênie mostra viabilidade, com lucros genéticos consideráveis para o objetivo de criação e para as características individuais. Os retornos econômicos do programa com a estratégia de teste de progênie superam seus custos, com o retorno do investimento de cerca de 3%. Apesar de viável, este resultado indicou que o esquema ainda necessitaria de melhorias. Neste esquema, a característica de maior impacto econômico foi contagem de células somáticas, seguida pela produção de leite.

5. Considerações Finais

Antes da implantação de grandes programas de melhoramento devem-se realizar estudos piloto para verificar a viabilidade econômica dos mesmos. Durante todas as fases de estabelecimento, as necessidades e os interesses dos produtores, bem como a sustentabilidade do sistema devem ser levados em consideração. Um programa de melhoramento animal bem planejado e alinhado aos objetivos da seleção promove retornos consideráveis ao investimento feito, além de contribuir para ganhos expressivos no sistema de produção em questão.

6. Referências Bibliográficas

BARBOSA NETO, A. C., OLIVEIRA, S. M. P., FACÓ, O., LÔBO, R. N. B. 2010. Efeitos genéticos aditivos e não-aditivos em características de crescimento, reprodutivas e habilidade materna em ovinos das raças Santa Inês, Somalis Brasileira, Dorper e Poll Dorset. Revista Brasileira de Zootecnia (Online), v. 39, p. 1943-1951.

BRASCAMP, E.W. (1978): **Methods on economic optimization of animal breeding plans.** Rapport B-134, University Wageningen, 1978.

CHEN, J. et al. Evaluation of Breeding Programs Combining Genomic Information in Chinese Holstein, **Agricultural Sciences in China,** 10(12): 1949-1957, 2011.

COSTA, J. A. A. da, GONZALEZ, C. I. M. Sistemas de produção de ovinos nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. In: SELAIVE-VILLARROEL, A.B., OSÓRIO, J. C. S. (Eds.). *Produção de Ovinos no Brasil.* São Paulo: Roca, 2014. p 117-129.

ELSEN, J. M., MOCQUOT, J. C.: Méthode de prevision de l'évolution du niveau génetique d'une population soumise à une opération de sélection et dont les générations se chevauchent. **Bull. tech. Dépt. Génét. Anim**. 17, INRA, 30-54, 1974.

GRASER, H.U., NITTER, G., BARWICK, S.A. Evaluation of advanced industry breeding schemes for Australian beef cattle. II. Selection on combinations of growth, reproduction and carcase criteria. *Aust. J. Agric. Res.*, v.45, p.1657-1669, 1994.

HARDER, B. et al. Investigations on breeding plans for organic dairy cattle. **Arch. Tierzucht, Dummersdorf**, 47 (2): 129-139, 2004.

HARRIS, D.L., STEWART, T.S., ARBOLEDA, C.R. Animal breeding programs: a systematic approach to their design. AAT-NC-8. ARS, USDA, Peoria, IL, 1984, 14p.

HILL, W.G. Investment appraisal for national breeding programmes. **Anim. Prod**., v.13, p.37-50, 1971.

HILL, W.G.: Prediction and evaluation of response to selection with overlapping generations. **Anim. Prod.,** 18, 117-139, 1974.

KARRAS, K.: **ZPLAN. EDV - Programm zur Optimierung der Zuchtplanung bei landwirtschaftlichen Nutztieren.** Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung, Universität Hohenheim, 1984.

KÖNIG, S.; SIMIANER, H.; WILLAM, A. Economic evaluation of genomic breeding programs, **Journal of Dairy Science**, Vol. 92, No. 1, 2009.

LÔBO, R. N. B. Melhoramento Genético de Caprinos e Ovinos: Desafios para o Mercado. 1. ed. Sobral: Embrapa Caprinos. Série Documentos, 39, 2002. 36p.

LÔBO, R. N. B., FACÓ, O., LÔBO, A. M. B. O., VILLELA, L. C. V. 2010. Brazilian goat breeding program. Small Ruminant Research, v. 89, p. 149-154.

LÔBO, R. N. B., LÔBO, A. M. B. O. 2007. Melhoramento Genético como Ferramenta para o Crescimento e o Desenvolvimento da Ovinocultura de Corte. Revista Brasileira de Reprodução Animal, v. 31, p. 247-253.

LÔBO, R. N. B., MADALENA, F. E., PENNA, V. M. 2000b. Avaliação de Esquemas de Seleção Alternativos parágrafo Bovinos zebuínos de Dupla Aptidão. Rev. Bras. Zootec., vol.29, n.5, pp 1361-1370.

LÔBO, R. N. B., PENNA, V. M., MADALENA, F. E. 2000a. Avaliação de um esquema de seleção para bovinos zebus de dupla aptidão. Rev. bras. zootec., 29(5):1349-1360.

LÔBO, R. N. B., PEREIRA, I. D. C., FACÓ, O., McMANUS, C.M. 2011 Economic values for production traits of Morada Nova meat sheep in a pasture based production system in semi-arid Brazil. Small Ruminant Research 96 (2011) 93–100.

LÔBO, R. N. B., VILLELA, L. C. V. 2005. Ferramentas para o melhoramento genético. In: Ana Cláudia Nascimento Campos. (Org.). Do campus para o campo: tecnologias para produção de Ovinos e Caprinos. 1ed.Fortaleza: Gráfica Nacional, p. 205-214.

LÔBO, R.N.B. SGR - Sistema de Gerenciamento de Rebanhos: manual de usuário (Versão 2.0 Construído em 20121106) [Recurso eletrônico]. -- Brasília, DF: Embrapa, 2013.

LOPES, F. B., BORJAS, A. de los R., SILVA, M. C. FACÓ, O., LÔBO, R. N. B., FIORVANTI, M. C. S., MCMANUS, C. 2012. Breeding goals and selection criteria for intensive and semi-intensive dairy goat system in Brazil. Small Ruminant Research, v. 106, p. 110-117.

MORAIS, O. R., MADALENA, F. E. Economic values for production traits in Santa Inês sheep. Proceedings of 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Belo Horizonte, 2006.

NEWMAN, S., MORRIS, C.A., BAKER, R.L., NICOLL, G.B. 1992. Genetic improvement of beef cattle in New Zealand: breeding objectives. *Livest. Prod. Sci.*, v.32, p.111-130.

NIEBEL, E., FEWSON, D. Population sector models: cattle breeding programs. In: KORVER, S., ARENDONK, J. A. M. (Eds.) Modeling of livestock production systems. **Dordrecht: Kluwer Academic Publishers**. p.182-191, 1988.

NIEBEL, E.: **Methodik der Zuchtplanung für die Reinzucht beim Rind bei Optimierung nach Zuchtfortschritt und Züchtungsgewinn**. Thesis, Institut für Tierhaltung und Tierzüchtung, Universität Hohenheim, 1974.

NITTER, G., GRASER, H. U., BARWICK, S. A. Cost-benefit analysis of increased intensity of recording in the Australian national beef recording schemes. In: **WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION,** 5, 1994, Guelph. Proceedings...Guelph, WCGALP, v.18, p.205-208, 1994.

PAIVA, S. R., FACÓ, O., FARIA, D. A. 2011. Molecular and pedigree analysis applied to conservation of animal genetic resources: the case of Brazilian Somali hair sheep. Tropical Animal Health and Production, v.43, p.1449–1457.

PEREIRA, R. G. A., TOWNSEND, C. R., COSTA, N. L., MAGALHÃES, J. A., SILVA NETO, F. G., TAVARES, A. C. Sistemas de produção de ovinos na região Sul do Brasil. In: SELAIVE-VILLARROEL, A.B., OSÓRIO, J. C. S. (Eds.). *Produção de Ovinos no Brasil.* São Paulo: Roca, 2014. p 139-149.

POLI, C. H. E. C., MONTEIRO, L. G., SILVEIRA, V. C. Sistemas de produção de ovinos na região Sul do Brasil. In: SELAIVE-VILLARROEL, A.B., OSÓRIO, J. C. S. (Eds.). *Produção de Ovinos no Brasil.* São Paulo: Roca, 2014. p 102-116.

PONZONI, R.W. 1988. Accounting for both income and expense in the development of breeding objectives. In: 7th. CONF. AUST. ASS. ANIM. BREED. GENET., *Proceedings*...p.55-66.

PONZONI, R.W., NEWMAN, S. 1989. Developing breeding objectives for Australian beef cattle production. *Anim. Prod.,* v.49, p.35-47.

SANTOS, L. H. dos. Avaliação de programas de seleção para a caprinocultura leiteira brasileira. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, Fortaleza, 2013. 70p.

SELAIVE-VILLARROEL, A. B., COSTA, R. G. Sistemas de produção de ovinos na região Nordeste do Brasil. In: SELAIVE-VILLARROEL, A.B., OSÓRIO, J. C. S. (Eds.). *Produção de Ovinos no Brasil.* São Paulo: Roca, 2014. p 130-138.

SOUSA, W. H., CEZAR, M. F., CUNHA, M. G. LÔBO, R. N. B. Estratégias de Cruzamentos para Produção de Caprinos e Ovinos de Corte: Uma Experiência da Emepa. In: I Encontro Nacional de Produção de Caprinos e Ovinos, 2006, Campina Grande. Anais do I Encontro

Nacional de Produção de Caprinos e Ovinos. Campina Grande: ENCAPRI, 2006. v. 1. p. 1-32.

VILLELA, L. C. V., LÔBO, R. N. B. SILVA, F. L. R. O material genético disponível no Brasil. In: Ana Cláudia Nascimento Campos. (Org.). Do campus para o campo: tecnologias para produção de Ovinos e Caprinos. Fortaleza: Gráfica Nacional, 2005, p. 215-226.

WILLAM, A; et al. **ZPLAN - Manual for a PC-Program to Optimize Livestock Selection Schemes. Manual Version 2008.** University of Hohenheim. 34p. 2008.

Melhoramento genético de bubalinos: Aspectos quantitativos e moleculares

Humberto Tonhati, Diercles Francisco Cardoso, Camila da Costa Barros

Departamento de Zootecnia, FCAV, UNESP, Jaboticabal, SP

Introdução

Os búfalos pertencem à classe Mammalia, subclasse Ungulata, ordem Artiodactyla, subordem Ruminantia, família Bovidae e subfamília Bovinae. A subfamília Bovinae compreende o gênero *Bubalus*, que deu origem a espécie *Bubalus bubalis*, que são os búfalos domésticos.

Os bubalinos são originários da Ásia, mais precisamente da Índia e China. Sua domesticação ocorreu há aproximadamente 5.000 anos, tempo relativamente recente em relação à espécie bovina, que foi domesticada há cerca de 10.000 anos. Em seguida, por terem se tornado importante fonte de carne, leite e trabalho, esses animais foram levados à África, à Europa e, somente depois introduzidos no continente Americano (BORGHESE e MAZZI, 2005).

De acordo com a FAO, em 2012 a população mundial de búfalos estava em torno de 198 milhões. A Índia possui a maior concentração desses animais, cerca de 115 milhões de cabeças, nesse país os búfalos assumem grande importância no desenvolvimento social e econômico, assim como em outros países da Ásia, o continente mais populoso do mundo.

A bubalinocultura vem crescendo no mundo todo, principalmente nos países de clima tropical, no qual os búfalos apresentam desempenho superior a outras espécies animais. Inicialmente no Brasil, os bubalinos foram destinados a ocupar as regiões consideradas inadequadas para a bovinocultura, porém, atualmente, a exploração leiteira desses animais tem se tornado cada vez mais viável devido ao atrativo retorno econômico que esta prática proporciona.

Entrada dos búfalos no Brasil

A cronologia da introdução dos búfalos no Brasil é bastante divergente. Segundo Santiago (2000) esses animais foram introduzidos no país em épocas distintas e em pequenos

lotes. A primeira entrada se deu por volta de 1890/1895 na Ilha de Marajó, Estado do Pará, quando animais da variedade Malaia ou da China foram trazidos em um barco por condenados foragidos da Guiana Francesa. Em 1902, tem-se confirmada uma importação de búfalos de procedência italiana feita por Bertino Lobato de Miranda para sua fazenda, localizada também no Marajó. Porém, a importação mais conhecida foi realizada em 1906 por Vicente Chermond de Miranda que levou para a sua fazenda, na costa norte da Ilha de Marajó, animais denominados "rosilhos", mais tarde identificados como da raça Carabao.

Em 1921 o Ministério da Agricultura proibiu a importação de gado indiano. Somente na década de 60, uma solicitação foi feita por alguns criadores e selecionadores que conseguiram importar reprodutores zebuínos. Junto com esses animais vieram também 20 búfalos puros e selecionados das raças Murrah e Jafarabadi. Com isso, a chegada desses reprodutores em 1962 trouxe um grande estímulo para os criadores e selecionadores explorar e expandir o rebanho brasileiro (SANTIAGO, 2000).

Segundo Bernardes (2007), inicialmente a introdução dos búfalos no Brasil se deu muito mais pelo seu exotismo que por suas qualidades zootécnicas. Porém, a adaptabilidade desses animais aos variados ambientes, sua elevada fertilidade e longevidade produtiva fizeram com que o rebanho obtivesse uma evolução significativa, e dos pouco mais de 200 animais introduzidos no país, resultaram em 495 mil cabeças em 1980.

De acordo com o IGBE, em 2012 o número de búfalos no Brasil foi de 1.261.922 cabeças. Entre os anos de 2010 e 2011 houve um crescimento de 7,8%, superando o de bovinos, que no mesmo ano obteve um aumento de 1,6%. A região Norte possui 64,21% do total de búfalos no país, sendo o Estado do Pará o maior detentor do rebanho nacional, seguidos pelas regiões Sudeste (10,42%), Nordeste (9,84%), Sul (9,31%) e Centro-Oeste (6,14%). Porém, segundo a ABCB o registro de búfalos confunde com o de bovinos, resultando na subestimação do número real de bubalinos no Brasil. Ainda de acordo com a ABCB, há aproximadamente 3,5 milhões de búfalos e um crescimento anual de 3 a 3,5% (BERNARDES, 2007).

São quatro as raças bubalinas oficialmente reconhecidas pela Associação Brasileira de Criadores de Búfalos (ABCB). Dentre elas, três raças são pertencentes ao grupo dos búfalos

de rio (Murrah, Mediterrâneo e Jafarabadi), com 2n = 50, e uma ao grupo dos búfalos de pântano (Carabao), com 2n = 48.

Exploração do búfalo no Brasil

A bubalinocultura no Brasil estende-se às três aptidões a que este animal se inclina: trabalho, produção de carne e produção de leite. A utilização do búfalo como animal de tração é explorada especialmente na região Norte, a produção de carne concentra-se nas regiões Sul e Norte, enquanto que a região Sudeste explora principalmente a produção de leite e, consequentemente, fabricação de queijos.

A força da espécie bubalina potencializa o seu emprego como animal de tração, devendo ser destacada a superioridade da raça Carabao para estes fins. Além de possuir cascos largos e resistentes a terrenos úmidos, os búfalos possuem maior flexibilidade de articulação do boleto que outras espécies, de modo que dificilmente atolam em terrenos alagadiços. Em 1985, quando a crise internacional do petróleo resultava no aumento dos investimentos dispensados ao uso e manutenção de maquinários agrícolas, o Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU), desenvolveu em Belém do Pará-PA, um programa de incentivo ao uso de búfalos no trabalho agrícola das pequenas propriedades (MARTINEZ et al., 2005). Então o búfalo passou a ser utilizado no campo em tarefas como a semeadura, tratos culturais, transporte de carga e toras de madeira, além de ser usado como animal de sela. Na década passada, o exército brasileiro também descobriu no búfalo uma alternativa para o transporte de suprimentos e armamentos por matas fechadas nas regiões alagadas amazônicas, onde existem ambiente propício ao apodrecimento dos cascos e incidência de doenças epidérmicas em espécies animais menos resistentes, como muares e equinos (DAMÉ, 2006). Na cidade de Soure, na Ilha de Marajó, o búfalo é utilizado como o principal meio de transporte, sendo inclusive utilizado pela polícia montada, em uma estratégia criada devido à escassez de combustível e à topografia dos terrenos, que confere um exotismo particular àquela cidade.

No cenário da produção de carne, existe o paradigma de a carne bubalina tratar-se de uma carne dura e de difícil palatabilidade, em virtude de que no contexto histórico era praticado o abate de animais em idades elevadas, muitas vezes utilizados para trabalho

(OLIVEIRA, 2005). Tal como bovinos, o búfalo deve ser abatido em idades jovens para a obtenção de carne macia e com atributos sensoriais desejados pelo consumidor. Os búfalos são animais altamente ativos que nadam, correm e não conseguem ficar parados, assim não realizam o acúmulo de gordura intramuscular e desenvolvem músculos enrijecidos, portanto devem ser abatidos animais jovens para a produção de carne e assim terem boa aceitação pelo mercado consumidor. Com idades entre 18 e 24 meses, esta espécie apresenta peso e acabamento propício para o abate.

O rendimento de carcaça dos bubalinos é menor que de bovinos devido ao maior peso de componentes como cabeça, patas, couro e vísceras. A literatura revela valores de rendimento variando entre 48 e 54% (OLIVEIRA et al., (1991); MACEDO et al. (2000); TONHATI et al., (2001); RODRIGUES et al., (2003)). Os cortes da carcaça bubalina são praticamente os mesmos de bovinos, mas a carcaça bubalina tem melhor rendimento de cortes nobres, situado no traseiro (ABDALLAHH, et al., 1983). Em relação ao sabor, odor e suculência, a carne bubalina não apresenta desvantagens em relação à carne bovina, as provas de degustação geralmente não notam diferenças marcantes quanto ao sabor da carne cozida e assada. Existem estimativas de que boa parte da carne bubalina produzida no país vem sendo ao longo dos anos distribuída como carne bovina, tendo boa aceitação pelo consumidor, o qual não faz distinção na carne das duas espécies.

A composição centesimal da carne bubalina a caracteriza como alimento saudável, pois apresenta bom nível proteico com baixo índice de gordura e colesterol. O estudo clássico realizado pela pelo Departamento Americano de Agricultura (USDA) em 1991, apontou que a carne bubalina possui 40% menos colesterol, 12 vezes menos gordura, 55% menos calorias, 11% mais proteínas e 10% mais minerais que a carne bovina. Além do aspecto saudável da carne, a bubalinocultura de corte apresenta a vantagem da obtenção precoce do peso de abate acelerar o giro de produção e de capital, além dos bubalinos possuírem excelente eficiência alimentar, rusticidade que lhes confere bom desempenho a pasto, longevidade das fêmeas que reduz a necessidade de reposição de matrizes, registros de fertilidade diferenciados, e resistência a doenças e parasitos.

Embora a maior proporção do rebanho bubalino nacional seja destinada a pecuária de corte, é a atividade leiteira a vertente mais forte e organizada da bubalinocultura no Brasil. O principal destino do leite bubalino é a fabricação de derivados, pois seu elevado teor de sólidos totais garante alto rendimento industrial, sendo que, geralmente os laticínios que processam leite de vaca pagam uma pequena diferença no litro do leite bubalino, devido a essa propriedade. Tem crescido na região sudeste o número de laticínios que processam derivados lácteos exclusivamente a partir do leite de búfalas, oferecendo melhor remuneração ao produtor. O aquecimento do setor leiteiro tem sido acompanhado pelo aumento na demanda por produtos do leite de búfalas e aumento no número de propriedades dedicadas a essa atividade.

O leite de búfalas apresenta elevados teores de constituintes, com valor de teor de proteína variando de 4,13% a 4,55 % e de gordura variando de 6,87% a 8,59% (TONHATI et al, 2012). Assim como a gordura da carne, a gordura do leite bubalino é extremamente branca, devido a quase total ausência de pigmentos de beta caroteno (precursor da vitamina A). É um alimento rico em vitaminas A, D e B2, e apresenta níveis de cálcio mais elevados que o leite de vaca. Apesar da porcentagem de gordura no leite de búfalas ser elevada, os níveis de colesterol são inferiores ao observado no leite bovino. A produção diária de leite de uma búfala circula em torno de 8 Kg. Ao analisar as informações de cinquenta propriedades cadastradas na ABCB, distribuídas pelo Brasil, Gonçalves (2008) descreveu médias de 4,9 e 5,2 kg de leite por animal por dia nos anos de 2006 e 2007, respectivamente. Estes autores observaram que valores máximos de 15,1 kg de leite/búfala/dia são registrados em uma pequena parcela das propriedades.

A produção do leite bubalino é destinado, principalmente, para a fabricação do queijo muçarela, que é um produto originário da região sul da Itália, sendo comercializado em barras, tranças, fatias e as tradicionais bolas. Na Itália só é reconhecido como *mozzarella*, o queijo produzido exclusivamente a partir do leite integral de búfalas da raça Mediterrâneo. O rebanho bubalino brasileiro é constituído por cruzamentos entre as raças aqui existentes, de modo que não se confere exclusividade a uma raça para a produção de qualquer produto, contudo existe o consenso de que o queijo muçarela é aquele exclusivamente produzido a

partir do leite de búfalas. A ABCB inclusive emite um selo de pureza aos lacticínios cadastrados e que respeitam esta condição. Todavia, existe ainda uma gama de produtos processados a partir do leite de búfalas, como doce de leite, requeijões, manteigas, iogurtes e outros queijos como o frescal, ricota, provolone e o queijo marajoara.

O mercado da carne e do leite

O búfalo é um animal rústico com ótimos índices de conversão alimentar e que atinge peso ideal de abate em idades jovens. Na teoria, a bubalinocultura de corte corresponde a uma atividade que requer menos investimentos que bovinos, e que garante o retorno do capital investido em um intervalo de tempo menor. Na realidade, a bubalinocultura de corte atualmente é uma cadeia produtiva carente de especialização e marcada por diferenças regionais de mercado. Embora existam regiões onde a produção da carne seja uma atividade atraente, esta não é uma realidade absoluta no país. Os dois principais fatores responsáveis pela fragilidade da cadeia em determinadas regiões são: a falta de escala de abate e ausência de interesse dos consumidores pela carne bubalina, que na verdade equivalem à uma relação circular de causa e consequência. Sem a especialização de uma cadeia, a indústria frigorífica encontra dificuldades no abate dos búfalos, na venda da carne e no escoamento de sub produtos e o pecuarista encontra baixa remuneração pelos seus animais.

A carne bubalina não está entre as carnes popularmente consumidas no Brasil, e o tamanho do rebanho nacional atual, sequer suportaria esta condição. De modo que, publicidade que atingisse a massa consumidora encontraria um empecilho na disponibilidade deste produto no mercado. Uma estratégia para valorização da atividade seria a negociação baseada na qualidade do produto ao invés da negociação de *commodity*, uma vez que existe um ascendente mercado atento a qualidades nutricionais dos alimentos consumidos. Para tanto é necessário a interação entre pecuaristas, profissionais das áreas de produção, especialistas em qualidade de carne e marketing.

Existem algumas iniciativas para padronização de um produto que tenha boa aceitação pelo mercado consumidor e que seja fornecido constantemente, buscando fidelizar certo nicho consumidor. Á exemplo pode ser citada a criação da marca “Baby búfalo” que exige animais abatidos com idade entre 18 e 24 meses, pesando entre 400 e 450 Kg (LOURENÇO JUNIOR

et al., 2002) e disponibiliza 120 toneladas de carne a cada mês. Outra forma adequada de faturamento com o comercio da carne bubalina é a divulgação de uma carne exótica. Além disto, existe a conscientização de um nicho de mercado sobre o aspecto saudável da carne bubalina. Sendo consensual que o controle dos níveis de colesterol deve ser feito com a redução de lipídeos na dieta, a carne bubalina surge como uma alternativa de bons níveis proteicos e reduzida fração de ácidos graxos, além de ser um alimento rico em vitaminas.

O produtor de leite de búfalas, não sofre o efeito de um estigma negativo e errôneo sobre o seu produto, como acontece com o produtor de carne. No entanto, também existe nesse setor a dificuldade de uma remuneração adequada pela qualidade do produto, quando negociado com laticínios que processam leite de vaca. Dessa forma, muitas propriedades processam queijos muçarela na própria fazenda, visando agregar valor ao leite. Um dos fatores que potencializam a bubalinocultura leiteira nesta região é o aumento no número de laticínios especializados na comercialização de produtos de origem bubalina.

A muçarela é o principal derivado do leite bubalino comercializado no Brasil, principalmente na região sudeste, não apenas por seu sabor característico, mas também por suas qualidades nutricionais. Sendo um produto inserido com facilidade no restrito e bem remunerado mercado da fina gastronomia. No ano de 2013, o queijo marajoara, também produzido a partir de leite de búfalas, mas em um processo diferente da muçarela, foi reconhecido como produto artesanal pela lei estadual do Estado do Pará, de modo que as propriedades certificados com selo de produção artesanal podem efetuar a comercialização intermunicipal desta iguaria no Estado do Pará, que até então ocorria de maneira clandestina. Existe a iniciativa de que a comercialização legal do queijo de Marajó seja estendida a todo o território nacional, de qualquer forma a legalização estadual irá fortalecer a atividade leiteira na região norte. Uma marcante característica no sistema de produção de leite de búfalas, assim como queijos, é a sazonalidade de produção. Com redução na oferta no período compreendido entre os meses de novembro e fevereiro. Este tipo de oscilação na disponibilidade do produto pode afetar a sua imagem, portanto é necessário o emprego de tecnologias reprodutivas para garantir oferta uniforme do leite ao longo do ano.

A bubalinocultura ainda possui desafios a serem superados. Portanto, é imprescindível que os setores envolvidos na atividade trabalhem em conjunto para o seu fortalecimento. O pecuarista precisa seguir confiante na atividade, garantindo assim uma escala de produção contínua e que atenda a demanda. Enquanto a disponibilidade de leite e carne de búfalo não é suficiente para abastecer o mercado consumidor, competindo com produtos de outras espécies animais, é necessário foco em um nicho de mercado que esteja disposto a pagar por qualidade. De acordo com Gonçalves (2008), a grande maioria das propriedades rurais dedicadas a este setor estão em atividade a mais de 5 anos, o que representa um setor estável e economicamente rentável.

Aspectos Genéticos

No ocidente, com base na tradição italiana é crescente a procura de derivados do leite de búfala, principalmente o queijo "mozzarella", o que tem permitido o desenvolvimento de muitas bacias leiteiras em diferentes partes do mundo, dentre elas o Brasil. Uma das características que amplia o interesse pela espécie, é sua extraordinária habilidade para converter fibra de baixa qualidade em alimento. Muitas pesquisas têm indicado as particularidades do búfalo em relação à conversão alimentar com o uso de forragens tropicais e subprodutos agrícolas, não competindo com os humanos pelos principais produtos agrícolas. Outras características importantes dos búfalos são sua capacidade de adaptação a diferentes ambientes e sua alta fertilidade.

No Brasil alguns rebanhos de búfalos direcionam-se à produção de carne, entretanto, grande parte dos criadores visa à pecuária leiteira em função do atrativo retorno comercial que esta atividade proporciona. Tal retorno é devido ao maior rendimento na obtenção de derivados pelos laticínios, atribuído à constituição do leite de búfalas que, comparado com o leite bovino, apresenta maiores teores de gordura, proteína e sólidos totais. Tal fato, somado à grande demanda pelo queijo "mozarella" tem permitido aos laticínios praticarem preços remuneradores para os produtores. Assim, a Associação Brasileira dos Criadores e o Ministério da Agricultura e Abastecimento têm apoiado as provas zootécnicas como forma de identificar e disponibilizar aos produtores, material genético de qualidade comprovada. Na expectativa de contribuir com os programas de melhoramento genético de bubalinos no Brasil,

o Departamento de Zootecnia da Unesp/Jaboticabal vem mantendo um programa de controle leiteiro com o propósito de desenvolver pesquisas relacionadas à espécie bubalina.

Alguns estudos sobre estimativas de parâmetros genéticos para a produção de leite e seus constituintes em búfalas leiteiras têm sido desenvolvidos. Neste sentido, a maioria tem reportado estimativas de herdabilidade moderadas, indicando que a seleção seria efetiva para o melhoramento genético destas características. No entanto, a produção de leite e seus consituientes são características expressas em um só sexo, ou seja, para a avaliação de reprodutores, candidatos à seleção, é necessário a adoção de teste de progênie, o que implicaria em alto custo operacional e longo intervalo de gerações. Com o advento dos marcadores moleculares na década de 80 surgiu a possibilidade da utilização desses como ferramentas auxiliares. Algumas das vantagens dos marcadores no processo de seleção são os fatos de não sofrerem influência ambiental, serem herdados mendelianamente e apresentarem herdabilidade igual a um, o que pode aumentar a eficiência do processo de avaliação.

Assim, várias pesquisas foram realizadas na tentativa de encontrar marcadores moleculares associados aos componentes do leite de búfalos, nos quais foram relatadas para as caseínas diversas formas moleculares alfa s1, alfa s2, beta e kappa caseína. Além disso, se tem trabalhado na construção de mapas genéticos pela técnica das células somáticas híbridas irradiadas (RH, do inglês Radiation Hybrid). Foram testados marcadores derivados de genes do cromossomo bovino (BTA13), que possui alto grado de sintenia com o cromossomo de bubalino 14 (BBU14), que está associado à produção e qualidade do leite (Ianella, et al., 2008).

No entanto, a implementação pratica da seleção assistida por marcadores tem sido limitada e os ganhos genéticos reduzidos. Além disto, uma das maiores dificuldades tem sido a incorporação, nos programas de avaliação genética, dos dados proveniente dos marcadores moleculares em conjunto com a informação dos poligenes, visando a predição dos valores genéticos por meio do BLUP (*Best Linear Unbiased Predictor* (Melhor Preditor Linear não Viesado) para as características de importância econômica.

Mais recentemente, progresso importante tem sido obtido a partir do sequenciamento do genoma bovino e suas aplicações para Análise de Associação Ampla “Genome Wide” e

Seleção Genômica (GWS), empregando simultaneamente milhares de marcadores distribuídos ao longo do genoma. A GWS se mostra ampla por atuar em todo o genoma, identificando os genes que afetam um caráter quantitativo. Valores associados a cada marcador ou alelo estão sendo usados para fornecer o valor genético genômico de cada indivíduo. Há uma diferença básica na predição de valores genéticos tradicionais e na predição de valores genéticos genômicos. Nos primeiros, informações fenotípicas são utilizadas visando inferências sobre os efeitos dos genótipos dos indivíduos e, nos últimos, informações genotípicas (genótipos para os alelos marcadores) são usadas visando às inferências sobre os valores fenotípicos futuros (ou valores genéticos genômicos preditos) dos indivíduos. Em outras palavras, os métodos tradicionais usam o fenótipo para inferir sobre o efeito do genótipo e a GWS usa o genótipo, com efeito genético pré-estimado em uma amostra da população, para inferir sobre o fenótipo a ser expresso nos candidatos à seleção. Esse tipo de seleção considera um conjunto muito denso de marcadores, cobrindo todo o genoma, o que, potencialmente, explica toda a variância genética, assumindo-se que os marcadores estejam em desequilíbrio de ligação com os QTL de forma que os efeitos sejam válidos para a população.

A seleção genômica comparada à tradicional, baseada no BLUP, fornece: 1) predições dos valores genéticos com maior acurácia, principalmente para as características que se expressam num único sexo (caso a produção de leite) e/ou sejam de baixa herdabilidade, 2) menor incremento na consanguinidade, além de 3) antecipar o processo de seleção no caso de características mensuradas tardiamente na vida do animal ou de mensuração difícil e de alto custo (componentes do leite e células somáticas). Foram relatados aumento no progresso genético entre 19 a 31% em comparação com o teste de progênie, quando os marcadores moleculares explicaram 50% da variância genotípica. Vários trabalhos mostraram, definitivamente, que a seleção genômica terá grande utilidade no melhoramento genético, via métodos do tipo BLUP/GWS, que equivalem ao procedimento BLUP (melhor predição linear não viciada) aplicado sobre dados moleculares que permitem a predição de valores genômicos. Em vários países como Estados Unidos, Canadá, Nova Zelândia e Holanda, os valores genéticos de touros para produção de leite vêm sendo preditos a partir de informações genômicas.

Recentemente, iniciou-se a comercialização do Illumina Infinium® bovineHD BeadChip que contém mais de 777.000 marcadores de polimorfismos de base única (SNP) espalhados pelo genoma bovino. Com uso deste chip contendo informação de mais de 20 raças bovinos de corte e leite das espécies *Bos taurus taurus, Bos taurus indicus* e várias cruzas destes , foram encontradas mais de 749,000 SNPs, em 639 animais. Além disso, o chip foi testado em búfalos (*Bubalis bubalis*) observando- mais de 167.000 SNPs polimórficos (ILLUMINA, 2010). Os SNP são a forma de variação mais abundante de polimorfismos de DNA em todo o genoma e têm se tornado preferencial sobre outros tipos de marcadores moleculares, uma vez que apresentam menores taxas relativas de mutação e são de fácil genotipagem. Para ter-se uma idéia da importância desta tecnologia podemos relatar o que aconteceu durante o último Congresso Mundial de Genética Aplicada à Produção Animal (8th World Congress on Genetic Applied to Livestock Productiom), congresso mais relevante na área de Genética e Melhoramento Animal, ocorrido em Leipzig – Alemanha em agosto de 2010. Este evento contou com 1300 participantes de 60 países, com cerca de 850 trabalhos apresentados, sendo que mais de 350 trabalhos e, basicamente, todas as palestras convidadas foram na área de seleção genômica.

No Brasil, a coleta de dados sobre a produção de leite e seus constituintes em bubalinos têm sido realizadas rotineiramente no âmbito do programa de Controle Leiteiro mantido pelo Departamento de Zootecnia, identificando-se assim, ótima oportunidade para testar este painel nos bubalinos. Os painéis de SNPs específicos para búfalos ainda não estão disponíveis no mercado em função do alto custo para o desenvolvimento destes. Neste sentido a análise dos SNPs para bubalinos leiteiros utilizando chip de bovinos é bastante oportuna, pois em testes realizados utilizando o bovineHD BeadChip para búfalos foram encontrados mais de 167.000 SNPs, verificando-se que os painéis de SNPs desenvolvidos para bovinos pode ser utilizados para os búfalos (ILLUMINA, 2010). Os resultados poderão ser aplicados no desenvolvimento de estratégias racionais para conservação da variabilidade genética em búfalos; na implementação dos programas de melhoramento genético e na avaliação de populações comerciais para evidenciar associação dos QTL com características segregantes, contribuindo sobremaneira para um maior retorno econômico para o setor.

Referências

Abdallah, O.Y. Tissue Growth Patterns in the Carcasses of Water Buffalo and Friesian Crossbred Cattle – Part 1: Individual Muscles and Anatomical Muscle Groups. Meat Science 8 (1983) 301-315.

Bernardes, O. Bubalinocultura no Brasil: situação e importância econômica. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 293-298, 2007.

Borghese e Mazzi. Buffalo population and strategies in the world. In: Borghese, A (Ed.), Buffalo production and research. Roma, FAO, 2005.

Damé, M.C.F. Búfalo: animal de tração. Pelotas: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006. 24p.

FAOSTAT, 2012. Disponível em: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QA/E

GONÇALVES, O. **Características de criações de búfalos no Brasil e a contribuição do marketing no agronegócio bubalino**, Pirassununga, SP: Universidade de São Paulo, 2008. Tese. Faculdade Zootecnia e engenharia de alimentos da Universidade de São Paulo, 2008.

Ianella, P; Venancio, L.P.R; Stafuzza, N. B; Miziara, M.N; Agarwala, R; Schaeffer, A.A; Riggs, P.K; Womack, J.E; Amaral, M.E.J. . First radiation hybrid map of the river buffalo X chromosome (BBUX) and comparison with BTAX. **Animal Genetics**, v. 39, p. 196-200, 2008.

IBGE, 2012. Efetivo dos rebanhos em 31.12 e variação anual, segundo as categorias. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/tabelas_pdf/tab01.pdf

Lourenço Junior J.B., Lourenço V.V., Costa N.A., Moura Carvalho L.O.D., Lourenço L.F.H., Sousa C.L., Santos N.F.A. Evaluation of carcass income and physical-chemical characteristics of "baby buffalo" meat. *In*: Simpósio de Búfalos das Américas, Belém. *Proceedings* ... Belém: ABCB/APCB/FCAP/Embrapa/UFPA/IBF, p.573-575, 2002.

Macedo, M.P., Bianchini Sobrinho, E., Resende, F.D. et al.. Características de Carcaça de Bubalinos da Raça Mediterrâneo Terminados em Diferentes Regimes Alimentares. In:

REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000b, Viçosa. *Anais*...Viçosa:SBZ, 2000. P.1-3.

Martinez, G.B. ; Carvalho, L. O. D. de M. ; Garner, J. K. ; Nascimento, C. N. B. de ; Monteiro, J. de S. Tração animal com bubalinos. Belem: EMBRAPA-CPATU,1985. 20p. (EMBRAPA-CPATU. Circular técnica, 51).

Oliveira, A.L. et al.. In: World Congress, 3, 1991, Varna, Bulgaria, Proceedings. p.1019-1026.

Oliveira A.L. Búfalos: produção, qualidade de carcaça e de carne. Alguns aspectos quantitativos, qualitativos e nutricionais para promoção do melhoramento genético. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.29, p.122-134, 2005.

Rodrigues, V.C.; Andrade, I.F.; de Freitas, R.T.; Bressan, M.C., Teixeira, J.C. Rendimento do Abate e Carcaça de Bovinos e Bubalinos Castrados e Inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.663-671, 2003.

Santiago, A.A. Introdução dos búfalos no Brasil. **Associação Brasileira dos Criadores de Búfalos**, 13 p., 2000.

Tonhati et al. In: World Buffalo Cogress, 6, 2001. Venezuela. V.2, P. 96-102.

Tonhati, H.; de Camargo, G.M.F.; Aspilcueta-Borquis, R.R.; Hurtado-Lugo, N.A. Melhoramento Genético de Bubalinos. In: Jonas Carlos Campos Pereira. (Org.). Melhoramento Genético Aplicado À Produção Animal. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2012, v. 1, p. 1-758.

CNPA 2014
IX Congresso Nordestino de Produção Animal
De 11 a 14 de Novembro de 2014
PRODUÇÃO ANIMAL: NOVAS DIRETRIZES
CENTRO DE CONVENÇÕES LUÍS EDUARDO MAGALHÃES . ILHÉUS - BAHIA - BRASIL

II SIMPÓSIO NORDESTINO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS

Sistemas silvipastoris: produção animal com benefícios ambientais

Roberto Giolo de Almeida[1], José Henrique de Albuquerque Rangel[2], Ana Clara Rodrigues Cavalcante[3], Fabiana Villa Alves[4]

[1] Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS. e-mail: roberto.giolo@embrapa.br
[2] Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. e-mail: jose.rangel@embrapa.br
[3] Pesquisadora da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE. e-mail: ana.clara@embrapa.br
[4] Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS. e-mail: fabiana.alves@embrapa.br

Resumo: Sistemas silvipastoris constituem uma modalidade de sistema agroflorestal, que combinam forrageiras, árvores e animais, e que têm sido desenvolvidos em todas as regiões do país, com características específicas quanto às espécies utilizadas, ao arranjo temporal e espacial dos componentes e ao objetivo e funcionalidade do sistema, porém, ainda são pouco adotados. Este trabalho pretende apresentar demandas, demonstrar resultados de produção animal e perspectivas de fornecimento de serviços ambientais, mostrando o potencial de uso destes sistemas para diferentes regiões brasileiras, em especial, para o Nordeste.

Palavras–chave: árvores, forrageiras, serviços ambientais, sistemas agroflorestais

Silvopastoral systems: animal production with environmental benefits

Abstract: Silvopastoral systems are a form of agroforestry system that combine forages, trees and animals, which have been developed in all regions of Brazil, with specific characteristics as the species used, the temporal and spatial arrangement of components and the purpose and functionality of system, however, are still poorly adopted. This work intends to present demands, demonstrate results of animal production and prospects for providing environmental services, showing the potential use of these systems for different Brazilian regions, especially the Northeast.

Keywords: agroforestry systems, environmental services, forages, trees

Introdução

Sistemas silvipastoris constituem uma modalidade de sistema agroflorestal, que combinam forrageiras, árvores e animais em uma mesma área, por meio da conservação/manutenção de árvores previamente existentes, pelo plantio de árvores ou pela condução da regeneração da vegetação natural.

De acordo com Porfírio-da-Silva (2006), as principais demandas para conversão de pastagens convencionais em sistemas silvipastoris são: (1) pressão para adoção de "boas práticas" na pecuária; (2) crescente mercado para madeira plantada; (3) ambiência animal; (4) busca por produtos diferenciados; (5) agregação de renda; e (6) favorecer a biodiversidade em sistemas pecuários.

Em análise das exigências da sociedade moderna relacionadas ao sistema de produção de carne, Corsi e Goulart (2006) alertaram para a importância da segurança ambiental no processo produtivo, envolvendo: bem-estar animal, conservação do solo e da água, mitigação da emissão de gases de efeito estufa e sequestro de carbono, e prestação de serviços ambientais em áreas com pastagens, sendo que tais demandas podem ser atendidas com a inclusão do componente florestal em sistemas pecuários.

No âmbito de sistemas pecuários, sistemas silvipastoris têm sido adotados como alternativas para recuperação de pastagens degradadas, para melhoria das condições térmicas de animais em pastejo e para diversificação e intensificação da produção. Entretanto, estes sistemas ainda são de uso limitado no Brasil; segundo Dias-Filho (2006), dentre as principais barreiras para adoção de sistemas silvipastoris para recuperação de pastagens degradadas, destacam-se: (1) altos custos iniciais de investimento para implantação do sistema, principalmente no caso de produtores sem acesso a crédito; (2) desconhecimento, por parte de muitos produtores, dos benefícios (produtos e serviços) que o componente florestal poderia proporcionar ao sistema; e (3) aspectos culturais, uma vez que esse sistema requereria a adoção de conhecimento e, consequentemente, de práticas de manejo que poderiam ser bem diferentes daquelas tradicionalmente empregadas na pecuária convencional.

O principal gargalo tecnológico dos sistemas silvipastoris é o tempo necessário para estabelecimento das árvores, até que estas atinjam o porte necessário para suportar animais em pastejo. A estratégia de proteção das mudas, por meio de cercas, apresenta custos elevados,

exigindo a escolha de componentes arbóreos que gerem produtos de elevado valor agregado, para compensarem o período de inatividade da área para uso com animais. Também, pode-se manter a área vedada, com uso da forrageira para silagem ou fenação. Outra alternativa, mais complexa, porém, com maior viabilidade econômica, é a utilização de culturas agrícolas em fase inicial, associada ao componente arbóreo (sistema silviagrícola inicial), antes do cultivo da forrageira, o que possibilita uma fonte de renda para financiar a implantação do sistema. Em todos os casos, na escolha do componente arbóreo, deve-se considerar sua adaptação às condições locais e optar por espécies que apresentem crescimento rápido, de modo que entre um a dois anos do plantio, as árvores tenham atingido altura adequada para entrada dos animais em pastejo (Castro e Paciullo, 2006). Dentre as espécies florestais mais utilizadas em pastagens no Brasil, destacam-se: eucaliptos (*Eucalyptus* spp. e *Corymbia* sp.), grevílea (*Grevillea robusta*), pinus (*Pinus* spp.), teca (*Tectona grandis*), paricá (*Schyzolobium amazonicum*), mogno africano (*Kaya ivorensis*), cedro australiano (*Toona ciliata*), canafístula (*Pelthophorum dubium*) e acácia mangium (*Acacia mangium*) (Carvalho et al., 2001; Paciullo et al., 2007b; Porfírio-da-Silva et al., 2009).

Nestes sistemas, o componente arbóreo, por meio do sombreamento, promove alteração do microclima, melhorando o conforto térmico dos animais em pastejo e o valor nutritivo da forragem. Entretanto, em níveis de sombreamento superiores a 50% (Paciullo et al., 2006), a produtividade das forrageiras tende a diminuir, com reflexos negativos sobre a produção animal por área.

Neste contexto, no planejamento de sistemas silvipastoris, deve-se considerar uma densidade arbórea que promova cobertura da projeção das copas de 10 a 40% da área da pastagem (Andrade et al., 2012). Outras estratégias a serem utilizadas, à medida que a cobertura arbórea aumenta, como a desrama (retirada de galhos) e o desbaste (retirada de árvores), possibilitam maior incidência de luz no sub-bosque, minimizando os efeitos negativos do sombreamento sobre a produção forrageira. A retirada de galhos e árvores também contribui com receitas para o sistema.

Em sistemas silvipastoris com adequada disponibilidade de forragem, o desempenho, produtivo e reprodutivo, dos animais em pastejo tende a ser favorecido.

Efeito do sombreamento sobre as forrageiras

O sombreamento provoca alterações na morfofisiologia e no valor nutritivo das forrageiras (Paciullo et al., 2006; Paciullo et al., 2007a). De modo geral, sob sombreamento, gramíneas forrageiras apresentam lâminas foliares e colmos mais longos, menor índice de área foliar (IAF) e maior área foliar específica (AFE), modificações que permitem uma maior eficiência na captação de luz para compensar a restrição de radiação fotossinteticamente ativa em ambientes sombreados. Nestas condições, as forrageiras também priorizam o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular e apresentam menor taxa de perfilhamento.

No entanto, quando são sombreadas, as gramíneas forrageiras tendem a apresentar melhor valor nutritivo, com maior teor de proteína bruta, menor conteúdo de parede celular e, consequentemente, maior digestibilidade da matéria seca.

Gramíneas forrageiras são mais sensíveis ao sombreamento na fase de estabelecimento do que na fase produtiva, sendo que, para níveis de sombreamento de 30% a 50%, as gramíneas: *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu, cv. Xaraés e cv. Piatã), *B. decumbens* (cv. Basilisk) e *Panicum maximum* (cv. Aruana, cv. Mombaça, cv. Tanzânia e cv. Massai) são consideradas tolerantes e com produção satisfatória em sistemas silvipastoris (Almeida et al., 2012).

Desse modo, o estabelecimento de gramíneas forrageiras a partir do primeiro ano do plantio das árvores tende a ser mais efetivo do que em sistemas com árvores já desenvolvidas e com maior sombreamento (Varella et al., 2009).

O manejo da pastagem em sistemas silvipastoris deve ser mais criterioso, pois as forrageiras encontram-se em grau de competição (com o componente arbóreo) mais elevado do que em monocultivo e em pleno sol, sendo que, nestes sistemas, o efeito do superpastejo tende a ser aumentado. Neste sentido, deve-se procurar manter a altura de pastejo indicada para cada espécie/cultivar, para permitir maior acúmulo de reservas e favorecer a rebrotação.

Quanto às forrageiras leguminosas, tendem a ser menos tolerantes ao sombreamento do que as gramíneas. Essas forrageiras têm baixa persistência em períodos de sombreamento maiores que dois anos. Dentre as medianamente tolerantes encontram-se: calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), centrosema (*Centrosema pubescens*) e puerária ou kudzu-tropical (*Pueraria phaseoloides*). O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) é considerado como tolerante ao sombreamento, entretanto, apresenta lento processo de estabelecimento,

enquanto os estilosantes (*Stylosanthes* sp.) e o siratro (*Macroptilium atropurpureum*) são considerados de baixa tolerância ao sombreamento (Andrade et al., 2004). Portanto, recomenda-se que as leguminosas sejam utilizadas na fase inicial de sistemas silvipastoris, mesmo que em monocultivo, visando melhoria da fertilidade do solo, ou em consórcio com gramíneas, visando a melhoria na qualidade da dieta do rebanho.

Efeito do sombreamento sobre os animais em pastejo

Boa parte das áreas com pastagem no Brasil, encontram-se sob condições climáticas que determinam estresse térmico calórico em graus mediano e severo, no período de outubro até março. Neste cenário, como o conforto térmico integra o conceito de bem estar animal, e este último, por sua vez, pode influenciar no desempenho animal, o principal e mais importante fator a ser contornado em países tropicais é o efeito do clima, evitando-se que os animais sofram com o excessivo ganho de calor proveniente do ambiente.

As variáveis climáticas afetam de forma direta e indireta os animais, e a elevada incidência de radiação solar nas regiões tropicais, associada às altas temperaturas e umidade relativa do ar, podem gerar desconforto térmico, e consequente estresse por calor em animais mantidos em pastagens (Costa, 2000; Neves et al., 2009). Neste caso, dependendo da intensidade da radiação solar, podem ocorrer alterações no comportamento animal e em alguns parâmetros fisiológicos, como a temperatura corporal, frequência respiratória, batimentos cardíacos e taxa de sudorese (Costa, 2000). No caso de pastagens sem sombra, por exemplo, mudanças nos tempos de pastejo e ruminação, movimentação excessiva do rebanho, animais deitados por longos períodos, agrupamento nos extremos do piquete e ingestão frequente de água, podem ser sinais de estresse calórico.

Sistemas de produção que de algum modo promovam modificações ambientais capazes de atenuar o estresse térmico podem favorecer o controle homeotérmico animal e, consequentemente, melhorar o seu desempenho (Silva Jr., 2001; Titto, 2006; Glaser, 2008). Isto porque o desempenho satisfatório de um animal é dependente de uma faixa de temperatura denominada Zona de Conforto Térmico (ZTC), que corresponde a limites de temperatura nos quais o animal encontra-se em homeostase, sem a necessidade de uso de artifícios termorreguladores (Pereira, 2005). Quando a temperatura ultrapassa o limite máximo da ZTC, ocorre redução na eficiência dos processos de perda de calor e o animal

entra em estresse pelo calor (Silanikove, 2000). No caso de animais de produção, muitos dos mecanismos de dissipação de calor podem comprometer funções fisiológicas importantes, e nem sempre são suficientes para manter a temperatura em níveis aceitáveis, comprometendo as funções celulares e, por consequência, a taxa de crescimento, produção de leite, sobrevivência embrionária, desenvolvimento fetal, qualidade espermática, entre outras (Blackshaw e Blackshaw, 1994).

Assim, o uso de sistemas silvipastoris pode contribuir para minimizar os impactos sobre os animais, sejam eles produtores de carne ou leite (Alves, 2012). Neste caso, a oferta de sombra, natural ou artificial, capaz de reduzir a carga de calor radiante, em climas quentes, em mais de 30% (Blackshaw e Blackshaw, 1994). As árvores também são capazes de atuar como redutoras da temperatura do ar, pois absorvem parte da energia radiante para o seu processo de fotossíntese, reduzindo a energia transferida para o sistema que resulta no aquecimento do ambiente circunstante (Marin et al., 2008). Carvalho et al. (2011) relataram que sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com eucalipto, apresentaram menor temperatura e velocidade do vento, e maior umidade relativa do ar, em relação a sistemas integrados sem árvores, indicando melhores condições microclimáticas para bovinos em pastejo. Assim, a presença do componente arbóreo em sistemas pecuários seria capaz de proporcionar um microclima mais favorável aos animais e reduzir o efeito do estresse térmico, com potencial melhoria dos índices produtivos e reprodutivos.

Benefícios e serviços ambientais em sistemas silvipastoris

A presença do componente arbóreo em sistemas silvipastoris contribui para melhorar o microclima, o bem-estar animal, a conservação do solo e da água, a regularização do ciclo hidrológico, a biodiversidade, o sequestro de carbono e a beleza cênica da paisagem rural. Além disso, com a produção de madeira para o mercado, minimiza a pressão para uso de madeira nativa e contribui para diminuir o desmatamento. Estes serviços ambientais são considerados como benefícios indiretos, entretanto, influenciam na melhoria da eficiência de uso da terra e nos benefícios diretos (produtos gerados) (Almeida, 2010).

A melhoria da qualidade do solo, como benefício ambiental, também está diretamente ligada ao desempenho produtivo do sistema (benefício técnico), sendo um dos principais benefícios promovidos por estes sistemas. Arranjos com árvores dispostas em nível,

minimizam as perdas de solo por erosão hídrica e eólica. A deposição de serapilheira contribui para aumentar o teor de carbono no solo, incrementando a disponibilidade de água e de nutrientes com concomitante aumento na diversidade de micro e mesorganismos do solo. O uso de espécies florestais leguminosas contribui na fixação de nitrogênio e reciclagem de nutrientes.

Quanto ao sequestro de carbono e potencial de mitigação de gases de efeito estufa, em sistemas de sivlpastoris com árvores de rápido crescimento e considerando um período de cultivo de 11 anos, aproximadamente 5,0 t de Ceq/ha/ano são fixadas somente no tronco das árvores, sendo que isso equivale à neutralização da emissão de 13 bois adultos por ano (Grupo... 2009). Considerando que a taxa de lotação média das pastagens brasileiras é de 1,2 animal/ha, fica evidente a relevância desses sistemas na melhoria das condições ambientais da pecuária.

Sistemas silvipastoris no Nordeste

A região Nordeste do Brasil possui 1,56 milhão de km^2, dos quais o semiárido ocupa 63%, sendo o restante ocupado pela zona da mata e áreas costeiras. Em 2006 existiam no Nordeste, 30,5 milhões de hectares ocupados com pastagens, sendo 16 milhões de hectares com pastagens naturais e 14,5 milhões com pastagens cultivadas (IBGE, 2006).

Considerando-se que a maior parte do semiárido é ocupada pela Caatinga (Silva et al., 2010) essa composição florística deve ter sido considerada pelo IBGE (2006) como "matas/florestas naturais" ou "áreas ocupadas com essências florestais também usadas para pastejo", e não como pastagens. Essa categoria de florestas representava no Nordeste 19 milhões de hectares, em 2006. Dessa forma, entende-se que os 16 milhões de hectares com pastagens nativas estão, em sua maioria, localizados em locais aonde a Caatinga foi removida, enquanto que as cultivadas estão nas zonas mais úmidas representadas pelo agreste e a zona da mata.

A Caatinga é um bioma que apresenta oito ecorregiões, sendo a presença de árvores e arbustos característica de pelo menos metade destes ambientes. A resiliência à seca nessas ecorregiões tem estreita relação com a presença de árvores. O desmatamento e as queimadas têm sido relatados como os principais fatores de perda de sustentabilidade da Caatinga (Leal et al., 2005). Diante deste cenário, modelos de sistemas silvipastoris têm sido apresentados como alternativas para o uso sustentável da Caatinga para fins pastoris.

A manutenção das árvores em áreas de Caatinga tem se mostrado benéficas para os animais em pastejo porque no ambiente semiárido as elevadas temperaturas afetam o conforto térmico dos animais, reduzindo o consumo e o desempenho dos mesmos (Santos et al., 2005). O sistema silvipastoril tem permitido triplicar a capacidade de suporte de pastagens nativas, porque com o raleamento da Caatinga, espécies herbáceas de alto potencial forrageiro ficam disponíveis para os animais em pastejo (Araújo Filho, 2013). Na época seca, a queda das folhas de árvores também favorece a alimentação dos animais e serve de proteção para o solo. A quantidade de serrapilheira em áreas de sistemas silvipastoris pode chegar a mais de 3.000 kg/ha (Mourão et al., 2013).

A manutenção de árvores em ambiente pastoril tem impacto positivo sobre os estoques de carbono e nitrogênio na Caatinga. Sacramento et al. (2013) quantificaram estes estoques e observaram que nas camadas mais superficiais do solo, sistemas que possuem árvores, como pasto nativo, silvipastoril e agrossilvipastoril, apresentam maiores teores destes componentes quando comparados com uma área tradicional (desmatada). Esta disponibilidade favorece o cultivo de gramíneas forrageiras e culturas agrícolas, bem como, o aparecimento de espécies forrageiras nativas de alto valor nutritivo.

A presença das árvores em pastagens nativas também pode viabilizar a renda de produtores no semiárido, por meio da prestação de serviços ambientais. Aguiar (2011) considerou como serviços ambientais prestados por sistemas agroflorestais na Caatinga a biodiversidade vegetal, o sequestro de carbono e a deposição de matéria orgânica no solo. Os índices de contribuição destes serviços foram sumarizados na tabela 1. Percebe-se que tendo como base uma Caatinga preservada, os sistemas silvipastoris ocupam posição de destaque em relação a modelos tradicionais de cultivo e pasto degradado.

Algumas espécies presentes na Caatinga também podem ser manejadas para a produção de madeira e forragem, sendo interessantes para os sistemas silvipastoris. Carvalho et al. (2004) realizaram um experimento em sistema silvipastoril onde o rebaixamento do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e a preservação do crescimento de dois fustes com o rebaixamento do restante, permitiu a redução de 15 para 7 anos o tempo para extração de madeira. Além disso, observou-se que a oferta de folhas das rebrotações ficou presente por

mais de sessenta dias após o término das chuvas, sendo importante fonte de alimentação para os rebanhos na Caatinga (Cavalcante et al., 2000).

Tabela 1. Índice de contribuição do uso do solo por uma propriedade hipotética do semiárido

Uso da terra	Biodiversidade	Sequestro de Carbono	Deposição de matéria orgânica	Índice de contribuição
Caatinga preservada	1	1	1	3,0
Sistema silvipastoril	0,6	0,6	0,7	1,9
Monocultivo tradicional	0,1	0,3	0,3	0,7
Área degradada	0	0	0	0

Fonte: Adaptado de Aguiar (2011).

Outra importante espécie que tem potencial para contribuir com o fornecimento de energia, madeira e forragem no ambiente semiárido é a algaroba (*Prosopis juliflora*). Esta espécie, pela sua alta resiliência, pode ser utilizada em regiões onde a mesma se disseminou, como fonte de forragem (vagens ricas em energia que senescem durante o período seco), como também ser manejada para a produção de lenha e madeira.

Conciliar interesses produtivos e necessidades ambientais ainda é um grande desafio no ambiente semiárido. Os sistemas silvipastoris são uma opção para este fim. Apesar de não existir uma espécie arbórea para múltiplo uso, como o eucalipto, espécies nativas, como o sabiá, e exóticas, como a algaroba, podem contribuir para a garantia da matriz energética, madeireira e também de fornecimento de alimento e sombra para os animais, sendo de importância singular para a sustentabilidade da produção pecuária neste tipo de ambiente.

Nas zonas mais úmidas do Nordeste, representadas pelo agreste e zona da mata, as pesquisas com sistemas silvipastoris são recentes e a adoção desses sistemas ainda é incipiente, necessitando de estratégias de transferência mais efetivas e em maior quantidade. Entretanto, existem modelos tradicionais onde os produtores aproveitam espécies arbóreas selecionadas e remanescentes da derrubada da mata para fornecimento de sombra aos animais em pontos estratégicos da pastagem. Esses sistemas, no entanto, são realizados sem obedecer

a modelos preconcebidos. Muitas vezes, as árvores consistem em espécies frutíferas plantadas para produção de alimento.

As pesquisas com sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris para as zonas da mata e agreste estão, em sua maioria, baseadas no uso da gliricídia ou da leucena como componente arbóreo em consórcio com lavouras, gramíneas forrageiras e palma forrageira. Tais consórcios podem ocorrer de maneira alternada entre a lavoura e a gramínea, com a palma e a gliricídia durante todo o tempo, ou com a lavoura apenas nos primeiros anos de implantação do sistema. Especificamente para a condição das áreas costeiras, o consórcio da gliricídia com o coqueiro tem mostrado resultados bastante promissores (Rangel et al., 2011). Neste caso, o coqueiro constitui o componente arbóreo e a gliricídia e mantida em regime de poda para pastejo.

Um sistema que tem se mostrado de alta eficiência para recuperação de pastagens degradadas nestas regiões é o consórcio da gliricídia com milho e capim-braquiarão (*Brachiaria brizantha*). A gliricídia é cultiva em fileiras, em espaçamento de 5 m x 1,5 m, com o milho e o braquiarão em consórcio nos dois primeiros anos, entre as fileiras, em sistema de plantio direto. A entrada dos animais em sistema de pastejo rotacionado é feita no segundo ano após a colheita do milho. Daí em diante o produtor escolhe entre continuar com o sistema agrossilvipastoril, com nova cultura do milho, ou apenas com o sistema silvipastoril ou de integração pecuária-floresta (IPF). Um ensaio de longo prazo vem sendo conduzido nos tabuleiros costeiros de Sergipe desde 2008, objetivando comparar a eficiência desse sistema comparado ao sistema com capim-braquiarão em monocultivo e sem fertilização nitrogenada ou com nitrogênio nas doses de 80, 160 e 240 kg de N ha^{-1}, utilizando-se novilhos mestiços em pastejo rotacionado (Rangel et al., 2010). O desempenho produtivo dos animais nesse experimento foi analisado para as estações das águas e da seca, durante quatro anos, de 2008 a 2011. O ganho de peso individual dos animais aumentou linearmente com as doses de nitrogênio, alcançando produções máximas de 3,1; 1,9 e 5,0 arrobas na dose de 240 kg N ha^{-1}, respectivamente para valores médios das águas, da seca e total. Para esses mesmos períodos, o ganho individual dos animais no sistema IPF foi de 3,4; 2,9 e 6,3 arrobas, respectivamente (Tabela 2). Considerando que as cargas eram ajustadas de acordo com a disponibilidade de forragem em cada tratamento, os maiores ganhos nos tratamentos fertilizados com nitrogênio foram computados para uma melhor qualidade nutricional da forragem, principalmente, em

teores de proteína bruta. No sistema IPF, além de um maior teor de proteína bruta da gramínea, favorecida pela transferência do nitrogênio biologicamente fixado pela gliricídia, o consumo de folhas e ramos finos da leguminosa, com média de 18% de proteína bruta, enriqueceu substancialmente a dieta animal (Araujo, 2014).

Tabela 2. Ganho de peso individual de bovinos nas estações das águas (maio a outubro) e seca (novembro a abril), em sistema de monocultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sem fertilização nitrogenada (0 N) ou com fertilização **anual de 80 (80 N), 160 (160 N) e 240 (240 N) kg N ha^{-1}, e em um sistema de integração pecuária-floresta (IPF) com *Gliricidia sepium* sem fertilização nitrogenada. Médias de quatro anos (2008 a 2011)**

Tratamento	Estação das Aguas		Estação Seca		Ano	
	Ganho kg/cabeça	Ganho @/cabeça	Ganho kg/cabeça	Ganho @/cabeça	Ganho kg/cabeça	Ganho @/cabeça
0 N	57^{d}	1,9^{d}	10^{e}	0,3^{e}	67^{e}	2,2^{e}
80 N	62^{d}	2,1^{d}	24^{d}	0,8^{d}	86^{d}	2,9^{d}
160 N	74^{c}	2,5^{c}	40^{c}	1,3^{c}	114^{c}	3,8^{c}
240 N	92^{b}	3,1^{b}	56^{b}	1,9^{b}	148^{b}	5,0^{b}
IPF	103^{a}	3,4^{a}	87^{a}	2,9^{a}	190^{a}	6,3^{a}
Média	78	2,6	43	1,4	121	4,0

Fonte: Adaptado de Araujo (2014).

Em relação ao ganho de peso por área, para a média do mesmo período, ocorreu aumento de peso até a dose de 160 kg de N na estação das águas (Tabela 3), sendo que o ganho no sistema IPF não diferiu do desta dose. Na estação seca, os ganhos voltaram a aumentar até a dose máxima aplicada de nitrogênio, enquanto no sistema IPF o ganho foi o dobro do observado para a dose máxima de nitrogênio. Fato a ser ressaltado, o potencial do sistema IPF com a gliricídia de manter uma regularidade de ganho de peso dos animais durante todo o ano, independente das condições de suficiência ou déficit hídrico no solo.

Tabela 3. Ganho de peso por hectare de bovinos nas estações das águas (maio a outubro) e seca (novembro a abril), em sistema de monocultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sem fertilização nitrogenada (0 N) ou com fertilização anual de 80 (80 N), 160 (160 N) e 240

(240 N) kg N ha^{-1}, e em um sistema de integração pecuária-floresta (IPF) com *Gliricidia sepium* sem fertilização nitrogenada. Médias de quatro anos (2008 a 2011)

Tratamento	Estação das Aguas		Estação Seca		Ano	
	Ganho kg/ha	Ganho @/ha	Ganho kg/ha	Ganho @/ha	Ganho kg/ha	Ganho @/ha
0 N	204^{c}	6,8^{c}	86^{d}	2,9^{d}	290^{d}	9,7^{d}
80 N	339^{b}	11,3^{b}	107^{c}	3,6^{c}	446^{c}	14,9^{c}
160 N	388^{a}	12,9^{a}	115^{c}	3,8^{c}	503^{b}	16,7^{b}
240 N	350^{b}	11,7^{b}	147^{b}	4,9^{b}	497^{b}	16,6^{b}
IPF	381^{a}	12,7^{a}	304^{a}	10,2^{a}	685^{a}	22,9^{a}
Média	332	11,1	152	5,1	484	16,2

Fonte: Adaptado de Araujo (2014).

Uma análise financeira simplificada deste experimento é apresentada na Tabela 4. Considerando apenas como entradas, a comercialização das arrobas ganhas no ano em cada um dos sistemas, a um valor de R$ 100,00 por arroba. Como custos, consideraram-se os valores dos fertilizantes usados em cada um dos tratamentos, a um valor de R$ 1.000,00 por tonelada de superfosfato simples, cloreto de potássio ou ureia. No sistema com capim-braquiarão fertilizado com nitrogênio, ocorreu um aumento da margem bruta até a dose de 80 kg ha^{-1}, enquanto que no sistema IPF foi mais do que o dobro daquela. Dessa forma, o sistema IPF com gliricídia, além de outras vantagens não levantadas nesse trabalho, tem maior sustentabilidade econômica do que a aplicação de fertilizantes nitrogenados minerais.

Tabela 4. Análise financeira simplificada da produção de bovinos em sistemas com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu fertilizados com diferentes doses de nitrogênio ou em sistema de integração pecuária-floresta (IPF) com *Gliricidia sepium* sem fertilização nitrogenada

Tratamento	**Produção @ ha^{-1}**	**Renda bruta @ = R$ 100,00**	**Custo fertilizante t = R$ 1.000,00**	**Margem bruta R$**
0 N	9,7	970,00	SS – 400,00 KCl – 90,00 Total – 490,00	480,00
80 N	14,9	1.490,00	SS – 400,00 KCl – 90,00 Ureia – 178,00 Total – 668,00	822,00
160 N	16,7	1.670,00	SS – 400,00 KCl – 180,00 Ureia – 350,00 Total – 930,00	740,00
240 N	16,6	1.660,00	SS – 400,00 KCl – 270,00 Ureia – 534,00 Total – 1.204,00	456,00
IPF	22,9	2.290,00	SS – 400,00 KCl – 90,00 Total – 490,00	1.800,00

Na zona do agreste, mais especificamente visando sistemas de produção de leite, tem-se estudado a utilização de sistemas agrossilvipastoris ou de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) para reduzir a dependência de insumos externos, com as seguintes alternativas: (a) pastagens cultivadas com os capins: buffel (*Cenchrus ciliaris*), grama aridus (*Cynodon dactilum* var. aridus) e urocloa (*Urocloa mosambisensis*) em consórcio com gliricídia ou leucena; (b) bancos de proteína de leucena, cultivada em alamedas (4,0 m x 1,0 m) e consorciada com milho e/ou feijão; (c) bancos de proteína de gliricídia cultivada em alamedas (4,0 m x 1,0 m) e consorciada com milho; (d) áreas com palma forrageira, variedades gigante

(*Opuntia ficus indica*) e redonda (*Opuntia stricta*), em sistema adensado, espaçamento de 1,0 m x 0,25 m e 1,0 m x 0,5 m, respectivamente, e em sistema de fileiras simples (3,0 m x 0,25m) consorciadas com gliricídia, nas linhas e milho nas entre linhas; (e) áreas reflorestadas com sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), em espaçamento de 10,0 m x 3,0 m; (f) cercas vivas forrageiras com gliricídia. Esses sistemas apresentam eficiência comprovada para a região, entretanto, há necessidade de maiores esforços para sua difusão e adoção.

Outros sistemas de ILPF com eucalipto, de eficiência comprovada em outras regiões, podem também ser adaptados em locais de condições pluviométricas mais favoráveis, como as do sul da Bahia.

Referências bibliográficas

AGUIAR, K. R. **Valoração e pagamento dos serviços ambientais: alternativa de rentabilidade extra para um sistema agrossilvipastoril do bioma Caatinga**. 115 f. 2011. Dissertação de Mestrado (Economia Rural). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

ALMEIDA, R. G. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL, 7, 2010, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UFMS, 2010. p. 1-10. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H. et al. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**: a produção sustentável. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 87-94.

ALVES, F. V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**: a produção sustentável. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 143-154.

ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. et al. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 263-270, 2004.

ANDRADE, C. M. S.; SALMAN, A. K. D.; OLIVEIRA, T. K. **Guia Arbopasto**: manual de identificação e seleção de espécies arbóreas para sistemas silvipastoris. Brasília: Embrapa, 2012. 345 p.

ARAUJO, H. R. de. **Potencial de um sistema silvipastoril com gliricidia em substituição a fertilização nitrogenada em capim-marandu**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2014, 52 p.

ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da Caatinga**. 2013. 193 p. Acesso em: 04 de setembro de 2014. Disponível em: http://www.projetodomhelder.gov.br/site/images/PDHC/Artigos_e_Publicacoes/Manejo PastorilSustentavelCaatinga.pdf

BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, n.2, p.285-295, 1994.

CARVALHO, F. C. C.; GARCIA, R.; ARAÚJO FILHO, J. A. et al. Manejo *in situ* do Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) para produção simultânea de madeira e forragem em um sistema silvopastoril. **Agrossivicultura**, v.1, n.2, p 121-129, 2004.

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F.; ALVIM, M. J. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuário**s: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 189-204.

CARVALHO, P. H. V.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M. et al. Características microclimáticas no inverno em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA GADO DE CORTE, 7, 2011. **Anais...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. p. 40-41. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 186).

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C. **Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006. 6 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 50).

CAVALCANTE, A. C. R.; ARAÚJO FILHO, J. A.; MOITA, A. K. F. et al. Persistência da folhagem de espécies lenhosas da Caatinga durante a estação seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. 3 p.

CORSI, M.; GOULART, R. O sistema de produção de carne e as exigências da sociedade moderna. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **As pastagens e o meio ambiente**: anais. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 7-35.

COSTA, M. J. R. P. Ambiência na produção de bubalinos destinados ao abate. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, 2000, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Etologia, 2000, v.18, p.26-42.

DIAS-FILHO, M. B. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 258).

GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2008. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, 2008.

GRUPO DE TRABALHO RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO MARCO REFERENCIAL ILPF. Especial Embrapa: integração lavoura-pecuária-floresta. **Agroanalysis**, v. 29, n. 12, p. 27-32, 2009.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 776 p.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. et al. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga no Nordeste brasileiro. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p. 139-145, 2005.

MARIN, F. R., ASSAD, E. D., PILAU, F. G. **Clima e ambiente**: introdução à Climatologia para as Ciências Ambientais. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 127 p. 2008.

MOURÃO, A. E. B.; VASCONCELOS, J. M. G.; CAVALCANTE, A. C. R. Produção e distribuição sazonal de *litter* em áreas de Caatinga sob diferentes manejos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS NATURAIS NO SEMIÁRIDO, 1, 2013, Iguatu. **Anais...** 2013. p. 1a-6a.

NEVES, M. L. M. W.; AZEVEDO, M.; COSTA, L. A. B. et al. Níveis críticos do índice de conforto térmico para ovinos da raça Santa Inês criados a pasto no agreste do estado de Pernambuco. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.31, n. 2, p.169-175, 2009.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007a.

PACIULLO, D. S. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; CARVALHO, M. M. et al. Arranjos e modelos de sistemas silvipastoris. In: SÍMPOSIO INTERNACIONAL "SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS NA AMÉRICA DO SUL", 2, 2007, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007b. 20 p. 1 CD-ROM.

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; PIRES, M. F. A. Sistemas silvipastoris para a produção de leite. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **As pastagens e o meio ambiente**: anais. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 327-351.

PEREIRA, C. C. J. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195 p.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril para a produção de carne. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, 2006, Piracicaba. **As pastagens e o meio ambiente**: anais. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 297-327.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M.J.S.; NICODEMO, M.L.F.; DERETI, R.M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras**: implantação e manejo. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 48 p.

RANGEL, J. H. de A. et al. **Implantação de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com *Gliricidia sepium***. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2010. 7 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 60).

RANGEL, J. H. de A. et al. **Implantação e manejo de legumineira com gliricidia (*Gliricidia sepium*)**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 5 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 63).

SACRAMENTO, J. A. A. S.; ARAÚJO, A. C. M.; ESCOBAR, M. E. O. et al. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 784-795, 2013.

SANTOS F. C. B.; SOUZA B. B.; ALFARO C. E. P. et al. Adaptabilidade de caprinos exóticos e naturalizados ao clima semi-árido do Nordeste brasileiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 142-149, 2005.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, n.1, p.1-18, 2000.

SILVA JR., J. L. C. **Zoneamento da Região Sudeste do Brasil, utilizando o índice de temperatura e umidade, para o gado leiteiro**. 2001. 73 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SILVA, P. C. G. et al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed). **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p.18-48.

TITTO, C. G. **Comportamento de touros da raça Simental a pasto com recursos de sombra e tolerância ao calor**. 2006. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

VARELLA, A. C.; SILVA, V. P.; RIBASKI, J. et al. Estabelecimento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta-pecuária no Sul do Brasil. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. p. 283-301.

Compatibilidade entre gramíneas e leguminosas em pastagens consorciadas

Daniel Rume Casagrande[1]; Fernanda de Kássia Gomes;
Olavo Augusto Arquimed Lopes de Sá ;Marcio André Stefanelli Lara

[1]Universidade Federal de Lavras, Departamento de Zootecnia.

Introdução

A pecuária brasileira é baseada na utilização de pastagem, as quais são caracterizadas pela baixa produtividade. Contudo a demanda mundial crescente por alimentos, tem pressionado produtores rurais a aumentarem sua produtividade. Esse aumento, normalmente, está associado à maior aplicação de insumos, sobretudo de adubos nitrogenados. Nos últimos anos, além da demanda por alimentos, têm aumentado as atenções com a preservação ambiental e com as possíveis consequências da atividade humana sobre a sustentabilidade da produção de alimento no mundo. Assim deve-se aliar aumento da produtividade com aumento da eficiência dos processos, ou seja, aumentar a produção com mínimo de insumos possíveis. A exploração de processos biológicos (renováveis) é uma opção para conciliar aumento de produtividade com sustentabilidade. Esses processos de fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem ganhado destaque na agropecuária, sobretudo na agricultura, no cultivo da soja. Na pecuária brasileira o uso da FBN ainda é limitado, devido baixa utilização de leguminosas em pastagens.

As leguminosas forrageiras embora tenham menor produtividade de forragem comparadas as gramíneas em ambientes tropicais, têm grandes vantagens com FBN por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* ou *Bradyrhizobium* (rizóbio). O consorcio entre gramínea e leguminosa é uma forma de explorar a vantagem de ambas forrageiras, ou seja, a maior produção da gramínea aliado ao input de N pelas leguminosas. O potencial de FBN das leguminosas forrageiras tropicais é superior a 300 kg/ha/ano (Giller, 2001), no entanto valores mais comuns encontrados em pastos consorciados estão ao redor de 100 kg/ha/ano de N (Peoples et al., 1995). A reduzida utilização de leguminosas em pastagem no Brasil se deve pelos insucessos no passado. Nas décadas de 70 e 80, estudou-se muito sobre pastos consorciados e, no Brasil, foram utilizados cultivares importados da Austrália. Levando em conta a falta de estudos de melhoramento e identificação de cultivares adaptados as

condições de solo e clima do Brasil e ainda o uso de manejo inadequado na maioria das pastagens, a utilização de pastos consorciados foi um fracasso. O que ocasionou quase a extinção do seu uso no final dos anos 80. Com base nessa experiência ficou arraigado que "pastos consorciados não deveriam ser utilizados porque a persistência da leguminosa era baixa". Essa afirmação parece ser verdade para a maioria de produtores, técnicos e pesquisadores até os dias de hoje, o que causou prejuízo à filosofia de uso dos pastos tropicais consorciados. (Spain, 1995; Barcellos et al., 2001).

Nos últimos anos o interesse pelas leguminosas tem aumentado, principalmente, em função das pressões ambientais. Dessa forma, o foco atualmente é diferente do que foi utilizado no passado, tanto relacionado a filosofia de uso de pastos consorciados como ao manejo do pastejo. A filosofia atualmente do uso da leguminosa é explorar a FBN como uma fonte de nitrogênio no ecossistema pastagem e reduzir os *inputs* via adubação nitrogenada, ou seja, o alto valor nutritivo das leguminosas tem importância secundária. O foco do manejo está associado com a ecofisiologia das plantas envolvidas no consorcio, sobretudo da leguminosa. Dessa forma, objetiva-se com presente texto discutir sobre aspectos morfológicos e ecofisiológicos de leguminosas que permitam aumentar a compatibilidade com gramíneas em consórcio.

Compatibilidade de leguminosas com gramíneas em pastagens consorciadas

Ao pensar em manejar pastos consorciados de gramínea com leguminosas, a maior preocupação é com a persistência da leguminosa perante a gramínea. No entanto, a persistência de leguminosas em pastos tropicais não depende diretamente da gramínea companheira, mas basicamente de dois conjuntos de mecanismos: Aqueles que asseguram a manutenção da população e aqueles que regulam a adaptação da planta ao pastejo.

Um fator importante de ser compreendido é que a persistência das leguminosas em pastos consorciados é um dos fatores que definirão se a compatibilidade entre gramíneas e leguminosas. A estabilidade da composição botânica do dossel não deve ser vista como uma meta, pois vários fatores influenciam diariamente no crescimento das plantas, dessa forma, em pastos consorciados almeja-se a capacidade de resiliência e a plasticidade da estrutura do dossel, para que a recuperação de ambas as espécies seja vigorosa e persistente após cada

evento de desfolhação. A plasticidade de ambas as espécies definirá a compatibilidade das plantas no consórcio o que promove o surgimento de diversos graus de compatibilidade.

Segundo Andrade (2010), as combinações binárias de gramíneas e leguminosas são geralmente classificadas como compatíveis e incompatíveis, mas também é possível existir graus de compatibilidade nos consórcios já testados. Uma das formas de analisar a compatibilidade de consórcios é analisar a "harmonia" e resiliência do dossel (Tabela 1). A harmonia se refere ao grau de equilíbrio momentâneo atingido pelo consórcio, sendo determinada pela plasticidade da planta e de crescimento. A resiliência se refere à capacidade do consórcio de restaurar o equilíbrio anterior, após sofrer algum tipo de distúrbio, sendo influenciada principalmente pelos mecanismos de perenização das espécies.

Tabela 1. Grau de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas em pastos consorciados, com base na harmonia entre espécies ou cultivares e na resiliência do consórcio

		Resiliência	
		Baixa	Alta
"Harmonia"	Baixa	Consórcio incompatível	Consórcio persistente
	Alta	Consórcio instável	Compatibilidade perfeita

Adaptado de Andrade (2010).

Com base na filosofia de uso da leguminosa em pastos consorciados para maior input de N no sistema, a busca apenas por um consorcio persistente é um equivoco. Consócio apenas persistente significa ter alta resilencia e baixa harmonia, ou seja, é um dossel com pouca participação da leguminosa na composição botânica, porém com manutenção por vários anos. O ideal é buscar por dosséis com compatibilidade perfeita, os quais podem ser obtidos, principalmente com leguminosas de crescimento estolonífero. Consórcios perfeitamente estáveis já foram observados em alguns centros de pesquisa no Brasil: Embrapa (Acre), Ceplac (Bahia), UFLA (Minas Gerais), locais que tem pastagens consorciadas, implantadas há mais de oito anos, com significativa participação da leguminosa na composição botânica (Cantarutti et al., 2002; Andrade et al., 2006). Consórcios instáveis são uma opção interessante em alguns casos, mesmo que no passado tenham sido considerados como uma estratégia de manejo que não deveria ser adotada. Dosséis com alta harmonia, porém baixa

resiliência são caracterizados por baixa perenidade porem com alta composição botânica de leguminosas nos primeiros três a quatro anos de implantação. Dessa forma será necessário resemeadura da leguminosa de tempos em tempos, porém a necessidade de aplicação de adubação nitrogenada é reduzida.

Os diferentes graus de compatibilidade entre gramíneas e leguminosas dependerá de uma série de fatores inter-relacionados ligados ao ambiente e às plantas (Figura 1).

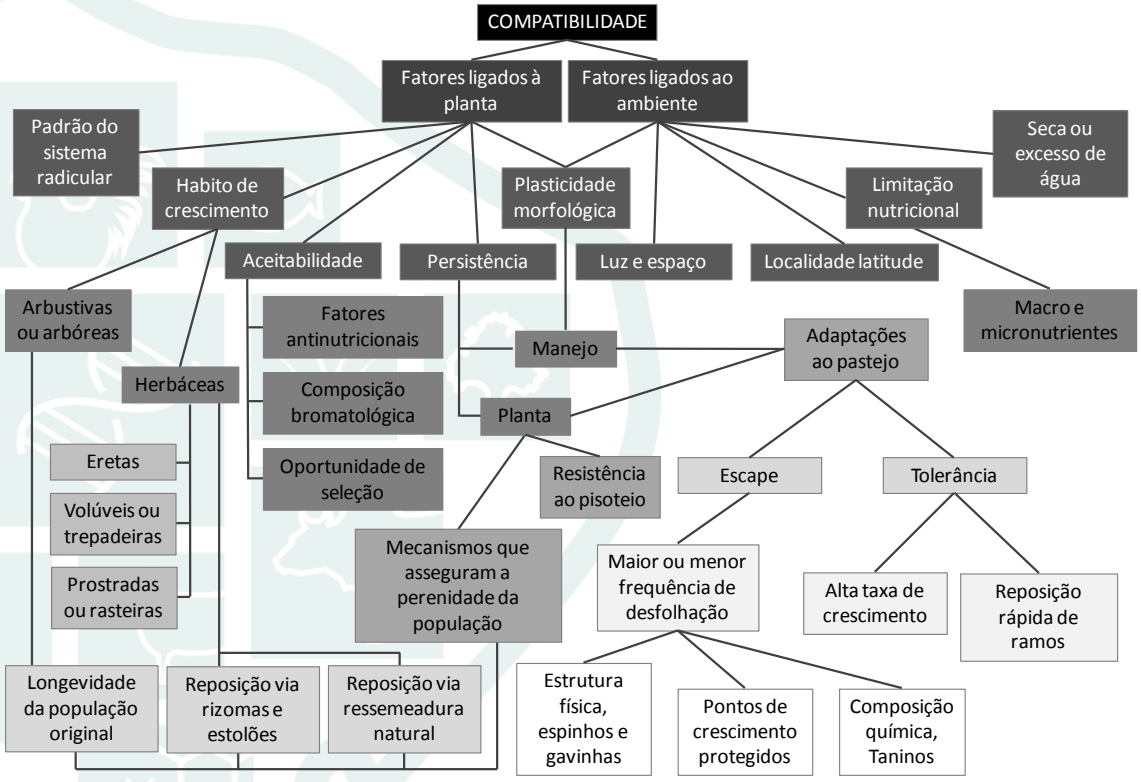


Figura 1. Fatores que influenciam na compatibilidade de gramíneas e leguminosas em pastos consorciados (Casagrande et al., 2014).

Um exemplo de consórcio incompatível é junção da grama-estrela, que possui hábito de crescimento prostrado, com a puerária que apresenta crescimento volúvel. As leguminosas de crescimento volúvel geralmente apresentam-se mais compatíveis com gramíneas cespitosas, pela proteção conferida às leguminosas contra o pisoteio dos animais. Consórcios instáveis são formados por leguminosas que possuem alta harmonia entre as espécies e baixa resiliência. Um exemplo bastante conhecido é o consórcio do

Stylosanthes guianensis cv. Mineirão com gramíneas do gênero *Brachiaria*. A baixa resiliência ocorre pela dependência da ressemeadura natural como mecanismo de persistência.

Em leguminosas de crescimento estolonífero como as do gênero *Arachis* têm se observado compatibilidade perfeita em pastos consorciados. Essas plantas conseguem ser persistentes e ter alta harmonia com algumas gramíneas. É uma leguminosa que possui alta plasticidade morfológica que confere a esta planta a capacidade de alterar sua morfologia de acordo com as condições ambientais e de manejo.

Hábito crescimento e persistência

Existem leguminosas forrageiras com crescimento arbóreo ou herbáceo. As plantas herbáceas são divididas em eretas, volúveis, trepadeiras e estolonífera. No passado, acreditavam que somente as leguminosas de crescimento volúvel eram capazes de competir eficientemente por luz com as gramíneas tropicais, pois conseguem “escalar" o topo do dossel das gramíneas em busca de luz. (Mott, 1983). Posteriormente, verificou-se que esse ponto de vista estava incorreto no que se diz respeito à resiliência das leguminosas após o pastejo (Fisher et al., 1996). Plantas como o Siratro (*Macroptilium atropurpureum*), Centrosema (*Centrosema pubescens*), Calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv), Pueraria (*Pueraria phaseoloides*), possuem hábito de crescimento volúvel, que se enroscam sem o auxílio de órgão de fixação. Neste caso, ocorre a presença de um ponto de crescimento para cada planta, não ocorrendo o enraizamento do caule. Com a procura pela luz, essas plantas expõem seu meristema apical no topo do dossel forrageiro, se tornando mais susceptível ao pastejo. Quando consumidas, perdem seu meristema apical que se encontra na extremidade do caule e é o tecido responsável pelo crescimento da planta. Após a decapitação do meristema apical, ocorre uma longa fase de reestabelecimento enquanto novos tecidos são desenvolvidos a partir de meristemas laterais. Em casos estresse severo, sejam causados pelos pastejos sucessivos ou fatores ambientais que provoquem a morte dessa planta a resiliência, ou seja, a capacidade de voltar a condição original é comprometida. Quando morre uma planta de leguminosas volúveis o restabelecimento dessa deve vir de plantas originadas da resemeadura natural, uma vez que essas não possuem formas de propagação vegetativa. A dependência da resemeadura natural leva plantas volúveis a ter baixa resiliência e consequentemente formar dosséis instáveis.

Outro grupo de leguminosas forrageiras herbáceas são as de hábito de crescimento esolonífero que é representado pelas plantas do gênero *Arachis* e *Desmodium*. Por serem plantas estolonífera essa plantas tem capacidade de se ramificam e podem emitir raízes em cada nó. O caule em contato com o solo ao enraizar, dá origem a outras plantas através das gemas laterais, formando ramos secundários e assim sucessivamente. Dessa forma, é uma planta que possui vários pontos de crescimento (Pereira, 2001), sendo esta estratégia um dos fatores ligados às plantas em relação à compatibilidade. Portanto, não depende do surgimento de novas plantas provenientes de sementes para sua persistência no dossel. Isto evita o estresse competitivo que as plântulas poderiam sofrer em um dossel fechado visto que a reposição das plantas ocorre também de forma vegetativa. Esta característica é fundamental para a leguminosa resistir ao pastejo, visto que são plantas com boa aceitabilidade e bom valor nutricional. Segundo Humphreys (1980), a maior aceitabilidade pelos animais é uma particularidade compatível somente com plantas de crescimento prostrado, com pontos de crescimento protegidos, que possuem alta tolerância ao pastejo.

Plantas do gênero *Arachis,* além de terem propagação vegetativas tem produção de sementes subterrâneas. A produção de semente subterrânea é uma via de propagação fica protegida do pastejo pelos animais. Essas características morfológicas juntamente com sua tolerância ao sombreamento são determinantes para a sobrevivência e persistência do *Arachis* em pastagens consorciadas (Valentim et al., 2001).

Leguminosas com hábito de crescimento ereto tem desenvolvimento perpendicular ao solo, expondo as gemas no topo do dossel semelhante as de crescimento volúvel. São planta que em consócio com gramíneas tem menor estabilidade, visto que o meristema apical e a semente encontram-se na área pastejável do dossel.

Reposição de plantas por via reprodutiva

Plantas com hábito de crescimento ereto e volúveis em consórcio com gramíneas são mais sensíveis ao pastejo por motivos já discutidos anteriormente. Uma estratégia para persistência e compatibilidade neste caso é a reposição de plantas por via reprodutiva (sementes). A intenção é aumentar a reserva de semente no solo, a regeneração de plântulas e sobrevivência das mesmas até o florescimento para que a população seja mantida. O problema

desta via de persistência é que, em pastos estáveis, com dossel fechado, as plântulas geralmente sofrem forte estresse competitivo por parte da vegetação já estabelecida. Pode ocorrer de a leguminosa possuir grande reserva de sementes no solo e manifestar dificuldades de persistir devido a pouca sobrevivência das plântulas. Plantas de *Stylosanthes* sofrem muito com o pastejo dos animais, pois possuem alta aceitabilidade e alto valor nutritivo.

A persistência desses grupos de plantas na pastagem é privilegiada por estratégias de manejo que possibilitam maior banco de sementes no solo, o crescimento das plântulas com menor competição possível e diminuição do pastejo das plantas adultas para possibilitar a manutenção da estrutura da planta para uma possível rebrota das gemas caulinares.

Aceitabilidade e persistência

Outra estratégia para a persistência de plantas com hábito de crescimento ereto ou volúvel, aquelas mais sensíveis ao pastejo, seria, por exemplo, a redução da aceitabilidade, diminuindo o consumo das plantas, que é um dos fatores ligados às plantas relacionados à compatibilidade. A aceitabilidade pode ser reduzida devido à presença de compostos secundários como taninos que conferem adstringência às plantas. Os taninos são polímeros fenólicos solúveis em água, pertencente a um grupo de compostos derivados do metabolismo secundário das plantas (Butler et al, 1984) localizados nos vacúolos celulares, e tem a função de proteger as plantas contra o herbivorismo. Embora possa parecer incoerente utilizar plantas com baixa aceitabilidade, mas dentro da filosofia de utilizar leguminosas em pasto de gramínea como forma suprir a demanda de N, a fato do animal não consumir a leguminosa pode ser vantajoso. Quando uma folha não é consumida ela entra em senescência e morre, sendo depositada na serrapilheira do solo. Assim ao utilizar plantas de menor aceitabilidade favorece a ciclagem de nutrientes via serrapilheira, a qual é mais eficiente que por excretas de animais.

Plasticidade fenotípica e persistência

Um fator importante que deve ser ressaltado também como mecanismo de persistência e compatibilidade das leguminosas e gramíneas em pasto consorciado é a plasticidade morfológica. É um elemento que estabelece alterações adaptativas na estrutura das plantas em resposta ao pastejo e proporcionando uma reação positiva face às adversidades do consórcio.

A plasticidade fenotípica entre plantas engloba o conceito relativo ao grau de compatibilidade (harmonia x resiliência), uma vez que ela é a resposta da interação dos fatores

do ambiente, assim como a persistência. Alterações morfológicas são tidas como mecanismos de adaptação à desfolhação em médio e longo prazo. Quando submetida ao estresse (desfolhação), a planta inicia seu processo adaptativo através de mudanças fisiológicas de curto prazo para tentar manter seu equilíbrio dentro da comunidade de plantas. Se o estresse persistir ou se sua intensidade aumentar, respostas fisiológicas deixam de ser efetivas e precisam ser combinadas com respostas morfológicas, caracterizando a natureza dinâmica das alterações de forma das plantas em pastagens e sua influência sobre a estrutura do pasto e da forragem disponível ao animal em pastejo (Sbrissia e Da Silva, 2001). Respostas a adubações nitrogenadas também podem alterar o padrão de resposta morfológicas do dossel, porém de forma mais rápida, devido ao mecanismo fisiológico de curto prazo provocado pela rápida atuação e ciclagem desse nutriente na planta.

Outro fator ainda mais determinante da morfologia da planta no dossel é a radiação incidente. Quando a luminosidade é escassa, a planta que tolera esse ambiente por meio da plasticidade fenotípica tem melhores condições de adaptação e sobrevivência ao mesmo.

Em trabalho conduzido por Lopes de Sá (2013), um pasto foi implantado e estabelecido com capim-marandu e amendoim forrageiro em consórcio, e foram mantidas quatro alturas de dossel durante as quatro estações do ano. Na última estação, avaliou-se a distribuição vertical dos componentes botânicos no dossel (Figura 2). Nos dosséis de 10 e 20 cm, o *Arachis* encontra-se em maior quantidade no dossel em relação aos dosséis de 30 e 40 cm. Pode-se perceber que, independente da altura do pasto, a leguminosa tem a tendência de ser encontrada em maior quantidade no estrato superior do dossel, devido a busca por luminosidade. Apesar do amendoim forrageiro possuir hábito de crescimento prostrado, nos dosséis mais altos o seu perfil de crescimento foi alterado, de forma que ele precisava emitir folhas no topo do dossel para realizar fotossíntese. Por isso, em dosséis manejado em alturas de 30 ou 40 cm a leguminosa encontrou dificuldades para se estabelecer no pasto consorciado e se propagar por meio vegetativo, como pode ser percebido pela densidade de plantas na área (Figura 3), essa resposta dificulta a manutenção do consórcio em maiores alturas de dossel em mais longo prazo.

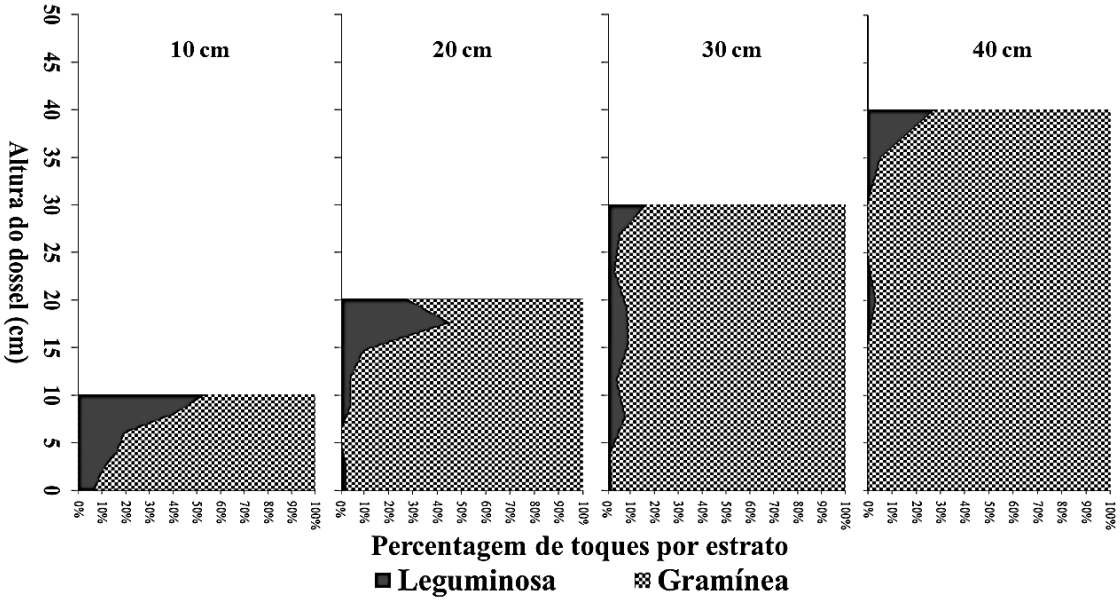


Figura 2. Distribuição vertical de capim-marandu e amendoim forrageiro em pasto consorciado mantido em quatro alturas de manejo (Adaptado de Lopes de Sá, 2013).

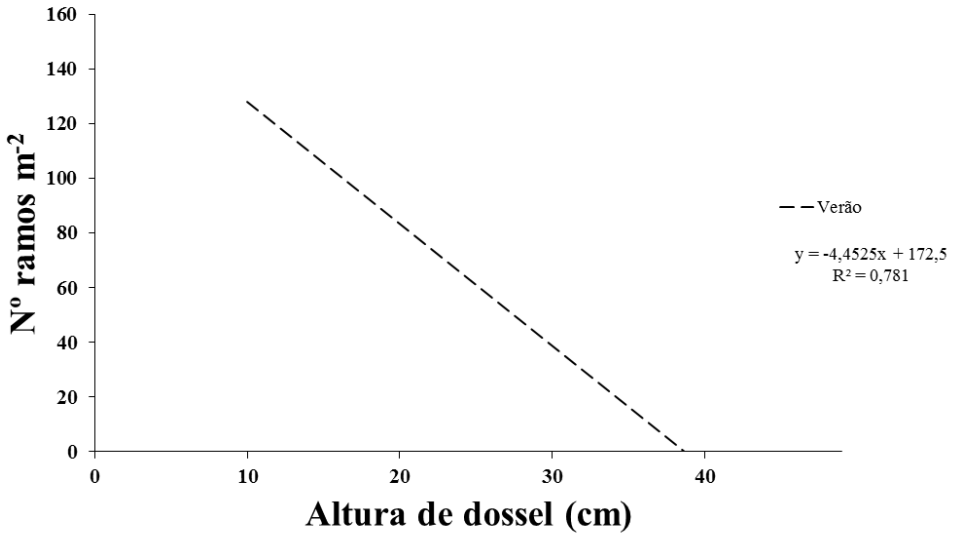


Figura 3. Densidade populacional de ramos de amendoim forrageiro em consórcio com capim-marandu mantido em quatro alturas de manejo no verão(Adaptado de Lopes de Sá, 2013).

Pastagens consorciadas em sistema de integração lavoura pecuária (ILP)

A renovação de pastagem pela integração lavoura pecuária é uma técnica que utiliza a correção e adubação do solo em uma cultura de grãos em intervalo de tempo estabelecido, e tem como princípio a renovação da área e manutenção da produtividade dos pastos por meio do aproveitamento das práticas culturais realizadas. A utilização de integração traz melhorias para o sistema solo-planta-animal como um todo, uma vez que a melhoria da produtividade da forragem trará consigo ganhos em produtividade animal.

Existem sistemas se integração já estabelecidos no Brasil, como o sistema Barreirão e o Santa fé. Ambos foram desenvolvidos com a mesma finalidade, recuperação de área degradadas, porém cada um tem sua técnica e aplicabilidade segundo seu fundamento. Os sistemas atuais não possuem recomendação para plantio da pastagem em consórcio, somente em monocultivo.

Alguns indícios apontam que para a utilização de pastos consorciados em integração lavoura pecuária. Leguminosas forrageiras que tenham alta harmonia e baixa resiliência podem ser utilizadas, uma vez que praticas culturais serão realizadas novamente na área para o plantio da cultura em determinado intervalo de tempo. Essa técnica seria uma opção interessante para *Stylosanthes.* Consórcios com essa leguminosa tem alta harmonia, mas depois de três a quatro anos acabam tendo baixa população no dossel, em função dos fatores discutidos anteriormente. Menezes () observou efeito residual do *Stylosanthes* mesmo após dois anos após seu desaparecimento, dessa forma a renovação deveria ser feia entre cinco a seis anos reintroduzindo a leguminosa, o que é compatível com os princípios de integração lavoura pecuária. Com a leguminosa consrociada na fase de pecuária seria prossivel aumentar produção de biomassa e realizar fixação biológica de nitrogênio o que contribuiria para input de N no sistema e ainda com a dieta animal no período de utilização do pasto.

Considerações finais

A busca por consócios compatíveis de leguminosa com gramíneas deve ser foco de pesquisas na próxima década, determinada plantas mais adaptadas e manejo da pastagem correto que aumente a resiliência das leguminosas, com base na ecofisiologia das leguminosas.

Consorcio instáveis podem ser uma opção para sistema de integração lavoura pecuária, ou até mesmo para sistemas pastoris exclusivo desde que seja reimplantada a leguminosa de tempos em tempos.

Referências bibliográficas

ANDRADE C.M.S. Produção de Ruminantes em Pastos Consorciados: In: PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M.; OBEID, J.A. NASCIMENTO JUNIOR, D. EDS. V (Org.) Simpósio Sobre Manejo Estratégico de Pastagens e III Simpósio Internacional Sobre Produção Animal em Pastejo. Viçosa, **Anais...** p. 171-214, 2010.

ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J. F.; PEREIRA, O. G. Grazing management strategies for massaigrass-forage peanut pastures. 1. Dynamics of sward condition and botanical composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.334-342, 2006.

BARCELLOS, A. O.; ANDRADE, R. P.; KARIA, C. T. et al. Potencial e uso de leguminosas forrageiras dos gêneros Stylosanthes, Arachis e Leucaena. In:SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. 2. ed. p. 365-425.

BUTLER, L.G., RIEDL, D.J., LEBRYK, D.G. & BLYTT, H.J. 1984. Interaction of proteins with sorghum tannin: mechanism, specificity and significance. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v.61, n.5, p.916-920.

CANTARUTTI, R. B.; TARRE´, R.; MACEDO, R.; CADISCH, G.; REZENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA S.; AND BODDEY, R. M. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the south of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 64: 257–271, 2002.

CASAGRANDE, D.R.; LARA, M.A.S.; VIEIRA, B.R. Leguminosas de clima tropical e subtropical. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. (Org.) **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. 2014.p. 137-154.

FISHER, M. J.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J. et al. **Grasslands in the wellwatered tropical lowlands.** In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Ed.) The Ecology and Management of Grazing Systems. Wallingford: CAB.International, 1996. p. 393-425.

GILLER, K. E. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. 2. Ed. Wallingford: **CABI Publishing**, 2001. 423 p.

HUMPHREYS, L. R. Deficiencies of adaptation of pasture legumes. **Tropical Grasslands**, v. 14, n. 3, p. 153-158, 1980.

LOPES DE SÁ, O. A. A. Características morfogênicas e estruturais de amendoim forrageiro e capim-marandu em consórcio. **Dissertação**: Lavras : UFLA, 2013. 178 p. : il.

MOTT, G. O. Potential productivity of temperate and tropical grassland systems. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 14., 1981, Lexington. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1983. p. 35-42.

PEOPLES, M.B., HERRIDGE, D.E.; LADHA, J.K. Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? **Plant and Soil** 174: 3-28, 1995.

PEREIRA, J. M. Leguminosas forrageiras em sistemas de produção de ruminantes: onde estamos? para onde vamos? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGENS, 1., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO/UFV, 2002. p. 109-147.

SBRISSIA, A.F.; Da SILVA, S. C. O Ecossistema de Pastagens e a Produção Animal. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, Piracicaba. **Anais** da 37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba: Fealq, 2001. p. 731-754.

SPAIN, J. M. O uso de leguminosas herbáceas nas pastagens tropicais. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Org.) Plantas forrageiras de pastagens. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.275-299.

VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. *Pueraria phaseoloides* e *Calopogonium mucunoides*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 427-458.

DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS

Moacyr Bernardino Dias-Filho

Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA – moacyr.dias-filho@embrapa.br

Introdução

A degradação de pastagens é um fenômeno global e relativamente comum em ecossistemas tropicais e subtropicais, causando grandes prejuízos ambientais e econômicos em diversos países. Estima-se que cerca de vinte por cento das pastagens mundiais (naturais e plantadas) estejam degradadas ou em processo de degradação, sendo esta proporção pelo menos três vezes maior nas regiões mais áridas do planeta (United..., 2004).

No Brasil, tem sido sugerido que pelo menos a metade das áreas de pastagens estaria com nível de degradação forte ou moderado, necessitando sofrerem alguma forma de intervenção imediata (Dias-Filho, 2014a). A recuperação da produtividade dessas áreas deve ser cada vez mais prioritária, uma vez que restrições ambientais tendem a reduzir as possibilidades de contínua incorporação de áreas de vegetação nativa, como floresta e cerrado para a formação de novas pastagens.

Segundo a FAO (2009), em termos globais, uma das principais causas de degradação de pastagens de influência antrópica direta é o manejo inadequado, em particular o uso sistemático de taxas de lotação que excedam a capacidade do pasto de se recuperar do pastejo e do pisoteio. Em regiões de clima tropical e subtropical, as práticas inadequadas de manejo do pastejo também são apontadas como uma das principais causas de degradação das pastagens (Dias-Filho, 2011).

Entender o fenômeno da degradação de pastagens e as suas causas é essencial para formular estratégias de recuperação da produtividade dessas áreas, reduzindo, assim, as pressões de desmatamento que visam à formação de novas pastagens. A recuperação de pastagens degradadas, portanto, incentiva o aumento da produtividade no campo, sem com isso estar promovendo a expansão das áreas de pastagens (Dias-Filho, 2011)

No presente texto, a degradação de pastagens será caracterizada e conceituada, sendo também propostos indicadores do processo de degradação. Serão ainda descritos os principais processos e causas que estariam envolvidos na degradação de pastagens tropicais e subtropicais, e discutidas as estratégias de recuperação dessas áreas.

Caracterização, conceito e indicadores de degradação

Segundo Dias-Filho (2011), a caracterização de determinada pastagem como degradada ou em degradação pode estar relacionada a aspectos bem particulares, relativos à região ou nível tecnológico da propriedade rural, isto é, relativa à produtividade que se consideraria ideal para aquela região e pastagem em particular.

Uma pastagem pode ser considerada degradada dentro de um universo relativamente amplo de condições. Os extremos dessas condições são conceitualmente denominados "degradação agrícola" e "degradação biológica" (Figura 1) (Dias-Filho, 1998; 2011).

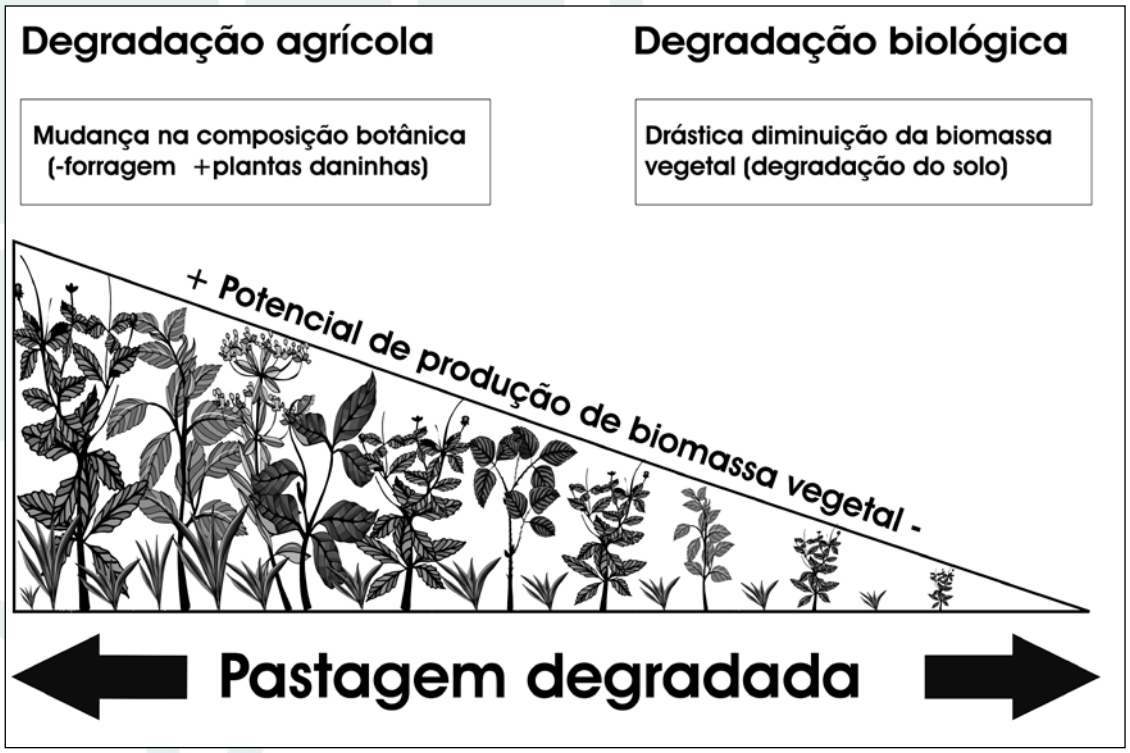


Figura 1. Representação simplificada do conceito de degradação de pastagens, conforme Dias-Filho (2011).

Na degradação agrícola, a degradação é caracterizada pela mudança na composição botânica da pastagem, isto é, aumento na proporção de plantas daninhas arbóreo-arbustivas (invasoras) e da consequente diminuição na proporção de forragem (capim ou leguminosas forrageiras). Nessa condição de degradação, não haveria, necessariamente, deterioração das propriedades físicas e químicas do solo, que, em certos casos, poderiam até melhorar em decorrência dos benefícios advindos do aumento da cobertura arbóreo-arbustiva proporcionado pelas plantas invasoras. Portanto, na degradação agrícola a produtividade da pastagem, do ponto de vista agronômico, estaria temporariamente diminuída ou inviabilizada, como consequência da pressão competitiva exercida pelas plantas daninhas sobre as plantas forrageiras, causando, portanto, queda acentuada na capacidade de suporte da pastagem. Nessa condição, se enquadrariam, por exemplo, pastagens que tiveram problemas de estabelecimento, ou que perderam a produtividade em decorrência do ataque de insetos-praga como as cigarrinhas, ou ainda aquelas afetadas pela síndrome da morte do capim-marandu.

Na degradação biológica, ocorre intensa diminuição da vegetação da área, provocada pela degradação do solo, que, por diversas razões de natureza química (perda dos nutrientes e acidificação), física (erosão e compactação) ou biológica (perda da matéria orgânica), teria diminuída a sua capacidade de sustentar produção vegetal significativa. Nessa condição mais drástica de degradação, a planta forrageira plantada seria gradualmente substituída, de forma natural, por gramíneas nativas ou exóticas de baixa produtividade e pouco exigentes em fertilidade do solo, ou por dicotiledôneas adaptadas a essas condições desfavoráveis, ou, simplesmente, seria substituída por áreas com solo descoberto, altamente vulneráveis à erosão e à compactação. Assim, na degradação biológica da pastagem a capacidade da área em sustentar a produção vegetal estaria comprometida em razão do drástico empobrecimento do solo. Pastagens frequentemente queimadas, ou submetidas a regimes crônicos de pastejo excessivo seriam mais suscetíveis à degradação biológica.

Segundo Dias-Filho (2011), em pastos formados em regiões onde o período seco não seja tão severo, por exemplo, em locais originalmente sob floresta no trópico úmido, como é o caso de grande parte da Amazônia Continental, a degradação agrícola é geralmente a forma mais comum de degradação.

Em locais onde o clima é mais seco, ou onde as condições naturais de solo e clima definem uma vegetação nativa relativamente menos vigorosa, como é o caso da vegetação nos Biomas Cerrado e Caatinga, o tipo de degradação de pastagem mais frequente é a degradação biológica (DIAS-FILHO, 2011).

Assim, "pastagem degradada" poderia ser definida como área com acentuada diminuição da produtividade agrícola (diminuição acentuada da capacidade de suporte ideal) que seria esperada para aquela área, podendo ou não ter perdido a capacidade de manter a produtividade do ponto de vista biológico (acumular carbono) (Dias-Filho, 1998; Dias-Filho, 2011).

A caracterização de indicadores da degradação de pastagens pode ser dependente de vários fatores inerentes ao tipo da pastagem e a região na qual ela se encontra. Segundo Dias-Filho (2011), a pastagem que fosse considerada degradada em determinado local, poderia ser considerada ainda produtiva em outro local. A razão para isso seria que a quantificação da degradação da pastagem é relativa à produtividade que se consideraria ideal para aquela pastagem e região em particular. Assim, por exemplo, uma dada pastagem natural em determinado local, embora agronomicamente e biologicamente produtiva (i.e., não degradada), pode ter uma capacidade produtiva média bem menor do que uma pastagem plantada considerada degradada em outro local. Portanto, a caracterização de indicadores da degradação de determinada pastagem deve ser relativa à produtividade que se consideraria ideal para aquela pastagem em particular.

Deste modo, considerando a produtividade animal (produção de carne, leite etc.) como parâmetro universal para definir a produtividade da pastagem, a capacidade de suporte seria o indicador mais flexível para quantificar o estádio de degradação (DIAS-FILHO, 2011).

Características visuais diretamente observadas na área da pastagem, como os percentuais (ou a biomassa) de plantas daninhas e de solo descoberto seriam, segundo Dias-Filho (2011), indicadores secundários de degradação dessa pastagem. A importância relativa desses indicadores estaria ligada ao tipo de ecossistema onde a pastagem tivesse sido formada ou, ainda, ao tipo de degradação (agrícola ou biológica).

Assim, pastagem degradada poderia ser definida como área com acentuada diminuição da produtividade agrícola (diminuição acentuada da capacidade de suporte) que seria esperada

para aquela área, podendo ou não ter perdido a capacidade de manter a produtividade do ponto de vista biológico (acumular biomassa) (DIAS-FILHO, 1998, 2011).

Estádios de degradação

Dias-Filho (2011) propõe uma classificação de degradação de pastagens composta de quatro níveis de degradação (Tabela 1). Esta classificação é fundamentada nas diversas variações de degradação agrícola e biológica de pastagens, observadas em diversas regiões nos diferentes biomas tropicais e está baseada em parâmetros facilmente observados ou medidos no campo e que sejam indicadores da queda da capacidade de suporte da pastagem.

Tabela 1. Estádios de degradação (ED) de pastagens segundo parâmetros limitantes, indicadores de queda temporal na capacidade de suporte (QCS), e nível de degradação (Nível).

ED	Parâmetro limitante	QCS (%)	Nível
1	Vigor e solo descoberto	Até 20	**Leve**
2	Estádio 1 agravado + plantas invasoras	21 - 50	**Moderado**
3	Estádio 2 agravado ou morte das forrageiras (degradação agrícola)	51 - 80	**Forte**
4	Solo descoberto + erosão (degradação biológica)	>80	**Muito forte**

Fonte: Dias-Filho (2011).

Dentro dos quatro estádios de degradação indicados na tabela 1, Dias-Filho (2011) classifica dois grandes grupos distintos de pastagens, em relação ao processo de degradação. O primeiro grupo, denominada de pastagens *em degradação* é constituído pelos estádios um e dois de degradação (ED1 e ED2). O segundo, formado pelos estádios três e quatro (ED3 e ED4), seria o grupo das pastagens *degradadas* propriamente ditas.

Com base no conceito de degradação de pastagens proposto por Dias-Filho (2011), pastagens no ED3 representam a degradação agrícola, enquanto que a degradação biológica é representada pelas pastagens no ED4.

Segundo Dias-Filho (2011), a classificação dos estádios de degradação de uma dada pastagem facilita o levantamento do potencial produtivo da propriedade rural e o planejamento de estratégias de manejo e de recuperação de pastagens nessa propriedade.

No campo político, este conhecimento racionaliza a criação de políticas públicas de melhoria do processo de uso da terra e de criação ou fortalecimento de linhas de crédito específicas para a recuperação de pastagens. Na esfera acadêmica, contribui para a concepção de metodologias e de estudos científicos que visam o maior entendimento dos processos de degradação de pastagens.

A degradação das pastagens brasileiras

No Brasil, a degradação de pastagens está presente em todas as regiões. No entanto, o problema tende a ser maior nos locais aonde a pecuária vem apresentado as maiores taxas de expansão, isto é, nas áreas de fronteira agrícola.

Não existem estatísticas oficiais que quantifiquem o montante das áreas de pastagens degradadas no Brasil, pois a dificuldade começa em definir o que seria uma pastagem degradada. Estudos publicados ao longo dos últimos anos apresentam estimativas dessas áreas nas diferentes regiões brasileiras. Informações compiladas em Dias-Filho (2011) indicam que entre 50 a 70% das áreas de pastagens do Brasil apresentariam algum grau de degradação.

Considerando que a capacidade de suporte das pastagens seria o indicador mais flexível para quantificar a degradação de uma dada pastagem (Dias-Filho, 2011), é possível, de certa forma, confirmar esta estimativa, com base nos dados do Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE, 2011), sobre a taxa de lotação das pastagens brasileiras (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição (em %) da área total das pastagens do Brasil e Grandes Regiões em 2011, segundo a taxa de lotação (Unidades Animais- UA - por hectare).

Brasil e Grandes Regiões	Até 0,4 UA	0,4 a 0,8 UA	0,8 a 1,5 UAs	> 1,5 UAs
Norte	69,6	20,3	8,2	1,9
Nordeste	73,6	17,8	6,6	2,0
Sudeste	41,7	29,6	23,4	5,3
Sul	14,8	25,6	47,4	12,2
Centro-Oeste	47,4	30,2	19,3	3,1
Brasil	**52,5**	**25,1**	**18,3**	**4,0**

Fonte: DIEESE (2011).

A priori, não seja possível garantir a condição de degradação de uma pastagem, apenas pela avaliação da sua capacidade de suporte instantânea (número máximo de animais suportado pela pastagem, sem prejuízo à pastagem e ao animal). No entanto, teoricamente seria possível usar a taxa de lotação média dessa pastagem, que, na prática, expressaria a sua capacidade de suporte, para estimar, com certa segurança, esta condição.

Assim, com base na Tabela 2, seria possível estimar que pastagens plantadas, com taxa de lotação máxima de 0,4 UA/ha, sejam pastagens degradadas (nível de degradação forte ou muito forte, ou ED 3 e 4, conforme a tabela 1).

Aquelas com taxa de lotação situada entre 0,4 e 0,8 UA/ha poderiam, teoricamente, ser classificadas como pastagens com nível moderado de degradação (ED 2 da tabela 1).

Já as pastagens com taxa de lotação máxima situada entre 0,8 e 1,5 UA/ha seriam pastagens com nível leve de degradação (ED 1 da tabela 1), enquanto que aquelas com taxa de lotação acima de 1,5 UA/ha, seriam pastagens ainda produtivas.

Portanto, fundamentado nessa análise simplista, seria possível supor que em torno de 50% das pastagens brasileiras estariam fortemente degradadas, sendo que nas regiões aonde se concentra a fronteira agrícola brasileira (Norte, Nordeste e Centro-Oeste), o problema seria maior, sendo intermediário na região Sudeste e menor na região Sul.

Dentro da mesma linha simplista de raciocínio, é possível inferir que 25% do total das pastagens brasileiras estariam moderadamente degradadas. Assim, apenas cerca 20% das pastagens no Brasil estariam não degradadas ou levemente degradadas.

Com base no total das áreas de pastagens do Brasil, segundo cálculos oficiais (IBGE, 2007), seria possível estimar que em torno de 100 milhões de hectares de pastagens no país estariam, com nível de degradação forte ou moderado, necessitando sofrerem alguma forma de intervenção (Dias-Filho, 2014).

Processos e causas de degradação de pastagens

O processo de degradação da pastagem é fenômeno complexo que envolve causas e consequências que levam à gradativa diminuição da capacidade de suporte da pastagem, culminando com a degradação propriamente dita (Dias-Filho, 2011). A identificação das causas e o entendimento dos processos de degradação são fundamentais para o sucesso de programas de recuperação ou de manutenção da produtividade de pastagens ainda produtivas.

As causas da degradação de pastagens variam com cada situação específica. Normalmente, mais de uma causa está envolvida no processo de degradação. Segundo Dias-Filho (2011), as principais causas são:

- **Práticas inadequadas de pastejo**, como o uso de taxas de lotação ou períodos de descanso que não levam em conta o ritmo de crescimento do pasto.
- **Práticas inadequadas de manejo da pastagem**, como a ausência de restauração periódica da fertilidade do solo via adubação, o uso excessivo do fogo para eliminar forragem não consumida (macega) e estimular a rebrotação do capim, ou para controlar plantas daninhas.
- **Falhas no estabelecimento da pastagem**, provocadas pelo preparo inadequado da área, uso de sementes de baixo valor cultural, semeadura em época imprópria, ou por o primeiro pastejo ser realizado muito tardiamente ou prematuramente.
- **Fatores bióticos**, como ataques de insetos-praga e patógenos (doenças).
- **Fatores abióticos**, como o excesso ou a falta de chuvas, a baixa fertilidade e a drenagem deficiente do solo.

As estratégias de recuperação de pastagens degradadas devem ser planejadas com base no conhecimento das principais causas de degradação. A lógica seria aumentar a eficiência do processo de recuperação. Assim, por exemplo, em uma pastagem que tivesse degradado em decorrência do ataque contínuo e severo de cigarrinha-das-pastagens ou da síndrome da morte do capim-marandu, a simples adubação do solo não deveria ser, necessariamente, a principal estratégia a ser adotada para recuperar a sua produtividade.

Estratégias de recuperação de pastagens

De acordo com Dias-Filho (2011), as estratégias de recuperação de pastagens podem ser classificadas em três linhas principais:

1. Renovação (reforma) da pastagem.
2. Implantação de sistemas agrícolas e agroflorestais.
3. Pousio da pastagem.

Cada uma dessas estratégias é apropriada para diferentes objetivos de intervenção na pastagem degradada, os quais dependem de uma combinação de fatores socioeconômicos, agronômicos e ambientais. Esses fatores são influenciados pela capacidade financeira do produtor, pelo tamanho da área e sua localização geográfica, pelo estádio e tipo de degradação da pastagem e, sobretudo, pelo preço do boi (ou do leite) e a disponibilidade de caixa. Outros determinantes importantes são o preço da terra e a sua importância agrícola e ambiental.

Renovação da pastagem

Segundo Dias-Filho (2011), as estratégias de renovação da pastagem degradada estarão condicionadas às causas de degradação, ao estádio de degradação, ao tamanho (pequenas ou grandes propriedades), ao tipo (sistema familiar ou empresarial) da área a ser recuperada e ao capital disponível para recuperar a pastagem.

Normalmente, o processo de renovação da pastagem envolve, em maior ou menor escala, o uso de mecanização para preparo da área, para a semeadura e para a adubação da pastagem. Uma descrição detalhada dessa estratégia de recuperação da pastagem é apresentada em Dias-Filho (2011).

Implantação de sistemas agrícolas e agroflorestais

Dias-Filho (2011) sugere um sistema agrícola e um sistema agroflorestal como alternativas para a recuperação de pastagens degradadas:

- Sistema agropastoril (integração lavoura-pecuária).
- Sistemas silvipastoris plantados ou como resultado do manejo estratégico da vegetação nativa (secundária).

Integração lavoura-pecuária

A integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas consiste no plantio de culturas anuais nessas áreas, em sistema de rotação ou de consórcio com as forrageiras. A integração dos sistemas de produção de grãos e pecuária é opção viável para intensificar o uso da terra, elevando os níveis de produtividade e diversidade da propriedade rural, bem como para recuperar pastagens degradadas, reduzir os riscos de degradação e reduzir desmatamentos.

Um dos principais objetivos da integração lavoura-pecuária, além de restabelecer a produtividade da pastagem, é amortizar os custos de recuperação da pastagem degradada com

o retorno mais rápido do capital investido, por meio da venda da produção da cultura anual (Dias-Filho, 1986; Fernandes et al., 2008; Townsend et al., 2009). No entanto, conforme adverte Dias-Filho (2011), na prática essa tecnologia pode ampliar outra barreira econômica: a necessidade de mais investimentos para a implantação desse sistema. Tal constatação pode limitar a adoção dessa tecnologia por produtores descapitalizados e sem acesso às linhas de financiamento (Martha Júnnior et al. 2007; Townsend et al. 2009), condição particularmente comum dentre produtores em áreas de fronteira agrícola como a região amazônica. Ademais, a viabilidade dessa tecnologia depende principalmente da existência de mercado para comercialização da produção e, também, de infraestrutura e mão de obra para plantio, colheita e armazenamento dos grãos produzidos. A parceria entre pecuaristas e produtores de grãos tem sido sugerida (Vilela et al. 2001), como alternativa para diminuir os custos advindos da necessidade de investimentos em sistemas de integração lavoura-pecuária. Alguns dos principais custos são aqueles provenientes da aquisição de máquinas e implementos para o plantio e a colheita e da construção de infraestrutura para o armazenamento dos grãos.

A integração lavoura-pecuária é uma atividade complexa, que requer maior grau de especialização dos produtores, sendo, também, uma atividade de maior risco e que exige maiores investimentos, quando comparada a sistemas tradicionais menos intensivos. Portanto, existem algumas condições básicas para a sua adoção. Algumas dessas condições, listadas em Dias-Filho (2011) são:

1) Solos favoráveis para a produção de grãos.
2) Infraestrutura para produção e armazenamento da produção.
3) Recursos financeiros próprios ou acesso a crédito para os investimentos na produção.
4) Domínio da tecnologia para produção de grãos.
5) Acesso a mercado para compra de insumos e comercialização da produção, com preços que justifiquem economicamente a adoção dessa prática.
6) Acesso à assistência técnica.
7) Infraestrutura adequada para armazenamento e transporte dos grãos produzidos.
8) Possibilidade de arrendamento da terra ou de parceria com produtores tradicionais de grãos.

Basicamente, existem duas formas de recuperar pastagens degradadas com o plantio de culturas anuais:

1) Plantio consorciado da cultura anual com a planta forrageira.
2) Plantio exclusivo da cultura anual, durante determinado período, e plantio da forrageira, consorciada com a cultura anual na última safra de grãos, ou após a colheita da última safra da cultura (sistema de rotação).

Esses sistemas são descritos com detalhes em Dias-Filho (2011) e em outras publicações especializadas.

Sistemas silvipastoris (SSP)

A implantação de SSP tem sido apontada como uma das opções para a recuperação de pastagens degradadas (Daniel et al., 1999; Dias-Filho, 2011). Um dos principais empecilhos para a implantação de SSP é a dificuldade de estabelecimento das árvores, principalmente em áreas onde já exista a pastagem formada. A interferência do gado, a competição do capim, além de estresses ambientais — como o excesso de radiação solar e a baixa umidade do ar e do solo —, podem prejudicar o desenvolvimento inicial e a sobrevivência das mudas arbóreas.

A implantação de SSP, durante o processo de recuperação de pastagens degradadas, principalmente nos casos em que fosse planejada a reforma da pastagem, isto é, quando houvesse a renovação total ou parcial da cobertura vegetal da área, superaria parte dessas dificuldades. A razão para isso é que a área poderia ficar livre da presença do gado por tempo relativamente longo. Ademais, a competição exercida pelas plantas forrageiras seria atenuada, pois a pastagem estaria ainda em formação. Nesse sentido, a implantação de sistema agrissilvipastoril, ou seja, a introdução na área de uma ou mais culturas agrícolas anuais, no primeiro ou nos dois ou três primeiros anos, antes do plantio do pasto, forneceria renda em curto prazo para o produtor e proporcionaria mais tempo para o desenvolvimento das árvores, antes da implantação das forrageiras e da entrada dos animais.

Pousio da pastagem

Em situações especiais, o pousio da pastagem degradada pode ser considerado como forma de recuperação da produtividade biológica da área. A aplicação prática dessa estratégia se restringe a situações em que o objetivo seja recompor a área de reserva legal da propriedade, ou recuperar áreas que não deveriam ter sido originalmente desmatadas.

Exemplos são áreas situadas às margens de cursos d'água (área de proteção permanente), ou sob solos com drenagem deficiente ou muito pedregosos e de difícil mecanização, ou ainda aquelas com relevo muito declivoso. Nesses casos, essas áreas de pastagens degradadas podem ser simplesmente abandonadas por tempo indefinido e, dependendo da situação, podem ou não ser reutilizadas, no futuro, para nova formação (renovação) da pastagem, ou para outro fim agropecuário ou florestal. Nesse período de pousio, a vegetação natural cresceria livremente, caracterizando o processo natural de sucessão secundária. Conforme conceitua Dias-Filho (2011), esse processo é chamado de *sucessão espontânea*.

Alternativamente, o processo natural de recomposição da vegetação secundária (sucessão espontânea) em pastagens degradadas abandonadas pode sofrer intervenções. Tais intervenções seriam feitas por meio do controle seletivo (por exemplo, mediante o raleamento) da vegetação, ou o plantio estratégico de espécies com maior capacidade de crescimento e de acúmulo de carbono ou nutrientes na biomassa, ou ainda espécies de maior valor econômico. Outras formas de intervenção no processo natural de sucessão seriam a adubação, a construção de cercas de proteção, a irrigação, etc. Para Dias-Filho (2011), esse processo é chamado de *sucessão assistida*.

A adoção, pelos produtores, do sistema de pousio em pastagens degradadas depende da disponibilidade de terra, de mão de obra (quando se optar pela implantação da sucessão assistida) e de reserva de capital. A dependência na disponibilidade de terra resulta da necessidade de a área em pousio não ser usada para atividades agropecuárias, enquanto a dependência de capital decorre do fato de que, pelo menos temporariamente, a área ficará economicamente improdutiva. Esse método pouco convencional de recuperação é discutido com detalhes em Dias-Filho (2011).

Barreiras para a adoção de tecnologias de recuperação de pastagens em áreas de fronteira agrícola

A adoção de tecnologia sobre recuperação de pastagens, principalmente em áreas de fronteira agrícola como a Nordeste e Norte, sofre barreiras que vão além de problemas ligados a dificuldades impostas pela infraestrutura deficiente para difusão desta tecnologia e ao enfraquecimento da assistência técnica pública. Segundo Dias-Filho (2011), a principal barreira econômica para a adoção de tecnologias de recuperação de pastagens degradadas em

regiões tropicais é a necessidade de investimentos relativamente altos e em curto prazo, enquanto os ganhos econômicos da recuperação são auferidos a médio ou longo prazo. Esta peculiaridade ocasionou que a adoção de tecnologias de recuperação de pastagens degradadas, principalmente quando essas pastagens encontram-se em fases mais avançadas de degradação, seja em geral, mais cara do que os procedimentos tradicionais de abertura de novas pastagens, em locais sob vegetação nativa (Dias-Filho, 2011).

Normalmente, os custos financeiros para o uso das tecnologias disponíveis de recuperação de pastagens degradadas são altos, enquanto o retorno econômico desses investimentos depende de fatores que, em geral, apresentam variações sazonais e regionais, como o preço da carne e do leite (Dias-Filho, 2011). O preço da terra pode também ter grande importância na decisão de investir em tecnologias mais intensivas que visem a reutilizar áreas consideradas improdutivas (degradadas). Quanto mais alto for o preço da terra, mais atrativo será investir nela.

A superação de barreiras para a adoção de tecnologia pelos produtores rurais deverá focar, prioritariamente, em problemas crônicos que têm inibido esta adoção. Entre estas barreiras destacam-se a carência de incentivo financeiro, o acesso restrito à informação, os serviços deficientes de extensão rural, as poucas oportunidades para a qualificação técnica do produtor, o acesso limitado a insumos, máquinas e implementos agrícolas e a crescente insegurança política e fundiária no campo.

Portanto, considerando os benefícios ambientais e sociais da recuperação de pastagens degradadas, é essencial que a recuperação destas áreas tenha alguma forma de compensação financeira de diminuição de custos. Isto poderia ser alcançado por meio da criação de políticas públicas de linhas de crédito específicas para esta atividade, ou do fortalecimento, da adaptação e da revisão dos critérios de empréstimo (i.e., desburocratização) das políticas já existentes para este fim, objetivando melhor adequação às peculiaridades infraestruturais das diferentes regiões brasileiras.

Mesmo que as condições econômicas para recuperar pastagens sejam adequadas (i.e., havendo fácil acesso ao crédito), se não houver o domínio da tecnologia pelo produtor, ou se este produtor não tiver acesso à assistência técnica qualificada, a adoção de práticas de recuperação de pastagens degradadas pode ser prejudicada. Portanto, é fundamental que o

setor público ou entidades privadas, como associações de produtores rurais, criem ou fortaleçam mecanismos para a qualificação técnica dos produtores e de agentes multiplicadores.

Considerações finais

Em decorrência da crescente importância da pecuária desenvolvida a pasto em regiões de fronteira agrícola como a Nordeste e Norte na economia agrícola nacional e no cenário internacional, é imprescindível que os sistemas de produção pecuária nessas regiões sejam centrados na eficiência e na alta produtividade, fundamentados por uma gestão predominantemente empresarial. O objetivo principal seria intensificar a produção a pasto, buscando-se produzir mais carne (ou leite) em menores áreas de pastagem, ou seja, para se tornar competitivo e atingir mercados mais exigentes, a pecuária deve se modernizar. A base desta modernização deverá ser o melhoramento das pastagens via reutilização das áreas já abertas, que atualmente se encontram improdutivas (ou seja, abandonadas), ou com baixa produtividade (ou seja, subutilizadas), reduzindo desmatamentos e tornando a atividade mais produtiva e sustentável.

Dessa forma, a recuperação de pastagens degradadas deverá ter papel decisivo nesse processo de modernização, tornando possível o aumento da produção, sem a expansão das áreas de pastagem. Isto é, o aumento da produtividade e a preservação ambiental deverão ser o foco central desta modernização, conciliando a crescente demanda mundial por proteína animal (segurança alimentar) com a redução dos desmatamentos. Para que este objetivo seja alcançado, algumas ações serão necessárias, devendo, portanto, ser tomadas como prioritárias, conforme resumido a seguir.

1) Geração contínua de tecnologia por instituições de pesquisa e ensino superior, visando ao desenvolvimento de novas cultivares de forrageiras, de estratégias de recuperação de pastagens degradadas e de manejo de pastagens ainda produtivas.

2) Fluxo constante de investimento público e privado em pesquisa e desenvolvimento sobre manejo de pastagens e em estratégias que incentivem a adoção de tecnologia e a intensificação produtiva entre os produtores rurais.

3) Contratação de pesquisadores e técnicos em pastagens por instituições de pesquisa e ensino superior.

4) Melhoria ou a criação de cursos técnicos e superiores voltados à formação de profissionais aptos para fomentarem sistemas mais intensivos e sustentáveis de pecuária.

5) Fortalecimento dos serviços de assistência técnica pública.

Referências

DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A.C.T. Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO – SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1, Goiânia. **Anais**... Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1999. p. 151-170.

DIAS-FILHO, M.B. Pastagens cultivadas na Amazônia oriental brasileira: processos e causas de degradação e estratégias de recuperação. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 135-147.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. Belém: Edição do Autor, 2011. 215p.

DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402). Disponível em: http://bit.ly/1v0USg3. Acesso em: 02 setembro 2014.

DIEESE. Estatísticas do meio rural 2010-2011. 4. ed. São Paulo: DIEESE: NEAD: MDA, 2011.

FAO. **The state of food and agriculture**. Rome: FAO, 2009. Disponível em: http://bit.ly/dcsAFD. Acesso em: 25 jul. 2013.

FERNANDES; P.C.C.; GRISE, M.M.; ALVES, L.W.R.; SIVEIRA FILHO, A.; DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico e modelagem da integração lavoura-pecuária na região de Paragominas, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 33p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 327).

IBGE. **Censo agropecuário 1920/2006**. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 jul. 2013.

MARTHA JÚNIOR, G.B; VILELA, L.; MACIEL, G.A. A prática da intregração lavoura pecuária como ferramenta de sustentabilidade econômica na exploração pecuária. In:

EVANGELISTA, A.R.; TAVARES, V.B.; MEDEIROS, L.T.; VALERIANO, A.R. (Ed.) SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: temas em evidência – relação custo benefício, 6. Lavras, **Anais**…Lavras: NEFOR: UFLA, 2007, p. 347-365.

TOWNSEND, C.R.; COSTA, N. de L.; PEREIRA, R.G.D.A. **Aspectos econômicos da recuperação de pastagens no bioma Amazônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 23p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 131).

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Land degradation in drylands (LADA): GEF grant request. Nairobi, Kenya. 2004.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. de O.; SOUSA, D.M.G. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 21p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 42).

IMPACTO AMBIENTAL DA CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS

Camilla Maciel de Souza e Patrick Schmidt

Centro de Pesquisas em Forragicultura – Universidade Federal do Paraná

1. Introdução

Os processos de conservação de forragens são indispensáveis na produção de ruminantes em todo o mundo, para contornar a escassez sazonal de pastagens ou suprir a demanda contínua de animais confinados. Como qualquer atividade humana, a produção de forragens conservadas está associada a um impacto ambiental, que pode ser maior ou menor conforme as etapas executadas durante o processo. Segundo a resolução do CONAMA (BRASIL, 1986) o impacto ambiental pode ser definido como:

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais."

Sabendo que o impacto ambiental da conservação de forragens está altamente relacionado às perdas no processo produtivo, e que o mesmo sempre ocorrerá em maior ou menor escala, os esforços para elevar a recuperação de matéria seca (MS), de nutrientes ou de energia, reduzirão de forma indireta parte importante dos danos ambientais causados pela atividade.

O objetivo desta revisão é investigar o potencial impacto dos processos produtivos de ensilagem, fenação ou uso de capineiras, com base nos dados disponíveis, e tecer recomendações visando reduzir esse impacto.

2. Impacto da produção da forragem

A produção de forragens conservadas impacta o ambiente de diferentes maneiras. Aqui descreveremos pontos importantes relacionados às principais etapas envolvidas nos processos convencionais.

2.1. Uso da terra e sistema de plantio

O uso de uma grande área com uma única cultura (monocultura) tem conhecidas implicações na biodiversidade da fauna, flora, e microbiota do solo. Altieri (1999) revisou o impacto da monocultura na biodiversidade, e questionou a sustentabilidade de sistemas que são de alta produtividade, porém totalmente dependentes da intervenção humana (plantadeiras, pesticidas químicos, manipulação genética, fertilizantes) em substituição a processos naturais (dispersão natural de sementes; controle natural de populações de sementes, insetos e patógenos; seleção natural; reciclagem de nutrientes). O autor aponta também os riscos à saúde humana e segurança alimentar, devido ao uso de agrotóxicos; e o risco proporcionado pela uniformidade genética das culturas, onde uma praga pode dizimar toda a plantação. Horn et al. (1995) apontam que a interferência humana nos ambientes naturais, embora bem intencionada, causa mudanças que podem ser desfavoráveis tanto para a economia das fazendas como para o meio ambiente. Com a finalidade de reduzir os efeitos negativos da monocultura, Altieri (1999) sugere que sejam utilizados corredores de mata nativa ao redor de canteiros de monocultura, para que a flora e fauna nativas possam desempenhar o papel de controle biológico de pragas, e para que o habitat das espécies não seja totalmente destruído, a ponto de causar desequilíbrio ambiental.

O impacto no ambiente e no solo causado pela atividade agrícola em si depende de vários fatores, como nível de adubação, grau de mecanização, status hídrico do solo durante as operações de campo, tecnologias de cultivo e colheita, entre outras (Domizal e Hodara, 1990; Domizal et al., 1991 apud Horn et al., 1995). A preparação do solo pode ser feita da forma convencional ou utilizando o sistema de plantio direto. O plantio convencional tem um maior impacto devido à etapa de revolvimento, que expõe o solo sem a presença de cobertura morta, aumentando a possibilidade de degradação física e química do mesmo, com danos ao meio ambiente (Andrioli e Prado, 2012). O sistema de plantio direto, uma prática conservacionista, perturba o solo somente na linha de plantio, e proporciona uma camada de forragem seca que protege o solo da chuva, reduzindo a erosão e a lixiviação de matéria orgânica e nutrientes. A redução de etapas mecanizadas proporcionada pelo plantio direto tem efeitos benéficos na redução de custos (Duarte Jr. et al., 2008) e na menor compactação do solo. Assim, embora o impacto ao ecossistema seja inevitável, práticas conservacionistas na produção de forragens minimizam os danos ao solo e acarretam maior produção da forragem.

2.2. Escolha da espécie forrageira

O impacto da escolha da planta a ser utilizada no cultivo da forragem para ensilagem pode ser analisado sob dois aspectos: a erosão genética e a produtividade. A erosão genética é a perda de diversidade genética em um determinado local em relação a espécies nativas (crioulas) (Frankel e Bennett, 1970 apud Heerwaarden et al., 2009). A erosão genética pode representar perda de populações inteiras de um grupo geneticamente diferenciado, ou redução da frequência de determinados alelos dentro de uma população ou espécie como um todo (Rogers, 2004). Segundo Smale (1997), a pressuposição de que a Revolução Verde causou erosão genética no cultivo de plantas tornou-se comum na literatura, porém, no cultivo do trigo, não foi possível estabelecer uma relação causal entre esses dois eventos, devido às dificuldades de mensurar a erosão genética e de demonstrar a relação de causalidade. Heerwaarden et al. (2009) estudaram a erosão genética do milho, avaliando o suprimento de sementes de pequenos agricultores no sul do México. Apesar da predominância das sementes comerciais, o sistema informal de sementes ainda persistia. As raças verdadeiramente crioulas foram raras, e a maior parte das sementes comercializadas no sistema informal era derivada de variedades modernas (crioulizadas), que apresentavam menor diversidade genética que as variedades originais. Os autores consideraram a erosão genética como moderada, devido às diferentes características oferecidas pelas variedades modernas. A discussão sobre erosão genética tende para um lado mais ideológico do que prático, uma vez que a realidade atual do melhoramento genético (seja pela seleção de híbridos ou pela engenharia genética) indica que este possa ser um caminho de difícil reversão, com cujas consequências haveremos de conviver.

O outro aspecto de teor mais prático do impacto ambiental da escolha da variedade de planta a ser utilizada diz respeito à produtividade e à qualidade do cultivar. Embora o melhoramento genético possa ter causado perda de diversidade genética, certamente houve melhorias significativas das características de interesse, fato que não pode ser desconsiderado. Observa-se que a produtividade de grãos tende a ser muito maior nos híbridos de milho do que nas variedades crioulas, como ilustrado na Figura 1. Zopollatto e Sarturi (2009) argumentam que a escolha do cultivar deve ser baseada no desempenho do híbrido em diferentes locais ou em vários anos na mesma localidade. Características agronômicas como

produtividade, maturidade e composição morfológica devem ser observadas. Os autores recomendam a observação da produção de MS digestível como um bom parâmetro de escolha do híbrido, já que engloba características de produtividade total e digestibilidade de várias frações da planta. Se considerarmos o impacto ambiental causado durante todo o processo produtivo de forragens, não faz sentido desprezar a alta produtividade e qualidade de híbridos selecionados. A escolha de melhores híbridos (produtivos e adaptados), portanto, leva ao menor impacto ambiental relativo por tonelada de forragem produzida.

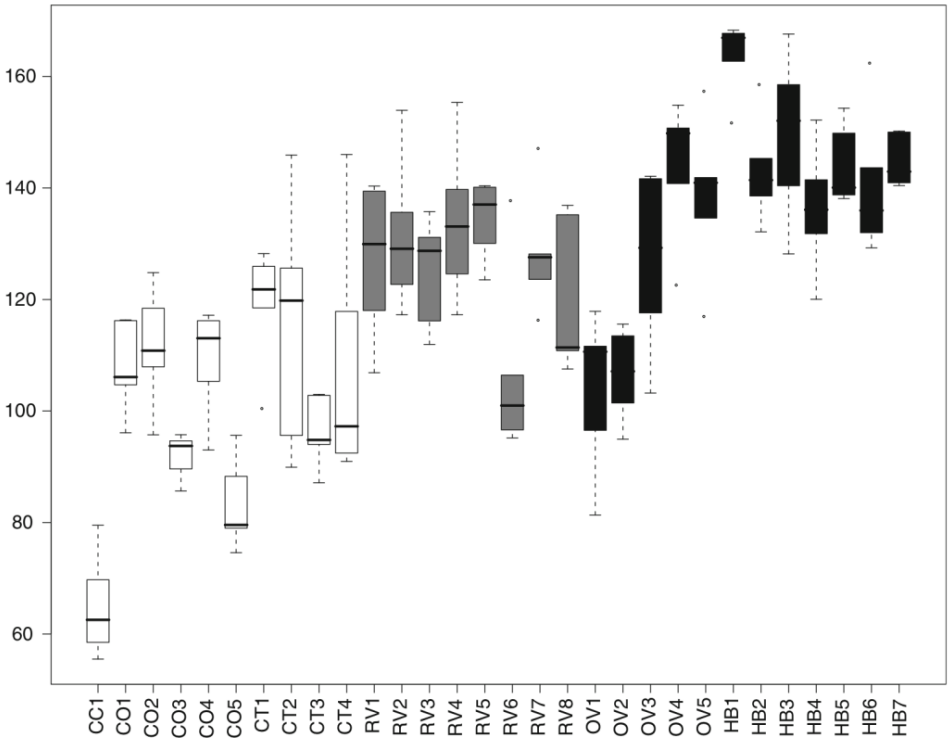


Figura 1. Massa total de grãos (gramas por planta) de 30 lotes de sementes. Variedades crioulas estão apresentadas em branco, variedades crioulizadas em cinza, híbridos e variedades de polinização aberta em preto. Fonte: Heerwaarden et al. (2009).

2.3. Adubação nitrogenada

Segundo De Jong et al. (2009), a utilização de adubação nitrogenada tem crescido em vistas de otimizar a produtividade e atender a crescente demanda por alimentos e energia; por isso, faz-se necessário um balanço preciso entre os requerimentos de nitrogênio (N) e a

eficiência do seu uso, de forma a minimizar as perdas desse nutriente nos sistemas agropecuários. Dentro do sistema tradicional de produção, a redução no impacto ambiental é possível evitando-se o uso excessivo de fertilizantes. Porém, o uso de fertilizantes químicos em si tem provocado um dos maiores impactos da atividade humana no planeta. Segundo o relatório do *Millenium Ecosystem Assessment* (2005), a quantidade de nitrogênio reativo produzido pela atividade humana aumentou nove vezes entre 1890 e 1990, e a maior parte desse aumento aconteceu na segunda metade do século vinte.

Em artigo publicado na seção *News Focus* da revista Science, Kaiser (2001) relata os principais assuntos discutidos na Segunda Conferência Internacional sobre Nitrogênio (*Second International Nitrogen Conference*, 14 – 18/10/2001). A autora ressalta que, segundo os especialistas, a poluição por nitrogênio se iguala à provocada pelos gases do efeito estufa em termos de ameaça ambiental. Ela explica que a principal fonte é a produção de fertilizantes químicos pelo processo de Haber-Bosch, descoberto em 1913, que faz reagir o N_2 inerte da atmosfera com hidrogênio resultando em amônia, que pode ser utilizada pelas plantas. Ressalta ainda que quando o nitrogênio é convertido em nitrogênio reativo, ele passa de uma para outra forma de poluição, desde ácido nítrico (causadores de chuva ácida), nitratos (responsáveis por eutrofização de cursos de água) até o óxido nitroso (potente gás do efeito estufa). Independentemente de qual for fonte sintética de nitrogênio (petróleo ou síntese química), em ambos os casos o nitrogênio foi retirado de um estado latente ou inerte, e a desnitrificação bacteriana natural nunca vai contrabalancear esse desequilíbrio.

Porém, vale ressaltar que a redução do uso de fertilizantes nitrogenados sem uma estratégia para suprimento das demandas das plantas resultaria em queda marcante de produtividade, tornando necessária a expansão horizontal no uso da terra. Este cenário não é o desejado, uma vez que poderia aumentar o impacto ambiental da atividade. Pimentel et al. (1973) propuseram o uso de fontes alternativas de maior eficiência energética para suprir a demanda de N na cultura de milho, como a aplicação de esterco e a utilização de adubação verde pela rotação de culturas com leguminosas, como o trevo doce ou a ervilhaca, economizando de 2,7 a 3,7 milhões de kcal ha^{-1} em relação a utilização de fertilizante nitrogenado comercial. Contudo, desde então essas práticas têm sido sistematicamente abandonadas.

2.4. Aplicação de herbicidas e pesticidas

Em muitos sistemas, os pesticidas são usados em substituição aos controles de pragas promovidos pelos inimigos naturais (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). A utilização de herbicidas e pesticidas químicos impacta a flora e fauna local, e resulta em risco de resíduo nos produtos finais da cadeia, que serão consumidos por seres humanos. O risco de contaminação de alimentos de origem animal, como carnes, ovos, leite e vísceras, por substâncias tóxicas presentes na alimentação animal foi extensamente revisado por Kan e Meijer (2007). Dentre as substâncias abordadas, os pesticidas químicos e as micotoxinas representam possíveis fontes de impacto na produção de silagens, devido ao risco à saúde humana que seus resíduos podem oferecer.

Os efeitos tóxicos dos pesticidas nos ecossistemas foram revisados por Köhler e Triebskorn (2013). Os autores apontam a necessidade de direcionar o foco da pesquisa não somente para os efeitos em nível molecular, celular, fisiológico, individual ou populacional, mas também para os efeitos indiretos nas interações bióticas e nas comunidades. Os principais efeitos indiretos estudados envolveram aspectos das interações parasita-hospedeiro, presa-predador e polinização. Os autores ilustraram os efeitos de pesticidas na vida selvagem reportados na literatura em diferentes níveis de organização biológica, desde fungos e insetos até grandes mamíferos.

Segundo Pimentel et al. (1973), a aplicação de herbicidas também representa maior input energético que reduz a eficiência da produção de milho. Os autores sugerem que a aplicação por implementos agrícolas seja substituída pela aplicação focal por mão de obra humana, embora reconheçam que essa prática possa aumentar o custo da operação, devido ao preço da diária do trabalhador. O uso de plantas com genes de resistência a pragas pode ser um recurso para redução do uso de pesticidas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), que embora ainda polêmico, tem seu uso crescente ano a ano.

2.5. Uso de maquinário

A utilização de maquinário, apesar de não ser normalmente mencionada, deve ser computada dentre as fontes de impacto da produção de forragens conservadas. Além das operações mecanizadas da preparação da terra, plantio e manejo da cultura, a produção de feno conta com mais sete operações mecanizadas (sega, reviragens, enleiramento,

enfardamento e recolhimento dos fardos) e mais uma operação (embalagem) no caso da produção de silagens pré-secadas em fardos embalados. Já na produção de silagens de milho e cana em silos de grande porte, apenas duas operações são requeridas (colheita e picagem e compactação no silo com trator).

Uma máquina agrícola, como outros veículos automotores, impacta o ambiente em três fases: fabricação (desde a extração da matéria prima até o gasto de água, energia e materiais no processo de fabricação da máquina), vida útil (que inclui o uso de combustível, fluídos de motor, pneus e materiais de manutenção) e sucata (o que sobra após terminar a vida útil da máquina). Mikkola e Ahokas (2010) classificaram o "input" de energia do maquinário agrícola em direto (combustível e eletricidade durante o uso) e indireto (energia utilizada em fabricação, entrega, armazenamento, reparo e manutenção). Os autores apontam que o "input" de energia direto é fácil de identificar e mensurar, enquanto que o indireto é também relativamente fácil de identificar, porém, mais difícil de analisar. Com base em dados da literatura, os autores estimaram que o "input" indireto de energia equivale a 30% do "input" total de energia durante a vida útil de um trator.

Os equipamentos de colheita disponíveis para a ensilagem de plantas eretas de grande porte são ensiladeiras acopladas ao trator (normalmente pertencentes à fazenda) e ensiladeiras automotrizes (normalmente pertencem a um prestador de serviço). Apesar de a ensiladeira automotriz ser uma máquina de maior potência e maior consumo de combustível por hora de trabalho, ela proporciona menor produção de gases por tonelada de forragem colhida, em função de sua alta eficiência. Ainda, a maior velocidade de enchimento do silo reduz as perdas ocasionadas pela respiração da planta e ação de microrganismos aeróbios antes da vedação do silo.

3. Aspectos inerentes ao processo de ensilagem

A ensilagem consiste no processo de fermentação controlada, através do qual carboidratos solúveis são fermentados a ácido lático (Weinberg et al., 2007), reduzindo o pH e protegendo o material contra a degradação microbiana. O fator mais importante que influencia a eficiência desse processo de conservação é o grau de anaerobiose obtido em todo o silo, em todas as fases do processo (Woolford, 1990). A qualidade de um material ensilado depende

diretamente da qualidade inicial da forragem, mas também das perdas que ocorrem no processo.

3.1. Impacto do tipo e dimensionamento do silo

A escolha do tipo de silo também influencia o impacto no ambiente. Por muito tempo, o silo torre foi considerado a forma mais efetiva de conservar forragem na forma de silagem, devido à pequena área do silo exposta ao oxigênio e à alta compactação obtida nesses silos (McDonald et al., 1991). Com o advento da lona plástica e a popularização dos tratores, o silo em torre caiu em desuso. Hoje, os silos mais usuais são: silo de superfície, silo trincheira, silo de fardo embalado e silo tipo *bag*. Segundo levantamento recente realizado por Bernardes e Rêgo (2014) em 260 fazendas leiteiras no Brasil, os silos em trincheira foram os mais comuns, presentes em 60,4% das fazendas. Os silos em superfície estiveram presentes em 38,1% das propriedades, e os silos em *bag* em apenas 1,5%.

Os silos em *bag* e em fardos embalados são protegidos por camadas sobrepostas de filme plástico (não reutilizável), embora exista a possibilidade de reciclagem. Os silos de superfície podem ser montados sobre lona plástica ou diretamente sobre a terra, e revestidos com lona plástica, enterrada nas laterais. Os silos trincheira são normalmente construídos aproveitando a declividade natural do terreno, e podem ser revestidos de vários materiais, como lona, madeira, concreto ou terra, e sempre são cobertos com lona plástica para vedação. Silos revestidos de concreto são mais duráveis que silos revestidos de terra ou madeira; em contrapartida, o resíduo gerado ao fim da vida-útil do mesmo é de difícil reincorporação ao meio ambiente.

Forragens úmidas podem produzir grande quantidade de efluente, que é altamente corrosivo ao concreto (O'Donnell et al., 1995), reduzindo a vida útil dos silos (Barbhuiya et al., 2010), gerando impacto ambiental dos resíduos da construção antiga e da matéria-prima e energia envolvidas na reforma ou construção de um novo silo. O'Donnell et al. (1995) avaliaram o efeito do efluente da silagem na corrosão do concreto e perceberam uma propriedade muito interessante: a silagem próxima (<3 mm) do concreto foi submetida a uma neutralização de pH por ação do concreto, que levou à fermentação secundária por ação de clostrídios. Barbhuiya et al. (2010) avaliaram o efeito da substituição de parte da areia utilizada na preparação do concreto por resíduo da refinaria da bauxita, sobre a resistência do

concreto ao efluente de silagem. A adição do resíduo na proporção de 10% proporcionou maior resistência do concreto tanto à exposição prolongada ao efluente de silagem, aumentando a vida útil deste.

O dimensionamento do silo é uma etapa importantíssima, e muitas vezes negligenciada pelos produtores. É comum, em pequenas propriedades, que a área da face do silo seja muito grande para o número de animais consumindo silagem, fazendo com que a taxa de remoção diária (ou seja, a espessura média da fatia retirada do silo por dia) seja muito pequena. A consequência disso é que o ar atmosférico, que contém oxigênio, penetra pela face exposta do silo mais rapidamente do que a silagem é retirada, causando degradação aeróbica do material, com perdas em quantidade e qualidade. Quando se perde em qualidade ou quantidade, o impacto ambiental acontece por duas vias: pela geração de resíduos da perda (gases) e por redução na eficiência do processo, com aumento do impacto relativo. Desta forma, o silo deve ter um tamanho máximo de área de secção transversal, que permita uma taxa de remoção diária de, no mínimo, 20 cm. Se a área da face do silo for muito menor do que este tamanho máximo, o impacto relativo à massa de silagem também aumenta, pois em um painel de pequena área, a silagem próxima à lona e às bordas que precisa ser descartada representa uma maior porcentagem em relação ao todo, se comparado a silos com painéis maiores. A recomendação de 20 a 30 cm pressupõe condições ideais de compactação, pois, se esta for insuficiente, o ar atmosférico penetrará a uma maior velocidade no silo, aumentando a fatia mínima que deve ser retirada por dia.

Como veremos adiante, o correto dimensionamento do silo é prática fundamental para minimizar as perdas no processo e, diretamente, o impacto ambiental oriundo dessa etapa.

3.2. Impacto do ponto de colheita e do tamanho de partícula

A decisão sobre o momento da colheita para silagem é um dos pontos críticos do processo, uma vez que erros aparentemente pequenos podem aumentar as perdas de MS e reduzir a qualidade da silagem de forma drástica. De forma geral, observa-se que para qualquer forragem, a fermentação ótima ocorre quando o teor de MS está compreendido entre 30 e 35%. Forragens mais úmidas tendem a apresentar maior perda de matéria seca por efluentes, apesar de o teor de MS certamente não ser o único fator que influencia a produção de efluentes (Jones e Jones, 1995). O milho, o sorgo e a cana-de-açúcar atingem naturalmente

o teor de matéria seca ideal para ensilagem com boa qualidade nutricional, bastando que, para isso, o momento da colheita seja preciso. Entretanto, os capins tropicais e de clima temperado apresentam alto teor de umidade no momento ótimo de colheita, necessitando, portando de práticas de manejo para elevar o teor de MS do material, tal como a pré-secagem ou a utilização de aditivos absorventes de umidade (Schmidt et al., 2014). O monitoramento do teor de matéria seca pode ser feito da forma tradicional, por secagem de amostra em estufa de circulação forçada a 60°C por 72h, ou por secagem e micro-ondas, com a vantagem da rapidez deste último método, apesar da menor precisão.

Johnson et al. (2002) fizeram seis experimentos em arranjo fatorial para determinar a influência da maturidade e do processamento mecânico na estabilidade aeróbica da silagem de milho e na densidade de compactação dos silos. Os autores concluíram que tamanho de partícula, densidade de compactação e estabilidade aeróbica são variáveis inter-relacionadas. A densidade de compactação tende a aumentar quando o tamanho de partícula diminui. Os autores concordaram que a maior densidade de compactação faz com que menos oxigênio penetre na silagem durante o armazenamento, o que leva a uma maior estabilidade aeróbica durante o descarregamento da silagem, provavelmente pelo menor desenvolvimento de microrganismos aeróbicos espoliadores na fase de armazenamento. Os autores também encontraram menor densidade de compactação à medida que o estádio de maturação do milho avançava (parcialmente devido ao aumento no teor de MS e parcialmente porque a planta fica mais "grosseira" com o avanço da maturidade).

Rabelo et al. (2012) avaliaram cinco estádios de maturidade na ensilagem de milho com ou sem inoculantes bacterianos. A inoculação reduziu perdas de MS em 1,7 pontos percentuais, porém, a variação maior foi entre estádios de maturação: as silagens feitas de milho nos estádios "sem linha do leite", "1/3 da linha do leite" e "1/2 da linha do leite" apresentaram quase o dobro (8,96; 8,17; 7,56%, respectivamente) das perdas de MS observadas nas silagens das plantas colhidas nos estádios "2/3 da linha do leite" ou "camada negra" (4,86; 4,31%, respectivamente). Estes dois últimos estádios de maturação também proporcionaram menores perdas por efluentes (3,368; 1,642 contra 26,138; 22,348; 11,647 kg t^{-1} MV).

Associado ao teor de MS no momento da colheita, o tamanho de partícula é outro fator a ser considerado. Forragens mais secas grosseiramente picadas apresentam dificuldade de

compactação, pois as estruturas fibrosas tendem a reassumir a posição inicial após a passagem do trator. A compactação deficiente, além de aumentar a quantidade de ar residual no silo, reduz a capacidade de armazenamento do mesmo, o que é econômica e ambientalmente inviável. Durante a fase de descarregamento, silos mal compactados apresentam maior porosidade, o que aumenta a taxa de infiltração de ar atmosférico pela face exposta do silo resultando em maiores perdas de MS (Pitt, 1986). Se, por outro lado, a forragem for picada em partículas muito pequenas (<10 mm), o principal ponto de perda é no âmbito nutricional, principalmente se a silagem for a única fonte de fibra longa da dieta dos ruminantes. O tamanho reduzido diminui a efetividade da fibra, reduzindo a ruminação, o que pode levar a acidose e queda no teor de gordura do leite (Mertens, 1997). A perda de valor nutritivo de uma forragem aumenta o impacto ambiental relativo a maior necessidade de alimento para proporcionar o mesmo desempenho.

3.3. Impacto do tempo para enchimento de vedação do silo

O tempo de enchimento do silo deve ser o menor possível, preferencialmente não ultrapassando 1 ou 2 dias. A vedação deve ser realizada logo após o enchimento, pois o atraso prolongado na vedação causa conhecidos efeitos deletérios na qualidade da silagem (Kim e Adesogan, 2006).

A lona utilizada na vedação e/ou revestimento do silo (normalmente constituída de polietileno ou outro polímero) é fonte importante de resíduo, pois são materiais provenientes de petróleo, de longo período de decomposição, pequena durabilidade e normalmente não são reaproveitados por mais que uma vez. A qualidade da lona tem importância fundamental na preservação da silagem, pois lonas comuns podem rachar devido à incidência de raios solares, expondo o material à deterioração aeróbica. Lonas de dupla-face com proteção contra raios ultravioleta são de maior qualidade, e são usadas por 77,7% das fazendas de leite no Brasil, enquanto 18,8% ainda utilizam a lona preta comum (Bernardes e do Rêgo, 2014). Uma lona chamada “barreira de oxigênio”, com permeabilidade ao oxigênio dez vezes menor que a lona comum, foi avaliada por Borreani et al. (2007) em dois silos em fazendas diferentes: um silo com silagem de milho não aditivada, com taxa de remoção de silagem de 19 cm dia^{-1}; e um silo com silagem de milho aditivada com *Lactobacillus buchneri*, com taxa de remoção de 33 cm dia^{-1}. Na primeira fazenda (considerada como uma situação de desafio), a lona barreira de

oxigênio reduziu drasticamente as perdas de MS da silagem próxima à lona. Já na segunda fazenda, não houve diferença entre lonas, mas as perdas em geral foram pequenas. Isso mostra que o bom manejo ainda é o melhor investimento.

Lonas de baixa permeabilidade ao oxigênio estão disponíveis no Brasil, e seu uso pode ser considerado, embora o preço possa ser restritivo. Além de utilizar uma lona de qualidade, deve-se prezar pela integridade da mesma até o término do uso da silagem, protegendo a superfície do silo de animais (tanto pequenos animais selvagens como as próprias vacas) através de cercamento da área em que se encontra o silo. Convém utilizar algum material sobre a lona, como terra ou sacos de areia, para evitar a entrada e propagação do ar pela superfície do silo. A silagem bem vedada, com menores perdas impacta menos o ambiente. Contudo, o descarte adequado da lona plástica, reutilizando-a na propriedade, ou encaminhando o material para reciclagem, deve ser obedecido. A prática comumente adotada de incinerar restos de lonas deve ser abolida das propriedades.

3.4. Impacto das perdas

Sem dúvida, as perdas no processo de ensilagem são a fonte de impacto ambiental com maior relevância econômica para o produtor e, portanto, onde há maior preocupação com a redução das mesmas. Elas ocorrem durante todas as etapas do processo de ensilagem, e o aumento das perdas reflete diretamente no aumento do impacto ambiental relativo, pois o mesmo impacto total será dividido por uma menor quantidade ou qualidade de alimento no final da cadeia.

As perdas de campo, sejam mecânicas ou por respiração, não geram impacto pelo resíduo deixado, porem reduzem a produtividade final da silagem. As perdas por gases (CO_2) e compostos orgânicos voláteis (COV) são potencialmente impactantes ao meio ambiente, porém, a quantidade produzida desses voláteis parece ser insignificante, em relação a outras fontes emissoras de gases em uma fazenda (Schmidt et al., 2013). Schmidt et al. (2013) mediram produção média de 113 g de equivalente-carbono (CO_2-eq) por tonelada de forragem ensilada, muito abaixo das estimativas de 6 kg de CO_2-eq por litro de leite produzido.

As perdas por oxidação foram classificadas por McDonald et al. (1991) em quatro fases aeróbicas que ocorrem no processo de ensilagem: fase de campo, fase aeróbica inicial no silo, fase de infiltração de ar e fase de deterioração após a abertura. O contato com o oxigênio

atmosférico deve ser minimizado em todas essas fases, através da adoção de boas práticas de manejo, tais como: menor intervalo possível entre o corte da forragem e o fechamento do silo; compactação eficiente para redução do ar residual dentro do silo; vedação perfeita, com lona de qualidade e camada de terra ou outro material sobre o silo, a fim de evitar a entrada de ar no silo durante o período de armazenamento; cuidado com a integridade da lona, evitando o acesso de animais ao local onde se encontra o silo; dimensionamento do silo compatível com a retirada de uma fatia mínima diária de 20 cm; manejo cuidadoso do painel do silo para manter a estrutura do silo e evitar a penetração excessiva de ar; retirada de uma camada uniforme do silo, evitando a formação de "degraus"; e reduzindo ao mínimo o intervalo entre a retirada da silagem do silo e o fornecimento aos animais.

Dentre todas as perdas na ensilagem, a perda por efluentes é a de maior impacto, devido ao alto potencial poluente desse resíduo. A produção de efluentes da ensilagem foi bastante estudada no passado, principalmente em silagens de capins. Paterson e Walker (1979) avaliaram a composição de efluentes de silagens de capim, e encontraram teores de MS entre 6,2 e 11,0%, e a composição média de PB de 26,2% da MS; cinzas de 14,9 a 21,7% MS; de ácidos de 11,8% (com predominância de ácido acético); e estimaram teor médio de carboidratos de 42,0% MS. Devido à sua composição, o efluente de silagem é considerado uma das fontes mais perigosas de poluição de cursos de água (Barry e Colleran, 1984). Ao mesmo tempo, a produção de efluentes representa a perda de compostos de alta digestibilidade, reduzindo a recuperação de nutrientes na silagem.

Sabe-se que o volume de efluente produzido está inversamente relacionado ao teor de MS da forragem ensilada (Foy et al., 1994). Estes pesquisadores fizeram análise de correlação entre diversas variáveis e a taxa de incidentes de poluição por silagem. O teor de MS esteve correlacionado ($R^2 = 0,29$) com a redução dos incidentes, sendo que cada ponto percentual de aumento de MS esteve associado à redução de 9,5 incidentes Mt^{-1} de silagem. As perdas por efluente normalmente são poucas quando o teor de MS excede 25%, mas podem chegar a mais de 200 L t^{-1} de capim ensilado quando o teor de MS é menor que 15% (Bastiman, 1976 apud Foy et al., 1994). Galanos et al. (1995) encontraram valores de demanda química de oxigênio (DQO) para efluentes de silagens de capim entre 54.600 e 72.500 mg L^{-1}, mas sabe-se que este valor pode ultrapassar 80.000 mg L^{-1} (Foy et al., 1994; Arnold et al, 2000). Nosso

grupo analisou efluente de silagens de cana-de-açúcar, e encontrou impressionantes 568.000 mg L^{-1} em análise de DQO (Novinski et al., 2011), valor 1000 vezes superior ao encontrado em esgoto doméstico (Peralta-Zamora et al. 2005). Estimou-se que um silo de 200 t de silagem de capim pode produzir uma carga de poluição equivalente à poluição diária de uma cidade de 75 mil habitantes (National Rivers Autority, 1993 apud Stephens et al., 1997). Uma forma de pesquisa de contaminação por efluentes foi investigada através do uso das reações de glucose oxidase e lactato oxidase para detectar a presença de glucose e lactato (provenientes de efluentes de silagens) em água fluvial. O sensor de lactato foi capaz de detectar efluente de silagens maduras em diluições de 1/1000, enquanto que o sensor de glucose foi mais eficiente para detectar efluentes de materiais recém ensilados, que apresentam maior concentração de glucose que efluentes de silagens prontas (Stephens et al., 1997).

Um dos possíveis destinos que se pode dar ao efluente produzido na silagem é a fertirrigação. Apesar de esta prática necessitar de um monitoramento ambiental, o impacto certamente é menor do que simplesmente deixar que o efluente seja levado por águas de chuva até os cursos de água ou lençóis freáticos superficiais. Espalhar o efluente no solo tem, porém, suas limitações, pois pode ocorrer queima das folhas da pastagem ou de outras culturas (Burford, 1976, apud Arnold et al., 2000). Patterson e Walker (1979) estudaram a possibilidade de inclusão de efluente na dieta de porcos em terminação, e concluíram que 10% MS de inclusão supriria praticamente todos os requerimentos protéicos e minerais estabelecidos pelo NRC. Leidmann et al. (1994) avaliaram o potencial de remoção de metais pesados de solos contaminados através de lixiviação por efluente de silagem de capim. Os testes, feitos em coluna e em batelada, mostraram variadas taxas de remoção para cada metal pesado avaliado (Cd 74,7%; Zn 55,7%; Cu 53,5%; Ni 38,9%, Cr 12,7% e Pb 8,9%).

O tratamento de resíduos é um destino alternativo para os efluentes produzidos na ensilagem. Tratamentos com leveduras, tratamentos aeróbicos e sistemas de tratamento vegetal já foram estudados por, respectivamente, Arnold et al. (2000), Deans e Svoboda (1992) e Faulkner et al. (2011), todos com algum efeito positivo na redução do potencial poluente dos efluentes.

Apesar da viabilidade teórica desses sistemas, o grande problema ainda permanece na realidade de campo. Mesmo que algumas medidas apresentem ótimos resultados em escala laboratorial, normalmente as estações de tratamento requerem plantas complexas de custo elevado. Deans e Svoboda (1992) apontam que, apesar da sazonalidade na produção de efluentes (o que deixaria a planta inativa, aumentando os custos), as estações de tratamento poderiam ser adaptadas para outros resíduos, como dejetos do gado. A sazonalidade também representa um problema na destinação dos efluentes para outros fins, uma vez que o armazenamento dos mesmos nem sempre é higiênico ou viável. Dessa forma, operações de manejo que visem reduzir ao máximo as perdas de matéria seca e produção de efluentes ainda são a melhor opção, considerando que podem ser implementadas no tempo presente, sem depender de grandes investimentos ou de medidas impostas pela legislação.

3.5. Impacto da estratégia de redução de umidade da forragem

Materiais muito úmidos, como os capins tropicais ou de clima temperado possuem alta umidade e são críticos ao processo de ensilagem. Existem duas formas de reduzir a umidade da forragem: pré-secagem (desidratação parcial) antes da ensilagem ou adição de um material de alto teor de MS, que funciona como sequestrante de umidade. Ambos são normalmente utilizados na ensilagem de capins, pelo fato de que o ponto de maturidade de maior qualidade dessas forragens é atingido quando o teor de MS ainda é baixo.

Quando se opta pela pré-secagem, seja para armazenamento em silos de grande porte ou em fardos embalados, a operação de secagem exige mais etapas mecanizadas do que seria necessário para adição de um subproduto sequestrante de umidade. Por este motivo, o impacto da pré-secagem é maior com relação ao uso de maquinário. Paziani et al. (2006) compararam as técnicas de pré-secagem e adição de sequestrante de umidade (milheto moído) na confecção de silagens de capim Tanzânia e encontraram perdas no recolhimento da forragem de 870 e 470 kg MS por ha, respectivamente. Estes autores questionam a utilização de pré-secagem devido às maiores perdas e também ao risco de contaminação por terra. Nesse mesmo experimento, a recuperação de matéria seca (RMS) foi maior nas silagens com sequestrante de umidade em relação às que foram ensiladas diretamente (alta umidade), e as silagens pré-secadas apresentaram RMS intermediária, pois apresentaram maior perdas por gases, se comparadas às silagens com milheto.

Jones e Jones (1996) revisaram o efeito dos absorventes de umidade na produção de efluentes e encontraram o uso dos mais diversos materiais absorventes em inclusão de 20 a 80 kg/t, normalmente resultando em redução de 20 a 85% da produção total de efluentes. Os autores dão destaque para o uso de aditivos que também fornecem substratos de fermentação, como a polpa de beterraba (no Brasil, este subproduto não é comum, mas pode ser comparado à polpa cítrica), pois possuem efeitos adicionais de melhoria na fermentação e redução de perdas totais. Apesar dos benefícios da utilização de absorventes de umidade, as dificuldades devido à mão de obra, recursos e requerimento de espaço no silo também foram apontadas.

Deve-se observar com cuidado a composição do sequestrante de umidade e da forragem a ser conservada, tendo em vista que um aditivo de baixa qualidade reduzirá a qualidade final da forragem, ao passo que aditivos de maior qualidade, além de melhorar o padrão de fermentação, melhoram a qualidade nutricional do produto final.

Independente de qual método de redução de umidade seja escolhido, os custos, as perdas em todas as etapas, assim como o impacto na produção, devem ser avaliados, para melhor tomada de decisão, com benefícios nutricionais, econômicos e ambientais.

4. Aspectos inerentes ao processo de fenação

O processo de fenação é parecido, em alguns aspectos, com a ensilagem de forragens pré-secadas em fardos embalados. As vantagens ambientais do feno em relação à silagem pré-secada são a ausência de embalagem com lona ou filme plástico e a ausência de produção de efluentes. As perdas no processo de fenação são variáveis e dependem principalmente do manejo e das condições climáticas, porém impactam muito pouco o ambiente, sendo rapidamente degradadas e recicladas. As perdas na fenação só aumentam o impacto devido à redução na recuperação de MS de forragem, e o maior gasto energético por unidade de feno efetivamente produzida.

A necessidade de várias operações mecanizadas, entre sega, reviragens, enleiramento, enfardamento e recolhimento dos fardos, impacta o ambiente tanto pela utilização do maquinário como pela compactação do solo.

Em condições climáticas favoráveis para a fenação, este método é menor impactante ao meio ambiente do que a produção de silagem pré-secada em fardos embalados. Porém, este último método pode ser uma alternativa quando as condições climáticas inviabilizem a

secagem completa da forragem, principalmente quando há alta possibilidade de chuvas na fase final de desidratação. É preferível utilizar o filme plástico a perder todo o capital investido e todo o impacto já causado até essa etapa final na conservação da forragem.

Dessa forma, além dos fatores previamente discutidos, as etapas mecanizadas de produção de fenos, realizadas por tratores movidos a óleo diesel são as responsáveis pelo principal impacto ambiental da produção dos fenos. Contudo, alternativamente é possível produzir feno de forma totalmente manual, em pequena ou média escala. Fazendas com preocupação ambiental têm resgatado tecnologias usadas na era "pré-mecanização", para aplicar na rotina de produção de forragens conservadas, de forma manual e envolvendo trabalho familiar (http://onescytherevolution.com).

5. Aspectos inerentes à utilização de capineiras

Capineiras são a forma mais simples de se produzir forragens para uso posterior, sendo também consideradas formas de conservação. Por envolver poucas etapas mecanizadas, o impacto ambiental dessa categoria é relativamente menor que o da ensilagem ou fenação.

As espécies forrageiras mais comuns para fornecimento direto no cocho são o capim elefante e a cana-de-açúcar. Em termos de impacto ambiental, além do previamente relatado, as etapas de colheita e picagem com ensiladeira acoplada ao trator e transporte até o cocho podem ser consideradas equivalentes à etapa de colheita e enchimento do silo, caso o mesmo tipo de ensiladeira seja utilizado. A distância entre a lavoura e o cocho (ou o silo) são, portanto, fatores de impacto tanto econômico como ambiental.

Em relação à ensilagem, a utilização de capineiras apresenta menores perdas, uma vez que não há etapa de fermentação. Também não utiliza-se lona plástica e não produzir efluentes. As limitações do uso de capineiras são a necessidade de mão de obra diária para colheita e fornecimento da forragem aos animais e a variação na qualidade da forragem que, no caso do capim elefante, é reduzida com o avanço do estágio de maturação. O risco de geadas ou incêndio são fatores importantes que devem ser avaliados, pois podem levar a perda total da forragem armazenada e grande impacto relativo no sistema.

6. Considerações finais

Como qualquer atividade antrópica, a conservação de forragens impacta negativamente o ambiente onde é realizada. A magnitude deste impacto é muito difícil de ser quantificada, bem como o número de variáveis a se considerar nessa avaliação.

A redução nas perdas durante os processos de conservação deve ser o primeiro objetivo dos técnicos e produtores, no intuito de reduzir o impacto ambiental (principalmente o decorrente dos efluentes da silagem), pois acarreta diretamente benefícios econômicos e nutricionais.

Referências

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 19-31, 1999.

ANDRIOLI, I.; PRADO, R. M. Plantas de cobertura em pré-safra e adubação nitrogenada na fertilidade do solo em diferentes camadas, cultivado com milho em sistema de plantio direto e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 963-978, 2012.

ARNOLD, J. L.; KNAPP, J. S.; JOHNSON, C. L. The use of yeasts to reduce the polluting potential of silage effluent. **Water Research,** v. 34, n. 15, p. 3699-3708, 2000.

BARBHUIYA, S. A.; BASHEER, P. A. M.; CLARK, M. W. et al. An investigation into the behavior of concrete containing sweater-neutralized bauxite refinery residues in silage effluent. **Biosystems Engineering**, v. 106, p. 433-439, 2010.

BARRY, M.; COLLERAN, E. Silage effluent digestion by an upflow anaerobic filter. **Water Research**, v. 18, p. 827-832, 1984.

BERNAREDES, T. F.; DO RÊGO, A. C. Study on the pratices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science,** v. 97, p. 1-10, 2014.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; CAVALLARIN, L. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4701-4706, 2007.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – IBAMA. Resolução n° 1 de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 fev. 1986.

DE JONG, R.; DRURY, C. F.; YANG, J. Y. et al. Risk of water contamination by nitrogen in Canada as estimated by the IROWC-N model. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 3169-3181, 2009.

DEANS, E. A.; SVOBODA, I. F. Aerobic treatment of silage effluent – laboratory experiments. **Bioresource Technology**, v. 40, p. 23-27, 1992.

DUARTE JR., J. B.; GARCIA, R. F.; COELHO, F. C.; AMIM, T. Desempenho de trator-implemento na cana-de-açúcar em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 653-658, 2008.

FAULKNER, J. W.; ZHANG, W.; GEOHRING, L. D. et al. Nutrient transport within three vegetative treatment areas receiving silage bunker runoff. **Journal of Environmental Management**, v. 92, p. 587-595, 2011.

FOY, R. H.; SMITH, R. V.; LENNOX, S. D. et al. The impact of climatic and agricultural variables on the frequency of silage pollution incidents. **Journal of Environmental Management**, v. 41, p. 105-121, 1994.

GALANOS, E.; GRAY, K. R.; BIDDLESTONE, A. J. et al. The aerobic treatment of silage effluent: effluent characterization and fermentation. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.62, p.271-279, 1995.

HEERWAARDEN, J.; HELLIN, J.; VISSER, R. F. et al. Estimating maize genetic erosion in modernized smallholder agriculture. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 119, p. 875-888, 2009.

HORN, R.; DOMIZAL, H.; SLOWINSKA-JURIKIEWICZ, A. et al. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. **Soil & Tillage Research**, v. 35, p. 23-36, 1995.

JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D. et al. Corn silage management: effects of maturity, inoculation and mechanical processing on pack density and aerobic stability. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 2, p. 434-444, 2002.

JONES, D. I. H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, p.73-81, 1995.

JONES, R.; JONES, D. I. H. The effect of in-silo effluent absorbents on effluent production and silage quality. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 64, p. 173-186, 1996.

KAISER, J. The other global pollutant: nitrogen proves tough to curb. **Science**, v. 294, p. 1268-1269, 2001.

KAN, C. A.; MEIJER, G. A. L. The risk od contamination of food with toxic substances present in animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 133, p. 84-108, 2007.

KIM, S. C.; ADESOGAN, A. T. Influence of ensiling temperature, simulated rainfall, and delayed sealing on fermentation characteristics and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 3122-3132, 2006.

KÖHLER, H.; TRIEBSKORN, R. Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond? **Science**, v. 341, p. 759-765, 2013.

LEIDMANN, P.; FISHER, K.; BIENIEK, D. et al. Removal of heavy metals from polluted soil with grass silage juice. **Chemosphere**, v. 28, p. 383-390, 1994.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

MIKKOLA, H. J.; AHOKAS, J. Indirect energy input of agricultural machinery in bioenergy production. **Renewable Energy**, v. 35, p. 23-28, 2010.

MILLENNIUM Ecosystem Assessment. Washington: Island Press, 2005. 141 p. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Disponível em: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso em 24/05/2014.

NOVINSKI, C. O.; SCHMIDT, P.; PERALTA-ZAMORA, P. et al. Characterization of the sugarcane silage effluent and the potential of environmental pollution. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS, 2., 2011, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2011.

O'DONNELL, C.; O'KIELY, P.; DODD, V. A. et al. A study of the effects of silage effluent on concrete: part 2, significance of environmental factors. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 60, p. 93-97, 1995.

PATTERSON, D. C.; WALKER, N. The use of effluent from grass silage in the diet of finishing pigs. I. Variation in composition of effluents. **Animal Feed Science and Technology**, v. 4, p. 263-274, 1979.

PAZIANI, S. F.; NUSSIO, L. G.; LOURDES, D. R. S.; IGARASI, M. S.; PEDROSO, A. F.; MARI, L. J. Influência do teor de matéria seca e do inoculante bacteriano nas características físicas e químicas da silagem de capim Tanzânia. **Acta Scientiarum – Animal Sciences**, v. 28, n. 3, p. 265-271, 2006.

PERALTA-ZAMORA, P.; CORDEIRO, G.A.; NAGATA, N. Utilização de regressão multivariada para avaliação espectrofotométrica da demanda química de oxigênio em amostras de relevância ambiental. **Química Nova**, v. 28, p. 838-841, 2005.

PIMENTEL, D.; HURD, L. E.; BELLOTTI, A. C.; FORSTER, M. J.; OKA, I. N.; SHOLES, O. D.; WHITMAN, R. J. Food production and the energy crisis. **Science**, v. 182, p. 443-449, 1973.

PITT, R. E. Dry matter losses due to oxygen infiltration in silos. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.35, p.193-205, 1986.

RABELO, C. H. S.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, D. A. et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 656-668, 2012.

ROGERS, D. L. Genetic erosion: no longer just an agricultural issue. **Native Plants Journal**, v. 5, p. 112-122, 2004.

SCHMIDT, P.; BUENO, A.V.I.; NOVINSKI, C.O. et al. Greenhouse gas emissions from fermentation of sugarcane silages treated with natamycin or *Lactobacillus buchneri*. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE, 5., 2013. **Proceedings…** Dublin: UCD, 2013. p.448.

SCHMIDT, P.; SOUZA, C. M.; BACH, B. C. Uso estratégico de aditivos em silagens: quando e como usar? In: Simpósio: Produção e Utilização de Forragens Conservadas, 5., 2014, Maringá. **Anais**... Maringá: Nova Esthampa, 2014. p. 243-264.

SMALE, M. The Green Revolution and wheat genetic diversity: some unfounded assumptions. **World Development**, v. 25, p. 1257-1269, 1997.

STEPHENS, S. K.; TOTHILL, I. E.; WARNER, P. J. et al. Detection of silage effluent pollution in river water using biosensors. **Water Research**, v. 31, p. 41-48, 1997.

WEINBERG, Z. G.; SHATZ, O.; CHEN, Y. et al. Effect of lactic acid bacteria inoculants on in vitro digestibility of wheat and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4754-4762, 2007.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effect of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, p. 101-116, 1990.

ZOPOLLATO, M.; SARTURI, J. O. Optimization of the animal production system based on the selection of corn cultivars for silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 1., 2009, São Pedro. **Proceedings…** Piracicaba: FEALQ, 2009. p. 73-90.

Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

Ronaldo Trecenti

Engenheiro Agrônomo, M.Sc.
Especialista em Sistema Plantio Direto e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

Introdução

O crescimento da população mundial e a inserção de novos contingentes no mercado consumidor tem gerado crescente demanda por matérias primas, alimentos, fibras e agroenergia e consequentemente forte pressão sobre o uso dos recursos naturais (solo, água, ar e biodiversidade), podendo colocar em risco a oferta desses produtos para as gerações futuras, a estabilidade econômica mundial e a sustentabilidade do planeta.

Segundo previsões da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a população mundial atingirá 9 bilhões de habitantes no ano de 2050 e a produção de alimentos terá que dobrar para alimentar adequadamente todos esses seres humanos. A FAO estima que o Brasil deverá responder por 40% desse aumento da produção de alimentos.

O aumento da oferta de alimentos, fibras e agroenergia pode se dar por meio do crescimento da área cultivada e do aumento da produtividade. A sociedade tem pressionado para que o aumento da produção de alimentos não se dê através da abertura de novas áreas, via desmatamento, especialmente em biomas frágeis e/ou estratégicos como a Amazônia e o Cerrado e para que o incremento da produtividade não dependa cada vez mais do aumento no uso de insumos.

Vários insumos utilizados na agricultura são emissores de gases de efeito estufa (GEE), principalmente o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO_2), gás metano (CH_4) e óxido nitroso (NO_3), que são acusados de serem os principais causadores do aquecimento global e das mudanças climáticas.

O consumo de combustíveis (óleo diesel) para cultivo e transporte da produção emite CO_2. O uso inadequado de fertilizantes nitrogenados (ureia) emite NO_3 e na pecuária, a

fermentação entérica dos animais é emissora de CH_4, de forma mais intensa nas áreas de pastagens degradadas.

O modelo agrícola brasileiro tradicional, baseado na abertura de novas áreas para produção, no monocultivo e no aumento do uso de insumos parece dar sinais de esgotamento e de não ser capaz de responder ao desafio colocado ao Brasil pela FAO. Então a via mais sensata para o aumento da produção passa pelo aumento da produtividade, pela intensificação da produção nas áreas já cultivadas e pela recuperação da capacidade produtiva das áreas antropizadas, em especial, de pastagens degradadas.

Estima-se que o Brasil possui cerca de 110 milhões de hectares (ha) são de pastagens cultivadas, onde segundo a Embrapa, cerca de 70% apresenta algum grau de degradação, isto é, cuja produção de forragem esteja abaixo de 50% da sua capacidade produtiva. Essas pastagens apresentam baixa capacidade de suporte animal (taxa de lotação inferior a 1 UA[1]/ha) e consequentemente baixa produção de carne e/ou leite e elevado índice de perda de solo e água (erosão), com reflexos negativos na economia e no meio ambiente.

Estas áreas podem ser recuperadas com a adoção do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que consiste na implantação de diferentes sistemas produtivos de grãos, fibras, carne, leite, agroenergia e outros, na mesma área, em plantio consorciado, seqüencial ou rotacionado, aproveitando as sinergias existentes entre eles. A ILPF também é conhecida como Sistema Agroflorestal (SAF).

A ILPF, aliada a práticas conservacionistas como o Sistema Plantio Direto (SPD) é uma alternativa econômica e sustentável para recuperar áreas de pastagens degradadas. Estudos técnico-científicos e experiências de produtores mostram que a implantação da ILPF resulta em importantes benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Tecnologia ILPF

Na implantação da ILPF estabelece-se o cultivo da espécie florestal com espaçamento ampliado entrelinhas, possibilitando a implantação de uma cultura de interesse comercial na região como soja, milho, feijão, sorgo, girassol, mandioca etc., nas entrelinhas por dois a três anos. Em seguida implanta a cultura forrageira consorciada com o milho ou com o sorgo,

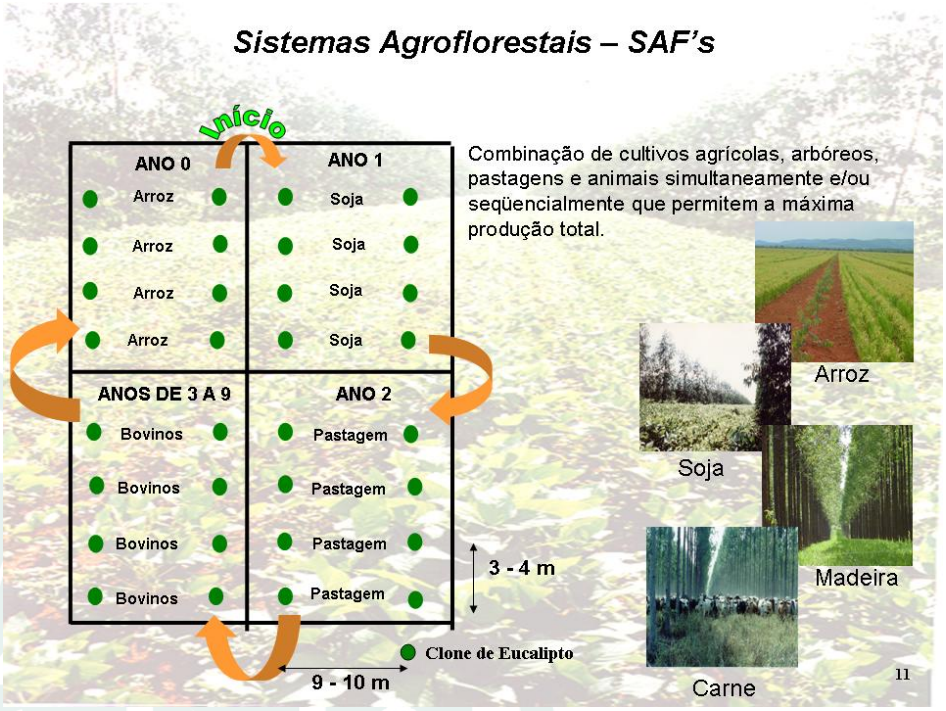
[1] Unidade Animal = 450 kg de peso vivo

sistema este denominado de "Santa Fé", que foi desenvolvido pela Embrapa, na Fazenda Santa Fé, em Santa Helena de Goiás.

Feito a colheita da cultura de grãos, 30 a 60 dias depois, o produtor tem o pasto formado nas entrelinhas da floresta cultivada, permitindo a implantação da atividade de pecuária e a sua exploração até o corte da madeira. Na ILPF as receitas das lavouras e da pecuária pagam as despesas de implantação da floresta e, então o produtor tem uma "poupança verde" capaz de lhe proporcionar uma renda líquida de aproximadamente R$ 30 mil/ha ao longo de 9 a 12 anos, sem considerar uma possível receita futura com o pagamento por serviços ambientais (PSA), em especial, a venda de créditos de carbono.

A Fazenda Bom Sucesso, que pertencente ao Grupo Votorantim Metais e está localizada no município de Vazante, região Noroeste de Minas Gerais, adotou este sistema há cerca de 20 anos, combinando os cultivos agrícolas, arbóreos, pastagens e criação de animais, de forma consorciada e simultânea.

Na implantação da ILPF a Bom Sucesso utilizou a cultura do eucalipto com espaçamento de 10 m entre fileiras e 4 m entre plantas, bem maior que o cultivo tradicional (3 x 2 m), fazendo a correção total da área (calagem e fosfatagem). Nas entrelinhas do eucalipto, no primeiro ano, eles implantaram a cultura do arroz, seguindo as recomendações técnicas para o seu cultivo na região. No segundo ano eles implantaram a cultura da soja e no terceiro ano o capim, colocando os animais na área quando a pastagem está completamente formada e pronta para o pastejo, utilizando a cerca elétrica, conforme demonstrado nas figuras abaixo.



Produtividade média do arroz = 1.670 kg/ha

Produtividade média da soja = 2.040 kg/ha

Formação da pastagem no 3º ano com *Brachiaria brizantha*

Pasto verde na seca com cerca elétrica - ganho de peso de 8,25 @/ha/ano

Com a receita das lavouras de arroz e soja e da pecuária eles conseguiram cobrir todos os custos de implantação da floresta de eucaliptos. O animal foi um componente muito importante no sistema, pois ele gerou receitas anuais ou bianuais melhorando muito o fluxo de caixa e a atratividade do negócio.

As culturas agrícolas também melhoram o fluxo de caixa com entradas e saídas em curto prazo, além de contribuir com o preparo do solo e para a melhoria das condições química, física e biológica do solo, por meio das suas adubações e dos resíduos orgânicos.

O menor número de árvores/ha (250 ou 350) e a menor competição entre as plantas proporcionaram ganho mais rápido em diâmetro. Desta forma já aos 9/10 anos pode-se colher postes para eletrificação e aos 12 anos toras acima de 30 cm de diâmetro para serraria. Estes produtos tem maior valor agregado que podem chegar a até seis vezes o valor da madeira para energia (carvão). Este valor agregado, somado às receitas obtidas com as das lavouras e da pecuária compensam com sobra o maior volume de madeira para energia que seria produzido no sistema convencional (3 x 2 m).

No sistema ILPF as árvores proporcionam uma melhoria climática no ambiente da pastagem, o capim permanece verde e palatável por mais tempo, inclusive na época de seca.

Os animais tem mais conforto térmico em relação à pastagem aberta e ficam menos estressados. Desta forma, o gado neste ambiente mais ameno responde com maior produtividade de carne e/ou leite.

As pesquisas das universidades e centros de estudos correlatos, concluíram que o eucalipto consome tanto ou menos água que qualquer outra espécie arbórea, contudo nenhuma delas cresce e produz madeira rapidamente igual a ele. Então o mito de que o eucalipto seca a terra não é verdade. E quase tudo que o eucalipto retira do solo é devolvido em forma de matéria orgânica (galhos, folhas, casca etc.). Portanto, se bem manejado, o eucalipto não esgota o solo.

Fomento, difusão e incentivos a ILPF

Visando a ampla adoção do sistema ILPF o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) criou em 2005 um programa de incentivo para a sua utilização, o Programa de Integração Lavoura-Pecuária (Programa ILP). No período de 2006 a 2009, por meio de convênios celebrados com a Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior (ABEAS) e com a Fundação Casa do Cerrado (FCC), contando com a execução técnica da CAMPO Consultoria e Agronegócios, o Mapa realizou um amplo trabalho de fomento e difusão da ILP e da ILPF em dez unidades da federação no bioma Cerrado (Bahia, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, São Paulo e Tocantins).

Este trabalho consistiu da realização de: reuniões técnicas com as entidades representativas do setor agrícola; palestras para lideranças rurais, produtores, técnicos, professores e estudantes; cursos de capacitação para profissionais da assistência técnica e extensão rural e do planejamento; dias de campo para demonstração dos resultados de pesquisa e de experiências de produtores com a implantação da ILP e da ILPF; workshops com a participação das entidades representativas de produtores, pesquisadores, extensionistas, professores e estudantes; e publicação de folders, boletins técnicos e cartilhas do produtor.

Para facilitar a adoção da ILP, o Mapa criou em 2006, no Plano Agrícola e Pecuário 2006/07 (Plano Safra) uma linha de crédito específica (PROLAPEC) para financiar a implantação da ILP, com recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

No Plano Agrícola e Pecuário 2009/10, o Mapa inseriu o componente florestal na linha de crédito e passou a denominá-la (PRODUSA), ampliando os recursos para R$ 1,5 bilhão, onde cada produtor podia financiar até R$ 400 mil para implantar a ILPF (acrescido de 15% se tivesse Reserva Legal Averbada) e cujos recursos eram destinados a investimentos em infraestrutura, formação de pastagens, recuperação do solo, aquisição de animais e equipamentos e outros itens necessários à implantação da ILPF. As taxas de juros eram de 5,75% ao ano, para projetos em áreas degradadas e de 6,75% ao ano para outras situações.

O financiamento podia ser pago em até 5 anos, com até 2 anos de carência, quando se tratasse somente de correção de solo, e em até 8 anos, com até 3 anos de carência, para projetos que envolvam investimentos em solos, equipamentos, benfeitorias etc., e em até 12 anos, com até 3 anos de carência, quando o componente silvicultura (floresta) estivesse integrado ao projeto. Os recursos financeiros estavam disponíveis nas agências bancárias, inclusive nas cooperativas de crédito, para os produtores que apresentassem projeto técnico contemplando a adoção da ILPF em suas propriedades.

No trabalho realizado pela CAMPO, a serviço do Mapa, foram assistidos tecnicamente 280 produtores, com visitas, análises de solo, planejamento e elaboração de projetos para a implantação da ILP e da ILPF. A ILP foi implantada em diversas propriedades, utilizando-se o Sistema Santa Fé.

A ILPF foi apresentada principalmente com a utilização do eucalipto como espécie florestal visando à produção de madeira para usos múltiplos como a fabricação de móveis, a utilização na construção civil, a produção de estacas e mourões para cercas e postes para eletrificação, mas também contemplou a apresentação de experiências com espécies madeireiras como a teca e o mogno; espécies extrativistas com a seringueira e a nós macadamia; e espécies frutíferas nativas do Cerrado com o pequi e o baru.

Na Conferência das Partes (COP 15) sobre mudanças climáticas, realizada em Copenhague, na Dinamarca, o Brasil assumiu o compromisso voluntário de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) entre 36,1% e 38,9% no período dez anos (2010/2020), tomando como base as emissões de GGE no ano 2000.

Esse compromisso nacional foi estabelecido legalmente por meio da Lei 12.187, sancionada em 29 de dezembro de 2009, que instituiu a Política Nacional de Mudança do

Clima (PNMC). O artigo 11º desta lei afirma que serão estabelecidos, por meio de decretos específicos, planos setoriais de mitigação e de adaptação à mudança global do clima, visando à consolidação de uma economia de baixo consumo de carbono.

As cifras estabelecidas pelos nossos dirigentes estão relacionadas a um cenário tendencial de crescimento de emissões, caso nenhuma medida seja tomada, ao invés da redução de emissões ter como referência um ano-base, como é o caso das metas para países desenvolvidos. Dessa maneira, segundo a projeção para 2020, o país emitiria 2,7 bilhões de toneladas de CO_2, mas de acordo com a proposta se compromete a reduzir entre 975 e 1.052 milhões de toneladas de CO_2.

A PNMC estabelece instrumentos importantes do ponto de vista financeiro para as organizações que desenvolverem ações de redução de emissão de GEE, tais como: a) medidas fiscais e tributárias de estímulo; b) linhas de crédito e financiamento específicas de agentes públicos e privados; e c) formação de um mercado brasileiro de redução de emissões, com os chamados créditos de carbono sendo considerados ativos mobiliários negociáveis em bolsa de valores.

O Mapa, juntamente com outros ministérios, montou o Programa Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC), cujo objetivo é buscar alternativas de baixa emissão de carbono, de forma a assegurar a adoção de tecnologias que proporcionem a recuperação da capacidade produtiva dos solos, o aumento da produtividade e a redução da emissão de GEE. As metas do Programa ABC, paro o período 2010/20 são:

1. Recuperação de uma área de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas, como manejo adequado e adubação, possibilitando uma redução de 101 milhões de toneladas de GEE, em equivalente carbono;
2. Adoção do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em 4 milhões de hectares, permitindo uma redução de 20 milhões de toneladas de GEE, em equivalente carbono;
3. Ampliação do uso do sistema plantio direto (SPD) em 8 milhões de hectares, que passaria de 25 milhões para 33 milhões de hectares, com uma possível redução de 16 a 20 milhões de toneladas de GEE, em equivalente carbono;

4. Estímulo à fixação biológica de nitrogênio (FBN) na produção de soja em grãos de 11 milhões para 16,5 milhões de hectares, atingindo uma redução de 16 a 20 milhões de toneladas de GEE, em equivalente carbono;
5. Incremento do plantio de florestas econômicas em 3 milhões de hectares, resultando no sequestro de 10 milhões de toneladas de GEE, em equivalente carbono.

O Programa ABC conta com uma linha de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que conta com recursos de R$ 4,5 bilhões, na safra 2014/2015, para financiar a recuperação de pastagens degradadas, a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), também conhecida como Sistema Agroflorestal (SAF) ou arborização de pastagens, dentre outras tecnologias.

Destaca-se no Programa ABC a possibilidade de repasse de recursos do BNDES para qualquer agente financeiro que deseje operar com essa linha (bancos privados e cooperativas de crédito), além do limite de crédito de R$ 2 milhão por produtor; a carência de até 3 anos, se inserido o componente florestal na recuperação das pastagens (ILPF); os juros de 5% ao ano; o prazo de até 15 anos para o pagamento; até 45% dos recursos financiáveis para aquisição de animais e/ou sêmen; e, em especial, que a elaboração do projeto e a assistência técnica para a sua implantação e condução são financiáveis pelo Programa ABC.

Dentro das tecnologias contempladas pelo Programa ABC a ILPF vem despertando grande interesse por parte de pesquisadores, técnicos e produtores. Ela pode ser adotada em diferentes formatos:

I - Integração Lavoura-Pecuária ou Agropastoril: sistema que integra os componentes agrícola e pecuário, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área, em um mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos;

II – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta ou Agrossilvipastoril: sistema que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área;

III – Integração Pecuária-Floresta ou Silvipastoril: sistema que integra os componentes pecuário e florestal em consórcio; e

IV – Integração Lavoura-Floresta ou Silviagrícola: sistema que integra os componentes florestal e agrícola, pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas.

Benefícios da ILPF

Estudos científicos e experiências práticas tem mostrado que a ILPF proporciona a diversificação de atividades na propriedade, o incremento de renda por hectare, a redução de riscos climáticos e de mercado e o aumento do estoque de carbono no solo e na biomassa, aproveitando as sinergias existentes nos sistemas de produção integrada, que traz benefícios para o produtor, em especial para o agricultor familiar, para o consumidor, para o meio ambiente e para a sociedade em geral.

Na fase inicial da ILPF, nas entrelinhas da floresta, podem ser utilizadas culturas anuais (arroz, milho, feijão, mandioca, soja, sorgo, girassol, amendoim, mamona etc.) para a produção de grãos, que pode ser destinada para a alimentação humana e animal, bem como para a geração de energia, proporcionando receitas no curto prazo.

Com a implantação da pastagem após o cultivo das culturas anuais faz-se a introdução do componente animal, que pode ser bovino de corte ou leite, pequenos animais como caprinos e ovinos, gerando receitas no médio prazo.

A produção florestal pode ser destinada para lenha visando o uso doméstico, para produção de carvão, para a produção de cavaco ou peletis, que são utilizados para geração de energia em caldeiras de agroindústrias e indústrias, para produção de madeira para uso em construções rurais e urbanas, para fabricação de móveis, para produção de postes utilizados na eletrificação rural, para produção de dormentes utilizados na construção de ferrovias, dentre outros usos múltiplos (não queima), gerando receita no longo prazo.

Na ILPF, as receitas obtidas com as culturas anuais e com a pecuária pagam os custos de implantação e manutenção da floresta, então a receita gerada pela colheita e venda da madeira é praticamente uma receita extra, proporcionando ao produtor uma "poupança verde".

Outros benefícios da ILPF que merecem destaque são: manutenção das pastagens verdes por mais tempo na seca; conforto térmico aos animais proporcionado pela sombra das árvores; sequestro de carbono na madeira destinada para usos nobres; e aumento da infiltração da água das chuvas.

Perspectivas para a ILPF

No dia 29 de abril de 2013, a Presidenta Dilma Russef sancionou a LEI Nº 12.805, que institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, e cuja proposta prevê

benefícios para produtores rurais que adotarem sistemas integrados para a recuperação de áreas degradadas.

De acordo com o texto, a política nacional de integração terá como princípios a preservação e a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo e a observância aos princípios e às leis de proteção ambiental.

A Lei prevê benefícios aos produtores rurais que adotarem sistemas integrados para a recuperação de áreas degradadas ou em degradação. Os sistemas integrados compreendem o uso do solo, de forma conjunta ou alternada, para atividades agrícolas, florestais ou de pecuária com o objetivo de melhorar o aproveitamento, aumentar a produtividade e tornar a produção ambientalmente sustentável.

Com a aprovação da proposta, os produtores também terão preferência na prestação de serviços oficiais de assistência técnica e fomento, além de apoio técnico no desenvolvimento de projetos de preservação ambiental.

Os pequenos produtores rurais tem enfrentado uma série de dificuldades de acesso a novas tecnologias de produção que permitam o aumento sustentável da produção de alimentos seguros, fibras e agroenergia, possibilitando a sua permanência no campo.

Ciente dessa demanda a Fundação Banco do Brasil elegeu a ILPF como Tecnologia Social por entender que ela está alicerçada sob os pilares da sustentabilidade: ser economicamente viável, ambientalmente correta e socialmente justa.

As características da ILPF permitem integrá-la a outras tecnologias sociais, como a Produção Agroecológica Integrada Sustentável (PAIS) e também com o Balde Cheio, possibilitando, por intermédio da arborização das pastagens, maiores rendimentos na produção de leite.

A difusão das tecnologias que compõem o sistema ILPF, através da implantação de Projetos Pilotos ou de Unidades Demonstrativas para validação da tecnologia junto às comunidades é uma ferramenta fundamental para despertar o interesse dos produtores rurais, em especial, dos pequenos e médios, para as sua vantagens, bem como para validar as tecnologias e gerar manuais com orientações para a sua adoção, o que contribuirá significativamente para o fomento e difusão desta tecnologia social.

Espécies florestais exóticas e/ou nativas dos diferentes biomas como: o paricá, o pau mulato, o dendezeiro etc., na Amazônia; o pequi, o baru, a macaúba etc., no Cerrado; o cajueiro, o sabiá, a gliricídia, a leucena etc., na Caatinga, entre outras deverão ser estudadas para a ILPF, considerando a utilização de pequenos animais (caprinos e ovinos) e a apicultura, bem como o estudo de novos arranjos com o eucalipto, além do estudo de arranjos espaciais e do consórcio de espécies florestais, visando especialmente à agricultura familiar.

Os resultados preliminares obtidos com a ILPF apontam que ela é uma alternativa economicamente viável, ambientalmente correta e socialmente justa para o aumento da produção de alimentos possibilitando ao nosso país obter a segurança e a soberania alimentar.

A ILPF viabiliza a diversificação de atividades na propriedade, a redução dos riscos climáticos e de mercado, a melhoria da renda e da qualidade de vida no campo, contribuindo para a mitigação do desmatamento, para o aumento da infiltração de água das chuvas e consequente redução da erosão, para a diminuição da emissão de GEE, para o sequestro de carbono, enfim, possibilitando a produção sustentável de alimentos, fibras e agroenergia, proporcionando um mundo melhor para as próximas gerações.

Ronaldo Trecenti
CAMPO Consultoria e Agronegócios - Telefone: (61) 3012-9760 / 9978-4558
E-mails: trecenti@campo.com.br ou ronaldotrecenti@hotmail.com

CNPA 2014
IX Congresso Nordestino de Produção Animal
De 11 a 14 de Novembro de 2014
PRODUÇÃO ANIMAL: NOVAS DIRETRIZES
CENTRO DE CONVENÇÕES LUÍS EDUARDO MAGALHÃES . ILHÉUS - BAHIA - BRASIL

II SIMPÓSIO NORDESTINO DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES

Boas Práticas de Produção na Avicultura de Postura

Helenice Mazzuco

Zootecnista, Ph. D. - Pesquisadora A-Embrapa Suínos e Aves - helenice.mazzuco@embrapa.br

Introdução

A produção de ovos com higiene e qualidade é uma responsabilidade a ser repartida na cadeia produtiva, iniciando-se ao nível da empresa avícola. Assim, é dever de todo produtor, preservar a segurança sanitária e a eficiência técnica dos seus planteis de poedeiras de modo a garantir a competitividade do seu negócio e igualmente contribuir com a sustentabilidade do setor de ovos. No entanto, para atender as exigências do consumidor nacional e do mercado internacional ainda existe a necessidade da implantação de programas que garantam elevado padrão de qualidade dos ovos de mesa e dos produtos a base de ovo.

A cadeia de postura comercial no Brasil se caracteriza pela produção de ovos para consumo "in natura" e industrializados e que ocorrem predominantemente no sistema de criação em gaiolas. A maioria é composta por produtores independentes de pequeno e médio porte, que preparam a própria ração na propriedade e trabalham com aviários abertos, tradicionais, chamados "californianos", característico em 95% dos sistemas de produção de ovos no país, existindo também os grandes produtores (acima de 100 mil poedeiras alojadas), que estão partindo para a adequação climática e automação das instalações. O padrão tecnológico, expresso pela utilização de genética especializada e nutrição balanceada é elevado e similar ao que ocorre em outros países do mundo. Contudo, em termos de instalações e equipamentos, ainda no Brasil predominam construções tradicionais semelhante ao que era utilizado há 50 anos, com poucas iniciativas de adoção de inovações tecnológicas. Este cenário de contrastes se manteve em função da nossa pequena escala de produção, clima favorável, infraestrutura de transporte e logística deficitários e mão de obra disponível e de baixo custo. Boa parte da produção é comercializada no mercado interno, tendo o setor se adequado nos últimos anos para incrementar as exportações. Atualmente, o Brasil ocupa a sétima posição no ranking dos maiores produtores e a exportação de ovos e ovoprodutos ainda é limitada.

A relação entre produção animal e saúde pública tem recebido crescente interesse na mídia e sociedade em geral o que tem implicado em mudanças significativas nos setores produtivos, incluindo a cadeia de ovos. A segurança biológica do ovo de consumo é o principal foco em mercados competitivos, não se restringindo a mercados particulares, sendo um desafio que a indústria de postura enfrenta constantemente. Muitas práticas como a utilização da água tratada, adequada destinação de resíduos da produção, conservação de energia, saúde humana (ocupacional e segurança do trabalho) e higiene são comuns às atividades de produção agropecuárias e constituem-se nos estágios iniciais para implantação de um sistema proativo no estabelecimento de melhorias e ações preventivas na produção de alimentos.

Como as demais cadeias de proteína animal, a cadeia de ovos deve constantemente melhorar métodos e procedimentos para a garantia de qualidade, visando o fornecimento de alimentos seguros. Nesse sentido, há a necessidade de se aprimorar ferramentas importantes nos programas de garantia de qualidade, a exemplo das Boas Práticas de Produção (BPP) na Postura Comercial, da Embrapa Suínos e Aves (Mazzuco et al., 2006). O documento veio atender a uma demanda importante do setor por orientações na implantação de um conjunto de ações para monitorar, avaliar e melhorar os processos na produção dos ovos de mesa principalmente nas questões higiênico-sanitárias envolvidas na produção, manipulação, armazenamento e transporte de aves e ovos. As iniciativas de divulgação das BPP têm sido bem sucedidas junto a parceiros e entidades, como a ABPA (Associação Brasileira de Proteína Animal) que tem utilizado as recomendações do documento na elaboração e divulgação de protocolos próprios de BPP para o setor de ovos.

Uma das dificuldades na adoção de BPPs ao nível primário, nas granjas de produção, é a sensibilização dos produtores para a importância da capacitação em gestão da qualidade na condução da empresa avícola. A adequação em processos e práticas às exigências legais e mercadológicas, a padronização dos procedimentos e requisitos mínimos "customizados" ao propósito e função da granja produtora de ovos passa pela adoção e validação de BPPs . A etapa se inicia por meio da revisão das necessidades de modificações de fluxos, adoção de tecnologias e processos na implantação de melhorias e atendimento a um programa de qualidade e posterior avaliação das modificações resultantes. Do ponto de vista sanitário, medidas básicas de higiene

deverão ser implantadas visto que, em geral, as atividades de limpeza e desinfecção atualmente adotadas são bem precárias. Dentro de um programa de gestão da qualidade e da produção sustentável numa empresa de alimentos, a garantia da produção de alimentos seguros necessariamente passa pela adoção de boas práticas de produção/fabricação (BPPs/BPFs). A abordagem das BPPs aponta os pontos críticos de controle, que em função de sua severidade e/ou conseqüências à saúde e econômicas, determinam a aceitação ou rejeição desses pontos associados à produção do alimento, conduzindo á melhorias em processos e um produto final seguro seja o ovo "in natura" ou processado.

Normas oficiais e boas práticas no setor de ovos

Novas regulamentações no setor de proteínas animais vêm provocando mudanças no modo tradicional de atuação da indústria, conduzindo à responsabilidade da produção de alimentos seguros a partir de seu estágio inicial, já na produção primária. Exigências do mercado consumidor, tanto interno quanto externo, relacionadas à segurança dos produtos oferecidos pelos produtores rurais têm os obrigado a adaptarem seus sistemas de produção aos novos requisitos sanitários. Exemplos incluem as granjas com aviários do tipo californiano clássico ou modificado, estabelecimentos que passarão a ser submetidos a um programa diferenciado de gestão de risco, recentemente instituído pela Instrução Normativa n° 10/2013-MAPA (IN 10/2013, BRASIL-2013).

Outro exemplo recente é a Instrução Normativa nº36/2012-MAPA (IN 36/2012, BRASIL-2012) que traz a proposição de medidas de adequação (higiênico-sanitárias, de manejo e construtivas) com base em boas práticas de produção. O consenso entre governo e esse setor de produção vem se formalizando porque a avicultura de postura brasileira é uma atividade bastante heterogênea que convive com sistemas tradicionais de pequena escala e restrita automação com sistemas de grande escala, totalmente automatizados. Desse modo, essa concordância entre órgão oficial e cadeia produtiva balizou as alterações sugeridas á IN 56/2009 (BRASIL, Instrução Normativa nº56/2009-MAPA) que hoje constam na IN 36/2012. Um grande avanço foi dado á avicultura de postura comercial com a Instrução Normativa 36/2012 pois esta considera que a biosseguridade nos estabelecimentos produtores é condição fundamental para a produção sustentável de ovos comerciais bem como as dificuldades econômicas que o setor de postura enfrenta e a relevância econômica e social da atividade de produção industrial de ovos comerciais para o Brasil. Em consonância às BPPs e visando a mitigação do risco à introdução e disseminação de doenças a referida IN 36, entre outras recomendações, restringe o acesso das aves de vida livre à água e á ração no galpão, por meio do uso de bebedouros automáticos e correta estocagem da ração em recipientes fechados além de manejo que evite o desperdício, como a distribuição em menor quantidade e em maior número de vezes durante o dia. Também recomenda a correta manutenção das áreas internas dos galpões e dos núcleos, por meio de limpeza, organização e destinação adequada do

descarte de ovos e carcaças bem como evitar quaisquer condições que possam atrair e servir à formação de ninhos e abrigos às aves e demais animais silvestres

Alguns marcos regulatórios nacionais estabeleceram indicadores baseados em controles de processos nos diversos níveis da produção de alimentos e que podem interferir em sua qualidade higiênico-sanitária. Tanto o Ministério da Saúde quanto o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA atuam no setor de postura regularizando as ações de controle sanitário visando a saúde do consumidor. Essas ações devem ser seguidas pelos estabelecimentos avícolas de reprodução (avozeiros, matrizeiros) e comercias (produtores de ovos) bem como pelos demais setores (de alimentação animal, processadoras, fornecedores) e assim, a responsabilidade da qualidade sanitária do produto final que chega ao consumidor já vem sendo repartida entre os diferentes atores da cadeia produtiva desde sua produção primária.

Na fase de processamento do ovo produzido, a Portaria 01/1990 (BRASIL-Portaria nº01/1990-MAPA), regulamenta a inspeção de ovos e derivados nos estabelecimentos que manipulam e classificam os ovos como a própria granja avícola, entrepostos, fábrica de conservas e outros estabelecimentos. Essa norma contém itens relacionados às BPPs e faz recomendações quantos aos aspectos higiênicos, infra-estrutura e operacionalização no processamento de modo a preservar a qualidade e segurança sanitária dos ovos.

Os princípios das boas práticas na produção de alimentos são regulamentados por intermédio da Portaria 326/1997 (BRASIL-Portaria nº326/1997), pelo Ministério da Saúde e Portaria 368/1997 (BRASIL-Portaria nº368/1997-MAPA). Os itens constantes em ambas Portarias abrangem desde a aprovação dos projetos das instalações visando a adequação sanitária passando pelo fluxograma das operações que permita a devida inspeção e higiene do alimento produzido de forma a evitar procedimentos suscetíveis à contaminação cruzada e que possam causar riscos à saúde humana.

A Portaria 46/1998 (BRASIL-Portaria nº46/1998-MAPA) institui o APPCC como forma de adequação das indústrias de produtos de origem animal aos procedimentos necessários no controle higiênico-sanitário de matérias-primas e dos produtos acabados. É indicado em seu texto a importância do atendimento à essas normas em função dos compromissos internacionais assumidos no âmbito da OMC-Organização Mundial de

Comércio e atendendo as disposições constantes no Codex Alimentarius e Mercosul. Essa normativa reforça a necessidade da implantação do sistema APPCC em indústrias que manipulam produtos de origem animal (incluindo entrepostos e indústrias de processamento de ovos pasteurizados, desidratados e líquidos), de forma a assegurar que sejam elaborados sem risco à saúde pública, apresentem padrões uniformes de identidade e qualidade e, atendam as legislações nacionais e internacionais quanto aos aspectos sanitários de qualidade e integridade econômica.

Semelhante à Portaria 01, a Resolução RDC-275/2002, (BRASIL-Resolução RDC nº275/2002) do Ministério da Saúde-ANVISA, regulamenta os Procedimentos Operacionais Padronizados-POPs e as boas práticas de fabricação (BPFs) para os estabelecimentos produtores e/ou industrializadores de alimentos. Em seu texto, destaca os requisitos gerais para o desenvolvimento e implantação de POPs nos seguintes itens: higienização das instalações, equipamentos e utensílios; controle da potabilidade da água, higiene e saúde dos manipuladores, manejo de resíduos, manutenção preventiva e calibração de equipamentos, controle integrado de vetores e pragas urbanas, seleção de matérias-primas, ingredientes e embalagens além do estabelecimento de programas de recolhimento (recall) de alimentos.

Também a Instrução Normativa 04/2007 (BRASIL-Instrução Normativa nº 04/2007-MAPA), possui total aderência com o setor de ovos, considerando que muitas granjas avícolas fabricam ou fracionam produtos destinados à alimentação das aves. No âmbito de aplicação da Norma, destaca-se a necessidade da "implementação de BPFs contendo informações necessárias à segurança e adequação dos alimentos para os animais".

Adicionalmente, a Normativa 56/2008 (BRASIL-Instrução Normativa nº56/2008-MAPA), recomenda as "Boas Práticas de Bem Estar para Animais de Produção". Essa Normativa considera alguns princípios para a garantia do conforto e bem estar animal nos vários estágios da criação animal desde o nascimento, criação e transporte; o adequado manejo em função do conhecimento do comportamento dos animais; a garantia do fornecimento de uma dieta apropriada e segura, adequada às diferentes fases de vida dos animais; a redução do estresse, evitando sofrimento desnecessário durante o manejo e transporte e também, a garantia de um ambiente de criação mantido sob condições higiênicas.

A Circular 004/2009 (MAPA, DICAO-Divisão de inspeção de carne e ovos, CGI-Coordenação geral de inspeção, DIPOA-Departamento de inspeção de produtos de origem animal) de 01 de fevereiro de 2009 dispõe sobre a padronização dos procedimentos de inspeção baseado em controles de processo para os estabelecimentos produtores de ovos e produtos derivados. As diretrizes de aplicação desta Circular dizem respeito à análise detalhada do processo produtivo por meio da inspeção de todos os fatores que possam interferir na qualidade higiênico-sanitária dos produtos. A avaliação desta baseia-se nos programas de autocontrole incluindo as BPFs, o PPHO (Procedimento Padrão de Higiene Operacional) e o APPCC.

A Instrução Normativa 08/2010 (BRASIL-Instrução Normativa nº08/2010-MAPA), vem complementar as práticas recomendadas e os esforços da verificação do uso correto e seguro de medicamentos veterinários e estabelece o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) em Ovos. Por meio do controle e vigilância "evita-se a violação dos níveis de segurança de substâncias não autorizadas, bem como a ocorrência de quaisquer níveis de resíduos de compostos químicos de uso proibido" garantindo assim, a inocuidade dos ovos para consumo. Recentemente, a Portaria Nº 60/2014 (BRASIL, Portaria nº 60/2014-MAPA) publicou os resultados do acompanhamento do PNCRC em ovos, indicando que ações de investigação a campo foram adotadas pelo MAPA para detectar as possíveis causas que ocasionaram a detecção de resíduos e contaminantes acima dos limites máximos de tolerância permitidos pela legislação e posteriormente, recomendar aos setores produtivos contemplados pelo PNCRC/2013, com base nas violações detectadas pelo programa, que sejam adotadas medidas de educação sanitária a campo para atendimento às boas práticas de utilização de produtos de uso veterinário, a fim de mitigar o risco da ocorrência de resíduos e contaminantes em produtos de origem animal.

A Portaria 137/2011 (BRASIL- Portaria nº 137/2011-MAPA), indica as ações em farmacovigilância veterinária e determina as medidas destinadas à detectar, identificar, avaliar, relatar e monitorar os eventos adversos de produtos de uso veterinário e de aditivos zootécnicos melhoradores de desempenho, anticoccidianos e antimicrobianos à partir do momento que sejam disponibilizados para comercialização.

Com relação às BPP na área vegetal, e que possuem total aderência com a produção avícola, sem dúvida um grande avanço no controle de agrotóxicos em culturas vegetais foi dado com a regulamentação do MAPA definida pela Instrução Normativa 25/2011 (BRASIL-Instrução Normativa nº25/2011-MAPA), e que institui os limites máximos de resíduos e contaminantes em produtos de origem vegetal de uso na alimentação animal como o milho, a soja e o trigo.

Considerações finais

As estratégias para aumento no consumo de ovos de mesa se originam nas primeiras etapas de sua produção na granja e incluem os cuidados com a alimentação, sanidade e manejo das poedeiras, fatores esses determinantes na qualidade e garantia sanitária dos ovos e ovoprodutos.

A adoção de boas práticas a serem aplicadas a partir da granja comercial constitui-se em ferramenta preventiva dos riscos de contaminação das aves e dos ovos além de auxiliar na auto-gestão das atividades primárias.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 1 de 21 de fev. 1990. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 06 mar. 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 326 de 30 de jul. 1997. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 08 set. 1997. Seção 1, p.196-97.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 368 de 04 de set. 1997. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 01 ago. 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 46 de 10 de fev.1998. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 16 mar. 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução-RDC nº 275 de 21 de out. 2002. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 06 nov. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 04 de 23 de fev. 2007. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 01 mar. 2007. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 56, de 4 de dezembro de 2007. Diário Oficial (da República Federativa do Brasil), Brasília, 5 de dezembro de 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 56 de 06 de nov.2008. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 07 set. 2008. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Circular nº 004/2009/DICAO/CGI/DIPOA de 01 de out.2009. Diretrizes para aplicação das Circulares 175/2005/CGPE/DIPOA e 176/2005/CGPE/DIPOA nos estabelecimentos produtores de ovos comerciais e produtos derivados. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 08 de 29 de abr. 2010. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 03 mai. 2010. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 137 de 25 de jul. 2011. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 27 jul. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25 de 09 de ago. 2011. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 12 ago. 2011. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 36 de 06 de dez. 2012. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 07 dez. 2012. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 60 de 05 de maio. 2014. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 07 maio 2014. Seção 1.

Mazzuco, H.; Kunz, A.; de Paiva, D. P.; Jaenisch, R. F. F.; Palhares, J. C. P.; Abreu, P. G.; Rosa, P. S.; Avila, V. S. Boas Práticas de Produção na Postura Comercial. Concordia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2006. 40p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 49).

Novos conceitos e tecnologias aplicadas à produção e nutrição de suínos aliadas à sustentabilidade

Rafael Gustavo Hermes, Dino Cesar Garcez e Maurício Frias Prata

DSM Produtos Nutricionais, São Paulo – Brasil.
Email: *mauricio.prata@dsm.com* ***rafael.hermes@dsm.com***

PALAVRAS-CHAVE:, saúde intestinal, óleos essenciais, acidificantes

Introdução

Para garantir uma produtividade animal, a indústria vem utilizando vários aditivos alimentares que objetivam uma redução no custo produtivo, seja por aumentar o crescimento dos animais, pela diminuição de patologias ou através da redução do custo das dietas.

Na alimentação de suínos e aves, o uso de antibióticos como promotores de crescimento beneficiou a indústria pela sua eficácia a baixo custo. Apesar de seu uso ser relativamente recente, Castanon (2007) relatou que o efeito promotor de crescimento dos antibióticos foi descoberto nos anos 1940, quando foi observado que os animais alimentados com micélios de *Streptomyces aureofaciens* contendo resíduos de clortetracilina tinham um crescimento melhor.

Desde lá, o uso dos Antibióticos Promotores de Crescimento esta relacionado com benefícios como o aumento do consumo de alimento, sua eficiencia de utilização e aumento no crescimento dos animais (Doyle, 2001; Dibner e Richards, 2005). Entretanto, existem também fortes evidências que seu uso em baixa dosagem (promotora de crescimento) pode acarretar em cepas bacterianas resistentes (Budiño *et al*., 2005) e trazer resíduos aos produtos finais (Chen *et al*., 2005; Dibner e Richards, 2005; Roselli *et al*., 2005).

Por isso, em muitos países seu uso como Antibióticos Promotores de Crescimento vem sendo questionado, como é o caso da União Europeia, que desde 2006 criou leis que contralam o uso indiscriminado de antimicrobianos. Após a restrição nesses países, cresceu muito o interesse cientifico pela busca de aditivos alternativos e que garantam o controle de

doenças; o bem-estar e a produtividade dos animais (Lallès *et al*., 2009), além de garantir alimentos mais seguros e saudáveis (Varel, 2002). Em nosso pais, também os órgãos públicos e a sociedade já vem pressionando a indústria de produção animal para retirar alguns Antibióticos Promotores de Crescimento da alimentação dos animais.

Essas medidas geraram um grande interesse por parte do meio acadêmico e industrial para trazer aditivos alternativos ao uso de Antibióticos Promotores de Crescimento, que possam trazer o mesmo beneficio produtivo a baixo custo e também não gerar resíduos nos produtos e subprodutos destes animais.

Atualmente no mercado de aditivos encontramos vários aditivos que tem um objetivo comum, melhorar a "saúde intestinal", como medida para equilibrar as interações entre os componentes de uma dieta apropriada; o sistema digestivo com sua imunidade local; e o papel da microbiota intestinal (Montagne *et al*., 2003).

Definimos este mercado de aditivos alternativos ao uso de APC, como "Eubióticos" (do grego, EU = bom, bem; BIO = vida; e OSE = processo, ação, condição; ou seja Eubiose, significa: ação, processo ou condição de bem viver), ao se referir aos aditivos alimentares que buscam a melhoria não somente da "saúde intestinal" como prerrequisito para garantir o crescimento e a produtividade dos animais, mas também que tragam harmonia e equilíbrio para o meio ambiente e as pessoas envolvidas. Dentre os diferentes produtos disponíveis no mercado (probióticos, prebióticos, imuno-moduladores, entre outros), os extratos de plantas e acidificantes representam dois grandes grupos de aditivos com promissores efeitos na saúde e bem-estar animal. Portanto, este trabalho centrará uma especial atenção nesta associação. Além disso, daremos uma visão atual do uso prático destes aditivos para a produção de animais mais saudáveis.

ÁCIDOS ORGÂNICOS

Os Ácidos Orgânicos são compostos que possuem a capacidade de baixar o pH de uma solução, podendo ser inorgânicos ou orgânicos (ver tabela 1, com características fisico-quimicas de alguns acidificantes, ordenados por seu peso molecular). Os ácidos orgânicos são amplamente distribuídos na natureza como constituintes de tecidos animais e vegetais, eles ainda podem ser formados a partir da fermentação microbiana de carboidratos predominantemente no intestino grosso dos suínos (Partanen e Mroz, 1999). Já os ácidos

inorgânicos (o exemplo mais empregado é o ácido fosfórico) são considerados de mais baixo custo e podem ser associados aos orgânicos para obter sinergismo de efeitos (Jacela et al., 2009). Porém, os orgânicos correspondem a grande maioria dos acidificantes comercialmente disponíveis e testados por serem ácidos mais fracos, menos corrosivos e potencialmente menos tóxicos que os inorgânicos.

Nesta tabela também pode ser observado uma comparativa das diferentes constantes de dissociação, que define-se pelo valor de pH no qual metade das moléculas ácidas estão na forma dissociada (Partanen e Mroz, 1999). Isto é importante e pode dar um valor indicativo (junto com a capacidade de redução do pH), de seu possível poder antibacteriano, pois sabe-se que os acidificantes são lipossolúveis em sua forma não dissociada, deste modo são capazes de se difundir internamente nas células das bactérias, onde eles se dissociam e interferem na produção de ATP e no transporte de nutrientes para dentro da células, acarretando na morte bacteriana (Partanen et al., 2001).

Por último, na tabela 1, apresenta-se as caraterísticas aromáticas de cada ácido; um ponto importante a ser avaliado, pois se um ácido possui um odor irritante, repulsivo e com sabor predominantemente azedo, como por exemplo o ácido fórmico e o propiônico, podem interferir na palatabilidade e consumo de ração. Enquanto que por outro lado, o ácido lático e o butírico podem ser bastante atrativos aos leitões, por apresentarem um odor lácteo (Fireman, 2010).

Tabela 1. Algumas propriedades fisico quimicas dos acidificantes orgânicos e seus sais mais comumente empregados em dietas de suínos e aves (adaptado de Mroz, 2005).

Nome	Forma Física	Peso Molecular/Energia Bruta (MJ/kg)	Constante dissociação (pKa)	Taxa de corrosividade	Odor
Fórmico	Líquido	46,03/5,7	3,75	++(+)	Pungente
Acético	Líquido	60,05/14,6	4,76	+++	Pungente
Propiônico	Oleoso	74,08/20,6	4,88	++	Pungente
Butírico	Oleoso	88,12/24,8	4,82	+	Rançoso
Lático	Líquido	90,08/15,1	3,86	(+)	Leite azedo
Sórbico	Sólido	112,1/27,8	4,76	(+)	Azedo
Fumárico	Sólido	116,1/11,5	3,02/4,38	0 até (+)	Inodoro
Benzóico	Sólido	122/0	4,19	0 até (+)	Sintético
Málico	Sólido/Líq.	134,1/10,0	3,46/5,10	(+)	Maçã
Cítrico	Sólido	192,1/10,2	3,1/4,8/6,4	0 até ++	Inodoro
Formato-Ca	Sólido	130,1/11,0		0	Neutro
Lactado-Ca	Sólido	308,3/30,0		0	Neutro
Propionato-Ca	Sólido	84,1/40,0		0	Neutro
Diformato-K	Sólido	130,0/11,4		0	Neutro
Butirato-Ca	Sólido	214,0/48,0		0	Rançoso
Citrato-Mg	Sólido	214,4/10,0		0	Neutro
Lactato-Na	Sólido	112,1/15,0		0	Neutro

USO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS E EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

Ao longo do tempo, os ácidos orgânicos vêm sendo cada vez mais estudados em diversos aspectos. Inicialmente utilizados na forma simples e em altas dosagens, cumpriram seu papel. Este impulso foi dado graças às indústrias químicas que produziam alguns ácidos em grandes quantidades, e identificaram na nutrição animal uma aplicação para dar vazão às grandes quantidades disponíveis.

Paralelamente, neste período, os sais dos ácidos (sobretudo os de cálcio) também foram objeto de estudo. Posteriormente, com o uso do ácido fosfórico, o único ácido inorgânico permitido para uso em nutrição animal, foi possível a introdução de blends de ácidos com menores inclusões e a preços mais atrativos. Tabelas comparativas entre os ácidos correram os quatro cantos, com parâmetros químicos e físicos como fonte de consulta para a eleição dos "melhores" ácidos orgânicos. As leis de dissociação pka x pH do meio, ganham força. Testes "in vitro" foram propostos a fim de encontrar um meio de compará-los, inclusive por dose. Mais tarde, esses mesmos testes se mostraram pouco promissores já que a dinâmica dos ácidos no trato digestório tem papel importante na sua eficácia. Ao longo do trato digestório, os ácidos orgânicos podem e são absorvidos, diminuindo a importância dos testes "in vitro". O entendimento do uso como agente redutor do pH estomacal e sua ação antimicrobiana nas porções mais distais do intestino fica definitivamente claro,. Mais uma vez, os testes "in vivo" mostram-se mais promissores e evidenciaram a necessidade da aplicação de tecnologias a fim de que os ácidos orgânicos cheguem de forma não dissociada nas porções mais distais do trato digestório para poderem atuar com agentes antimicrobianos.

Uma estratégia utilizada pela indústria de acidificantes que visa o aumento da efetividade ao longo do trato gastrointestinal e que pode, além disso, reduzir o dano corrosivo das instalações é o uso de formas de liberação lenta do ácido. Na maior parte das vezes, consiste na microencapsulação com ácidos graxos de cadeia média e curta, misturados para formar um microgranulo (Doyle, 2001; Piva et al., 2007). Tal tecnologia pode ainda reduzir o impacto observado com o uso de formas livres de ácidos orgânicos, onde se observou uma redução no número de células parietais secretoras de HCl e um aumento de células secretoras de somatostatina, ambos acarretando em uma redução na secreção gástrica de HCl (Bosi et al., 2006). Além disso, os ácidos orgânicos microencapsulados em gordura chegam às porções mais distais. Após a ação da lipase, os ácidos orgânicos são liberados na forma não dissociada em quantidades satisfatórias.

O advento de novos ácidos orgânicos colocou em cheque a forma como comparamos os Ácidos Orgânicos, pois alguns deles podem ser insolúveis em água, o que nos lembra de outros conceitos sobre propriedades ácidas (Brönsted- Lowry e Lewis) e não apenas no tradicional conceito de Arrhenius, válido somente para ácidos solúveis em água. Em meio a

este cenário, a pressão dos consumidores em alguns mercados para a retirada dos antibióticos promotores de crescimento enfatiza a necessidade de busca de soluções naturais para o controle e manutenção do equilíbrio da flora intestinal. Das soluções disponíveis no momento, os ácidos orgânicos constituem-se não só na mais promissora como a mais concreta ainda que os MIC (concentração inibitória mínima) não sejam completamente satisfatórios. Novas tecnologias podem e devem surgir de forma a garantir MIC comparáveis aos promotores de crescimento.

ACIDIFICANTES NA SUINOCULTURA

De todas as dietas aplicadas na suinocultura, de longe, a dieta de leitões é a mais complexa, não só em número de ingredientes, como também em uma série de parâmetros, nem sempre muito claros. A qualidade dos ingredientes tem impacto fulminante no desempenho dos leitões. Um mesmo ingrediente com detalhes industriais em sua produção pode afetar fortemente o desempenho. Como exemplo, temos os produtos lácteos, cujo desconhecimento do processo de secagem do soro de leite podem simplesmente levar a um desempenho muito aquém do desejado. A tecnologia do uso dos ácidos orgânicos, se bem compreendida e utilizada, constitui-se em importante ferramenta para obtenção de ótimo desempenho.

Dentre os benefícios sugeridos com a pesquisa da inclusão de acidificantes e seus sais nas dietas de suínos, estão àqueles relacionados com as propriedades antimicrobianas de seus cátions e ânions, descritos anteriormente (Partanen, 2001). A redução da carga bacteriana pode consequentemente, gerar uma melhora na saúde gastrointestinal. Resultando um aumento no crescimento dos animais por aumento no consumo e melhora na conversão alimentar (Giesting et al., 1991; Overland et al., 2000), pode ainda reduzir a incidência e severidade da diarréia dos animais (Tsiloyiannis et al., 2001; Owusu-Asiedu et al., 2003), ou para controlar a contaminações e infecções por *Salmonella* spp. através da ração de (Creus et al., 2007). Além de também ser utilizados para preservar grãos com alta umidade e como inibidores do crescimento fúngico na ração (NRC, 1998).

Embora a eficiência dos acidificantes foi demonstrada em inúmeros estudos e revisados intensamente (Mroz et al., 2005; Jacela et al., 2009), as repostas de uma maneira geral tem sido inconsistentes. Porém nestes estudos são apontadas a influência de algumas

importantes variáveis que podem explicar alguns resultados controversos, como: os diferentes tipos e combinações de acidificantes usados; as dosagens empregadas; as formas de aplicação; tipo de dieta; idade dos animais e as condições meio-ambientais em que o experimento foi realizado. As diferenças encontradas principalmente no desempenho dos animais pode ainda ser devido a capacidade tamponante dos diferentes ingredientes da ração (Blank, 1999). Como já descrito que a capacidade tamponante ácida é mais baixa nos cereais e seus sub-produtos; intermediária ou alta em ingredientes proteicos; e muito alta em fontes minerais, com exceção do fosfato mono e bicálcico (Mroz et al., 2005).

Atualmente, existe uma grande variedade de estudos que relatam os efeitos positivos do uso de butirato de sódio, que é preferentemente utilizado na alimentação de suínos por seu odor mais suave quando comparado a forma ácida líquida e por seu conhecido efeito benéfico na mucosa do cólon (Hamer et al., 2008, Fireman, 2010). Além disso, foram observadas melhora no desempenho produtivo dos animais (Castillo et al., 2006; Manzanilla et al., 2006).

Outro acidificante amplamente estudado é o ácido benzóico, devido a sua elevada capacidade bactericida. Em um estudo comparativo dos diferentes ácidos orgânicos, observou-se, por exemplo, que o ácido benzóico apresentou um efeito superior aos outros testados na inibição do crescimento tanto de bactérias ácido láticas como de coliformes no estomago e conteúdo intestinal (Knarreborg et al., 2002 Outro trabalho recente apresentou seu poder bactericida frente a *Salmonela* spp. (Paulus et al., 2011). Portanto parece ser que este acidficante apresenta um marcado poder bactericida em toda a microbiota intestinal, como foi já comprovado em diferentes experimentos in vivo e que acabaram refletindo em um aumento significativo na performance produtiva (Maribo et al., 2000. Kluge et al., 2006; Torrallardona et al., 2007).

Convém destacar, outro efeito importante com o uso do ácido benzóico, que é sua capacidade de reduzir o pH dos dejetos dos suínos. Este efeito é baseado na transformação metabólica da parte aniônica do ácido benzóico que é eliminado na urina na forma de ácido hipúrico, reduzindo o pH (Mroz et al., 2000; Kluge et al., 2006). Esta acidificação da urina pode contribuir para inibir a bacteriuria vaginal e vesical, reduzindo as possibilidades de infecções urinárias, além de diminuir a volatilização da amonia no meio-ambiente através dos dejetos (Hendricks et al., 1997).

De maneira geral, os relatos científicos apoiam o uso de acidificantes em dietas de suínos, devido ao seu interessante potencial em aumentar a performance produtiva pela melhoria no processo digestivo através de diferentes mecanismos de ação que ainda necessitam ser mais elucidados. Entretanto, seu uso parece ser mais benéfico em animais jovens na fase de transição do desmame para controle de patologias entéricas (Mroz, 2005; Jacela et al., 2009), além de seu papel no controle e prevenção de infecções urinárias (Kluge et al., 2006).

ÓLEOS ESSENCIAIS

O uso de princípios ativos da natureza vem sendo usado a milhares de anos para o tratamento de diferentes doenças humanas e dos animais (Cowan, 1999), sobretudo por suas qualidades antissépticas, onde têm sido amplamente utilizado como bactericida, viricida, fungicida, antiparasitário, inseticida, e em aplicações medicinais e cosméticas (Bakkali et al., 2008; Brenes & Roura, 2010).

Porém ainda nos dias de hoje, não somos capazes de identificar e caracterizar a infinidade de compostos ativos que existem disponíveis na natureza para o tratamento das mais distintas enfermidades que atacam os homens e os animais.

A pesquisa e desenvolvimento de aditivos baseados em extratos de plantas para suínos e aves, focou nos componentes naturais com atividade antimicrobiana, já que acredita-se ser um dos principais modos de ação dos antibióticos promotores de crescimento (Lallès *et al*., 2009). Porém, existem outros diferentes efeitos descritos, como: A) influencia na função immune (Koh *et al*., 1998: Boyaka *et al*., 2001); B) estimulação de enzimas endógenas (Platel e Srivasan, 1996); C) antiparasitários (Force *et al*., 2000); D) antifúngico (Mahmound, 1994); E) antiviral (Bishop, 1995; Garcia *et al*., 2003); F) estímulo na produção de muco intestinal (Jamroz *et al*., 2006) e G) atividade antioxidante (Dorman *et al*., 2000, Teissedre e Waterhouse, 2000). Além disso, a sua inclusão na dieta ainda mostrou um efeito interessante de estimular o apetite através do aumento da palatabilidade (Close, 2000; Doyle, 2001, Wenk, 2006).

Dado este amplo espectro de efeitos, os extratos de plantas devem ser considerados um dos principais candidatos para ser mais bem estudados e empregados no que diz respeito não

somente nas fases inicias do crescimento de suínos e aves, mas também em outros problemas na criação destes animais (Kamel, 2001).

Neste sentido, os óleos essenciais , principalmente extraídos das plantas de origem através do processo de destilação, são preferentemente usados na produção destes aditivos, pois neles estão concentrados os princípios ativos das plantas (Windisch *et al*., 2008). Estima-se que atualmente são conhecidos mais de 3000 OE, dos quais aproximadamente 300 (ver Tabela 2 com alguns exemplos), são comercialmente importantes tanto para a indústria de fragrâncias e aromas, como para a produção de aditivos para animais (Van de Braak e Leijten, 1999). Além disso, a indústria de produção de OE representa um importante e crescente mercado. Por exemplo, na União Européia sua produção em 1996 era de 60 ton (Greathead, 2003) e em 10 anos apresentou um crescimento de 10 vezes (Brenes e Roura, 2010).

Tabela 2. Lista de principais componentes de alguns óleos essenciais de interesse (adaptado de Máthé, 2009; Brenes e Roura, 2010).

Óleo essencial	***Principais compostos***	***% do total***	***Òleo essencial***	***Principais compostos***	***% do total***
- Raiz de Angelica	α-pineno Limoneno	24,7 12,9	- Pimenta preta	Piperina	56,0
- Canela	Cinamaldeido	77,1	- Alecrim	1,8 Cineol	43,6
- Coentro	Linalol	72,0	- Funcho	Anetol	60,0
- Eucalipto	Citronelal	72,8	- Malagueta	Capsaicina	44,0
- Tomilho	Timol	30,0	- Gengibre	Gingerol	35.0
- Orégano	Carvacrol	55,0	- Cravo	Eugenol	87,5
- Tangerina	Limoneno	79,5	- Menta	Mentol	45,0

Entretanto a produção de óleos essenciais é extremamente difícil de controlar, já que a concentração, a qualidade e a composição dos princípios ativos são altamente influenciados por fatores ecológicos e condições climáticas (solo, nutrientes, água, luz e temperatura) assim como pelo tipo de planta cultivada e principalmente pelos modos empregados para seu

processamento e isolamento dos princípios ativos (Máthé, 2009). Provavelmente por esta razão, exista uma ampla variabilidade de resultados controversos obtidos por estudos científicos que examinaram os efeitos destas substâncias na nutrição animal. Portanto, é de extrema necessidade por parte da indústria, a seleção dos extratos de plantas mais efetivos; a homogeneidade que garanta a padronização e a qualidade final dos óleos essenciais; bem como a pesquisa constante por possíveis efeitos benéficos com a combinação de múltiplos extratos (Budzinski *et al*., 2000, Oetting *et al*., 2006) ou possíveis efeitos maléficos e tóxicos (Di Pasqua *et al*., 2007).

A dificuldade em manter padrões de qualidade dos produtos, fez com que muitos destes aditivos atualmente disponíveis no mercado, tenham em sua fórmula produtos idênticos aos naturais para garantir os níveis mínimos de princípios ativos e parece ser que apresentam os mesmos efeitos que as naturais, com a vantagem de um preço mais reduzido e de um produto mais estável (Applegate *et al*., 2010).

Como mencionado anteriormente, existe um grande interesse por aqueles óleos essenciais com características bactericidas, já que acredita-se ser um dos principais modos de ação para modular a microbiota intestinal (Dorman e Deans, 2000). Existe uma ampla variedade de estudos que avaliaram esta capacidade, sendo a grande parte deles testados *in vitro* (Rota *et al*., 2004). Nestes estudos foram traçadas diversas comparações entre os óleos essenciais e a concentração mínima inibitória de crescimento de diferentes cepas bacterianas selecionadas (ver Tabela 3 com alguns exemplos). Neles pode-se observar que de maneira geral as bactérias Gram negativas são mais resistentes que as Gram positivas (Chao *et al*., 2000).

Tabela 3. Concentração mínima inibitória de alguns Óleos Essenciais (adaptado de Chao *et al*., 2000; Brenes e Roura, 2010).

Óleo Essencial	**Zona de inibição (mm)***					
	Gram positivas			**Gram negativas**		
	Bc	**As**	**Sf**	**Ec**	**Esc**	**Pa**
Canela	17	9	12	12	18	6
Coentro	> 33	25	33	-	-	-
Noz-moscada	2	2	1	5	3	-
Pimenta	1	-	2	-	-	-
Alecrim	3	-	-	6	3	-
Sálvia	2	2	1	2	2	-
Gengibre	2	-	-	-	-	-

Bc = *Bacillus cereus*; Sa = *Staphylococcus aureus*; Sf = *Streptococcus faecalis*; Ec = *Enterobacter cloacae*; Esc = *Escherichia coli*; Pa = *Pseudomonas aeruginosa*

(-) = ausência de inibição. * Quanto maior a zona de inibição, maior potencial bactericida.

Porém existem diferenças significativas de estudos *in vitro* para estudos com os animais, onde a digestão joga um papel importante. Além disso, outro ponto a ser controlado é o fato de que vários estudos de biodisponibilidade e farmacocinética demonstram que os óleos essenciais possuem uma rápida taxa de absorção e metabolismo (Kohlert *et al*., 2000), o que limitaria a disponibilidade luminal destes compostos para ter sua atividade antimicrobiana e poderia também explicar a alta variabilidade de resultados obtidos. Entretanto, este efeito direto na microbiota intestinal pode ser melhorado através de processos tecnológicos como o microencapsulamento, que permite uma liberação controlada ao longo do trato gastrointestinal e, portanto aumentaria sua disponibilidade luminal no ileo e colon (Meunier *et al*., 2006, 2007). Esta tecnologia ainda pode ser usada para evitar efeitos deletérios como a irritação da mucosa na manipulação destes produtos e um possível efeito adverso no consumo de alimento dos animais devido a sabores desagradáveis (Piva *et al*., 2007).

ÓLEOS ESSENCIAIS NA SUINOCULTURA

Na tabela 4 apresenta-se um resumo de alguns resultados experimentais feitos recentemente com a inclusão de aditivos a base de plantas em dietas de suínos. A partir destes resultados e da revisão de literatura de Windisch *et al*. (2008), quando comparados aos antibióticos promotores de crescimento e ácidos orgânicos estes aditivos poderiam ter um efeito modulatório relevante em variáveis do processo digestivo, como na microbiologia, fermentação, digestibilidade de nutrientes, morfometria do tecido intestinal e imunidade local.

Porém, apesar de todos estes modos de ação descritos, ainda existe a necessidade de evidenciar os mecanismos pelos quais cada óleos essenciais age por separado (Windisch *et al*., 2008; Brenes e Roura, 2010), visto que muitos dos trabalhos *in vivo* usaram misturas de distintos óleos essenciais. Apenas alguns deles, por exemplo demonstraram que o timol e o carvacrol são capazes de desintegrar a membrana de bactérias Gram negativas, liberar a superfície lipopolisacaridea e aumentar a permeabilidade da membrana que acarreta em morte bacteriana (Helander *et al*., 1998; Xu *et al*., 2008), mas a maioria deles ainda se desconhece seu mecanismo completo de ação.

Como conclusão geral, de acordo com a opinião de muitos profissionais envolvidos na pesquisa e aplicação destes aditivos, acredita-se que os resultados obtidos a campo com o uso de extratos de plantas não serão capazes de substituir totalmente a resposta encontrada com os Antibióticos Promotores de Crescimento, principalmente nas fases iniciais onde o desafio é maior. Portanto deve-se ainda encontrar mais evidências práticas e científicas para confirmar seu benefício aparente na melhoria do desempenho de suínos (Jacela *et al*., 2010) ou buscar a combinação de aditivos eubióticos que gere o melhor custo x benefício e seja mais uma ferramenta eficiente no controle de doenças dos animais.

Tabela 4. Extratos de plantas na alimentação de suínos (adaptado de Vondruskova *et al*., 2010)

Plantas	**Efeitos observados**	**Referencia**
Oregano, canela e pimenta malagueta.	Diminuiu a quantidade de bacterias totais do ileo, aumentou a relaçao lactobacilli:enterobacterias	Manzanilla *et al*. (2004)
Mistura específica de óleos essenciais	Inibiu a proliferação de *E. coli* hemolitico em leitões recem-desdmamados	Losa *et al*., (2001)
Canela, tomilho e orégano	Inibiu a populaçao de *E. coli* patogenico no intestino de leitões	Namkung *et al*. (2004)
Tomilho, cravo, oregano, eugenol e carvacrol.	Aumentou o ganho de peso	Oetting *et al*. (2006)
Cravo, orégano	O ganho de peso foi similar ao grupo tratado com antibiótico	Costa *et al*. (2007)
Mistura específica de estratos de plantas	Aumentou o GMD e diminui a conversão alimentar de suínos de terminação	Liu *et al*. (2008)
Extrato de alho envelhecido, alicina	Aumentou o ganho de peso, melhorou parametros da imunidade local não especifica de leitões	Tatara *et al*. (2008)
Chá preto (*Camellia sinensis*)	Diminuiu o numero de clostridios e enterococos nas feses de leitões.	Zanchi *et al*. (2008)
Carvacrol microencapsulado	Atividade antimicrobiana *In vitro* antimicrobial contra *E. coli* K88 enterotoxigenico	Wang *et al*., (2009)
Polifenóis de plantas (de coco e taninos de plantas)	Diminuiu *in vitro* a adesão e a ligaçao de toxinas de *E. Coli* enterotoxigenico	Verhelst *et al*., (2010)

COMBINAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS E ACIDIFICANTES NA SUINOCULTURA

Kommera et al., (2004) testaram a combinação de óleos essenciais (anis, cítricos e orégano) com uma mistura de ácidos orgânicos e inorgânicos (ácidos fosfórico e láctico) em suínos recém desmamados e mantidos em condições experimentais de baixo desafio. Os pesquisadores reportaram que não observaram diferenças significativas no desempenho dos animais quando comparados ao controle negativo e positivo (Carbadox a 50 ppm).

Conclusões

A busca pela saúde intestinal e produtividade através de aditivos eubióticos ainda é muito recente. Percebe-se que ainda necessitamos evidenciar e conhecer como alguns componentes da dieta podem influenciar o ambiente gastrointestinal e a fisiologia dos animais para garantir a produtividade do setor.

Portanto, existe ainda um promissor caminho pela frente a ser seguido para aqueles que visam a criação de animais mais saudáveis, com o mínimo impacto ao meio ambiente e que garantam a segurança alimentar dos consumidores.

Referências bibliográficas

Bishop CD (1995) Antiviral activity of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (Maiden and Betche) Cheel (tea tree) against tobacco mosaic virus. *J Essential Oil Res* **7**, 641–644

Blank R, Mosenthin R, Sauer WC *et al*. (1999) Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. *J Anim Sci* **77**, 2974-2984.

Bosi P, Mazzoni M, De Filippi S *et al*. (2006) A continuous dietary supply of free calcium formate negatively affects the parietal cell population and gastric RNA expression for H+/K+-ATPase in weaning pigs. *J Nutr* **136**, 1229-1235.

Boyaka PN, Marinaro M, Jackson RJ *et al*. (2001) Oral QS-21 requires early IL-4 help for induction of mucosal and systemic immunity. *J Immunol* **166**, 2283-2290.

Budiño FEL, Thomaz MC, Kronka RN *et al*. (2005) Effect of probiotic and prebiotic inclusion in weaned piglet diets on structure and ultra-structure of small intestine. *Braz Archiv Biol Technol* **48**, 921-929.

Budzinski JW, Foster BC, Vandenhoek S *et al*. (2000) An *in vitro* evaluation of human cytochrome P450 3A4 inhibition by selected commercial herbal extracts and tinctures. *Phytomedicine* **7**, 273-282.

Castillo M, Martín-Orúe SM, Manzanilla EG, *et al*. (2006) Quantification of total bacteria, enterobacteria and lactobacilli populations in pig digesta by real-time PCR. *Vet Microbiol* **114**: 165-170.

Chao SC Young DG, Oberg CJ (2000) Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. *J Essential Oil Res* **12**, 639–649.

Chen X, Gao S, Jiao X *et al.* (2004) Prevalence of serogroups and virulence factors of *Escherichia coli* strains isolated from pigs with postweaning diarrhoea in eastern China. *Vet Microbiol* **103**, 13-20.

Close WH (2000) Producing pigs without antibiotic growth promoters. In: *Proceedings of the 2000 Banff Pork Seminar*, pp.47-56. University of Alberta, Edmonton, Canada. Cowan MM (1999) Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clin Microbiol Rev* **12**, 564-582.

Costa LB, Tse MLP, Miyada VS (2007) Herbal extracts as alternatives to antimicrobial growth promoters for weanling pigs. *Rev Bras Zootec* **36**, 589-595.

Creus E, Pérez JF, Peralta B *et al.* (2007) Effect of Acidified Feed on the Prevalence of Salmonella in Market-age Pigs. *Zoonoses and Public Health* **54**, 314-319.

Di Pasqua R, Betts G, Hoskins N *et al*. (2007) Membrane Toxicity of Antimicrobial Compounds from Essential Oils. *J Agric Food Chem* **55**, 4863-4870.

Dorman HJD & Deans SG (2000) Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J Appl Microbiol* **88**, 308-316.

Doyle ME (2001) Alternatives to antibiotic use for growth promotion in animal husbandry. *Food Research Institute Briefings*. pp 01-17.

Fireman AK (2010) A escollha de aditivos para alimentação animal na indústria de aves e siínos. In: Nutrição animal, principais ingredientes e manejo de aves e suínos. pp. 207-247 (Regina R, editor) Fundação Cargill, São Paulo, Brasil.

Force M, Sparks WS, Ronzio RA (2000) Inhibition of enteric parasites by emulsified oil of oregano *in vivo*. *Phytother Res* **14**, 213-214.

Galfi, P., Neoprady, S (1995). Acides organiques monocarboxyliques (2-6 carbones) dans la nutrition des porc et autres espèces. Symposium International : Alimentation Aminale et Publique, Aciditifs sans Residu << Probiotiques – Prébiotiques – Parabiotiques >>

Garcia CC, Talarico L, Almeida N *et al*. (2003) Virucidal activity of essential oils from aromatic plants of San Luis, Argentina. *Phytother Res* **17**, 1073-1075.

Giesting DW, Roos MA, Easter RA (1991) Evaluation of the effect of fumaric acid and sodium bicarbonate addition on performance of starter pigs fed diets of different types. *J Anim Sci* **69**, 2489-2496.

Gheler T.R., Araújo L.F., da Silva C.C., Gomes G.A., Prata M.F. , Gomide C.A. (**2009**). Use of benzoic acid for piglets. Rev.Bras. Zootec 38:2182-2187.

Greathead H (2003) Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proc Nutr Soc* **62**, 279–290.

Hamer HM, Jonkers D, Venema K *et al*. (2008) Review article: the role of butyrate on colonic function. *Aliment Pharmacol Ther* **27**, 104-119.

Helander IM, Alakomi HL, Latva-Kala K *et al*. (1998) Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. *J Agric Food Chem* **46**, 3590–3595.

Hendricks GL, Vrielink MGM, Peet-Schwering CMC (1997) Reducing ammonia emission from pig housing by adding acid salts to the feed. In: Proceedings of the Fifth International Livestock Enviroment Symposium. St Joseph, MI, USA

Jacela JY, DeRouchey JM, Tokach MD *et al*. (2009) Feed additives for swine: Fact sheets – acidifiers and antibiotics. *J Swine Health Prod* **17,** 270–275.

Jacela JY, DeRouchey JM, Tokach MD *et al*. (2010) Feed additives for swine: Fact sheets – prebiotics and probiotics, and phytogenics. *J Swine Health Prod* **18**, 132-136.

Kamel, C. 2001. Tracing Modes of Action and Roles of Plant Extracts in Non-Ruminants. In: Recent Advances in Animal Nutrition. Garnsworthy, P. C., & J. Wiseman, eds. 1st ed. Nottingham University Press, Nottingham. 135-150

Kluge H, Broz J, Eder K (2006) Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. *J Anim Physiol Nut* **90,** 316–324

Knarreborg A, Miquel N, Granli T Jensen BB (2002) Establishment and application of an *in vitro* methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. *Anim Feed Sci Technol* **99**, 131–140

Koh WS, Yoon SY, Kwon BM, *et al*., (1998) Cinnamaldehyde inhibits lymphocyte proliferation and modulates T-cell differentiation. *Int J Immunopharmacol* **20**, 643-660.

Kohlert C, van Rensen I, Marz R *et al*. (2000) Bioavailability and pharmacokinetics of natural volatile terpenes in animals and humans. *Planta Med* **66**, 495-505.

Lallès JP, Bosi P, Janczyk P *et al*. (2009) Impact of bioactive substances on the gastrointestinal tract and performance of weaned piglets: a review. *Animal* **3**, 1625-1643..

Liu P, Piao XS, Kim SW *et al*. (2008) Effects of chito-oligosaccharide supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, and fecal shedding of *Escherichia coli* and Lactobacillus in weaning pigs. *J Anim Sci* **86**, 2609-2618.

Losa R (2001) The use of essential oils in animal nutrition. In: Feed manufacturing in the Mediterranean region, improving safety: from feed to food. Proceedings of the III Conference of feed manufactures of the Mediterranean, Reus, Spain. *Cahiers Options Méditerranéennes* **54**, 39-44

Máthé Á (2009) Essential oils - biochemistry, production and utilization. In: *Phytogenics in Animal Nutrition. Natural Concepts to Optimize Gut Health and Performance*, pp.1-18 [Steiner T, editor]. Nottingham, United Kingdom: Nottingham University Press.

Meunier JP, Cardot JM, Gauthier P, *et al*. (2006) Use of rotary fluidized-bed technology for development of sustained-release plant extracts pellets: Potential application for feed additive delivery. *J Anim Sci* **84,** 1850-1859.

Meunier JP, Cardot JM, Manzanilla EG *et al*. (2007) Use of spray cooling technology for development of micro-encapsulated capsicum oleoresin for the growing pig as an alternative to in-feed antibiotics : Study of release using in vitro models. *J Anim Sci* **85**, 2699-2710

Manzanilla EG, Perez JF, Martin M *et al*. (2004) Effect of plant extracts and formic acid on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. *J Anim Sci* **82**, 3210-3218.

Manzanilla EG, Nofrarias M, Anguita M *et al*. (2006) Effects of butyrate, avilamycin, and a plant extract combination on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. *J Anim Sci* **84**, 2743-2751.

Maxwell CV & Carter SD (2001) Feeding the weaned pig. In: *Swine Nutrition*, pp.691-715 [Lewis, Austin J. and Lee Southern, L., editor]. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press LLC.

Montagne L, Pluske JR & Hampson DJ (2003) A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim Feed Sci Tech* **108**, 95-117.

Mroz Z, Jongbloed AW, Partanen KH *et al*. (2000) The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. *J Anim Sci* **78**, 2622-2632.

Mroz Z (2005) Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs. In: *Proceedings of Banff Pork Seminar 2005. Advances in Pork Production*, pp.169-182 Edmonton, Alberta, Canada.

NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed. Washington, DC, USA, National Academic Press.

Oetting LL, Utiyama CE, Giani PA *et al*. (2006) Effects of herbal extracts and antimicrobials on apparent digestibility, performance, organs morphometry and intestinal histology of weanling pigs. *Rev Brasil Zootec* **35**, 1389-1397.

Overland M, Granli T, Kjos NP, *et al*. (2000) Effect of dietary formates on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs. *J Anim Sci* **78**, 1875-1884.

Owusu-Asiedu A, Nyachoti CM, Marquardt RR (2003) Response of early-weaned pigs to an enterotoxigenic *Escherichia coli* (K88) challenge when fed diets containing spray-dried porcine plasma or pea protein isolate plus egg yolk antibody, zinc oxide, fumaric acid, or antibiotic. *J Anim Sci* **81**, 1790-1798.

Partanen KH & Mroz Z (1999) Organic acids for performance in pig diets. *Nutr Res Rev* **12**, 117-145.

Partanen KH (2001) Organic acids - their efficacy and modes of action in pigs. In: *Gut Enviroment of Pigs*, pp.201-217 [Piva A, Bach Knudsen KE, Lindberg JE, editors]. Nottingham, UK: Nottingham Universtiy Press.

Paulicks BR, Roth FX, Kirchgessner M (2000) Effects of potassium diformate (FormiR LHS) in combination with different grains and energy densities in the feed on growth performance of weaned piglets. *J Anim Physiol Anim Nutr* **84**, 102-111.

Paulus C, Wiemann M, Valientes R (2011) Benzoic acid and Salmonella. *Pig Progress* **27**, 2-4.

Platel K & Srinivasan K (1996) Influence of dietary spices or their active principles on digestive enzymes of small intestinal mucosa in rats. Int J Food Sci Nutr 47(1), 55-59.

Piva A, Pizzamiglio V, Morlacchini M *et al*. (2007) Lipid microencapsulation allows slow release of organic acids and natural identical flavors along the swine intestine. *J Anim Sci* **85**, 486-493.

Roselli M, Finamore A, Maria SB *et al*. (2005) Alternatives to in-feed antibiotics in pigs: Evaluation of probiotics, zinc or organic acids as protective agents for the intestinal mucosa. A comparison of in vitro and in vivo results. *Anim.Res* **54**, 203-218.

Rota C, Carraminana JJ, Burillo J *et al*. (2004) *In vitro* antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants against selected foodborne pathogens. *J Food Protection* **67**, 1252–1256.

Tatara MR, Sliwa E, Dudek K *et al*., (2008) Aged garlic extract and allicin improve performance and gastrointestinal tract development of piglets reared in artificial sow. *Ann Agric Environ Med* **15**, 63–69.

Teissedre PL & Waterhouse AL (2000) Inhibition of oxidation of human low-density lipoproteins by phenolic substances in different essential oils varieties. *J Agric Food Chem* **48**, 3801-3805.

Torrallardona D, Badiola I, Broz J (2007) Effects of benzoic acid on performance and ecology of gastrointestinal microbiota in weanling piglets. *Livest Sci* **108**, 210-213.

Tsiloyannis VK, Kyryakis SC, Vlemmas J *et al*. (2001) The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhoea. *Res Vet Sci* **70**, 287-293.

Van de Braak SAAJ, Leijten GCJJ (1999) Essential Oils and Oleoresins: A Survey in the Netherlands and other Major Markets in the European Union. CBI, Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries, Rotterdam.

Varel VH (2002) Livestock manure odor abatement with plant-derived oils and nitrogen conservation with urease inhibitors: a review. *J Anim Sci* **80**, E1–E7.

Verhelst R, Schroyen M, Buys N *et al.* (2010) The effects of plant polyphenols on enterotoxigenic *Escherichia coli* adhesion and toxin binding. *Livest Sci* **133**, 101-103.

Vondruskova H, Slamova R, Trckova MZ, Z. *et al*. (2010) Alternatives to antibiotic growth promoters in prevention of diarrhoea in weaned piglets: a review. *Vet Med-Czech* **55**, 199-224.

Wang Q, Gong J, Huang X *et al.* (2009) In vitro evaluation of the activity of microencapsulated carvacrol against *Escherichia coli* with K88 pili. *J Appl Microbiol* **107**, 1781-1788.

Wenk C (2006) Are herbs, botanicals and other related substances adequate replacements for antimicrobial growth promoters? In: Barug, D, de Jong, J, Kies, AK, Verstegen, MWA (Eds.), *Antimicrobial Growth Promoters*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 329–340.

Windisch W, Schedle K, Plitzner C *et al*. (2008) Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *J Anim Sci* **86**, E140-148.

Xu J, Zhou F, Ji BP *et al*. (2008) Carvacrol and thymol had desired antimicrobial effect on *E. coli*. The antibacterial effects were attributed to their ability to permeabilize and depolarize the cytoplasmic membrane. *Lett Appl Microbiol* **47**, 174–179.

Zanchi R, Canzi E, Molteni L *et al*. (2008) Effect of *Camellia sinensis* whole plant extract on piglet intestinal ecosystem. *Ann Microbiol* **58**, 147-152; 152.

Bem-Estar Animal Aplicado à Produção de Suínos

Hunaldo Oliveira Silva[1] ; Lucas Feitosa Silva[2]

[1]Médico Veterinário, Prof. Dr. Instituto Federal de Sergipe - IFS/*Campus* São Cristóvão
e-mail: hunaldo.silva@ifs.edu.br.
[2]Médico Veterinário, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia -UFBA

Introdução

O crescimento da população e a consequente expansão das necessidades humanas provocaram o aumento da utilização de animais para a produção de alimentos. Avanços nas áreas de manejo, nutrição, genética, melhoramento, instalações e equipamentos levaram a uma crescente intensificação da produção animal; advindo, daí, sistemas de criação com animais mantidos em altas densidades.

Definidos como indústria de produção animal, esses sistemas intensivos proporcionaram ganhos sociais e econômicos importantes, como uma maior oferta de alimentos a preços mais baixos, mas com sérias consequências na qualidade de vida dos animais. À medida que aumentavam os ganhos em produtividade, exigiam-se dos animais esforços que nem sempre respeitaram os seus limites fisiológicos.

Os sistemas de confinamento têm como principais pilares a redução de trabalho, perda energética dos animais e a otimização de espaços. Em algumas regiões os preços da terra, associados a pressões ambientais, conduziram o sistema produtivo a um maior uso de tecnologia e consequente utilização de menores áreas. Diante desse quadro, surgiram os problemas de comportamento e bem-estar animal (BEA), em função da privação física ou psicológica dos animais, ausência de espaço, isolamento social e monotonia, conflitos e brigas de dominância.

Nas últimas décadas vêm surgindo na Europa movimentos sedimentados em valores éticos e morais que questionam as modernas práticas pecuárias e a oferta de produtos de origem animal à custa do sofrimento imposto aos animais. Paralelamente, o tema bem-estar animal tem recebido crescente atenção dos vários segmentos envolvidos com a produção

animal. Técnicos, acadêmicos e pesquisadores têm, ultimamente, discutido sobre o impacto que os sistemas de produção apresentam sobre o bem-estar animal. Neste sentido, o BEA, as questões ambientais, e a segurança alimentar vêm sendo considerados os três maiores desafios que a pecuária enfrentará nesse início de milênio.

O perfil das pessoas que apóiam esses conceitos está-se estendendo também aos países em desenvolvimento, entretanto, nestes as questões relacionadas à exploração de animais de produção e seu bem-estar esbarram em problemas de custo, já que medidas objetivando melhorar o BEA implicam mudanças de instalações e aumento da densidade animal.

Sendo assim, objetivamos, com esta palestra, discutir os aspectos e questões éticas relacionados com a produção animal e os desafios com os quais se deparam as profissões ligadas às ciências agrárias frente a esses novos conceitos, principalmente voltados para as modernas explorações de suínos.

Uma nova Ordem Zootécnica

O momento é oportuno a uma reflexão para uma nova forma de observar a produção e o consumo de alimentos de origem animal em geral e da produção suinícola em particular. Para isso, uma série de definições que descrevem o novo cenário da distribuição e venda de alimentos no Primeiro Mundo estão sendo propostas, tentando aproximar a forma de pensar deste consumidor, visando descobrir que elementos diferenciadores poderiam ser determinantes na hora de decidir o consumo de um ou outro alimento.

É premente a necessidade de entender e/ou, ao menos, conhecer a forma de pensar do consumidor de alimentos de origem animal no início do milênio; entender suas prioridades e inquietudes e assim poder chegar a construir um novo cenário que satisfaça a verdadeira demanda integral do consumidor.

Com este entendimento, seria possível elaborar um índice que nos permitisse fazer conviver conceitos claros já estabelecidos junto a esta nova corrente de pensamento na área da produção animal, e que tudo isto nos leva a definir o que pretendemos dar a conhecer como a nova ordem zootécnica, cuja definição de Luna et al (2008), seria: "*A nova ordem zootécnica se define como a criação do cenário adequado para a produção de alimentos de origem animal destinados ao consumo, harmonizando todo um conjunto de subáreas do conhecimento que adequam a produção a demanda atual, ressaltando três aspectos*

fundamentais: proteção e conservação do meio ambiente, segurança alimentar versus rastreabilidade, geração e garantia de bem- estar animal".

Ética e Bem-Estar Animal

Na relação homem/animal, o uso de animais como alimento é a mais antiga e mais difundida forma de exploração. Quando os nossos antepassados, devido à grande pressão populacional, deixaram as florestas superlotadas onde tinham uma alimentação, sobretudo frugívora e chegaram à savana, viram-se confrontados com o seguinte dilema: o que comer para sobreviver? Na savana haveria duas alternativas: comer carne ou pastar. Teriam existido então grupos de *Australopithecus* essencialmente carnívoros ou onívoros, linha longilínea, e outros grupos, sobretudo frugíveros, a chamada linha robusta. Nesse momento da nossa história natural, os nossos antepassados não tinham garras que lhes permitissem sequer enfrentar os herbívoros pequenos ou grandes da savana, e esperavam que estes fossem caçados pelos grandes felinos, a fim de ficar com os restos das carcaças, tal como as hienas fazem hoje em dia.

Para esses *Australopithecus*, a necessidade motivou essa mudança de dieta porque na savana a carne fornecia um aporte calórico que teria sido fundamental para a sua sobrevivência. Estudos sugerem que descendemos da linha longilínea de Australopitecídeos, e que a ingestão de carne teria sido um dos fatores a possibilitar o aumento do volume cerebral, o que condicionou a nossa evolução como espécie.

Estudos antropológicos recentes conduzidos na Universidade de Stanford indicam que uma mutação genética significativa ocorreu há cerca de 2,4 milhões de anos e que provocou a redução no tamanho da mandíbula, criando espaço cranial para o desenvolvimento do cérebro. Sabemos que o cérebro é um órgão energeticamente dispendioso e só pode crescer e evoluir em uma espécie que esteja consumindo regularmente, uma dieta densa em energia e aminoácidos. No entanto, a aceitação da hipótese de que o homem tornou-se um animal onívoro, com grande predominância para o consumo de carne, nem sempre é tranquilamente aceita, apesar de muitas evidências paleontológicas.

Na sociedade industrial do passado e na tecnológica atual, a principal forma de contato do homem urbano com os animais acontece com o produto final nos supermercados ou à hora das refeições. Para Singer (2006), em seu tratado denominado Ética Prática, a reflexão sobre a ética do uso da carne animal para a alimentação humana nas sociedades modernas necessita

ser analisada em uma situação na qual um interesse humano relativamente menor deve ser confrontado com as vidas e o bem-estar dos animais envolvidos.

No argumento de Singer, se os animais são seres sensíveis à dor, teriam, então, direito a ser tratados segundo modalidades que não lhes causassem sofrimento. Nosso desafio como médicos veterinários ou zootecnistas é buscar um sistema de produção em que os animais sejam eticamente respeitados como portadores de valores intrínsecos; como também buscar meios de adequar a aplicação de tecnologia e atender a reclames por um sistema de produção que considere as demandas da sociedade atual. Particularmente, algumas formas extremas de produção infringem altos sacrifícios aos animais. Entre elas, destacam-se o sofrimento de patos e gansos submetidos à engorda forçada para obtenção de patê de *foie gras* e produção de carne de vitelo com o propósito de atender a nichos específicos de mercados. Essas formas de produção têm sido exaustivamente condenadas pelas sociedades, principalmente europeias, e vêm sendo proibidas em alguns países. Entretanto, as teorias utilitaristas certamente permitem uma abordagem mais pragmática, eliminando princípios em favor de resultados que possam ser um pouco melhores ao invés de um pouco piores para os animais envolvidos (COSTA, 2014).

Outro motivo que justifica a preocupação com os animas é a ideia de que compartilhamos de interesses comuns. Algumas correntes defendem que não domesticamos os animais, mas sim que co-evoluímos para uma relação simbiótica. Em vez de o homem capturar e domar os animais para seus próprios propósitos, houve uma aproximação bilateral e gradual entre ambos. Realmente, entre 8000 e 9000 anos a.C., na Mesopotâmia, no oriente onde hoje estão os países Irã e Iraque, a forma através da qual antigos caçadores transformaram-se em pastores de animais foi usar o sal branco como atrativo para herbívoros selvagens ávidos por esses minerais.

De acordo com essa perspectiva, os animais ganharam muito com a domesticação e vice-versa. O homem deu proteção frente a predadores, provisão de alimentos e água, em troca ganhou um estoque de comida, agasalho e uma força de trabalho extra, oferecida pelos animais.

Essa relação se configura assim numa mútua dependência ou simbiose entre seres humanos e animais domésticos. Entretanto, essa mutualidade pode ter sido interrompida em algumas circunstâncias, em que os interesses dos animais desvincularam-se dos interesses dos humanos. Algumas correntes podem argumentar que isso é mais comum na pecuária

intensiva; e segundo Singer (2004), a forma de protestos mais contundente contra o uso de animais para alimentação humana reside no fato de que animais são submetidos a vidas em condições precárias para que sua carne torne-se acessível aos seres humanos ao mais baixo custo possível. Por essa visão, as formas modernas de criação usam a ciência e a tecnologia de acordo com o ponto de vista segundo o qual os animais são objetos a serem manipulados pelo homem. As sociedades contestam os confinamentos excessivos, práticas como castração, desmame precoce, debicagem, caudectomia e outras consideradas invasivas.

Diante das denúncias de vários casos de fraudes em alimentos, o consumidor passou a ter a sensação de que o alimento já não é tão seguro como antes. As pessoas desejam consumir um alimento com qualidade ética, que este seja obtido de forma mais humanitária possível e passaram a exigir que os processos criatórios sejam ambientalmente benéficos, eticamente sustentáveis, socialmente aceitáveis e relevantes aos objetivos, necessidades e recursos da comunidade para a qual foram desenhados para servir (PINHEIRO MACHADO FILHO e HOTZEL, 2000).

De fato, como abordaremos no próximo tópico, alguns países da União Europeia já começaram a proibir diversas formas de confinamento, tais como, gaiolas de gestação para suínos bem como práticas invasivas como caudectomia e corte dos dentes em leitões.

Bem-Estar e Produção Animal

A publicação do livro Animal Machine (Harrison 1964), no qual a autora faz um relato dos métodos de produção animal, motivou o governo do Reino Unido, em virtude das denúncias contidas na obra, nomear uma comissão para avaliar como os ingleses questionavam ou compreendiam a forma como os animais são criados.

A comissão foi liderada pelo médico veterinário Rogers Brambell, e já no ano de 1965 foi apresentado o primeiro resultado denominado Relatório Brambell, que, como conclusão, apontava a inexistência de parâmetros para avaliar o bem-estar de animais de produção. Começa, portanto, não apenas uma mera mudança de percepção ou de conceitos, mas também pode-se dizer que foi o início de uma larga mudança no setor de produção animal com grandes repercussões éticas, científicas, sociais e econômicas (PAIXÃO, 2005).

A partir dessas iniciativas, a expressão “bem-estar animal” tornou-se presente quando se discute a criação de animais, seja de produção, trabalho ou companhia. No entanto, existem

diversas definições de bem-estar abordadas por diferentes autores. Das várias definições propostas, a mais aceita no meio científico é a de Broom (1991), para o qual "bem-estar animal é o estado físico e psicológico de um animal diante de suas tentativas de lidar com o ambiente".

A resposta do organismo a uma situação de bem-estar pobre leva o animal a apresentar uma série de alterações, incluindo várias respostas fisiológicas que culminam em situações de estresse. Consequentemente, uma das maneiras de avaliar o bem-estar é medir essas respostas fisiológicas. Uma alteração no bem-estar estimula uma série de respostas fisiológicas via sistema nervoso central, ativando o sistema nervoso simpático-medular adrenal. Ao ser estimulado, a medula adrenal libera as catecolaminas adrenalina (estimulada por estímulos psicológicos) e noradrenalina (por estímulos físicos). A medição das catecolaminas oferece, assim, um indicador de bem-estar, sinalizando uma situação estressante. Pinheiro Machado Filho e Hotzel (2000) mencionam que o estresse tem dois componentes: o primeiro é uma resposta de alarme conhecida como síndrome de emergência, que prepara o indivíduo para a fuga ou para a luta; o segundo componente de resposta ao estresse, ocorre em seguida e é uma tentativa de o animal adaptar-se à nova situação, o que é denominada síndrome geral de adaptação.

Essa reação é uma tentativa que faz o animal de manter um equilíbrio e inicialmente pode ser visto até como uma reação positiva, já que tem valor adaptativo. Todavia, o confinamento excessivo geralmente leva o animal a um estado de estresse crônico, e este leva à outra reação conhecida como "desistência aprendida" e assim o animal "aprende" que sua reação ao meio desfavorável não resulta em adaptação e, portanto, deixaria de reagir. Essa condição traz inúmeras sequelas para o organismo do animal, tais como: maior fragilidade do sistema imunológico, com maior suscetibilidade a doenças, e também o surgimento de comportamentos estereotipados, indicando que o animal está enfrentando dificuldade em lidar com o seu ambiente, tendo, portanto, o seu bem-estar prejudicado. Outra forma de avaliar o bem-estar animal é utilizar o conceito das "cinco liberdades", que são: liberdade nutricional, indicando que os animais devem estar livres de fome, sede e desnutrição; liberdade sanitária, significando que os animais devem estar livres de ferimentos e doenças; liberdade comportamental, que define que os animais devem ter liberdade suficiente para expressar o comportamento natural de sua espécie; liberdade psicológica, na qual os animais devem estar

livres de sensações de medo e de ansiedade e, finalmente, a liberdade ambiental na qual os animais devem ter liberdade de movimento, em instalações adequadas à sua espécie.

Elaboradas pelo Farm Animal Welfare Advisory Commitee as "cinco liberdades" são aceitas por cientistas e políticos de diversos países como indicador de bem-estar em animais de produção, vindo a constituir-se em referência para várias legislações, principalmente na Comunidade Europeia.

Elas fornecem um conjunto de princípios, sendo que os ideais utópicos expressos em cada liberdade representam os marcos a serem utilizados para avaliar quão longe práticas especificas estão de atingir os padrões do mais alto grau de BEA (MOLENTO, 2005). Os aspectos abordados pelas diretivas são principalmente aqueles que comprometem as "cinco liberdades" e têm grande abrangência sobre as mais diversas espécies de animais de produção durante o seu manejo criatório, transporte e abate. Essas diretivas proporcionaram uma moratória para à eliminação completa de sistemas de criação considerados de baixo potencial de BEA e começaram a vigorar a partir de 2013 na União Européia.

Os aspectos mais debatidos nas diretivas são a proibição de gaiolas de gestação para matrizes suínas. Outros aspectos enfocados pelas diretivas são com relação à nutrição de matrizes gestantes, mutilações (caudectomia) em suínos, (debicagem) em aves e criação de bezerros em gaiolas para produção de carne de vitelo. Em geral, as diretivas da UE estabelecem recomendações no sentido de não causar injúrias, dor ou sofrimento desnecessários aos animais de produção.

Como resultado dessa nova visão, todos os países membros da UE passaram a estimular, na sociedade, estratégias que possam incorporar definitivamente o BEA no perfil do consumidor. Os principais problemas de BEA na produção intensiva ou agroindústria/agronegócio devem-se às pressões para produção. A pecuária intensiva é movida pela eficiência, e aqueles que administram essas indústrias geralmente esquecem que estão lidando com seres sencientes em vez de mercadorias. Segundo Webster (2004), toda a pesquisa em pecuária tem sido direcionada aos sistemas mais intensivos; e segundo ele, a ciência pode contribuir com o BEA de animais de produção, explorando de forma mais aprofundada as implicações nutricionais, fisiológicas e sanitárias de criação consideradas aceitáveis pelo público preocupado com o BEA.

Como mencionamos anteriormente, as gaiolas foram proibidas na UE. Nesse sistema, os animais que apresentam uma forte preferência por contato social com outros suínos, associando-se e interagindo de forma amistosa com maior frequência do que de forma agressiva, ficam impossibilitados de contato com outros. Webster (2004) menciona que a inatividade anormal e a falta de reatividade são muito comuns em matrizes confinadas, comparando-se com os animais criados em ambientes onde é possível exercitar-se e praticar atividade exploratória. O BEA, a qualidade do produto e a sustentabilidade ambiental seriam a nova ordem paradigmática da produção animal. Esses três pilares atenderiam a um consumidor cujo perfil apresenta os requisitos primários para a obtenção de informações sobre o modo de exploração animal, sendo ele capaz de acompanhar sua procedência e avaliar eticamente o produto final.

Entretanto, é necessário enfatizar que, aos produtores, são oferecidas poucas alternativas em um mercado altamente competitivo, competição esta imposta ao produtor pela própria sociedade, o qual, por sua vez, para aumentar seus lucros, busca redução nos custos de produção, o que normalmente passa pela diminuição de espaço destinado ao animal e pela adoção de técnicas que acelerem o processo através da produção em escala, com forte pressão de produtividade sobre os animais. Os sistemas altamente confinados não foram desenvolvidos pelos criadores. Tais sistemas tiveram sua origem nas pesquisas voltadas para a produtividade quantitativa, para altos e rápidos retornos econômicos, sempre colocando à margem ou desrespeitando a natureza e características próprias dos animais. A qualidade do produto de origem animal sob o viés do BEA é uma questão que gradativamente está sendo cobrada por parte dos consumidores em todo o mundo. Algumas pesquisas já demonstram que é crescente o número de pessoas que procuram mais informações a respeito da origem dos produtos que estão comprando, tanto do ponto de vista ambiental e social, quanto ético, e estendem a preocupação para as operações de transporte e abate desses animais. Neste sentido, é necessário que nos métodos de criação os animais não sofram nenhum tipo de injúria, dor, estresse ou qualquer crueldade desnecessária por períodos prolongados, durante sua fase produtiva.

No Brasil, percebe-se que ainda é muito pequena a preocupação (ou até conhecimento) do consumidor final com as condições do sistema produtivo em que esteve envolvida a proteína animal que está consumindo (NÄÄS 2005). É oportuno ressaltar, também, que no

Brasil ainda não existe uma legislação que possa ser comparada com a dos países desenvolvidos, como exemplo a legislação da União Européia. O Estado de São Paulo instituiu em exceção, por ter estabelecido em lei recente, que os animais não devem ser privados da liberdade de movimentos próprios de cada espécie (Estado de São Paulo, Lei n. 11.977). Entretanto, por causa da pressão do mercado europeu para adquirir produtos oriundos de animais criados em situação de bem-estar, práticas que melhorem o BEA já são uma realidade dentro do sistema produtivo agropecuário em algumas regiões do país.

Bem-estar animal em Suinocultura

Aos suínos, a seleção genética causou sérios problemas. Os animais têm sido selecionados para desenvolver taxas de crescimento mais rápidas e maior desenvolvimento muscular, e suas patas não conseguem atingir a mesma taxa de crescimento observado no restante do corpo. Como resultado desta desproporcionalidade, alguns animais sofrem de problemas dolorosos nas articulações e patas, apresentando osteocondrose, que é considerada uma das principais causas de defeitos de aprumos em suínos selecionados para crescimento rápido em sistemas intensivos de criação (TAROCCO 1989**)**. A seleção para grandes blocos musculares, além de problemas de aprumos, contribuiu para a inadequação cardiovascular durante períodos de alto metabolismo com aumento da mortalidade e ausência de bem-estar durante o manejo e transporte. Práticas invasivas para suínos recém-nascidos, como castração, corte dos dentes, corte da cauda e marcação na orelha também são comuns nos sistemas intensivos.

As matrizes suínas nos sistemas confinados são mantidas durante a maior parte de suas vidas em gaiolas de ferro tão estreitas que as porcas não conseguem nem mesmo se virar. Como mencionamos anteriormente, as gaiolas estão sendo proibidas na UE. Nesse sistema, os animais que apresentam uma forte preferência por contato social com outros suínos, associando-se e interagindo de forma amistosa com maior freqüência do que de forma agressiva, ficam impossibilitados de contato com outros. Além das estereotipias como veremos a seguir, Webster (2004) menciona que a inatividade anormal e a falta de reatividade são muito comuns em matrizes confinadas, comparando-se com os animais criados em ambientes onde é possível exercitar-se e praticar atividade exploratória.

Os pisos geralmente de concreto causam desconforto físico crônico, especialmente nas articulações do joelho e do jarrete. A falta de exercício também está associada ao enfraquecimento dos ossos, ferimentos nas patas, manqueiras, feridas nos cascos, edemas inflamatórios nas articulações e redução na massa muscular. Segundo Fraser (1994), as infecções no trato urinário são mais comuns em matrizes confinadas do que em matrizes que não são confinadas durante a prenhez. Os baixos níveis de atividade e a tendência de deitar e sentar sobre as próprias fezes proporcionam um acúmulo de bactérias no interior do trato urinário, levando a um aumento dos níveis de infecção. Outro aspecto relacionado à criação intensiva é o desmame precoce praticado nas mais diversas espécies de animais de produção. A separação da matriz de sua cria é, na opinião de vários estudiosos do comportamento animal, um dos manejos mais cruéis impostos pelo homem aos animais.

Segundo esses pesquisadores, a cria tem de ficar com a mãe, haja vista que ela precisa desenvolver-se, aprender e ter a chance de perpetuar naturalmente os genes da sua descendência. A natureza fê-los assim e os laços devem ser mantidos e estimulados. A prática do desmame precoce seria uma das causas de rejeição das crias manifestadas por alguns animais. É evidente que há outros componentes de manejo equivocados que não possibilitam condições para que as fêmeas domésticas manifestem seu repertório normal de comportamento, e não sofram estresses causados pela manipulação e arranjo humanos inadequados (PARANHOS DA COSTA 2003).

A socialização adequada durante o desenvolvimento do comportamento seria uma das melhores soluções para o aprendizado do comportamento materno, mesmo havendo intervenções de produtores, fatores ambientais, físicos e sanitários. Neste caso, a socialização permite ao animal "copiar" o comportamento observado. A rejeição do neonato indica que há algo no manejo que não permite que a matriz desenvolva seu instinto materno e queira cuidar de sua cria.

A matriz também precisa ver outras fêmeas manifestando esse comportamento, além de ter tido ela mesma a oportunidade de ter sido criada com a mãe. A rejeição do neonato por algumas matrizes desenvolve-se quando ela não teve um processo normal de socialização primária. A mãe não exibe os padrões de comportamento que garantem o bem-estar da(s) sua(s) crias, totalmente dependentes dela para sobreviver. Esta alteração do comportamento ocorre em todas as espécies de animais domésticos, sobretudo nas fêmeas primíparas ou com

úberes lesados ou inflamados. Por vezes, a matriz não consegue fornecer proteção adequada às suas crias devido a patologias como a agalaxia, subnutrição, excitabilidade, mastites, metrites ou quando ocorrem partos prolongados, distócicos, como também quando essa matriz se encontra em ambientes estressantes.

Comportamento do Suíno em Resposta ao Stress

O comportamento dos suínos e dos demais animais é o resultado de componentes hereditários ou inatos e dos adquiridos, em uma complexa relação que se estabelece entre eles e seu meio. Segundo Lagreca et al, (2008) a fisiologia do comportamento é o estudo do ritmo de atividades diárias que realiza o animal pelo qual se estabelece um padrão de atividades normais, em suas distintas etapas produtivas. Convém à nova ordem zootécnica estudar e pesquisar o aparecimento e os motivos das diferentes condutas anormais que podem apresentar-se durante as diversas fases da criação, e seus reflexos para o bem-estar animal. Os principais comportamentos e condutas anormais apresentados pelos suínos em situação de bem-estar pobre são:

Condutas Apáticas

Para Arey (1993) citado por Lagreca et al (2008), a falta de conforto ambiental pode provocar nos suínos frustrações e conflitos, que se exterioriza na forma de condutas apáticas, que se caracterizam pela ausência ou redução nas respostas ou reações dos animais frente ao meio ambiente que o rodeia, ou a situações que podem se apresentar e que o faz permanecer a maior parte do tempo sentado ou parado sem fazer nada num total estado de indiferença.

Ao sentar-se como cão com a garupa e os membros posteriores apoiados no piso suportando o corpo e os membros anteriores estendidos retos, afastando a linha ventral do solo, indica no animal a presença de uma sensação desagradável ao ficar de pé, já que permanece nesta posição logo após parar, o que pode ficar no meio caminho, com o animal ajoelhado.

Condutas Estereotipadas

Considera-se ao estereotipo como um modelo ou padrão fixo de qualidades e/ou condutas, que consistem em movimentos involuntários, idênticos, regulares e repetitivos, de um gesto, ação ou palavra, que não tem uma função obvia. Para Robert et al (1992), em

etologia estas condutas abarcam as atividades ou movimentos repetitivos, sem motivos aparentes, contínuos ou realizados por períodos relativamente longos, que realizam os suínos, a um ritmo normal ou em ciclos sucessivos.

As estereotipias, também chamadas de comportamentos anômalos, são o redirecionamento de um comportamento que o animal se sente altamente motivado para realizar, mas cujo desencadeamento está impedido pelo ambiente. No caso dos suínos, que são considerados animais de grande curiosidade, alta capacidade de aprendizado e grande capacidade exploratória, a manifestação desses comportamentos estereotipados aparece com grande frequência quando em situação de bem-estar pobre.

Condutas Agonísticas

O termo agonístico vem do grego AGON e do latim AGONISTA, e significa combatente, lutador, é um ser alegórico que simboliza a luta, os jogos sagrados, ou seja, que as atividades agonísticas representam a arte dos atletas, a ciência dos combates, e são essencialmente atividades de decisão e/ou agressividade (LAGRECA et al 2008). No estudo do comportamento dos animais as condutas agonísticas expressam situações de conflito que podem realizar-se sem contato físico (nervosismo, hiperatividade, ameaças) ou com contato físico com o desejo de causar injurias e que estão de acordo com as condutas agressivas (peitadas, golpes, brigas etc.).

O estímulo primário de briga parece ser produzido pela dor e/ou medo, porque a maioria dos animais não brigam ou não se defendem se não são atacados e/ou feridos por outro animal ou pelo homem. Toda a atitude de luta em geral permite aos animais que as desenvolvem canalizar seu estado de desagrado ou desconforto e elas apresentam certo padrão distinto segundo a etapa produtiva que afete: lactantes ou animais na engorda e adultos.

Vocalizações

A vocalização no suíno reflete o nível de excitação do mesmo, ou seja, é um sinal de estresse, principalmente quando eles sentem pânico devido à castração, vacinação, desmame etc. Através da vocalização é possível estabelecer tipos de sonogramas diferenciais: um de animais em calma e outro no qual se registra uma frequência alta, de larga duração e grande amplitude de vocalização devida à dor e/ou ao estresse como, por exemplo, durante a castração. (FRASER 1994)

Hierarquia Social

A liderança é um fenômeno social que se apresenta nas espécies domésticas manejadas pelo homem e que convivem em grupo, é um processo mediante o qual um individuo inicia certas atividades diferentes ao resto do conjunto de animais e é capaz de modificar com as mesmas as atividades de seus companheiros, e se tem definido como o domínio que apresentam alguns indivíduos frente ao grupo e que permite que os demais os sigam, são os chamados animais guias do lote (ESCÓS E GARCÍA, 1993).

A hierarquização social é a dominância de certos animais sobre outros, feito que é provocado através do tamanho corporal, o peso, o sexo e as características e/ou odores individuais, a vigorosidade e/ou personalidade dos animais (LAGRECA et al 1995).

A primeira hierarquização se instaura ao nascimento, quando os leitões buscam, localizam, disputam e ocupam ativamente as mamas e quando cada um se apodera de uma em especial. Segundo Meunier Salaum e Dantzer (1994), ao formar novos lotes, a mistura de animais não aparentados, produz entre eles uma interação que permite inicialmente seu reconhecimento. Em seguida, se desenvolve entre todos ou entre uma parte dos integrantes do grupo, uma sucessão de atividades como: nervosismo, hiperatividade, exploração do território disponível, atitudes de ameaças, pequenas competições, simples brigas ou verdadeiras batalhas, entre dois ou mais animais, em busca de estabelecer uma ordem hierárquica.

Considerações Finais

A necessidade de mudanças nos sistemas de produção animal origina-se de uma nova postura ética. Essa postura iniciada com uma parcela minoritária da sociedade tem avançado e se solidificado através de campanhas publicitárias, conduzindo a população à defesa da ideia de que o sofrimento animal não pode ser justificado quando existem alternativas que podem minimizá-lo. É importante que os profissionais das ciências agrárias no Brasil sejam informados dessa nova tendência, uma vez que os princípios de bem-estar defendidos nos diversos países de diferentes culturas são legítimos e devem ser promovidos. É importante introduzir nos currículos dos cursos de Medicina Veterinária, Zootecnia, a disciplina bem-estar animal; bem como a promoção de eventos que estimulem os estudantes a refletir sobre a necessidade de adotar uma nova postura ética em relação aos animais.

Os pontos controversos sobre produção animal devem ser claros, transparentemente explicados e debatidos com a população, levando-se em consideração os aspectos científicos, deixando de lado os sensacionalismos radicais e as iniciativas de cunho extremistas que contribuem para estereotipar a luta pelo BEA. As pesquisas por novas tecnologias devem considerar e demonstrar, na prática, que a melhoria da produtividade animal para suportar o desenvolvimento econômico e o manejo dos recursos naturais é compatível.

Para os produtores é necessário compreender que a questão do bem-estar não se constitui em uma ameaça, mas sim em uma oportunidade de melhorar a imagem da produção animal, ganhar novos nichos de mercado e atender a nova visão da sociedade, que cobra um maior respeito aos animais e uma melhor qualidade do alimento que consome.

Referências Bibliográficas

BROMM, D. M. Indicatores of porr welfare: Concepts and measurement. **Journal Animal Science,** London, v.142, p.524-526, 1998.

BROMM, D. M, FRASER A. F. Comportamento e Bem-Estar dos Animais Domésticos Tradução: Molento C.F.M Barueri SP 2010.

COSTA, A .N. Bioética *versus* Bem-estar animal: Mudanças de paradigma na produção. Disponível em http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/894700/1/AAC.pdf, acessado em 15 de janeiro de 2014.

ESCÓS, J.; GARCÍA, L. Liderazgo, un fenômeno social en animales domesticos. Mundo ganadero Ovino-Caprino, 1993. 11; 81-83.

FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL. FAWC updates the five freedoms. **The Veterinary Record,** London, v. 131, p.357, 1992.

FRASER, A. F. The impacto in the environment on farm animal behavior. The relationship between creep feeding behavior of piglets anda adaptation to wening. Canadian. Journal Animal Science.; 74; 1-6 1994.

MOLENTO, C.F.M. Bem-estar e produção animal. Aspectos econômicos. **Archives of Veterinary Science,** v. 10, p. 1-11, 2005.

MEUNIER SALAUM, M.C. and DANTZER, R. Behaviour environment relationships in pig: importance for the design of housing and management systems in intensive husbandry. Pig News and Information, 1994; 11; 4; 507-514

NÄÄS, IRENILZA DE ALENCAR: Rastreabilidade nas cadeias de Aves e Suínos: Uma revisão: Revista Brasileira de Agroinformática, v. 7, n. 1, p.1-7, 2005.

HARRISON, RUTH. Animal machines. London: **Methuen ando Company,** 1964, 186 p. 1-14.

LAGRECA, L.; PEREYRA, A.; MAROTTA, E.; WILLIAMS, E.; FERRAGINE, M. Estudio del comportamiento de la cerda gestante sobre pasturas. II- Evolución circadiana de las actividades e influencia de La jerarquía social. IV Cong. Cs. Vet.; La Habana, CUBA, 1995; Mem. F.6.1.; 151.

LAGRECA, L.; PEREYRA, A.; MAROTTA, E.; EVANGELISTA, J. N B. Fisiología del Comportamento. In: LUNA, ANTONIO MUNÕZ. Produzir carne de cerdo en el siglo XXI, generando um Nuevo Orden Zootécnico. Alcalanthis Comunicacion, Espanha, 2008.

LUNA, ANTONIO MUNÕZ. Produzir carne de cerdo en el siglo XXI, generando um Nuevo Orden Zootécnico. Alcalanthis Comunicacion, Espanha, 2008.

PAIXÃO, RITA LEAL. É possível garantir bem-estar aos animais de produção? **Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Brasília, v. 1, n. 1.p 66-74-12, 1995.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R., PINTO A. A. Princípios de etologia aplicados ao bem-estar animal. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Etologia**, 2003. p. 211-223.

PINHEIRO MACHADO FILHO, L. C., HOTEZEL, M. J. Bem-estar de suínos. In: 5 Seminário Internacional de Suinocultura. **Anais....**Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 70-82 p. 2000.

ROLLIN, BERNARD. An Introduction to Veterinary Medical Ethics: Theory and Cases. **Iowa State University Press**. 1999.

ROBERT, S.; MATTE, J.J.; GIRARD, C.; FARMER, C. et MARTINEAU, G.P. Influence de régimres a haute teneur in fibres sur le development des comportements stereotypes chez la truie gravid. Journées Rech. Porcine, Francia, 1992; 24; 201-206.

SINGER, PETER. **Libertação Animal**. Porto Alegre, Lugano Editora, 2004.

SINGER, PETER. **Ética Prática**. São Paulo, Martins Fontes Editora, 2006.

TAROCCO, C. Stress and reproduction. Riv. Suinicoltura, 1989; 30; 41- 43.

WEBSTER, A. J. F. The economics of farm animal welfare. **International Journal for the Study of Animal Problems**. Washington, DC, v.3, p.301-306, 1982.

WEBSTER, A. B. Welfare implications of avian osteoporosis. **Poultry Science**, 83:184-192, 2004.

WSPA- World Society for the Protection of Animals. Conceitos em bem-estar animal: Um roteiro para auxiliar no ensino de bem-estar animal em faculdades de Medicina Veterinária. Rio de janeiro: **WSPA**-Brasil, Sociedade Mundial de Proteção Animal, 2004, 1 CD.

Novos Conceitos e Tecnologias Aplicadas à Nutrição de Frangos de Corte

Antonio Gilberto Bertechini

Professor Titular – UFLA - bertechini@ufla.br

Introdução

O alto desempenho tanto zootécnico como econômico do frango de corte moderno se deve ao intenso melhoramento genético nos últimos 40 anos, acompanhado do desenvolvimento de tecnologias de criação bem como do aprimoramento nutricional das dietas e do manejo dessas aves.

O frango de corte moderno possui características especificas que determinam os seus resultados de desempenho e de qualidade e rendimento de carcaça. Dentre as inúmeras características podem ser citadas a alta velocidade de crescimento dessas aves. Nos últimos 10 anos essas aves passaram de um peso final aos 42 dias de idade de 2,4 kg para 2,93 kg com avanços na conversão alimentar da ordem de 0,20 (1,75 para 1,55); maior sensibilidade às deficiências nutricionais, sendo que as pequenas deficiências subclinicas são determinantes no resultado de desempenho e qualidade da carcaça final; maiores desequilíbrios estruturais, com modificações no seu centro de gravidade, onde os altos rendimentos de peito (30-34% para algumas linhagens) têm exigido melhor formação óssea para evitar problemas de pernas e perdas durante a criação e no processamento; descompassos metabólicos, com crescimento corporal rápido sem o acompanhamento do sistema cardiopulmonar implicando em incrementos da síndrome ascítica; aves com maiores exigências qualitativas de ambiente, sendo necessários maiores investimentos nas instalações para a manutenção do conforto térmico e ambiental para que essas aves possam expressar todo seu potencial de desempenho; maiores diferenciais de exigências e de desempenho entre machos e fêmeas, tendo como implicação, a necessidade de criação dessas aves com sexos separados para se obter melhores resultados de desempenho final. Além de todos esses fatos, ainda existe a preocupação com o bem estar das aves. Neste sentido, alterações na densidade de estocagem também têm contribuído para modificações

nutricionais mais adaptadas a essas condições que estão sendo impostas ao nível mundial e com incrementos ao nível nacional. Os limites de biomassa por m^2 é uma realidade que deverá ser respeitada. Enfim, os novos conceitos e tecnologias na produção de carnes de frangos de corte passam por todos os segmentos envolvidos no processo.

Novos conceitos de nutrição

O desafio maior da nutrição é transformar recursos alimentares de menor valor em alimento de alto valor biológico para o atendimento das necessidades nutricionais humanas (Bertechini, 2012). Neste contexto a formulação de dietas equilibradas tendo o cuidado no atendimento das necessidades nutricionais com responsabilidade com o meio ambiente é fator determinante nos resultados.

Vários são os ajustes nutricionais que devem ser observados em todo o processo. Esses ajustes nutricionais começam ao nível de ingredientes, passando pelas exigências nutricionais e, finalmente, na formulação das rações.

Quanto aos ingredientes, dificilmente se consegue bons resultados sem análise cuidadosa dos principais nutrientes. Assim, o uso da tecnologia de análise espectroscópica por reflectância próxima do infra-vermelho (NIRS - Near infrared reflectance system) é imprescindível para se conhecer a composição principalmente protéica e de conteúdo dos aminoácidos em tempo real, para facilitar os ajustes nutricionais necessários para se obter bom desempenho a menor custo possível. A análise proximal e de aminoácidos é demorada e depende de um maior planejamento para o seu uso, já que, o fluxo de entrada e saída de ingredientes nas fábricas de ração, na maioria das vezes, não permite a separação dos lotes. As tabelas de composição dos alimentos trazem informações que podem ser utilizadas, por outro lado, os ingredientes como o milho e o farelo de soja, têm sido modificados pelo melhoramento genético bem como pela criação de variedades transgênicas com modificações na composição dos nutrientes e fatores antinutricionais. A exemplo disso, a soja RR (*roundup ready*) possui 26,7% a mais do fator inibidor de tripsina em relação à normal (Padgette et al., 1996). Esse fato pode comprometer mais o farelo e mesmo e soja integral processada, oriundos dessa variedade caso não tenha passado por processamento adequado. No caso do milho, Gao et al. (2012) introduziram DNA de fungos produtores de fitase alterando o conteúdo dessa enzima no grão, passando de 37 FTU/kg no milho convencional para 8.047

FTU/kg no milho geneticamente modificado (GMO), sendo que os resultados do ensaio metabólico com galos adultos indicaram efetividade dessa fitase sem alterar a energia do grão. Outros grãos GMO estão sendo estudados, como milhos com altos conteúdos de lisina, metionina e triptofano, alto óleo, entre outros. O conteúdo de proteína e aminoácidos tem grande variabilidade de acordo com o cultivar de milho havendo a necessidade de ajustes de composição no momento da formulação das dietas. Os milhos híbridos modernos têm variado a sua composição protéica de 6,8 a 9,0%, resultando em variação também nos aminoácidos como lisina digestível (0,173 a 0,228%). O mesmo acontece com os tipos de farelo de soja do mercado, que tem variado de 43 a 48%, com conteúdos de lisina digestível variando de 2,476 a 2,702%. O desenvolvimento de equações de predição também pode contribuir para se conseguir valores mais adequados de energia principalmente, para poder estimar valores mais próximos da realidade dos grãos, haja vista a grande variedade encontrada no mercado. Sakomura & Rostagno (2007) desenvolveram duas equações para estimar o valor de EMAn de alimentos de origem vegetal e animal (EMAn=4,31 + PBd + 9,29 Gd + 4,14 ENNd para vegetal e EMAn= 4,31 PBd + 9,29 Gd para animal). Essa é mais uma ferramenta que auxilia os nutricionistas no momento da definição da composição energética dos ingredientes.

Com relação às exigências nutricionais, a definição da densidade nutricional para melhor desempenho zootécnico e econômico é que define os resultados finais. Na maioria das vezes ao nível de Brasil, a nutrição para melhor desempenho não coincide com a de menor custo por unidade de produção. Normalmente as dietas com maiores densidades nutricionais (energia e os nutrientes), resultam em melhores taxas de ganho de peso e melhor conversão alimentar. Por outro lado, os menores custos por unidade de produção nem sempre são obtidos com as dietas de maiores conteúdos de energia. Existe a necessidade de definir o conteúdo de energia e o programa alimentar a ser utilizado. Lembrar que programas nutricionais com maiores números de ração durante o ciclo produtivo resultam em melhores ajustes nutricionais entre as dietas e as exigências, com melhores resultados de desempenho. Fatores como clima, ingredientes utilizados, desempenho desejado, uso ou não de enzimas e outros aditivos. A elevação da temperatura ambiente (absoluta) deve ser acompanhada também do incremento da densidade calórica e de nutrientes na dieta para poder manter o desempenho da ave. O frango de corte consegue a melhor eficiência alimentar quando a temperatura após a fase de

aquecimento está em torno de 22 ºC (Bertechini et al., 1991), sendo que abaixo e acima deste valor, ocorre a piora. Assim, a manipulação dietética de energia deve ser observada toda vez que ocorre modificações significativas no clima.

Definido o conteúdo de energia da dieta, o próximo passo é prospectar os conteúdos de energia dos ingredientes. Normalmente nas tabelas de composição de alimentos, são listados os conteúdos de energia metabolizável corrigida para a retenção de nitrogênio (EMAn), onde foram determinadas normalmente com aves adultas, que possuem maior capacidade de extrair a energia dos ingredientes. Dessa forma, para as fases iniciais, esses conteúdos de energia não representam a realidade da ave. Assim, a utilização de valores de energia específicos são mais adequados, contribuindo para a melhor adequação da relação nutriente/caloria para cada fase, com melhores resultados de desempenho de campo. Na tabela 1, estão listados os valores de EMAn para os principais ingredientes, de acordo com a idade de determinação (Bertechni, 2012). Verifica-se que para o farelo de soja e o óleo de soja, ocorre incremento do conteúdo de EMAn até 28 dias de idade das aves. Já para o milho, este incremento ocorre até 14 dias apenas. No caso desse ingrediente, ocorre também redução da digestibilidade do amido na fase final de criação do frango de corte. Este fato se deve a redução da digestibilidade do amido, devido o alto conteúdo nos grãos aliado a hiperfagia dessas aves no período, havendo certo descompasso na velocidade de digestão do amido e seu aproveitamento. Neste caso, o uso de amilase exógena tem bom efeito auxiliador nesta digestão. Outro problema que ocorre com o milho é durante o inicio de safra, onde os preços são maiores e os produtores colhem o grão com alta umidade, sendo secados em altas temperaturas, resultando em retrogradação dos mesmos, com efeitos significativos no processo de digestão, principalmente para aves jovens. Como resultado, verifica-se neste período, grande incidência de cloacas emplastradas afetando a mortalidade dessas aves.

Tabela 1 – Conteúdos de EMAn (kcal/kg MN) de ingredientes de acordo com a idade das aves.

Ingrediente	**1ª sem**	**2ª sem**	**3ª sem**	**4ª sem**	**5ª sem**	**6ª sem**
Milho (88% MS)	3112	3321	3338	3338	3320	3300
Far. soja 46% (89,1% MS)	2028	2159	2269	2363	2363	2363
Óleo vegetal (99,5%MS)	8062	8500	8594	8626	8626	8626

Os efeitos da temperatura ambiente também é fator de modificações no perfil de energia das dietas. As aves conseguem extrair mais energia das rações em temperaturas mais baixas. O trabalho desenvolvido por Dozier et al., (2007b) ilustra muito bem os valores reais de EMAn das dietas onde detectou uma diferença medida de 93 kcal de EMAn/kg de ração quando a temperatura ambiente variou de 19,5 para 25 ^{o}C. Nos períodos mais frios, deve-se tomar maiores cuidados com a densidade energética das rações para não comprometer a relação nutriente/caloria. O diagnóstico principal desse desequilíbrio pode ser notado no teor de gordura abdominal das aves no abate, que é sempre maior nos períodos mais frios em comparação a temperaturas mais altas reafirmando os resultados obtidos por esse autor.

A partir de todos os dados necessários para a formulação das dietas, o próximo passo é a utilização de programas de resolução de sistemas lineares que existem no mercado ou mesmo utilizando álgebra. Dois aspectos importantes devem ser observados. O primeiro refere-se às definições das restrições que correspondem a imposições de ordem nutricional e dos ingredientes não nutrientes. Neste momento deve existir a preocupação dos nutrientes mínimos que estariam de acordo com as recomendações prospectadas (Tabelas de exigências nutricionais) de acordo com cada fase e nível energia definido. O segundo aspecto refere-se ao tipo de formulação que se quer fazer. Normalmente, o uso da programação linear fornece o menor custo por kg da ração, porém, nem sempre a ração de mínimo custo é a que permite melhor desempenho econômico. Dessa forma, existe a possibilidade de visualizar o desempenho a partir na nutrição prospectada. Um dos fatores que mais afeta o rendimento econômico seria a conversão alimentar. Ela participa como denominador no cálculo do fator de produção. Quanto menor, maior o fator. Por outro lado, o

maior fator dietético que afeta a conversão alimentar é o conteúdo de energia da ração. Assim, programas nutricionais com maiores conteúdos de energia resultam sempre em melhores índices de conversão alimentar, e, consequentemente, maiores fatores de produção. Por outro lado, maiores fatores de produção, nem sempre resultam em melhores índices econômicos.

Após todos os passos descritos, é o momento de visualizar todo o processo desde o inicio até as definições finais. A observância da relação dos aminoácidos com a lisina, estando de acordo com as recomendações da proteína ideal, os níveis finais de minerais, sem excessos, todos os aditivos em concentrações adequadas, faltando apenas as definições das granulometrias para moagem dos cereais em cada fase. Lembrar que pintinhos na primeira semana necessitam de ração com granulometria menor. O ideal seria a utilização de minipeletes ou ração micronizada (peletizada e moída). Os resultados finais devem ser de acordo com as projeções desde o inicio do processo. Caso não atinge as estimativas, erros em algum segmento aconteceram.

Novos conceitos em tecnologia

Na atualidade o segmento de produção de carne de frangos de corte possui muitas tecnologias que podem auxiliar na formulação de dietas adequadas para os frangos de corte. O maior incremento de substancias utilizadas nas dietas refere-se aos aditivos. Novos promotores de absorção como ácidos orgânicos, novos tipos de probióticos e simbióticos tem sido disponibilizados no mercado. No entanto, o aditivo com maiores estudos são as enzimas exógenas. As enzimas exógenas têm sido estudadas não somente no sentido da substituição dos antibióticos como promotores de absorção ao nível mundial, mas com a ótica voltada na melhoria do aproveitamento dos nutrientes normalmente não utilizados pelas aves, aliado a redução da poluição ambiental.

Dentre as inúmeras enzimas disponíveis, as fitases são as mais utilizadas. Ao longo do tempo, desde as primeiras observações sobre a fitase contida no trigo (Anderson, 1915) e depois Nelson et al., (1967), ao utilizar a enzima em dietas de aves, muitas enzimas com atividade de fitase foram desenvolvidas e continuam com novas gerações. As classificação das fitases são baseadas de acordo com a nomenclatura IUPAC e baseada no local onde a hidrolise se inicia e também segundo a faixa de pH de ação. Assim, as 3 fitases (EC 3.1.3.8) removem o P inicialmente da posição D-3 (L-1) do fitato e as 6 fitases (EC 3.1.3.26) iniciando

a desfosforilacao pela posição D-4 (L-6) segundo Ragon et al. (2008). Quanto ao pH de ação (Greiner, Alminger e Carlsson, 2001), as ácidas (pH ótimo entre 2,5 a 6,0) e alcalinas (pH ótimo entre 6,0 a 8,0). A atividade das fitases pode ser expressa de varias maneiras. Algumas são expressas em U/kg e outras em FTU (Engelen et al., 1994). Por outro lado, as enzimas com atividade de fitase não respondem de forma homogênea na liberação do P fitico. Fitases que apresentam a mesma atividade em FTU, por exemplo, liberam quantidades diferentes de Pfitico. Dessa forma é necessário adequar a quantidade da fitase à digestibilidade do P fitico esperada. Devido a grande variação de ação das fitases em pH diferentes, algumas possuem melhores resultados com frangos de corte e outras em poedeiras. Normalmente as que possuem ação em pH mais ácido possuem maior sitio de ação ao nível de inglúvio, proventrículo e moela. Por meio da meta analise, com grande número de dados de pesquisa Bougouin et al., (2014) verificou que frangos recebendo dietas a base de milho e farelo de soja contendo 1.039 FTU de atividade de fitase/kg aumentaram a retenção de P em 8,6%. Assim, para a adequação dos níveis de Pd nas dietas dos frangos de corte devem-se conhecer todos esses fatores que afetam a nutrição do P.

Outro grupo de enzimas interessantes e têm sido pesquisadas e utilizadas ao nível de campo são as proteases. Essas enzimas atuam melhorando a digestibilidade dos aminoácidos, complementando a ação das proteases endógenas. Dois grupos estão sendo mais pesquisados. O primeiro é uma protease serina hidrolase, com efeitos interessantes sobre os aminoácidos limitantes, incrementando em média a digestibilidade total dos aminoácidos em 5,5%, com maiores efeitos sobre as proteínas de origem animal. A segunda, uma histidina hidrolase, também efetiva em aumentar a digestibilidade dos aminoácidos de proteínas vegetais. Essas enzimas têm papel importante na redução da suplementação dos aminoácidos limitantes das dietas de frangos de corte contribuindo para redução dos custos de produção e, sobretudo, com redução da excreção de N para o meio ambiente.

Outro grupo de enzimas com boas possibilidades de uso são as carboidrases. As principais são as que auxiliam na digestão dos PNAs (polissacarídeos não amiláceos solúveis). Esses compostos alteram a viscosidade da digesta, reduzindo os efeitos principalmente das enzimas endógenas. O farelo de soja possui grandes quantidades desses compostos (27-30%) que influencia de forma significativa o aproveitamento energético para aves. A utilização dessas

enzimas podem incrementar os valores de EMAn desse ingrediente em até 6%, somando mais de 130 kcal de EMAn. Os efeitos em sua maioria são indiretos, com a melhoria na digestibilidade dos aminoácidos e do amido. A amilase também tem sido estudada com possibilidades de uso interessante. As aves em sua fase inicial de criação não possuem digestibilidade alta para o amido, sendo que o uso dessa enzima auxilia na ação da amilase endógena para incrementar a digestibilidade do amido. Além desse fato, os milhos híbridos de alta produção tem alterado a relação amilose/amilopectina e este fato tem afetado a velocidade de digestão do amido. A enzima também tem reduzido as diferenças de digestibilidade ileal do amido dos diferentes tipos de amido, com diferentes relação amilose/amilopectina. O frangos de corte moderno tem alta capacidade de consumo sendo que essa hiperfagia na última semana de criação também tem afetado a digestibilidade do amido. Pesquisas indicam redução dos valores de EMAn na ultima semana de criação devido a essa característica do frangos, havendo claro descompasso entre a produção de amilase endógena e a quantidade de amido a ser digerido pela ave. Outros complexos de enzimas com xilanases, arabinases, β-glucanases, entre outras, também tem sido estudadas com efeitos positivos auxiliando no aproveitamento nutricional dos ingredientes, mesmo a base de milho e farelo de soja como é o caso brasileiro.

De qualquer forma, essas enzimas são ferramentas que auxiliam na melhoria da eficiência das rações, por outro lado, cuidados especiais devem ser tomados quando se utiliza várias enzimas em uma mesma ração. Os efeitos principalmente sobre a energia podem não ser somatórios. A maneira mais aplicável na prática é considerar apenas o efeito principal da enzima não observando os efeitos indiretos, como é o caso das fitases e proteases, que podem ser maiores ou menores, dependendo dos efeitos que se busca. Neste caso o risco de desbalanceamento da ração é menor do que o efeito indireto real como somatório final.

Considerações finais

- O desempenho zootécnico não deve priorizar sobre o desempenho econômico na produção de carne de frangos de corte,
- As rações devem ser formuladas com valores nutricionais ajustados dos ingredientes (Aminoácidos, P, digestibilidade e energia) e de exigências para maximizar a utilização dos nutrientes,

- Os ensaios experimentais até então realizados indicam que a suplementação de rações de das aves com enzimas proporciona melhoria no desempenho zootécnico e econômico da produção,
- As enzimas tem papel fundamental na redução da poluição ambiental proveniente das excretas das aves.

Referencias bibliográficas

ANDERSON, R. J. The hydrolysis of phytin by the enzyme phytase contained in wheat bran. J. Biol. Chem. 20: 475, 1915.

ANGEL, C.R., SAYLOR, W.W., VIEIRA, S.L., WARD, N.E. Effects of a monocomponent protease on performance and protein utilisation in 7-22 day-old broiler chickens. Poult. Sci 90, 2281-2286, 2011 .

BERTECHINI, A.G.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. E OLIVEIRA, A.I.G. Efeitos da temperatura ambiente e nível de energia da raçao sobre o desempenho e a carcaça de frangos de corte. Revista SBZ, 20 (3):218-228, 1991.

BERTECHINI, A. G., CARVALHO, J.C.C.; MESQUITA, F.R.; CASTRO, S.F.; MENEGHETTI, C.; SORBARA, J.O.B. Use of a protease to enhance the utilization of soybean meal amino acids by broilers.
Poult. Sci. 88(Suppl. 1):69. 2009 (Abstr.)

BOUGOUIN , A.; APPUHAMY , J.A.D.R.N.; KEBREAB, DIJKSTRA, E.J.; KWAKKEL, R.P. AND FRANCE, J. Effects of phytase supplementation on phosphorus retention in broilers and layers: A meta-analysis. Poultry Science 93 :1981–1992, 2014.

DOZIER, W. A. III, J. L. PURSWELL, M. T. KIDD, A. CORZO, AND S. L. BRANTON. 2007B. Apparent metabolizable energy needs of broilers from two to four kilograms as influence by ambiente temperature. J. Appl. Poult. Res. 16:206–218.

GAO C.Q., MA, Q.G.; JI, C.; LUO, X.G.; TANG, H.F. AND WEI, Y.M. Evaluation of the compositional and nutritional values of phytase transgenic corn to conventional corn in roosters. Poult. Sci. 91(5): 1142-1148, 2012.

GREINER, R.; ALMINGER, M.; CARLSSON, N.G. Stereospecificity of *myo*-inositol hexakisphosphate dephosphorylation by a phytate-degrading enzyme of baker's yeast. J. Agric. Food Chem. **49**: 2228-2233, 2001.

NELSON, T. S. The utilization of phytate P by poultry-A review. Poult. Sci. 46:862, 1967.

PADGETTE, S.R.; TAYLOR, N.B.; NIDA, D.L.; BAILEY, M.R.; MACDONALD, J.; HOLDEN., L.R.; FUCHS, R.L. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional

soybeans. Journal of Nutrition, v.126, p.702-716, 1996.

RAGON, R.; AUMELAS, A.; CHEMARDIN, P.; GALVEZ, S.; MOULIN, G.; BOZE, H. Complete hydrolysis of myo-inositol hexakisphosphate by a novel phytase from Debaryomyces castellii CBS 2923. Applied Micr. And Biot., 78(1):47-53, 2008.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal - SP. FUNEP 283p., 2007.

RECENTES AVANÇOS EM NUTRIÇÃO DE PEIXES

Priscila Vieira Rosa[1]; Marinez Moraes de Oliveira[1]

Email: priscila@dzo.ufla.br

[1]Universidade Federal de Lavras- Lavras/MG

1. Introdução

A nutrição tem um papel relevante na cadeia produtiva de peixes, uma vez que cerca de 70% dos custos de produção da piscicultura se devem aos gastos com ração. Nutrição sempre foi e sempre será o gargalo da aquicultura no Brasil e no mundo. Os principais pontos críticos da nutrição de peixes incluem o conhecimento das exigências nutricionais, da composição dos alimentos e o consumo de ração. Nos últimos anos temos duas publicações que devem ser ressaltadas, a publicação do Nutrient Requirements of Fish and Shrimp (2011) e do Nutriaqua (2012), em ambos são discutidos principalmente os nutrientes mais importantes na nutrição de peixes e no Nutriaqua também apresentam as exigências nutricionais das principais espécies nativas cultivadas no Brasil. Tanto nas publicações referidas anteriormente, como nos principais periódicos publicados na área, nota-se a preocupação crescente com os nutrientes que além de desempenharem as funções nutricionais conhecidas, contém substâncias que atuam no organismo modulando funções bioquímicas e/ou fisiológicas, que resultam em maior proteção à saúde.

2. Ácidos Graxos

Os ácidos graxos continuam sendo um dos nutrientes menos compreendido na produção aquícola e isso é reflexo da complexidade do metabolismo dos lipídeos. Além de suas funções clássicas, atualmente as atenções estão voltadas para o papel dos ácido graxos essenciais (AGE) como reguladores do metabolismo celular e fisiologia animal.

Os ácidos graxos podem modular os fatores de transcrição gênica (principalmente SREBP-1, PPARγ e C/EBPα), as funções de primeiro e segundo mensageiro, a formação de

eicosanóides, a liberação de citocinas, as funções de receptores e a composição da membrana celular (Andrade et al., 2006).

Os diferentes ácidos graxos modulam os processos lipogênicos no organismo, porém, o grau dessa influência irá depender da espécie em questão. Os ácidos graxos da série ômega-3 reduzem lipogênese, diminuindo o extrato etéreo da carcaça (Shimeno et al., 1995) em *Cyprinus carpio;* Ferreira et al., 2011 e Ribeiro et al., 2011 em *Oreochromis niloticus* e Ribeiro et al., 2013 em *Piaractus mesopotamico*). Este efeito pode ser realizados por diferentes mecanismos como a inibição das enzimas lipogênicas ácido graxo sintetase (FAS), glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD) e a enzima málica (ME) (Ribeiro et al., 2011; 2013) e também provavelmente, como ocorre em ratos, pela inibição da transformação de pré-adipócitos em adipócitos maduros ou apoptose de adipócitos (Todorčević et al., 2008; 2009).

Os ácidos graxos poliinsaturados (AGP) têm um papel essencial no desenvolvimento e controle de respostas inflamatórias. Eles são importantes componentes das membranas plasmáticas que são essenciais no controle de vias de sinalização de membrana, incluindo as "lipids raft". Além disso, os ácidos graxos altamente insaturados (PUFAS) modulam a síntese de eicosanóides que agem sobre as células do sistema imunológico e do processo inflamatório que modulam a intensidade e a duração da resposta inflamatória nos seres humanos e de peixe (Uribe et al., 2011). No entanto, os estudos com a suplementação de PUFA na dieta de peixes têm mostrando controvérsias nos resultados entre as diferentes fontes de ácido graxos e a espécies de peixes estudada. Os efeitos dos ácidos graxos sobre o sistema imune dos peixes foram compilados na revisão de Kiron et al., (2012). Vale ressaltar os trabalhos mais recentes como o de Li et al (2013), que observou efeitos positivos dos ácidos graxos da série n-6 sobre o sistema imunológico em tilápias,com aumento nos níveis de Ig, entretanto não foi observado efeito sobre a imunidade adaptativa, e o de Benitez-Dorta et al. (2013), onde estabelece relação entre as diferentes fontes de ácidos graxos sobre os receptores de cortisol em Solea *senegalensis*, demonstrando que além das ações já conhecidas dos ácidos graxos sobre o sistema imune, eles também exercem efeitos sobre os níveis de cortisol plasmático e receptores de cortisol, portanto alterando a resposta ao estresse e conseqüentemente alterando a resposta imunológica.

Como os ácidos graxos modulam a resposta fisiológica, teríamos que incluir relações entre ácidos graxos da série n-3/n-6 distintas em função da resposta que estamos esperando, ou seja, uma relação para desempenho, uma para característica de carcaça, uma relação para resposta imunológica e uma relação para situação de estresse. Outro fator a se levar em conta é a dificuldade de avaliarmos a modulação de um ácido graxo isolado uma vez que a grande maioria dos trabalhos realizados são feitos com adição de diferentes óleos que apresentam uma mistura de ácidos graxos.

3.Prebióticos e Probióticos

Dentre os imunoestimulantes mais utilizados na aquicultura, os probióticos comumente são relatados por afetar positivamente a resposta imune inata, e a resistência a doenças em animais aquáticos (Nayak, 2010). Além disso, os prebióticos também constitui uma estratégia complementar e eficaz para o controle de doenças, dentre eles os mananoligossacarídeos (MOS), frutoligossacarídeos (FOS), inulina e vitamina C (Ibrahem et al., 2010; Torrecillas et al., 2007; Zhou et al., 2010). Assim, durante a última década, a aplicação de ambos, os prebióticos e probióticos visam aproveitar seus potenciais controles patogênicos o que acrescenta na aquicultura (Zhang et al., 2013).

Os prebióticos são definidos como um ingrediente alimentar não-digerível, que afeta beneficamente o hospedeiro ao estimular seletivamente o crescimento e/ou a atividade de um ou de um limitado número de bactérias no intestino. Apesar dos potenciais benefícios para a saúde e desempenho, conforme observado em vários animais terrestres, o uso de prebióticos na criação de peixes, crustáceos e moluscos é pouco investigada. Estudos com prebióticos em peixes passa pela avaliação de diversos parâmetros, dentre eles o seu efeito sobre o crescimento, conversão alimentar, microbiota intestinal, dano celular/morfológico, resistência contra bactérias patogênicas e parâmetros de imunidade inata (Ringo et al.; 2010).

Estudos sobre a utilização da hidrolise de frutoligossacarídeos (FOS) em salmão do atlântico (Grisdale-Helland et al. 2008) e tilápia híbrida (*O. niloticus x O. aureus*) (Zhou et al. 2009) e de mananoligossacarídeos (MOS) para catfish (Welker et al. 2007), esturjão do golfo (Pryor et al. 2003) e tilápia híbrida (Genc et al. 2007) não proporcionaram alteração no desempenho. Em contraste, avaliações em larvas de turbot alimentadas com FOS (Mahious et

al. 2006), e european sea bass (Torrecillas et al. 2007), truta arco-íris (Staykov et al 2007; Rodrigues-Estrada et al. 2008) e tilápia do nilo (Samrongpan et al., 2008) alimentadas com MOS apresentaram melhoras no crescimento.

Estudos em tilápia (Wang and Wang 1997; He et al. 2003; Samrongpan et al. 2008; Hui-Yuan et al. 2007; Zhou et al. 2009), carpa capim (Wang and Wang 1997), salmão do ártico (Ringo et al. 2006), salmão do atlântico (Bakke-McKellep et al. 2007; Refstie et al. 2006), turbot (Mahious et al. 2006), caspian roach (Soleimani et al. 2012), carpa prateada (Kuhlwein, et al. 2013), catfish (Welker et al. 2007), pargo europeu (Torrecillas et al. 2007), truta arco-íris (Yilmaz et al. 2007; Dimitroglou et al. 2008; Rodrigues-Estrada et al. 2008) e esturjão do golfo (Pryor et al. 2003) avaliaram o efeito dos prebióticos sobre a microbiota intestinal, dano celular/morfológico, resistência contra bactérias patogênicas e parâmetros de imunidade inata.

Os probióticos são atualmente definidos como "micro-organismos vivos que, quando consumidos em quantidades adequadas, conferem um efeito saudável ao hospedeiro" (FAO e WHO 2001; FAO e WHO 2002). A idéia do efeito benéfico das bactérias é de fato muito antigo, com relatos do tratamento de gastrenterites desde o início do século XII (Butel 2014). Algumas características da estirpe bacteriana são preconizadas para caracterizá-la como probiótico (FAO e WHO 2001; FAO e WHO 2002). Em primeiro lugar, a estirpe deve chegar ao seu local de ação, geralmente o intestino, e, portanto, deve sobreviver ao estresse fisiológico encontrado durante a sua ingestão: ácido estomacal, pH intestinal e a presença de sais biliares. Somente após esse passo ela deve provar seu efeito benéfico. Sua ingestão não pode provocar qualquer risco para o hospedeiro. Além disso, ele deve manter as suas características e permanecer estáveis durante o processo de produção e a sua conservação na matriz em que foi incorporado (Butel, 2014).

Nos últimos anos, estudos com probióticos têm uma abordagem não convencional, com inúmeros efeitos favoráveis na produção de peixe: melhora na atividade da microbiota gastrintestinal e no estado imunológico, resistência a doenças, sobrevivência, enriquecimento da eficiência alimentar e do desempenho (Bidhan et al. 2014). Estudos com turbot (Gatesoupe 1997; Garcia et al. 1997; Ringo and Vadstein 1998; Skjermo et al. 1997; Hjelm et al. 2004), bacalhau do atlântico (Gildberg et al. 1997; Joborn et al. 1997), atlântico do salmão (Austin et

al. 1995; Robertson et al. 2000) tilápia do nilo (Naik et al. 1999; Salah Mesalhy et al. 2008; Pirarat et al. 2011), truta arco-íris (Gram et al. 1999; Nikoskelainen et al. 2001; Irianto and Austin, 2002a,b; Panigrahi et al. 2004; Korkea-aho et al. 2011; Perez-Sanchez et al. 2011) *Labeo rohita* (Ghosh et al. 2004; Mohapatra et al. 2012; Nayak et al. 2007; Giri et al. 2013), carpa comum (Ayyaru and Venkatesen, 2011; Vignesh et al. 2011) e linguado (Ines et al. 2012) avaliaram o efeito dos probióticos em diferentes parâmetros de respostas, dentre eles o desempenho, sobrevivência e resposta imune inata. Geralmente, os probióticos apresentam resultados promissores no crescimento em peixes (Al-Dohail et al. 2009; Saenz de Rodriguez et al. 2009), através da melhora na eficiência alimentar, bem como conferindo proteção contra bactérias nocivas por exclusão competitiva, produção de ácidos orgânicos, peróxido de hidrogênio e vários outros compostos (Zhou et al 2009; Rahiman et al 2010; Abdullah et al 2011; Youping et al 2011; Tapia et al 2012; Lin et al 2012; Zhang et al. 2012).

A inclusão de aditivos específicos na alimentação de peixes pode melhorar a saúde, a proteção contra patógenos e também reduzir os custos de manutenção (Talpur and Ikhwanuddin, 2013). Como se trata de um produto natural, os probióticos apresentam grande potencial para aumentar a eficácia e a sustentabilidade da produção aquícola (Bidhan et al. 2014), assim como alguns prebióticos.

Alguns resultados contraditórios obtidos em peixes com a utilização de probióticos podem estar em função dos peixes apresentarem características peculiares, como serem animais aquáticos que vivem em contato com diferente patógenos presentes na água e eles não controlam a temperatura corporal e geralmente os trabalhos com probióticos são realizados em condições de temperatura controlada e, em sistema de cultivo convencional, eles estão submetidos a variação de temperatura que podem alterar a população de microorganismo no intestino. Também as rações comerciais para os peixes são extrusadas e a estatibidade térmica destes probióticos devem ser mantidas neste processo.

4. Aminoácidos funcionais – novo conceito

Recentes avanços em bioquímica e fisiologia associados à nutrição envolvendo sinalização celular, receptores acoplados a proteína, a via mTOR e moléculas gasosas (ex. NO, CO and H_2S) resultaram em um novo conceito de ‘’aminoácidos funcionais’’. Este é definido como aqueles aminoácidos que participam e regulam vias metabólicas chaves que

melhoram a saúde, sobrevivência, crescimento e desenvolvimento animal. O termo ‘’aminoácidos funcionais’’ inclui arginina, glutamina, glutamato, triptofano, prolina, leucina, glicina e cisteína aminoácidos conhecidos por melhorar a utilização de nitrogênio pelos animais (Wu, 2013; Rezaei et al., 2013).

Alguns aminoácidos que são sintetizados pelos animais podem ser classificados como ‘’condicionalmente essenciais’’ uma vez que as taxas de utilização são maiores que a síntese sob determinadas condições como recém nascidos, lactação, gestação, injúrias, infecções, estresse térmico (Wu, 2009). Esses aminoácidos condicionalmente essenciais incluem glutamina, arginina, prolina, glicina e taurina assim classificados com base em crescimento ou balanço de nitrogênio (Wu 2013).

AMINOÁCIDO	FORMA	FUNÇÕES
Arginina	Diretamente	Ativação de vias de sinalização de mTOR e AMPK; antioxidante; regulação da secreção de hormônios; ativação alostérica de N-acetilglutamato sintetase; detoxificação; regulação da expressão de genes; função imune; ativação da síntese de tetrahidrobiopterin; fonte de nitrogênio e metilação de proteínas
	Óxido Nítrico	Mólecula de sinalização; regulação da ingestão de alimentos; metabolismo de nutrientes; tônus vascular; hemodinâmica; angiogênese; espermatogênse; embriogênese; fertilidade; efeito citotóxico a vírus e microosrganismos; secreção hormonal; cicatrização; neurotransmissor; biogênese mitocondrial; metabolismo energético e função celular
	Ornitina	Detoxificação de ammonia; síntese de prolina, glutamato e poliaminas; integridade mitocondrial e cicatrização
Glutamina	Glutamina	Fonte de ATP; principal combustível para células em intensa proliferação; regulação do turnover protéico via mTOR; regulação do volume celular; expressão gênica; função imune; inibi a apoptose; síntese de purinas, pirimidinas, orinita, citrulina, arginina, prolina e asparagina, fonte de nitrogênio; síntese de NAD(P)
Treonina	Treonina	Síntese de mucinas da barreria intestinal e do tegumento; função imune, fosforilação de proteínas, síntese de glicina e glicolisação ligada a O

Esses aminoácidos modulam a sinalização celular via três mecanismos principais: (1) vários tipos de proteínas kinase (incluindo mTOR, proteína kinase ativada por AMP, kinase dependente de cGMP, kinase dependente de cAMP e proteína kinase ativadora de mitogênese), (2) receptores acoplados a proteína G e (3) moléculas gasosas, incluindo NO, CO e H_2S. A ativação desses mecanismos celulares por esses aminoácidos condicionalmente essências modulam a expressão de genes, de micro-RNA, sinalizadores celulares, fluxo sanguíneo, metabolismo e transporte de nutrientes, crescimento e metabolismo de microbiota intestinal, resposta antioxidante e em resposta imune inata e celular (Wu, 2013).

O intestino é um dos tecidos mais metabolicamente ativos do corpo. Em leitões, intestino, pâncreas, rim e estômago representam apenas de 4-6% da massa corporal, mas são responsáveis por 25% da produção de CO_2 e de 20-50% do turnover protéico (Schaart et al., 2005).

Após a digestão, parte dos aminoácidos é utilizada pelo intestino e parte é drenado intacto para os outros órgãos. O catabolismo da glutamina, glutamato e aspartato fornece a maior parte do ATP necessário para manter a integridade e funções intestinais. Praticamente todo glutamato e aspartato, 70% da glutamina e 40% da prolina da dieta são catabolizados no intestino em animais jovens. Apenas 5% glutamato e aspartato, 33% da glutamina e 60% da prolina chegam à circulação portal (Wu, 2010). A taxa de degradação dos aminoácidos da dieta no intestino é maior para glutamina seguido de glutamato, aspartato e prolina. Abaixo se encontra um resumo das principais funções da arginina, glutamina e treonina no sistema gastrointestinal.

Resumo das funções dos "aminoácidos funcionais" no sistema gastrointestinal

Glutamina e Arginina

A suplementação de Arginina em dietas para *Ictalurus punctatus* em níveis crescentes (0.5%, 1%, 2% e 4% na matéria seca) resultou em melhorias significativas no ganho de peso, eficiência alimentar, taxa de eficiência protéica, retenção de proteína e deposição de proteína e arginina (Pohlenz et al., 2014). Peixes suplementados com 4% de arginina tiveram altos valores para todos os parâmetros analisados. A suplementação de 2% promoveu melhorias similares ao nível de 4% com exceção da retenção de proteína, deposição de proteína e arginina. Por outro lado, peixes alimentados com 0,5% de arginina tiveram os piores resultados. Ambos, a produção de ânion superóxido por fagócitos e a explosão respiratória em

neutrófilos foram significativamente críticos em dietas com 0,5% de arginina. Assim, arginina se mostrou indispensável não só para otimizar a utilização de nitrogênio para o crescimento, mas também para garantir as funções do sistema imune e a saúde (Pohlenz et al., 2014).

Outro estudo dos efeitos da suplementação de arginina em dietas para *Ictalurus punctatus* sobre resposta imune *in vitro* e desafiada com bactéria *Edwardsiella ictalur* (Pohlenz et al., 2012a). Foram utilizados meios de cultura constituídos de arginina ou glutamina isoladas e a suplementação de ambos simultaneamente (GLN 0.5 mM, GLN 1 mM, ARG 0.5 mM, ARG 1 mM, ARG+GLN 0.5 mM, ARG+GLN 1 mM).

Os níveis de glutamina e arginina foram reduzidos no meio de cultivo durante a inoculação da bactéria (38%; 18%), a proliferação de células do sistema imune (52%; 46%). Além disso, a capacidade de fagocitose e habilidade do natural killer em matar células foi significativamente reforçada pela suplementação de arginina, independente da suplementação de glutamina (Pohlenz et al., 2012a).

Híbridos de striped bass (*Morone chrysops*×*Morone saxatilis*) suplementados com arginina ou glutamina, 1% e 2% respectivamente resultaram em melhorias na produção de radicais oxidativos em neutrófilos, aumento na atividade da lizosima e aumento na produção intracelular de superóxido por macrófagos (Cheng et al., 2012).

De forma similar, a suplementação de arginina e/ou glutamina em 1% e 2% em *Sciaenops ocellatus* também resultou em melhorias na eficiência alimentar, na produção de radicais oxidativos e aumento na atividade da lizosima. Neste estudo, o efeito sinérgico da combinação entre arginina e glutamina foi evidente (Cheng et al., 2011).

É interessante ressaltar que a suplementação de arginina e glutamina ARG 4%, GLN 2% ou ARG+ GLN (4 and 2%, respectivamente) combinadas a vacinação e desafio bacteriano em dietas para *Ictalurus punctatus* resultou melhoria na resposta imune celular adquirida em peixes vacinados (Pohlenz et al., 2012b).

Treonina

As exigências de treonina para peixes apresentam variações discrepantes na qual os valores variam de 1.80% a 4.50% da proteína da dieta (NRC, 2011). Estudos da suplementação de treonina em carpa capim *Ctenopharyngodon idella* mostraram que dietas deficientes (0.73%) resultam em alterações no desenvolvimento e integridade intestinal que

incluem esfoliação das vilosidades, torções e fusão dos vilos, menor altura das vilosidades e espessura da serosa (Gao et al., 2014). Por outro lado, a suplementação de treonina neste estudo não afetou o crescimento ou a ingestão de alimentos. Além disso, a retenção de nitrogênio foi maior em dietas suplementadas com 1.03% de treonina, sem haver efeitos sobre a retenção dos demais aminoácidos (Gao et al., 2014).

Em outro estudo que investigou a suplementação de treonina em níveis crescentes (9.5, 12.5, 15.5, 18.5, 21.5 e 24.5 g/kg) para juvenis de carpa Jian *Cyprinus carpio* também mostrou efeitos positivos (Feng et al., 2013). O nível de treonina de 16.25 g/kg dieta (51.3 g/kg protein) resultou em melhor crescimento, maior capacidade de digestão e absorção, maior proliferação e diferenciação dos enterócitos, maior síntese de proteína e aumento na expressão de mTOR e 4E-BP2 (Feng et al., 2013).

A influência dos aminoácidos funcionais melhorando a morfometria e integridade do intestino e também na resposta imune em peixes já foram evidenciadas em alguns poucos estudos com peixes. A recomendação da inclusão destes aminoácidos com AF ainda é incipiente, uma vez que poucos trabalhos foram realizados e parte destes trabalhos foram realizados in vitro e não in vivo, portanto, isolando o efeito do metabolismo dos peixes. Mesmo os trabalhos realizados in vivo, não tiveram uma padronização, ou seja, alguns utilizaram dietas práticas e outros dietas purificadas e, as interferências de nutrientes e as reações de antagonismo e competição na de absorção destes aminoácidos funcionais poderiam estar alteradas.

5. Extratos Vegetais

Os extratos vegetais (EV) são extraídos por destilação a vapor de diferentes partes das plantas, como folhas, sementes, frutos, bulbo, rizomas e cascas. Seus princípios ativos são atribuídos principalmente aos óleos essenciais, compostos fenólicos e terpenos. Os compostos fenólicos podem ser divididos em fenois simples, fenois compostos e flavanóides. Os verdadeiros flavanóides são as antocianinas, as antoxantinas, as catequinas e as leucoantocianinas, sendo os dois últimos conhecidos como taninos. Os flavanóides e os fenois apresentam função antioxidante, seqüestrando radicais livres e algumas vezes fazendo quelatos com metais agindo na etapa de iniciação e propagação do processo oxidativo.

Os óleos essenciais em animais de produção atuam no trato gastrintestinal estimulando as secreções de enzimas digestivas, acelerando o esvaziamento gástrico, estimulando o apetite e aumentando a produção de muco e a absorção de glicose pelo intestino (Butolo,2005; Freccia,2014). Portanto a inclusão de EV promove um aumento na digestibilidade e absorção de nutrientes e no desempenho do animal.

Em peixes a utilização de EV sobre o desempenho foi revisado por Santos et al. 2009, efeitos positivos foi observado por Shalaby et al., 2006, utilizando 3% de extrato de alho para alevinos de tilapia do nilo, Kally e Kohler, 2003, utilizando 0,1% de Yuka para pós lavas de tilápia, Sivaram et al., 2004, utilizando o principio ativo de três plantas (Ocimum santum, Withania somnifera e Myristica fragrans) para garoupa(Epinephelus tauvina), Cho et al., 2007, utilizando 5% de folhas de chá verde para linguado(Paralichthys olivaceus) e também para linguado Ji et al., utilizando 0,5% de extrato vegetal(Crataegi fructus, Artemisia capillaries e Cnidium officinale) observou aumento no desempenho. Freccia et al., 2014, utilizando mistura de óleos essenciais(SALUTO$^{@)}$), para reprodutores de tilapias do nilo, não observou diferenças no desempenho, entretanto promoveu aumento na inclusão de proteínas no fígado e aumento no índice hepatossomático.

Os EV são conhecidos por exercerem uma ação antimicrobiana contra importantes patógenos incluindo os fungos (Özer et al., 2007). Em peixes a utilização de EV modulando o sistema imune inato e adaptativo foi revisado em publicações recentes (Galina et al., 2009; Harikrishnan et al., 2011 e Ringo et al., 2012).Os principais princípios ativos presentes em EV que atuam no sistema imunológicos são os alcalóides, flavanóides, pigmentos, compostos fenólicos, terpenóides, esteróides e óleos essenciais. Os EV podem melhorar tanto a resposta imune inata e adaptativa, exercendo efeitos na fagocitose, na atividade bactericida, na lisozima, no complemento, na célula "natural Killer" e na produção de anticorpos (Harikrishnana et al., 2011). A ação dos óleos essenciais é exercida diretamente pela capacidade dos de penetrarem na membrana celular das bactéria causando sua ruptura e liberação de íons e diminuindo o crescimento bacteriano e indiretamente aumentando a produção de muco no trato gastrintestinal impedindo a adesão de bactérias patogênicas (Windisch et al., 2008).

Em peixes a utilização de EV melhorando a resistência a doenças, foi observada para diferentes espécies e diferentes EV (Galina et al., 2009, Harikrishnan et al., 2011 e Ringo et al., 2012). Cho et al., 2013, utilizando 2% de extrato de Scutellaria baicalensis para Paralichthys olivaceus, observou redução no índice de mortalidade com infestação com Edwardsiella tarda.

As propriedades antioxidantes dos EV têm sido relatadas em vários trabalhos para humanos. Os radicais livres e os compostos reativos ao oxigênio (ROS), são gerados continuamente durante a vida e conseqüentemente adequado sistema de proteção, enzimático e/ou não enzimático, são requeridos para prevenir ou reparar os danos causados nos tecidos. Este fato é particularmente importante na aquacultura, pois os danos causados nos tecidos afetam a sáude e está diretamente relacionado com a qualidade e palatabilidade do produto final.

Em peixes os trabalhos sobre a inclusão de EV avaliando o estresse oxidativo são escassos. Os principais sistemas de proteção antioxidantes não enzimáticos incluem numerosos antioxidantes de baixo peso molecular, como glutationa reduzida (GSH), e várias vitaminas tais como a α-tocoferol (vitamina E) e o ácido ascórbico (vitamina C) . Já no sistema de proteção antioxidante enzimático incluem enzimas como a superóxido dismutase (SOD), que cataliza a reação $2O_2^- + 2H^+ = O_2 + H_2O_2$, a catalase (CAT), que cataliza a reação $H_2O_2 = 1/2\ O_2 + H_2O$ e a glutationa peroxidase (GPX), que cataliza a reação $H_2O_2 + 2GSH = GSSH + 2\ H_2O$. A glutationa redutase converte a glutationa oxidade (GSSH) em glutationa reduzida (GSH), utilizando o NADPH o qual converte em NADH. Foram identificadas em mamíferos 4 grupos de SOD, caracterizada de acordo com o a presença de metais (Fe, Ni, Mn a Cu-Zn), entretanto em peixes a isoenzima SOD somente contendo Mn e Cu-Zn, foram identificadas em peixes(Aksnes A & Njaa LR, 1981). Tipicamente, MN-SOD representa cerca de 5 a 20% do total da atividade de SOD em peixes, entretanto exceção foi observada para Argentina silus e O. mykiss que variaram de 48% a 94%, respectivamente. Perez-Jimenes et al.,2011, avaliando o efeito da inclusão de chá branco e metionina na dieta de Sparus auratus, observaram um aumento na atividade da Mn-SOD 75% maior no grupo que recebiam dieta com chá branco e atribuíram esta maior atividade em função da presença de Mn no chá branco.Observou também que o grupo que recebia dietas com chá branco apresentavam uma lipogênese reduzida e que embora não tivesse sido observada diferença

significativa na G6PDH, importante para a produção de NADPH, houve uma tendência a sua redução em função do aumento na inclusão do chá branco.

A dificuldade de se determinar a ação de um EV está na grande quantidade de princípios ativos presentes, que podem apresentar efeitos sinérgicos ou antagônico para a resposta que estamos avaliando. Quando se utiliza o extrato vegetal bruto a concentração dos princípios ativos podem ser variáveis em função no método de extração e das características do solo, das condições climáticas e da posição geográfica que a planta foi cultivada. Deve também salientar que os resultados obtidos em experimentos in vitro não apresentam necessariamente a mesma resposta in vivo e que os resultados obtidos para uma determinada espécie não podem ser extrapolados para outras.

6.Referencias bibliográficas

ABDULLAH, A.M., HASHIM, R., ALIYU, P.M. Evaluating the use of Lactobacillus acidophilus as a biocontrol gent against common pathogenic bacteria and the effects on the hae- matology parameters and histopathology in African catfish Clarias gariepinus juveniles. **Aquaculture Research,** v.42(2):196–209, 2011.

AL-DOHAIL, M.A., HASHIM, R., ALIYU-PAIKO,M. Effects of the probiotic, Lactobacillus acidophilus, on the growth per- formance, haematology parameters and immunoglobulin concentration in African catfish (Clarias gariepinus, Burchell 1822) fingerling. **Aquaculture Research**, v.40:1642–1652,2009.

ANDRADE, P.M.M., TAVARES, M.G. N-3 fatty acids: a link between eicosanoids, inflammation and immunity. **Metabólica**, v.8, n.3, p.135-143, 2006.

ANONYME. Report of a joint **FAO**/WHO Expert Consultation. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. http://www.fda.gov/ohrms/ dockets/dockets/95s0316/95s-0316-rpt0282-tab-03-ref-19-joint-faowho- vol219.pdf. London, Canada, April 2002.

AUSTIN B, STUCKEY L, ROBERTSON P, Effendi I. GriffithDA probiotic strain of Vibrio alginolyticus effective in reduc- ing diseases caused by Aeromonas salmonicida, Vibrio anguillarum and Vibrio ordalii. **Journal of Fish Diseases**, v.18:93–96, 1995.

AYYARU, G., VENKATESAN, A. Inhibitory activity of probiotic Enterococcus faeciumMC13 against Aeromonas hydrophila confers protection against hemorrhagic septicemia in com- mon carp Cyprinus carpio. **Aquaculture International**, v.19:973–985, 2011.

BAKKE-MCKELLEP, A.M., PENN, M.H., SALAS, P.M., REFSTIE, S., SPERSTAD, S., LANDSVERK, T., RINGØ, E. & KROGDAHL, A˚ . Effects of dietary soybean meal, inulin and oxytetracycline on gastrointestinal histological characteristics, distal intestine cell proliferation and intestinal microbiota in Atlantic salmon (Salmo salar L.). **British Journal of Nutrition**, v.97, 699–713, 2007.

BENÍTEZ-DORTA, V., CABALLERO, M.J., IZQUIERDO, M., MANCHADO, M., INFANTE, C., ZAMORANO, M.J., MONTERO, D. Total substitution of fish oil by vegetable oils in Senegalese sole (Solea senegalensis) diets: effects on fish performance, biochemical composition, and expression of some glucocorticoid receptor-related genes. **Fish Physiology Biochemichal**, v.39, p. 335-49, 2013.

BUTEL, M.J. Probiotics, gut microbiota and health. **Médecine et maladies infectieuses,** 1–8,2014.

BUTOLO,J.E. Alimentos funcionais. In: I Simpósio Internacional de Nutrição e Saúde de Peixes. **Anais**...Botucatu, p.1-13,2005.

CHENG, Z.; BUENTELLO, A.; GATLIN III, D. M. Effects of dietary arginine and glutamine on growth performance, immune responses and intestinal structure of red drum, Sciaenops ocellatus. **Aquaculture,** v.319, p. 247–252, 2011.

CHENG, Z.; GATLIN III, D. M.; BUENTELLO, A. Dietary supplementation of arginine and/or glutamine influences growth performance, immune responses and intestinal morphology of hybrid striped bass (Morone chrysops×Morone saxatilis). **Aquaculture,** v.362, p. 39–43, 2012.

CHO, S. H.; JEON, G. H. ; KIM, H. S.; KIM, D. S. ; KIM, C. Effects of Dietary Scutellaria baicalensis Extract on Growth, Feed Utilization and Challenge Test of Olive Flounder (Paralichthys olivaceus). Asian-Australasian. **Journal of Animal Sciences**, v.26(1), p.90-96. 2013.

DE, B. C., MEENA, D. K. et al. Probiotics in fish and shellfish culture: immunomodulatory and ecophysiological responses**. Fish Physiology and Biochemistry**, v.40(3): 921-971, 2014.

DIMITROGLOU, A., DAVIES, S. & SWEETMAN, J. The effects of dietary mannan oligosaccharides on the intestinal histology of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Abstracts/ **Comparative Biochemistry and Physiology,** S63, 2008.

FENG, L., PENG, Y., WU, P., HU, K., JIANG, W.D. Threonine Affects Intestinal Function, Protein Synthesis and Gene Expression of TOR in Jian Carp (Cyprinus carpio var. Jian). **PLoS ONE,** v.8(7) e69974, 2013.

FERREIRA, M.W.; ARAUJO, F.G.DE; COSTA, D.V.; ROSA, P.V., P.; FIGUEIREDO, H.C.P.; MURGAS, L.D.S. influence of dietary oil sources on muscle composition and plasma lipoprotein concentrations in nile tilapia, Oreochromis niloticus. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.42, n.1, 2011.

FRECCIA,A.; SOUSA,S.M.N.; MEURER, F.; BUTZGE.,A.J.; MEWES.J.K.; BOMBARDELLI,R.A. Essential oils in the initial phase of broodstock diets of Nile Tilapia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34,n.1,p.1-7, 2014.

GALINA,J.; YIN,G.; ARDÓ,L.; JENEY,Z. The use of immunostimulating herbs in fish. An overview of research. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.35,p.669-676,2009.

GAO, Y.; YANG, H. J.; LIU, Y. J.; CHEN, S. J.; GUO, D. Q.; YU, Y. Y.; TIAN, L. X. Effects of graded levels of threonine on growth performance, biochemical parameters and intestine morphology of juvenile grass carp Ctenopharyngodon idella. **Aquaculture,** v. 424, p. 113–119, 2014.

GARCIA, T., OTTO, K., KJELLEBERG, S., NELSON, D.R. Growth of Vibrio anguillarum in salmon intestinal mucus. **Applied and Environmental Microbiology,** *v.*63:1034–1039, 1997.

GATESOUPE, F.J. Siderophore production and probiotic effect of Vibrio sp. associated with turbot larvae, Scoph- thalmus maximus. **Aquatic Living Resources,** v.10:239–246, 1997.

GENC, M.A., YILMAZ, E., GENC, E. & AKTAS, M. Effects of dietary mannan oligosaccharides (MOS) on growth, body compo- sition, and intestine and liver histology of the hybrid tilapia (Ore- ochromis niloticus x O. aureus). **Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh,** v. 59, 10–16, 2007.

GHOSH, K., SEN, S.K., RAY, A.K. Growth and survival of rohu Labeo rohita (Hamilton) spawn fed diets fermented with intestinal bacterium, Bacillus circulans. **Acta Ichthyologica Et Piscatoria,** v.34: p.155–165, 2004.

GILDBERG, A., MIKKELSEN, H., SANDAKER, H., RINGO, E. Probiotic effect of lactic acid bacteria in the feed on growth and survival of fry of Atlantic cod (Gadus Morhua). **Hydrobi- ologia,** v.35, p.279–285, 1997.

GIRI,S.S., SUKUMARAN, V., OVIYA, M. Potential probiotic Lactobacillus plantarum VSG3 improves the growth, immunity, and disease resistance of tropical freshwater fish, Labeo rohita. Fish Shellfish Immunol 34(2): **Acta Ichthyologica Et Piscatoria** v. 42, p.660–666, 2013.

GRAM L, MELCHIORSEN J, SPANGGAARD B, HUBER I, NIELSEN T Inhibition of Vibrio anguillarum by Pseudomonas fluorescens strain AH2 a possible probiotic treatment of fish. **Applied and Environmental Microbiology**, v.65:969–973, 1999.

GRISDALE-HELLAND, B., HELLAND, S.J. & GATLIN, D.M. III The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galsctooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (Salmo salar L.). **Aquaculture**, 283, p.163–167, 2008.

HARIKRISHNAN,R.; BALASUNDARAM,C.; SOO HEO, M. Impact of plant products on innata and adaptive immune system of culture finfish and shellfish. **Aquaculture**, v.317,p.1-15, 2011.

HJELM M, BERGH Ø, RIAZA A, NIELSEN J, MELCHIORSEN J, JENSEN S, DUNCAN H, AHRENS P, BIRKBECK H, GRAM L. Selection and identification of autochthonous potential probiotic bacteria from turbot larvae (Scophthalmus maximus) rear- ing units. **Syst Appl Microbiol,** v.27, p.360–371, 2004.

HUI-YUAN, L., ZHIGANG, Z., RUDEAUX, F. & RESPONDEK, F. Effects of dietary short chain fructo-oligosaccharides on intestinal microflora, mortality and growth performance of Oreochromis aureus # x O. niloticus $. **Chinese J. Anim. Nutr.,** v.19, p.1–6, 2007.

Ines,G., Dela, B., Lobo, C., Mariana, C., Leon-Rubio, .JM., Salvador, A., GemaPazos, L.M.L., Morinigo, M.A Influence of dietary administration of a probiotic strain Shewanella putrefaciens on Senegalese sole (Soleasenegalensis, Kaup 1858) growth, body composition and resistance to Photo- bacterium damselae subsp. piscicida. **Aquaculture Research**, v.43: 662–669, 2012.

IRIANTO, A.,AUSTIN, B. Probiotic in aquaculture. **Journal of Fish Diseases**, v.25:633–642, 2002.

IRIANTO, A., AUSTIN, B. Use of probiotics to control furunculosis in rainbow trout, Oncorhynchus mykiss (Walbaum). **Journal of Fish Diseases**, v.25:333–342, 2002.

KUHLWEIN, H., MERRIFIELD, D.L., RAWLING, M.D., FOEY, A.D. & DAVIES, S.J. Effects of dietary b-(1,3)(1,6)-D-glucan supplementation on growth performance, intestinal morphology and haemato-immunological profile of mirror carp (Cyprinus carpio L.). **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.98, p.279–289, 2013.

LI, E., LIM, C., KLESIUS, P.H., WELKER, T.L. Growth, Body Fatty Acid Composition, Immune Response, and Resistance to Streptococcus iniae of Hybrid Tilapia, Oreochromisniloticus × Oreochromisaureus, Fed Diets Containing Various Levels of Linoleic and Linolenic Acids. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.44, 1, p. 42–55, 2013.

LIN, S.H., GUAN, Y., LUO, L., PAN.Y. Effects of dietary chitosan oligosaccharides and Bacillus coagulans on growth, innate immunity and resistance of koi carp (Cyprinus carpio). **Aquaculture,** v.342–343:36–41, 2012.

MOHAPATRA S., CHAKRABORTY T., PRUSTY A.K., DAS P., PRASAD .PK., MOHANTA K.N. Use of different microbial probiotics in the diet of rohu (Labeo rohita) fingerlings: effect on growth, nutrient digestibility and retention, digestive enzyme activities and intestinal microflora. **Aquaculture Nutrition,**v.18, p.1–11, 2012.

MPA -Ministério da Pesca e Aquicultura. 2010. Produção de pescado aumenta 25%. Available at: <http//:www.mpa.gov.br/#imprensa/2010/AGOSTO/nt_AGO_19-08-Producao-de-pescado-aumenta> Accessed on: Sep. 25, 2011.

NAYAK S.K, SWAIN P., MUKHERJEE S.C. Effect of dietary supplementation of probiotic and vitamin C on the immune response of Indian major carp, Labeo rohita (Ham). **Fish Shellfish Immunol,** v.23, p.892–896, 2007.

NAYAK S.K. Probiotics and immunity: a fish perspective. **Fish Shellfish Immunol**, v.29, p.2-14. 2010

NIKOSKELAINEN S, SALMINEN S, BYLUND G, OUWEHAND AC. Characterization of the properties of human and dairy derived probiotics for prevention of infectious diseases in fish. Applied and Environmental Microbiology, v.67, p.2430–2435, 2001.

NUTRIAQUA – Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. **Ministério da Pesca e Aquicultura** (MPA), 2012.

NUTRIENT REQUIREMENTS OF FISH AND SHRIMP, NRC. **The Nacional Academies Press**, Washington.p.376, 2011.

ORTUÑO, J; ESTEBAN, J; MESEGUER, M.A. The effect of dietary intake of vitamins C and E on the stress response of gilthead seabream (Sparus aurata L.). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 14, p. 145–156, 2003.

PANIGRAHI A, KIRON V, KOBAYASHI T, PUANGKAEW J, SATOH S, SUGITA H. Immune responses in rainbow trout (On- corhynchus mykiss) induced by a potential probiotic bac- teria Lactobacillus rhamnosus JCM 1136. **Vet Immunol Immunopathol**, v.102, p.379–388. 2004.

PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; PERES, H.; RUBIO, V. C. , OLIVA-TELES, A. The effect of dietary methionine and white tea on oxidative status of gilthead sea bream (Sparus aurata). **British Journal of Nutrition**, v.108(07), p.1202-1209, 2012.

PEREZ-SANCHEZ T, BALCAZAR JL, GARCI´A Y, HALAIHEL N, VENDRELL D, DEBLAS I, MERRIFIELD DL, RUIZ-ZARZUELA I. Iden- tification and characterization of lactic acid bacteria iso- lated from rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) with inhibitory activity against Lactococcus garvieae. **Journal of Fish Diseases**, v.34, p.499–507, 2011.

PIRARAT N, PINPIMAI K, ENDO M, KATAGIRI T, PONPORNPISIT A, CHANSUE N, MAITA M. Modulation of intestinal mor- phology and immunity in Nile tilapia (Oreochromis niloti- cus)by Lactobacillus rhamnosusGG**. Res Vet Sci,** v.91, p.92–97, 2011.

POHLENZ, C.; BUENTELLO, A.; CRISCITIELLO, M. F.; MWANGI, W.; SMITH, R.; GATLIN III, D. M. Synergies between vaccination and dietary arginine and glutamine supplementation improve the immune response of channel catfish against Edwardsiella ictaluri. **Fish & Shellfish Immunology,** v.33, p. 543-551, 2012.

POHLENZ, C.; BUENTELLO, A.; J HELLAND, S.; GATLIN III, D. M. Effects of dietary arginine supplementation on growth, protein optimization and innate immune response of channel catfish Ictalurus punctatus (Rafinesque 1818). **Aquaculture Research**, v.45, p.491–500, 2014.

RAHIMAN KMM, JESMI Y, THOMAS AP, HATHA AAM. Probiotic effect of Bacillus NL110 and Vibrio NE17 on the survival, growth performance and immune response of Macrobrachium rosenbergii (de Man). **Aquaculture Research** ,v.41(9), p,120–134, 2010.

REFSTIE, S., BAKKE-MCKELLEP, A.-M., PENN, M.H., SUNDBY, A., SHEARER, K.D. & KROGDAHL, A˚ . Capacity for digestive hydrolysis and amino acid absorption in Atlantic salmon (Salmo salar) fed diets with soybean meal or inulin with or without addition of antibiotics. **Aquaculture**, v.261, p. 392–406, 2006.

REZAEI R., WEIWEI W., ZHENLONG W., ZHAOLAI D., JUNJUN W., GUOYAO W. Biochemical and physiological bases for utilization of dietary amino acids by young Pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.4, p.7, 2013.

RIBEIRO, P. A. P. ; LOGATO P. V. R. ; PAULA, D. ; MURGAS, L. D. S. ; FREITAS, R. T. F. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-nilo. Revista Brasileira de Zootecnia / **Brazilian Journal of Animal Science**, v.37, p.131-137, 2008.

RIBEIRO, P. A. P. ; ROSA, P.V. ; VIEIRA, J. S. ; GONCALVES, A. C. S. ; FREITAS, R. T. F. Perfil lipídico e composição química de tilápias nilóticas em diferentes condições de cultivo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, p.199-208, 2011.

RIBEIRO, P.A.P; ROSA,P.V.; COSTA,L.S.; PEREIRA,R.T.; MURGAS,L.D.S. Parâmetros metabólicos de pacus submetidos à alimentação com diferentes fontes de óleo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1035-1042, 2013.

RINGØ E, OLSEN RE, TØ GIFSTAD, DALMO RA, AMLUND H, HEMRE GI, ET AL. Prebiotics in aquaculture: a review. **Aquaculture Nutrition**, v.16, p.117-136, 2010.

RINGØ, E., SPERSTAD, S., MYKLEBUST, R., MAYHEW, T.M.& OLSEN, R.E. The effect of dietary inulin on bacteria associated with hindgut of Arctic charr (Salvelinus alpinus L.). **Aquaculture Research,** v.37, p.891–897, 2006.

RINGO,E.; OLSEN,R.E.; VECINO,J.L.G.; WADSWORTH,S.; SONG,S.K. Use of immunostimulants and nucleotides in aquaculture: a review. **J. Marine Sci. Res. Development**, v.2,p.1-22, 2012.

ROBERTSON PAW, O'DOWD C, BURRELLS C, WILLIAMS P, AUSTIN B. Use ofCarnobacteriumsp. as a probiotics forAtlantic salmon (Salmo salar L.) and rainbow trout (Oncorhynchus mykiss,Walbaum). **Aquaculture,** v.185, (3–4):235–243, 2000.

RODRIGUES-ESTRADA, U., SATOH, S., HAGA, Y., FUSHIMI, H. & SWEET- MAN, J. Studies of the Effects of Mannan-oligosaccharides, Enterococcus faecalis, and Poly Hydrobutyric Acid as Immune Stimulant and Growth Promoting Ingredients in Rainbow Trout Diets. 5th World fisheries Congress, Yokohama, Japan, October 20–25. **Abstract** 2d-1-5, 158p. 2008.

SAENZ DE RODRIGUEZ MA, DIAZ-ROSALES P, CHABRILLON M, SMIDT H, ARIJO S, LEON-RUBIO JM. Effect of dietary administration of probiotics on growth and intestine func- tionally of juvenile Senegalese sole (Solea senegalensis, Kaup1858). **Aquaculture Nutrition**, v.15, p.177–185, 2009.

SALAH MESALHY A, YOUSEF A, AHLAM A, MOAHMED FATHI M. Studies on B. subtilis and, Lactobacillus acidophi- lus, as potential probiotics, on the immuneresponse and resistance of Tilapia nilotica (Oreochromis niloticus)to challenge infections. **Fish Shellfish Immunol** 25:128–136, 2008.

SAMRONGPAN, C., AREECHON, N., YOONPUNDH, R. & SIRSAPOOME, P. Effects of mannan-oligosaccharides on growth, survival and disease resistance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus Linnaeus) fry. http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA8/Abstracts_Papers/ innapat?s%20full%20paper-Thailand.doc. 2008.

SANTOS, E.L.; LUDKE, M.; LIMA M.R. Extratos vegetais como aditivos em rações para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.6, n.1,p.789-800, 2009.

SCHAART, M. W; HENK SCHIERBEEK, SOPHIE R. D. VAN DER SCHOOR, BARBARA STOLL, DOUGLAS G. BURRIN, PETER J. REEDS AND JOHANNES B. VAN GOUDOEVER. Threonine Utilization Is High in the Intestine of Piglets. Nutrient Metabolism, **The journal of Nutrition** 2005.

SOLEIMANI, N., HOSEINIFAR, S.H., MERRIFIELD, D.L., BARATI, M. & ABADI, Z.H. Dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) improves the innate immune

response, stress resistance, digestive enzyme activities and growth performance of Caspian roach (Rutilus rutilus) fry. **Fish & Shellfish Immunology**, v.32, p.316-321, 2012.

STAYKOV, Y., SPRING, P., DENEV, S. & SWEETMAN, J. Effect of a mannan oligosaccharide on the growth performance and immune status of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). **Aquaculture International**, v.15, p.153–161, 2007.

TALPUR, A.D., IKHWANUDDIN, M. Azadirachta indica (neem) leaf dietary effects on the immunity response and disease resistance of Asian seabass, Lates calcarifer chal- lenged with Vibrio harveyi.**FishShellfish Immunol,** v.34, p.254–264, 2013.

TAPIA PA, DIAZ RP, LEON RJ. Use or the probiotic Shewanella putrefaciens Pdp11 on the culture of Senega- lenses sole (Solea senegalensis, Kaup 1858) and gilthead seabream (Sparaus aurata L). **Aquaculture International**, v.21, p.1–15, 2012.

TODORČEVIĆ, M. N-3 HUFAs affect fat deposition, susceptibility to oxidative stress, and apoptosis in Atlantic salmon visceral adipose tissue. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: **Biochemistry and Molecular Biology**, v.152, n. 2, p.135-143, 2009.

TODORČEVIĆ, M. Changes in fatty acids metabolism during differentiation of Atlantic salmon preadipocytes; Effects of n-3 and n-9 fatty acids. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - **Molecular and Cell Biology of Lipids**, v.1781, n.6-7, p. 326-335, 2008.

TORRECILLAS S, MAKOI A, CABALIERO MJ, MONTERO D, ROBAINA L, TORT L, ET AL. Im- mune stimulations and improved infection resistance in European sea bass (Dicentrarchus labrax) fed mannan oligosaccharides. **Fish Shellfish Immunol,** v.23, p.969-81, 2007.

VIGNESH V, KANIPANDIAN N, PARTHIBAN K, VASUKI B, NISHANTHINI A, THIRUMURUGAN R. Evaluation of Lactobacillus sp. as a probiotic for the growth of freshwater fish Cyprinus carpio. **International Journal of Fisheries and Aquaculture,** v.1, p.89–98, 2011.

WELKER, T.L., LIM, C., YILDIRIM-AKSOY, M., SHELBY, R. & KLESIUS, P.H. Immune response and resistance to stress and Edwardsiella ictaluri challenge in channel catfish, Ictalurus punct- atus, fed diets containing commercial whole-cell yeast or yeast subcomponents. **Journal World Aquaculture Society,** v.38, p.24–35, 2007.

WINDISCH, W.; SCHEDLE, K.; PLITZNER, C. AND KROISMAYR, A. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. **Journal of Animal Science** 86(E. Suppl.):E140-E148. 2008.

WU, G. Functional Amino Acids in Growth, Reproduction, and Health. **Advances in. Nutrition**. V.1, p. 31–37, 2010.

WU, G. Amino acids: **Biochemistry and Nutrition**. CRC Press, London. 2013.

WU, G.. Functional amino acids in nutrition and health. **Amino Acids,** v.45, p.407–411, 2013.

YILMAZ, E., GENC, M.A. & GENC, E. Effects of dietary mannan oligosaccharides on growth, body composition, and intestine and liver histology of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. **). Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh**, v.59, p.182–188, 2007.

YOUPING Y, DONGDONG M, SHIJIANG L, ZHONGKANG W. Effects on growth and digestive enzyme activities of the Hepialus gonggaensis larvae caused by introducing pro-biotics. **World J Microbiol Biotechnol**, v.27(3), p.529–533, 2011.

ZHANG CN, LI XF, XU WN, JIANG GZ, LU KL, WANG LN, LIU WB. Combined effects of dietary fructooligosaccharide and Bacillus licheniformis on innate immunity, antioxidant capability and disease resistance of triangular bream (Megalobrama terminalis). **Fish & Shellfish Immunology**, v.35, p.1380-1386, 2013.

ZHANG Q, TAN B, MAI K, ZHANG W, MA H, AI Q, WANG X, LIUFU Z. Dietary administration of Bacillus (B. licheni- formis and B. subtilis) and isomalto oligosaccharide influences the intestinal microflora, immunological parameters and resistance against Vibrio alginolyticus in shrimp, Penaeus japonicus (Decapoda: Penaeidae). **Aquaculture Research**, v.42, p.943–952, 2011.

ZHOU QC, BUENTELLO JA, GATLIN III DM. Effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (Sciaenops ocellatus). **Aquaculture**, v.309, p. 253-257, 2010.

ZHOU, Z., HE, S., LIU, Y., SHI, P., HUANG, G. & YAO, B. The effects of dietary yeast culture or short-chain fructo-oligosaccha- rides on the intestinal autochthonous bacterial communities in juvenile hybrid tilapia Oreochromis niloticus X O. aureus. **Journal World Aquaculture Society**, v.40, p.450–459, 2009.

Produção de juvenis de espécies nativas

Ronald Kennedy Luz

Laboratório de Aquacultura da Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos, 6627, CEP: 31270-901 Belo Horizonte, MG, Brasil. Tel: (31) 3409-2218. E-mail: luzrk@yahoo.com

Resumo - A larvicultura de peixes nativos ainda é a fase crítica na produção de juvenis em quantidade e qualidade para alavancar a produção destas espécies no Brasil. Este fato se deve ao grande número de espécies que vem sendo estudadas e a falta de continuidade nas pesquisas. A larvicultura pode ser realizada em sistema semi-intensivo. Neste tipo de sistema é feito preparo de viveiros através da calagem e adubação visando a produção do alimento natural. A larvicultura também pode ser realizada por alguns dias em laboratório, em condições totalmente controladas e, posteriormente, soltar as larvas em viveiros previamente preparados. Outro sistema de produção seria a larvicultura intensiva. Esta é realizada em laboratório até a produção dos juvenis para a comercialização. Este tipo larvicultura pode ser justificado para espécies de maior valor comercial. Na larvicultura intensiva podem-se empregar diferentes tipos de alimentos vivos (artêmia, branchoneta, larvas forrageiras, rotíferos, cladóceros entre outros). Além disso, existem vários manejos a serem considerados como a quantidade do alimento a ser oferecida, densidade de estocagem das larvas, uso de águas ligeiramente salinizadas, frequência de alimentação, fotoperíodo, luminosidade e substituição do alimento vivo pelo alimento formulado, que devem ser levados em consideração em função da espécie a ser produzida. Para a produção de peixes nativos é preciso intensificar as pesquisas para o desenvolvimento de pacotes tecnológicos, assim como fortalecer parcerias entre o setor público e privado.

Palavras chave: peixes neotropicais, larvicultura, alimento vivo, “weaning”.

1. Introdução

A produção de juvenis de peixes neotropicais, ainda hoje, pode ser considerada a fase de estrangulamento na piscicultura brasileira. Este fato se deve a falta de informações sobre biologia, ecologia e comportamento de várias espécies durante as fases iniciais de desenvolvimento. Como consequência, esta falta de informação se reflete em dificuldades quando há a tentativa de produzir juvenis destas espécies em condições de cultivo, sejam elas parcialmente ou totalmente controladas. Logo, o desenvolvimento de técnicas de produção e formação de pacotes tecnológicos, acaba sendo dificultada, sendo necessários estudos focados em determinadas espécies para a obtenção de informações consistentes e que possibilitem a produção de juvenis para atender a demando do mercado consumidor.

2. Reprodução

Para a realização da larvicultura de peixes, a reprodução é etapa fundamental no sucesso de obtenção de ovos e larvas. De maneira geral, podemos dividir as espécies em peixes migradores e peixes não migradores. As espécies de peixes não migradores, são aquelas que realizam a desova naturalmente em condições de cultivo, desde que haja a presença de machos e fêmeas aptos a reprodução e condições ambientais adequadas. Estas espécies apresentam como características a desova parcelada com cuidado parental. Como exemplos podemos citar o trairão *Hoplias lacerdae*, o pacamã *Lophiosilurus alexandri*, o pirarucu *Arapaima gigas*, o tucunaré *Cichla* sp., o oscar *Astronotus ocellatus* entre outras. Ao contrário, espécies de peixes migradores como, por exemplo, os surubins *Pseudoplatystoma* sp., dourados *Salminus* sp, curimbas *Prochilodus* sp., piaus *Leporinus* sp., os redondos *Piaractus mesopotamicus* e *Colossoma macropomum* entre outras, são espécies que em condições de cultivo não conseguem realizar a reprodução naturalmente. Neste caso, é necessária a intervenção humana através do processo de indução hormonal para o sucesso reprodutivo.

Assim, é preciso conhecer os diferentes protocolos de reprodução e o desenvolvimento inicial das várias espécies para o sucesso da larvicultura, uma vez que, o tempo desde a fertilização dos ovócitos até o início da alimentação exógena varia entre as diferentes espécies e é dependente de condições ambientais, como por exemplo, temperatura da água.

3. Larvicultura

A larvicultura de peixes pode ser realizada de forma semi-intensiva, intensiva e em um sistema misto entre a intensiva e a semi-intensiva.

3.1. Larvicultura Semi-intensiva

A larvicultura semi-intensiva vem sendo empregada comumente no Brasil na maioria das pisciculturas. Esta larvicultura é realizada em viveiros previamente preparados. A preparação dos viveiros consiste em fazer calagem para corrigir o pH, favorecer a decomposição da matéria orgânica entre outros. Além da calagem, é feita a adubação que pode ser orgânica ou inorgânica. Os adubos vão proporcionar nutrientes como nitrogênio e fósforo, por exemplo, para a produção primária, ou seja, dos organismos vivos (fitoplâncton, rotíferos, cladóceros e copépodos, principalmente). Estes são organismos microscópicos que servirão de alimento às larvas durante o desenvolvimento inicial. A preparação do viveiro deve ser realizada de maneira que este apresente boa produção de organismos vivos no momento em que as larvas apresentem a absorção quase total do vitelo e a boca e ânus abertos. Para tal, os manejos de fertilização devem ser acompanhados e avaliados regularmente para monitoramento da produtividade planctônica. Este acompanhamento pode ser feito com o uso do disco de Secchi, ou com auxílio de rede coletora de plâncton e avaliação sob lupa/microscópio para estimativas da quantidade e qualidade da produção natural.

As larvas devem ser soltas nos viveiros previamente preparados, tomando-se os cuidados de aclimatação dos animais e atentando para os valores de pH, oxigênio dissolvido e temperatura da água, sendo recomendado a soltura nas primeiras horas da manhã (Kubitza, 2004)

Apesar deste tipo de larvicultura ser muito utilizado no Brasil, apresenta alguns inconvenientes como: presença de predadores naturais, principalmente, larvas de odonata; inconsistência na produção de alimento natural em função de manejos inadequados de adubação ou condições de temperatura e luminosidade depois de realizada a adubação; manejos inadequados de soltura das larvas; problemas na qualidade da água entre outros.

Por estes motivos, este tipo cultivo pode resultar em taxas de sobrevivência muito variáveis entre diferentes larviculturas, o que pode levar a inconstância na produção de juvenis de diferentes espécies.

3.2. Larvicultura em Sistema Misto

A larvicultura em sistema misto consiste em manter as larvas por alguns dias em condições totalmente controladas, como será descrito em larvicultura intensiva. Neste período, as larvas receberão todas as condições necessárias como temperatura da água adequada, alimento em quantidade e de qualidade, dentre outros manejos. Após este período, as larvas serão soltas em viveiros previamente preparados como mencionado na larvicultura semi-intensiva.

A vantagem deste tipo de larvicultura é que, quando as larvas forem soltas nos viveiros, elas já estarão mais desenvolvidas, com maior tamanho, melhor capacidade de capturar presas e de fugir de possíveis predadores.

Em trabalho realizado com dourado *S. brasiliensis*, larvas no início da alimentação ativa foram soltas diretamente em viveiros preparados, enquanto outros lotes foram mantidos em laboratório por dois, quatro ou seis dias de alimentação ativa, para depois serem soltas em viveiros externos. Após 27 dias de larvicultura, os melhores resultados de sobrevivência e desempenho foram para os tratamentos onde os animais permaneceram por quatro e seis dias de alimentação ativa em laboratório antes da soltura nos viveiros. Para as larvas que foram soltas diretamente no viveiro ocorreu a mortalidade total (Mai e Zaniboni Filho, 2005).

Resultados que indicam este tipo de larvicultura como uma boa alternativa, também foram registrados para o pacu *P. mesopotamicus*. A larvicultura foi realizada soltando as larvas diretamente em viveiros ou mantendo os animais por três, seis ou nove dias em laboratório, para posterior soltura. Neste estudo foi registrado que a larvicultura foi mais eficiente em produção quando os animais foram mantidos por seis ou nove dias em condições controladas (Jomori et al., 2003). Após uma análise econômica entre estes tratamentos, foi verificado que o lucro seria de 0,27 dólares para a larvicultura com soltura direto no viveiro e de 11,99 e 13,16 dólares quando as larvas permanecem por seis e nove dias em laboratório, para cada 1000 indivíduos estocados, respectivamente (Jomori et al., 2005).

3.3. Larvicultura Intensiva

O sistema intensivo de larvicultura, realizado em laboratório, apresenta vantagens em comparação ao sistema semi-intensivo (larvicultura em viveiros externos), como, por exemplo, controle das características físicas e químicas da água, do alimento ofertado e das condições ambientais.

Na larvicultura intensiva pode-se adotar o sistema de fluxo contínuo de água ou sistema de recirculação de água.

No sistema de fluxo contínuo, a água passa pelos tanques uma vez e é descartada. Este tipo de larvicultura demanda grandes volumes de água, podendo ser limitada a algumas regiões. Apesar deste tipo de sistema manter a qualidade da água, principalmente, em relação aos compostos nitrogenados, pode apresentar o inconveniente de ter flutuações diárias na temperatura em função da fonte de abastecimento de onde é captada. Em pisciculturas e laboratórios de pesquisa que tem utilizado este sistema de fluxo contínuo, tem sido comum relatos de amplas variações de temperatura da água, principalmente no período noturno, o que tem acarretado prejuízos com a ocorrência de íctio *Ichthyophthirius multifiliis*. Além disso, medidas devem ser adotadas para evitar a introdução de patógenos e possíveis predadores no laboratório, assim como a ocorrência de água rica em matéria orgânica e materiais em suspensão.

Em contrapartida, no sistema de recirculação a água que passa pelos tanques é tratada em filtros mecânicos, biológicos, além de luz ultravioleta e ozonizador, dependendo do caso. Em seguida, a água é reutilizada durante a larvicultura, demandando menores volumes em relação ao sistema de fluxo continuo. A reposição diária neste tipo de sistema é devido a perdas de evaporação e limpezas dos filtros ou dos tanques. O sistema de recirculação de água permite, também, controle total dos parâmetros físico-químicos da água durante a larvicultura atendendo as necessidades específicas de cada espécie. Contudo, demanda mão de obra especializada e maiores custos iniciais de instalação do laboratório e compra de equipamentos.

4. Manejos na larvicultura intensiva

Durante a larvicultura intensiva existem vários manejos que devem ser considerados e avaliados em função da espécie a ser criada para o sucesso da produção dos juvenis.

4.1. Qualidade do alimento

Como alimento, neste tipo de larvicultura, pode-se empregar o zooplâncton natural (Luz e Zanibolni Filho, 2001; Hayashi et al., 2002; Feiden et al., 2006; Pedreira et al., 2008b). Este alimento é obtido da fertilização dos viveiros. Diariamente deve ser feita a coleta do zooplâncton para a alimentação das larvas no laboratório. Esta coleta é feita com auxílio de rede coletora de plâncton. Porém, o zooplâncton natural pode levar a pior desempenho das larvas

comparado a outros tipos de alimentos (Luz e Zaniboni Filho, 2001; Feiden et al., 2006) e conter copépodos predadores que podem causar mortalidade das larvas (Behr et al., 1997).

Para espécies carnívoras e espécies do gênero *Brycon*, pode-se utilizar larvas de peixes de menor valor comercial "larvas forrageiras" como alimento (Ceccarelli, 1997; Luz et al., 2000; Mai e Zaniboni Filho, 2005; Zaniboni Filho et al., 2006; Schütz e Nuñer, 2007; Luz, 2007; Schütz et al., 2008). Neste sentido, o produtor deve programar a reprodução da espécie forrageira em função da reprodução da espécie principal.

Outro organismo vivo é a branchoneta *Dendrocephalus brasiliensis*. Este é um microcrustáceo de água doce que pode ser utilizado na forma viva, seca ou congelada para espécies nativas (Lopes et al., 1998; Lopes e Neto, 2006; Carneiro et al., 2004; Lopes et al., 2006).

Apesar dos alimentos citados anteriormente, o organismo vivo que mais vem sendo utilizado e com sucesso para várias espécies nativas é a artêmia (Luz e Zaniboni Filho, 2001; Luz e Portella, 2002; Feiden et al., 2006; Campagnolo e Nuñer, 2006; Santos et al., 2007; Luz e Santos, 2008; Santos e Luz, 2009; Luz e Santos, 2010; Jomori et al., 20013). A artêmia é um microcrustáceo de água salgada. As vantagens da artêmia estão na aceitação pelas larvas desde a primeira alimentação, na facilidade de produção em laboratório (eclosão de cistos comprados comercialmente) e na qualidade nutricional. Além disso, apesar de ser um organismo de origem marinha, quando oferecido às larvas mantidas em baixas salinidades, tem seu tempo de sobrevida aumentado, em relação a água doce, permanecendo por mais tempo disponível na coluna de água para as larvas (Beux e Zaniboni Filho, 2006; Jomori et al., 2012).

Para algumas espécies tem-se relatado a larvicultura com uso de alimentos inertes desde a primeira alimentação (Koberstein e Durigan, 2001; Hayashi et al., 2002; Jomori et al., 2006). Contudo, para a grande maioria de espécies nativas, ainda existe a necessidade de um período inicial com alimento vivo, antes do fornecimento do alimento inerte. Porém, pesquisas para desenvolver dietas que atendam as exigências das larvas, sejam atrativas, palatáveis e apresentem granulometria adequada ainda são necessárias.

Com relação à qualidade do alimento a ser oferecido na larvicultura, cabe destacar ainda, que este manejo pode ter implicações diretas na resistência ao estresse das larvas e juvenis (Luz, 2007), ponto a ser considerado pelo produtor, uma vez que, ao final da larvicultura, os animais serão submetidos a uma série de manejos como, estimativa da

produção (contagem), despesca, jejum e transporte para as pisciculturas de engorda. Se os animais receberam um alimento inadequado durante esta fase, após estes manejos podem ocorrer problemas de mortalidade ou susceptibilidade a enfermidades, comprometendo a cadeia produtiva.

4.2. Quantidade de alimento

Durante muito tempo, em larviculturas, se ouviu falar em alimentação "*ad libitum*". Neste tipo de alimentação, não havia um controle do alimento a ser oferecido e o desperdício era comum. Na larvicultura do pacu *P. mesopotamicus*, os custos com alimentação e mão de obra representam, aproximadamente, 71% dos custos de produção em sistemas mais intensivos (Jomori et al., 2005).

Neste sentido, os manejos na larvicultura têm avançado, no intuito de se oferecer diariamente a quantidade de alimento necessária para o bom desenvolvimento das larvas. Para a alimentação podemos fazer estimativas do número de organismos vivos que devem ser oferecidos diariamente por larva. A literatura atual apresenta vários estudos onde foram comparadas diferentes concentrações diárias de presa (alimento vivo) para diversas espécies (Cestarolli et al., 1997; Luz e Zaniboni Filho, 2001; Luz, 2004; Beux e Zaniboni Filho, 2008; Santos e Luz, 2009; Santos et al., 2012; Jomori et al., 2013), fato que denota um melhor entendimento deste manejo alimentar, assim como racionalização e economicidade no emprego do alimento.

Como exemplos, na Tabela 1 há dois protocolos de alimentação para espécies neotropicais carnívoras, durante os primeiros dias de alimentação ativa.

Tabela 1. Protocolos de alimentação de duas espécies carnívoras, com náuplios de artêmia, durante os primeiros 15 dias de alimentação ativa.

	Náuplios de artêmia oferecidos diariamente por larva			
Espécie	1º ao 5º dia de alimentação ativa	6º ao 10º dia de alimentação ativa	11º ao 15º dia de alimentação ativa	Referência
Trairão	700 - 900	1.150 - 1.350	1.600 - 1.800	Luz (2004)
Pacamã	1.300 - 1.600	1.950 - 2.400	2.600 - 3.200	Santos et al. (2007)

4.3. Densidade de estocagem

A densidade de estocagem adequada é determinante em sistemas intensivos para a viabilidade econômica da larvicultura, uma vez que maximiza o aproveitamento da estrutura disponível, assim como o uso da água.

Larvas de pacamã *L. alexandri* podem ser criadas em densidades de até 60 larvas/L em sistema de água parada com renovações parciais diárias (Luz e Santos, 2008b) e em densidades de até 300 larvas/L, em sistema de recirculação de água (Cordeiro, 2012) sem ter o desempenho e sobrevivência afetados em relação a densidades menores. Para a larvicultura do trairão *H. lacerdae*, outra espécie carnívora, a densidade de estocagem pode variar de 10 a 90 larvas/L de água, sem ter efeitos negativos na sobrevivência e desempenho (Luz e Portella, 2005a). Já, para o pintado *P. corruscans*, foi verificado piora na sobrevivência com o aumento da densidade de 15 para 95 larvas/L, porém, sem efeito no desempenho (Campagnolo e Nuñer, 2006).

Assim como registrado para o pintado, para o mandi amarelo *Pimelodus maculatus* a densidade de estocagem também tem efeito negativo com sobrevivência de 35,6% na menor densidade de 5 larvas/L e de 20,6% na maior densidade testada de 30 larvas/L. Contudo, apesar deste efeito negativo na sobrevivência, três vezes mais indivíduos foram produzidos na maior densidade de estocagem (Luz e Zaniboni Filho, 2002). Desta forma, além da taxa de sobrevivência, o produtor deve levar em conta a produção final de indivíduos.

Densidades entre 20 e 60 larvas/L para a larvicultura de cascudo preto *Rhinelepis aspera* (Santos et al., 2012) e entre 5 e 25 larvas/L para a piracanjuba *B. orbignyanus* (Saccol-Pereira e Nuñer, 2003), podem ser utilizadas sem efeito negativo na sobrevivência e desempenho nos primeiros dias de vida.

Logo, percebe-se que a resposta a este manejo é espécie-específica e também poderá ser variável em função de diferentes manejos que possam ser adotados.

4.4. Frequência de alimentação

A frequência de alimentação diz respeito a quantas vezes ao dia as larvas devem ser alimentadas. De maneira geral, acredita-se que as larvas devem ser alimentadas várias vezes ao dia para melhor desempenho. Contudo, esta regra geral deve ser revista, pois a literatura tem apresentado diferenças na melhor frequência de alimentação para as espécies nativas.

A frequência de alimentação de duas vezes ao dia pode ser utilizada para o trairão *H. lacerdae* (Luz e Portella, 2005b) e cascudo preto *R. aspera* (Luz e Santos, 2010) comparado a quatro alimentações diárias sem prejuízos no desempenho e sobrevivência. Porém, para espécies como o pacu *P. mesopotamicus* (Jomori, 1999) e o cachara *P. fasciatum* (Furusawa, 2002), melhores resultados foram registrados para a frequência alimentar de seis vezes ao dia.

4.5. Salinidade da água

Dentre os produtos que são permitidos na piscicultura, destaca-se o sal. Este produto tem baixo custo e é de fácil aquisição. Na piscicultura, o sal vem sendo empregado em vários manejos diários, como também tem seu uso como profilático.

Como visto anteriormente, o sal pode ser benéfico no manejo de alimentação das larvas com náuplios de artêmia.

O manejo de salinizar a água tem proporcionado sobrevivência e crescimento semelhante e/ou superior das larvas, comparado ao uso de água doce para algumas espécies. Salinidade de até 2 g de sal/L pode ser empregada na larvicultura de tambaqui *C. macropomum,* matrinxã *B. cephalus/amazonicus,* oscar *A. ocellatus* (Jomori et al., 2013), mandi amarelo *P. maculatus* (Weingartner e Zaniboni Filho, 2004), pacamã *L. alexandri* (Luz e Santos, 2008b: Santos e Luz, 2009) e surubim pintado *P. corruscans* (Beux e Zaniboni Filho, 2008; Santos e Luz, 2009). Para algumas espécies como trairão *H. lacerdae* (Luz e Portella, 2002), pacu *P. mesopotamicus* (Jomori et al., 2012), piau *L. macrocephalus* (Jomori et al., 2013), cascudo preto *R. aspera* (Luz e Santos, 2010) e curimbatá *P. costatus* (Santos e Luz, 2009), podem ser utilizadas salinidades de até 4 g de sal/L. Salinidades superiores a estas recomendadas podem levar a uma diminuição no crescimento e sobrevivência dos animais.

Depois de mantidas em diferentes salinidades durante o início da larvicultura, as larvas podem retornar para água doce como verificado para cascudo preto *R. aspera* (Luz e Santos, 2010) e para larvas de pacu *P. mesopotamicus* (Jomori et al., 2012).

Além disso, é importante entender que a tolerância a salinidade pode variar com como o desenvolvimento das larvas. Para o pacamã *L. alexandri*, a tolerância a diferentes salinidades da água aumenta como o desenvolvimento das larvas passando de 4 g de sal/L para larvas recém eclodidas a 8,9 e 10 g de sal/L durante 96 horas de exposição para larvas com oito e 12 dias pós-eclosão (Luz & Santos, 2008a). Esta maior tolerância com o desenvolvimento dos animais,

segundo os autores, pode ser devido ao desenvolvimento de estruturas importantes nos processos osmorregulatórios como brânquias, rins e aparelho digestivo.

Outra etapa importante na produção de peixes carnívoros é a fase de condicionamento alimentar, a qual tem o objetivo de fazer com que os juvenis aceitem dietas formuladas secas. Nessa fase, juvenis de trairão *H. lacerdae*, apresentaram melhores resultados de desempenho nas salinidades entre 4,0 e 5,0 g de sal/L (Salaro et al., 2012a).

4.6. Fotoperíodo e luminosidade

Em condições de larvicultura intensiva, também é possível o controle de alguns fatores ambientais como o fotoperíodo. O fotoperíodo é o tempo de luz durante o período de 24 horas e pode ser representado como luz:escuro (L:E). O fotoperíodo pode influenciar o biorritmo dos animais com influência no desempenho e sobrevivência (Biswas e Takeuchi, 2003; Bezerra et al., 2008).

Larvas de suruvi *Steindachneridion scriptum* apresentaram melhor crescimento e sobrevivência em fotoperíodo intermediário de 14L:10E, sendo que em condições de 24L:0E foi verificada constante movimentação das larvas resultando em menor crescimento; enquanto em maior condição de escuro, aparentemente, nos primeiros dias, as larvas foram incapazes de localizar e capturar as larvas forrageiras (alimento), o que resultou em alta mortalidade e canibalismo (Schütz et al., 2008). Na larvicultura de surubim pintado *P. corruscans*, nos primeiros cinco dias, a ausência de luz foi importante para as larvas. Porém, entre o quinto e o 10º dia, houve sobrevivência semelhante no intervalo entre 0L:24E e 14L:10E, além de maior peso no fotoperíodo intermediário, sugerindo que a exigência de fotoperíodo sofre mudanças durante o desenvolvimento inicial (Campagnolo e Nuñer, 2008).

Para o dourado *S. brasiliensis*, outra espécie carnívora, diferentes fotoperíodos não afetaram a sobrevivência; porém, a condição de 0L:24E proporcionou melhor crescimento, sendo este fato devido reduzido consumo de energia (Schütz e Nuñer, 2007). Ao contrário, fotoperíodos mais longos podem ter facilitado a captura e o consumo do alimento para larvas de piracanjuba *B. orbignyanus*, que são consideradas predadoras visuais com melhores sobrevivências para fotoperíodos maiores (Reynalte-Tataje et al., 2002).

Além do fotoperíodo, é possível controlar a intensidade luminosa que é a quantidade de luz que chega a superfície do tanque. A intensidade da luz incidente pode influenciar no contraste da presa com o ambiente, favorecendo a probabilidade de encontro (Downing e Litvak, 1999).

Behr et al. (1999) observaram que a intensidade luminosa possui importância na larvicultura do jundiá *Rhamdia quelen*. Melhor desempenho foi registrado quando empregada intensidades inferiores a 20 lux. Segundo os autores, este fato se deve ao comportamento da espécie, sendo a presença de barbilhões importante na função de detecção do alimento nessas condições.

4.7. Cor do tanque

A cor do ambiente pode ser determinante na condição de bem estar de algumas espécies.

Larvas de piabanha-do-pardo *Brycon* sp. apresentaram menor canibalismo e melhor sobrevivência em tanques de coloração marrom quando comparados ao uso de tanques de cor azul (Costa et al., 2013). Segundo os autores, este resultado pode ter relação com o ambiente natural desta espécie onde a água apresenta tons de coloração marrom. Ao contrário, para larvas de matrinxã *B. orthotaenia,* a cor preta e marrom deve ser evitada por dificultar os manejos diários (Pedreira et al., 2008a).

Para espécies que nadam ativamente na coluna de água como tambaqui *C. macropomum* (Pedreira e Sipaúba-Tavares, 2001) e curimba *P. costatus* (Pedreira et al., 2012), o ambiente verde claro proporcionou maior contraste com a presa, aumentando a eficiência de captura pelas larvas, com incremento no peso e comprimento, comparado ao cultivo em tanques de coloração marrom e preto. Porém, para larvas de pacamã *L. alexandri* que permanecem no fundo dos tanques, redução no ganho de peso e comprimento foram registradas em tanques de cor verde comparado às cores marrom e preto (Pedreira et al., 2012). Para os autores, este resultado está, provavelmente, associado ao comportamento bentônico da espécie.

4.8. Substituição do alimento vivo pelo alimento formulado

O tempo para iniciar a aceitação e o aproveitamento do alimento formulado pelas larvas varia com a espécie e o estágio de desenvolvimento.

Para as espécies neotropicais que não apresentam hábito alimentar carnívoro, a transição do alimento vivo para o alimento inerte pode ser realizado com duas a três semanas após o início da alimentação exógena. Para esta transição, a alimento vivo pode ser retirado da

alimentação e ser então oferecido o alimento inerte. Outra opção seria fazer um período de alimentação mista (alimento vivo mais alimento inerte) durante alguns dias, antes da retirado total do alimento vivo. A estratégia, assim como o melhor tempo para iniciar esta troca de alimentos será dependente da espécie. Para o pacu *P. mesopotamius*, por exemplo, a dieta seca pode ser oferecida diretamente após a retirada do alimento vivo ou com um período de alimentação mista após alguns dias de fornecimento de alimento vivo (Jomori, 2005).

Já, para as espécies carnívoras, esta transição tem demando mais trabalho. É conhecido que para algumas espécies carnívoras, o fornecimento de dietas secas logo da retirada do alimento vivo não apresenta bons resultados (Luz et al., 2002; Luz et al., 2011). O setor produtivo tem utilizado técnicas de condicionamento alimentar, o que também vem sendo empregado para as pesquisas. Uma das metodologias utilizadas com sucesso é a substituição parcial e progressiva de uma dieta semi-úmida a base de coração bovino moído e ração comercial extrusada (proteína bruta > 40%) até o fornecimento exclusivo da dieta seca comercial. A Tabela 2 descreve a metodologia adaptada para condicionamento alimentar de juvenis de trairão *H. lacerdae* (Luz et al., 2002).

Tabela 2. Dietas a serem fornecidas durante o condicionamento alimentar de juvenis de trairão *H. lacerdae* (Luz et al., 2002).

Dieta	% de ingredientes da mistura (coração + ração)	Tempo de fornecimento do alimento
1	80% coração de boi + 20% ração extrusada	3 dias
2	60% coração de boi + 40% ração extrusada	3 dias
3	40% coração de boi + 60% ração extrusada	3 dias
4	20% coração de boi + 80% ração extrusada	3 dias
5	100% de ração extrusada	--

Para o trairão *H. lacerdae*, o condicionamento alimentar é realizado em juvenis com comprimento total superior a 2,0 cm, sendo que animais com 1,6 cm já podem ser condicionados ao alimento inerte (Luz, 2004). Sobrevivências entre 80% e 96% podem ser alcançadas com esta metodologia.

Para o pacamã *L. alexandri*, é utilizada esta mesma metodologia com adaptações. Nas dietas 1, 2 e 3 é acrescida biomassa de artêmia na mistura o que proporcionou sobrevivência de aproximadamente 70% (Luz et al., 2011).

Outra técnica mais recente seria o uso da gelatina como ingrediente úmido em substituição ao coração de boi. Esta técnica foi realizada com sucesso para juvenis de trairão *H. lacerdae* (Salaro et al., 2012b). Neste caso, a gelatina é combinada com a farinha de peixe e ração.

Desta forma, a busca por produtos alternativos e de baixo custo se faz necessária para viabilizar e melhorar os índices de produção de juvenis de peixes carnívoros aptos a se alimentarem de dietas comerciais para a engorda.

5. Perspectivas

Para avançar na produção de juvenis de peixes nativos é fundamental que as pesquisas tenham continuidade no desenvolvimento de pacotes tecnológicos de espécies com potencial para a piscicultura. É preciso, também, uma maior aproximação entre os Centros de Pesquisa do setor público e as empresas privadas para direcionamento das pesquisas na busca de respostas e soluções para o setor produtivo.

6. Referências Bibliográficas

BEHR, E.R.; FURUYA, W.M.; FURUYA, V.R.B. et al. Efeito da densidade do copépode ciclopóide *Mesocyclops longisetus* na predação de larvas de pintado *Pseudoplatystoma corruscans*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.24, p.261-266,1997.

BEHR, E.R.; NETO, J.R.; TRONCO**,** A.P. et al. Influência de diferentes níveis de luminosidade sobre o desempenho de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*) (Quoy e Gaimard, 1824) (Pisces: pimelodidae). **Acta Scientiarum Biological Science***,* v.21, p.325-330, 1999.

BEUX, L.F.; ZANIBONI FILHO, E. *Artemia* sp. proportions and effects on survival and growth of pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* larvae. **Journal of Applied Aquaculture**, v.20, p.184-199, 2008.

BEUX, L.F.; ZANIBONI FILHO, E. Influência da baixa salinidade na sobrevivência de náuplios de *Artemia* sp. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.32, p.73–77, 2006.

BEZERRA, K.S.; SANTOS, A.J.G; LEITE, M.R. et al. Crescimento e sobrevivência da tilápia chitralada submetida a diferentes fotoperíodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.737-743, 2008.

BISWAS, A.K.; TAKEUCHI, T. Effects of photoperiod and feeding interval on food intake and growth rate of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L**. Fisheries Science**, v.69, p.1010–1016, 2003.

CAMPAGNOLO, R.; NUÑER, A.P.O. Sobrevivência e crescimento de larvas de surubim, *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum**, v.28, p.231-237, 2006.

CAMPAGNOLO, R.; NUÑER, A.P.O. Survival and growth of *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces - Pimelodidae) larvae: effect of photoperiod. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.1511-1516, 2008.

CARNEIRO, R.L.; SILVA, J.A.M.; ALBINATI, R.C.B. et al. Uso do microcrustáceo branchoneta (*Dendrocephalus brasiliensis*) na ração para tucunaré. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.5, p.8-24, 2004.

CECCARELLI, P.S. **Canibalismo em larvas de matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869).** Botucatu:UNESP, 1997. 92p. Dissertação (Mestrado em Zoologia).

CESTAROLLI, M.A.; PORTELLA, M.C.; ROJAS, N.E.T. Efeitos do nível de alimentação e do tipo de alimento na sobrevivência e no desempenho inicial de larvas de curimbatá *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.24, p.119-129, 1997.

CORDEIRO, N.I.S. **Densidade de estocagem na larvicultura e no manejo alimentar de juvenis de pacamã *Lophiosilurus alexandri***. Belo Horizonte:UFMG, 2012. 50f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal).

COSTA, D.C.; PEDREIRA, M.M.; CORASPE-AMARAL, V. et al. Larvicultura de piabanha-do-pardo em aquários de cores diferentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.1005-1011, 2013.

DOWNING, L.; LITVAK, M.K. The influence of light intensity on growth of larval haddock. **North American Journal of Aquaculture**, v.61, p.135-140, 1999.

FEIDEN, A.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Desenvolvimento de larvas de surubim-do-iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum*) submetidas a diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2203-2210, 2006a.

FURUSAWA, A. **Estudos da alimentação inicial de larvas de cachara, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766): freqüência de alimentação, transição alimentar e efeito do jejum sobre o desenvolvimento do intestino e fígado**. Jaboticabal: UNESP/CANESP, 2002. 49p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura).

HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; GALDIOLI, E.M. et al. Uso de plâncton silvestre, fermento fresco e levedura desidratada na alimentação de larvas de cascudo chinelo, *Loricariichthys platymetopon* (Isbrüchen & Nijssen, 1979) (Osteichthyes, Loricariidae). **Acta Scientiarum**, v.24, p.541-546, 2002.

JOMORI, R.K. **Estudos sobre a alimentação de larvas de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) com náuplios de *Artemia* e a substituição por dieta artificial**. Jaboticabal:UNESP/CAUNESP, 1999. 57p. Monografia.

JOMORI, R.K. **Organismos vivos e dietas secas na larvicultura do pacu *Piaractus mesopotamicus* e o uso dos isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}C$) e nitrogênio ($\delta^{15}N$) como indicadores naturais da incorporação do alimento no tecido larval**. Jaboticabal: CAUNESP. 2005. Tese (Doutorado em Aqüicultura).

JOMORI, R.K.; CARNEIRO, D.J.; MALHEIROS, E.B. et al. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. **Aquaculture**, v.221, p.277–287, 2003.

JOMORI, R.K.; CARNEIRO, D.J.; MARTINS, M,I.E.G. et al. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. **Aquaculture**, v.243, p.175– 183, 2005.

JOMORI, R.K.; LUZ, R. K.; AYRES, T.J.S. et al. Luminosidade e tipos de dietas na larvicultura do Oscar *Astronotus ocellatus* In: IV CONGRESO IBEROAMERICANO VIRTUAL DE ACUICULTURA, 2006, Zaragoza. **Anais**... Zaragosa, 2006. v.1. p.496-503, 2006.

JOMORI, R.K.; LUZ R.K.; PORTELLA, M.C. Effect of salinity on larval rearing of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, a freshwater species. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.43, p.423-432, 2012.

JOMORI, R.K.; LUZ R.K.; TAKATA, R. et al. Água levemente salinizada aumenta a eficiência da larvicultura de peixes neotropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.809-815, 2013.

KOBERSTEIN, T.C.R.D.; DURIGAN, J.G. Produção de larvas de curimbatá (*Prochilodus scrofa*) submetidas a diferentes densidades de estocagem e níveis de proteína bruta nas dietas. **Ciência Rural**, v.31, p.123-127, 2001.

KUBITZA, F. **Reprodução, larvicultura e produção de alevinos de peixes nativos**. 1 ed. Jundiaí, 2004. 71 p.

LOPES, J.P.; NETO, M.A.S. Piscicultura ornamental: Estudo compara o uso da biomassa de branchoneta e da artêmia na dieta de Acará bandeira. **Panorama da Aqüicultura**, v. 16, p.56-59, 2006.

LOPES, J.P.; PONTES, C.S.; ARAÚJO, A. A branchoneta na piscicultura ornamental. **Panorama da Aqüicultura**, v.16, p.33-37, 2006.

LOPES, J.P.; SILVA, A.L.N.; SANTOS, A.J.G.; TENÓRIO, R.A. Branchoneta, uma notável contribuição à larvicultura e alevinagem de peixes de água doce. **Panorama da Aqüicultura**, v.8, p.31-34, 1998.

LUZ, R.K. **Aspectos da larvicultura do trairão *Hoplias lacerdae*: manejo alimentar, densidade de estocagem e teste de exposição ao ar**. Jaboticabal:UNESP/CAUNESP. 2004. 120f. Tese (Doutorado em Aqüicultura) http://www.caunesp.unesp.br/paginas/PG/trabalhos_teses_autor.php

LUZ, R.K. Resistência ao estresse e crescimento de larvas de peixes neotropicais alimentadas com diferentes dietas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.65-72, 2007.

LUZ, R.K.; FERREIRA, A.A.; REYNALTE-TATAJE, D.A. et al. Larvicultura de dourado (*Salminus maxillosus,* Valenciennes, 1849), nos primeiros dias de vida. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2000. CD Room.

LUZ, R.K.; PORTELLA, M.C. Diferentes densidades de estocagem na larvicultura do trairão *Hoplias lacerdae*. **Acta Scientiarum**, v.27, p.95-101, 2005a.

LUZ, R.K.; PORTELLA, M.C. Freqüência alimentar na larvicultura do trairão (*Hoplias lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1442-1448, 2005b.

LUZ, R.K.; PORTELLA, M.C. Larvicultura de Trairão (*Hoplias lacerdae*) em água doce e água salinizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.829-834, 2002.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Avaliação da tolerância de larvas do pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1877 (Pisces: Siluriformes) a diferentes salinidades. **Acta Scientiarum Biological Science**, v.30, p.345-350, 2008a.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Densidade de estocagem e salinidade de água na larvicultura de pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.903-909, 2008b.

LUZ , R.K.; SANTOS , J.C.E. Effect of salt addition and feeding frequency on cascudo preto *Rhinelepis aspera* (Pisces: Loricariidae) larviculture. **Journal of Applied Ichthyology**, v.26, p.453-455, 2010.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E.; PEDREIRA, M.M. et al. Effect of water flow rate and feed training on "pacamã" (Siluriforme: Pseudopimelodidae) juvenile production. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.973-979, 2011.

LUZ, R.K.; SALARO, A.L.; SOUTO, E.F. et al. Condicionamento alimentar de juvenis de trairão (*Hoplias* cf. *lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1881-1885, 2002.

LUZ, R.K.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.560-565, 2002.

LUZ, R. K.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.560 - 565, 2002.

MAI, M.G.; ZANIBONI FILHO, E. Efeito da idade de estocagem em tanques externos no desempenho da larvicultura do dourado *Salminus brasiliensis* (Osteichthyes, Characidae). **Acta Scientiarum Animal Science**, v.27, p.287-296, 2005.

PEDREIRA, M.M.; LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. et al. Larvicultura de matrinxã em tanques de diferentes cores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1365-1369, 2008a.

PEDREIRA, M.M.; SAMPAIO, E.V.; SANTOS, J.C.E. et al. Larviculture of two neotropical species with different distributions in the water column in light- and dark-colored tanks. **Neotropical Ichthyology**, v.10, p.1-5, 2012.

PEDREIRA, M.M.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Effect of light green and dark brown colored aquariums on survival rates and development of tambaqui larvae, *Colossoma macropomum* (Osteichthyes, Serrasalmidae). **Acta Scientiarum Biological Science**, v.23, p.521-525, 2001.

PEDREIRA, M.M.; SANTOS, J.C.E.; SAMPAIO, E.V. et al. Efeito do tamanho da presa e do acréscimo de ração na larvicultura de pacamã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1144-1150, 2008b.

REYNALTE-TATAJE, D.A.; LUZ, R.K.; MEURER, S. et al. Influência do fotoperíodo no crescimento e sobrevivência de pós-larvas de piracanjuba *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849) (Osteichthyes, Characidae). **Acta Scientiarum Biological Science**, v.24, p.439-443, 2002.

SACCOL-PEREIRA, A.; NUÑER, A.P.O. Utilização de diferentes densidades, dietas e formatos de tanque na larvicultura da piracanjuba, *Brycon orbignyanus* Valenciennes, 1849 (Characiformes, Characidae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.25, p.55-61, 2003

SALARO, A.L.; CAMPELO, D.A.V.; PONTES, M.D. et al. Saline water for juvenile giant trahira during feed training. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.1342-1345, 2012a.

SALARO, A.L.; OLIVEIRA JUNIOR, J.C.; PONTES, M.D. et al. Replacement of moist ingredients in the feed training of carnivorous fish. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.2294-2298, 2012b.

SANTOS, J.C.E.; LUZ, R.K. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophiosilurus alexandri* larviculture. **Aquaculture**, v.287, p.324-328, 2009.

SANTOS, J.C.E.; LUZ, R.K.; BAZZOLI, N. Níveis de alimentação e freqüência alimentar na larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE PEIXES NATIVOS DE ÁGUA DOCE, 2007, Dourados. **Resumos expandidos**... Dourados, 2007, não paginado.

SANTOS, J.C.E.; PEDREIRA, M.M.; LUZ, R.K. The effects of stocking density, prey concentration and feeding on *Rhinelepis aspera* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Loricariidae) larviculture. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.34, p.133-139, 2012.

SCHÜTZ, J.H.; NUÑER, A.P.O. Growth and survival of dorado *Salminus brasiliensis* (Pisces, Characidae) post-larvae cultivated with different types of food and photoperiods. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.50, p.435-444, 2007.

SCHÜTZ, J. H.; WEINGARTNER, M.; ZANIBONI-FILHO, E.; NUÑER, A.P.O. Crescimento e sobrevivência de larvas de suruvi *Steindachneridion scriptum* nos primeiros dias de vida: influência de diferentes alimentos e fotoperíodos. **Boletim do Instituto de Pesca,** v.34, p.443-451, 2008.

WEINGARTNER, M.; ZANIBONI FILHO, E. Efeito de fatores abióticos na larvicultura de pintado amarelo *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803): salinidade e cor de tanque. **Acta Scientiarum Biological Science**, v.26, p,151-157, 2004.

ZANIBONI FILHO, E.; REYNALTE-TATAJE, D.; WEINGARTNER, M. Potencialidad del género *Brycon* en la piscicultura brasileña. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v.19, p.233-240, 2006.

CNPA 2014
IX Congresso Nordestino de Produção Animal
De 11 a 14 de Novembro de 2014
PRODUÇÃO ANIMAL: NOVAS DIRETRIZES
CENTRO DE CONVENÇÕES LUÍS EDUARDO MAGALHÃES . ILHÉUS - BAHIA - BRASIL

SIMPÓSIO SOBRE APICULTURA E MELIPONICULTURA DO NORDESTE

Pólen apícola: características e desenvolvimento de produtos

Maia-Araujo, Yzila L.F.

Introdução

A Instrução Normativa n° 03, de 19 de Janeiro de 2001, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2001), estabelece o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade dos produtos apícolas define o pólen apícola como sendo o resultado da aglutinação do pólen das flores (Figura 1), efetuada pelas abelhas operárias da espécie *Apis mellifera*, mediante néctar e substâncias salivares, o qual é recolhido no ingresso à colmeia.

A produção de pólen apícola no Brasil representa uma atividade recente que teve inicio no final da década de 1980. Diferentes autores discutem sobre o grande potencial produtor de pólen que o Brasil apresenta devido principalmente a riqueza e a diversidade da flora aliada ao clima tropical, à eficiência das abelhas africanizadas e ao mercado favorável de produtos naturais, complementares à dieta ou com efeitos terapêuticos (SALOMÉ *et al.* 1998; BARRETO *et al.* 2005; BARRETO, 2006).

Figura 1. Abelha africanizada visitando uma flor com a corbícula carregada de pólen

Fonte: Eizemberg (2006)

O pólen apícola é transportado pelas operárias em suas corbículas, que são estruturas especializadas localizadas em suas pernas traseiras. Ao ingressar à colmeia uma parte desse pólen transportado fica retido na grade de retenção, também chamada de "trampa", caindo

num recipiente coletor (Figura 2.A), que quando retirado observam-se reunidos aglomerados de grãos que podem apresentar uma coloração variável, indicando as diversas espécies botânicas visitadas pelas abelhas, formando uma mistura conhecida por "mix" polínico, sendo este material removido pelo apicultor para o beneficiamento, comercialização e consumo humano e/ou animal (LUZ *et al.* 2001).

Figura 2. A) Coletor de Pólen, B) Coletor de pólen instalado à frente do alvado da caixa de *Apis mellifera* e C) Pólen apícola organizado em bandejas para secagem em estufa.

Fonte: Araujo (2010)

O pólen apícola possui grande importância biológica e econômica como fonte de proteínas, gorduras e minerais, por isso é considerado de grande importância nutricional (WITHERELL *et al.* 1975). As características físico-quimicas, quimicas e microbiológicas do pólen variam segundo sua origem botânica e geográfica, sazonalidade e composição química do solo (FAYE *et al.* 2002; CARPES, 2008).

O pólen também apresenta importantes nutrientes como carboidratos, aminoácidos, e vitaminas, o que faz ser um produto natural usado como suplemento alimentar (WESH *et al.* 1983; MARCHINI *et al.* 2006), como também possui quantidades significativas de substancias polifenólicas, principalmente flavonóides (CARPES, 2008). Os flavonóides e ácidos fenólicos são considerados como os principais ingredientes do pólen apícola, podendo ser usado para padronizá-lo em relação às suas propriedades nutricionais e fisiológicas (KROYER *et al,* 2001). Entretanto, vários autores relatam a necessidade de maiores estudos para avaliar a composição relativa das substancias polifenólicas no pólen apícola brasileiro e nos extratos de pólen, assim como as diferenças em suas especificidades, visando avaliar sua função e contribuição no que diz respeito à atividade antioxidante (BARRETO *et al.* 2006; MARCHINI *et al.* 2006; ALMARAZ-ABARCA *et al.* 2007). De acordo com tais autores é necessário um método sistemático para caracterizar o pólen apícola com relação a seus constituintes tendo em vista o crescente interesse fitoterápico do pólen apícola e seus produtos.

Dessa forma, a caracterização físico-química e biológica do pólen se faz importante em um controle de qualidade, e até mesmo de uma padronização do pólen brasileiro, além da importância para o estabelecimento de dietas adequadas aos indivíduos, para a recomendação de uma alimentação balanceada e desenvolvimento de novos produtos (LAJOLO, 1995; ALMEIDA-MURADIAN *et al.* 2005; CARPES, 2008).

A avaliação da qualidade microbiológica de um produto fornece informações que permitem avaliá-lo quanto às condições de processamento, armazenamento e distribuição para o consumo, sua vida útil e potencial de risco à saúde da população (FRANCO *et al.* 1996). A literatura em relação à inocuidade do pólen apícola em nosso país é ainda muito escassa, logo há uma necessidade de avaliação microbiológica desse produto, visto que na maioria dos

casos a temperatura de processamento é branda, e pode permitir crescimento microbiano (SALOMÉ *et al.* 1998).

Outro aspecto relevante para o desenvolvimento de novos produtos e aperfeiçoamento dos processos relacionados a produção de pólen apícola seco é a produção de resíduos durante o processo de produção. Durante a secagem do pólen apícola, ocorrem perdas que perfazem de 5 a 20% do volume de produção, esse material é formado pela deformação e esfacelamento dos *pellets* de pólen, o que é denominado de "resíduo de pólen" ou "pó de pólen". O resíduo de pólen em algumas localidades tem pequeno ou nenhum valor comercial é é geralmente destinado à ração animal e/ou utilizado nas colmeias para alimentação das abelhas, o que torna este subproduto de grande interesse para a investigação científica e desenvolvimento tecnológico visando à agregação de valor econômico.

Acreditando que as características deste resíduo sejam similares ao próprio pólen apícola, uma vez que este resíduo é uma alteração estrutural dos *pellets* decorrente do processo de secagem, trazemos aqui resultados comparativos da presença dos compostos fenólicos nos extratos de pólen e matrizes derivadas, incluindo o resíduo de pólen apícola obtidos a partir de dois métodos de extração: banho-maria e ultrassom.

Nessa palestra trataremos de uma série de assuntos relacionados a diversas metodologias de análise que podem ser utilizadas em diferentes tipos de pólen apícola e que também servem de base para a elaboração de produtos derivados de pólen apícola, como é o caso do Pólen Apícola *Light*, produto elaborado pelo nosso grupo de pesquisa na Universidade Federal de Sergipe.

Compostos fenólicos presentes em pólen apícola

Segundo Carpes *et al*. (2008) o pólen apresenta em sua composição carboidratos, aminoácidos e vitaminas, além de carotenóides e compostos fenólicos, motivo da sua utilização como alimento alternativo e/ou suplemento alimentar. O pólen apícola contém altos teores de substâncias polifenólicas, principalmente flavonóides com atividades antioxidantes (CAMPOS *et al.* 2003).

Os compostos fenólicos compreendem uma grande variedade de moléculas que têm uma estrutura de polifenóis, sendo este grupo constituído pelos taninos, flavonóides, ácidos fenólicos, estilbenos e lignanas (D'ARCHIVIO *et al.* 2007). Além disso, constituem um dos

grupos metabólicos mais numerosos das plantas e são parte integrante na dieta humana e de animais segundo Cook *et al.* (1996). Suas funções biológicas têm um papel importante na proteção contra uma série de perturbações patológicas, tais como aterosclerose, disfunção cerebral ou mesmo doenças cardiovasculares e degenerativas (VALENZUELA *et al.* 1996; BARRETO *et al.* 2005; Naczk et al. 2006).

Para melhor compreensão das etapas metodológicas, segue abaixo um fluxograma (figura 3) detalhando os passos que empregamos em nossas análises, que apresentamos resumidamente nessa palestra. O passo inicial diz respeito aos critérios de escolha do melhor método de extração incluindo as duas principais matrizes, a saber: pólen seco em estufa e resíduo de pólen apícola. Os resultados obtidos nessa etapa serviram de base para a escolha do método de extração para as demais matrizes.

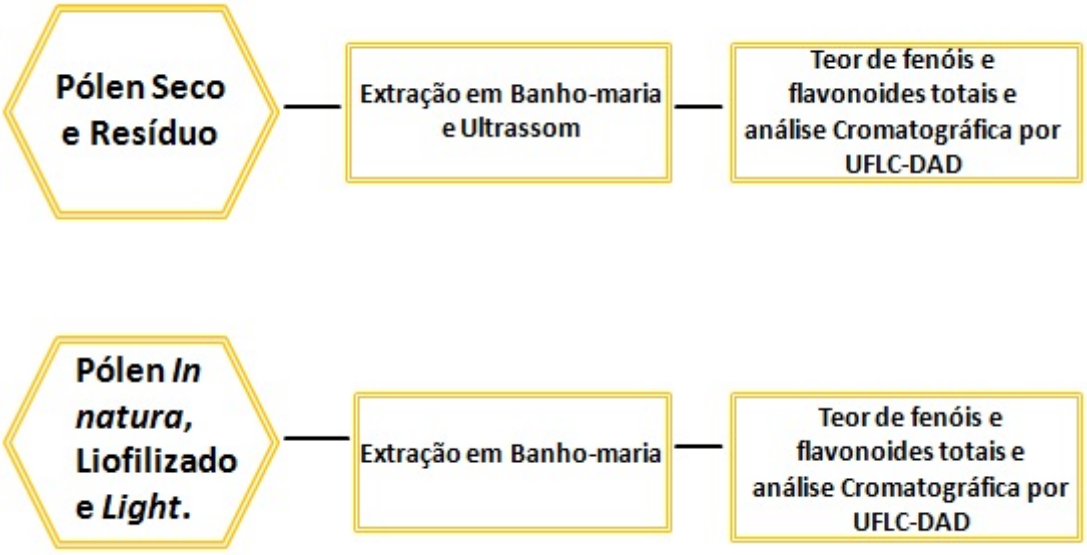


Figura 3. Fluxograma de análises das amostras de pólen e resíduo de pólen apícola.

Diversos estudos têm evidenciado que os polifenóis são antioxidantes com propriedades redox, o que implica no seu potencial como agente redutor, doador de hidrogênio e sequestrador de radicais livres (CALDWELL *et al.* 2003). Apesar da variação de resultados encontrados na literatura, o teor de compostos fenólicos em pólen apícola pode ser

considerado alto, na mesma faixa de fenólicos totais encontrados em frutos como manga e mamão, por exemplo (Oliveira *et al.,*2011).

Estudos comprovam que a presença de alto teor de compostos fenólicos em alimentos pode contribuir na formação de radicais estáveis, diminuindo os riscos de radicais livres no organismo. Segundo Manach et al. (2005), além da sua atividade antioxidante direta, os compostos fenólicos apresentam múltiplas funções e mecanismos importantes, pois estes se ligam a receptores celulares e transportadores de membranas e influenciam a expressão gênica, a sinalização e a adesão celular.

De acordo com os resultados que obtivemos, observa-se que as amostras mesmo sendo derivadas do mesmo lote de pólen apícola *in natura* diferem significantemente ($p<0,05$) quanto ao teor de fenóis totais. No entanto, todas as formas de pólen seco analisadas apresentaram teores cerca de 10 vezes maiores que o encontrado nas amostras de pólen apícola *in natura*. É importante ressaltar os resultados obtidos para o pólen *light* que apresentou valores significativamente maiores para os teores de compostos fenólicos totais e especialmente para flavonóides. Tal resultado demonstra que o processo de obtenção do pólen *light* contribuiu para a concentração destes compostos, chegando a triplicar a concentração de flavonóides totais.

Esses resultados indicam que o pólen apícola com predominância de coqueiro apresenta, em média, maiores valores para os teores de compostos fenólicos e flavonoides totais, mas que isso depende do tipo de processamento utilizado, sendo o pólen *light* o de maior rendimento dentre todos os tipos estudados.

Segundo Rosa *et al.* (2000) a extração de compostos orgânicos está diretamente influenciada pela granulometria da amostra. Ou seja, a menor granulometria favorece a extração de maior teor de compostos devido ao aumento da superfície de contato da amostra com a solução extratora. Os resultados obtidos para o resíduo de pólen apícola encontrados em nossos trabalhos sempre superiores aos encontrados para o pólen seco em estufa, comprovam que não faz o menor sentido desprezar o pó de pólen como resíduo a ser descartado durante o processamento.

Os resultados obtidos apontam que o pólen seco em estufa consumido sob a forma de *pellet* é apenas um costume do consumidor, mas que não está associado à qualidade do produto. A forma de *pellet* parece ser simplesmente a forma mais adequada para as abelhas transportarem as cargas de pólen para as suas colmeias, enquanto a forma mais adequada para o consumo humano deve ser aquela que promova maior biodisponibilidade, que deve ser o caso do pó de pólen e do pólen light que também se apresenta sob a forma de pó. No entanto, o encapsulamento ou outros métodos de proteção podem ser requeridos para o pólen apícola em pó para impedir o ganho de umidade em função de suas características higroscópicas.

Dentre os compostos fenólicos, observamos em nossas amostras maior teor para rutina (328,61 mg/100g) no resíduo de pólen quando extraído em ultrassom. De acordo com Gallati *et al.* (2003) e Martinéz-Floréz *et al.* (2002), a rutina é um flavonóide com requisitos para exercer uma atividade antioxidante efetiva e antiulcerogênica, devido a presença da dupla ligação na posição 2,3 e a presença dos grupos hidroxila na posição 3,5. De acordo com Halliwell *et al.* (1995) a rutina tem despertado grande interesse para a indústria alimentar por constituir um suplemento dietético, ser antioxidante e contribuir na preservação dos alimentos.

No mercado europeu, uma quantidade mínima de 20 mg de rutina/100 g de pólen é necessária para a padronização do pólen comercializado na Espanha (SERRA-BONVEHÍ *et al.* 2001), valor 9 a 15 vezes menor que o encontrado para o pólen analisado pelo nosso grupo.

Outro importante composto fenólico com propriedade antioxidante também encontrado nas amostras de pólen seco em estufa e resíduo de pólen apícola foi o ácido ferúlico. O ácido ferúlico é um antioxidante, com função de proteger a vitamina C e a vitamina E, além de intensificar a ação de fotoproteção destas vitaminas (SRINIVASAN *et al.* 2007). A Robinina também conhecida como kanferol glicosilado além dos seus efeitos antioxidantes com a capacidade de diminuir os radicais livres (ANGELIS, 2001) apresenta também ação antiinflamatória (LIPKAN *et al.* 1981; HÄMÄLÄINEN *et al.* 2007). Dentre as atividades imunofarmacológicas o kanferol e a rutina reduzem a liberação da histamina triptase de mastócitos (THEOHARIDES *et al.* 2001). Além da proteção antioxidante, muitas das atividades farmacológicas encontradas no pólen apícola devem-se também a esses flavonóides (MEDEIROS *et al.* 2008).

A elevada temperatura do sistema reacional, a presença de compostos intermediários instáveis e a ocorrência de reações parciais paralelas e consecutivas constituem os principais fatores que conferem complexidade ao sistema reacional durante a extração.

Nos nossos trabalhos, quanto aos métodos de extração, foi possível observar que não houve diferença significativa para as amostras de pólen e resíduo de pólen apícola, com exceção do flavonóide rutina que se mostrou em maior quantidade na extração do resíduo por ultrassom. É importante chamar atenção, no entanto, que essas conclusões são válidas para os compostos analisados em nossos trabalhos, porém em outras análises, com foco em outros compostos fenólicos, pode ser que os resultados sejam diferentes, considerando que o método de ultrassom utiliza baixa temperatura, que é de aproximadamente 30°C, temperatura bastante inferior a da extração em banho-maria que é de 70°C. Temperaturas altas podem contribuir na degradação de alguns compostos fenólicos (LIUTTI, 2007).

Os perfis cromatográficos obtidos no comprimento de onda de 310 nm das amostras de pólen *in natura*, liofilizado, *light* e seco em estufa extraídos por banho-maria, o pólen *light* apresentou maior intensidade do flavonóide rutina, sendo este um dos mais importantes compostos encontrados no pólen apícola.

Os resultados por nós obtidos apontam que o pólen seco em estufa consumido sob a forma de *pellet* é apenas um costume do consumidor, mas que tal estrutura física não está associada à qualidade do produto. A forma estrutural mais adequada de pólen apícola para o consumo humano deve ser aquela que promova maior biodisponibilidade no organismo, o que deve ser o caso do pó de pólen e do pólen *light* que também se apresenta sob a forma de pó.

Todas as formas de pólen desidratado analisadas apresentaram teores cerca de 10 vezes maiores que o encontrado nas amostras de pólen apícola *in natura* que é o polen fresco, com destaque para os resultados obtidos para o pólen *light* que apresentou valores significativamente maiores para os teores de compostos fenólicos totais e, especialmente para flavonóides, com teores médios similares aos encontrados em frutos tais como a manga e o mamão.

Quanto aos métodos de extração, foi possível observar que não houve diferença significativa para as amostras de pólen apícola e resíduo de pólen apícola, com exceção do flavonóide rutina que se mostrou em maior quantidade na extração do resíduo por ultrassom.

Ensaios antioxidantes de pólen apícola

Conforme apresentado na Figura abaixo, os antioxidantes naturais se apresentam como necessários ao combate desses ataques oxidativos de EROS's tanto no organismo como nos alimentos.

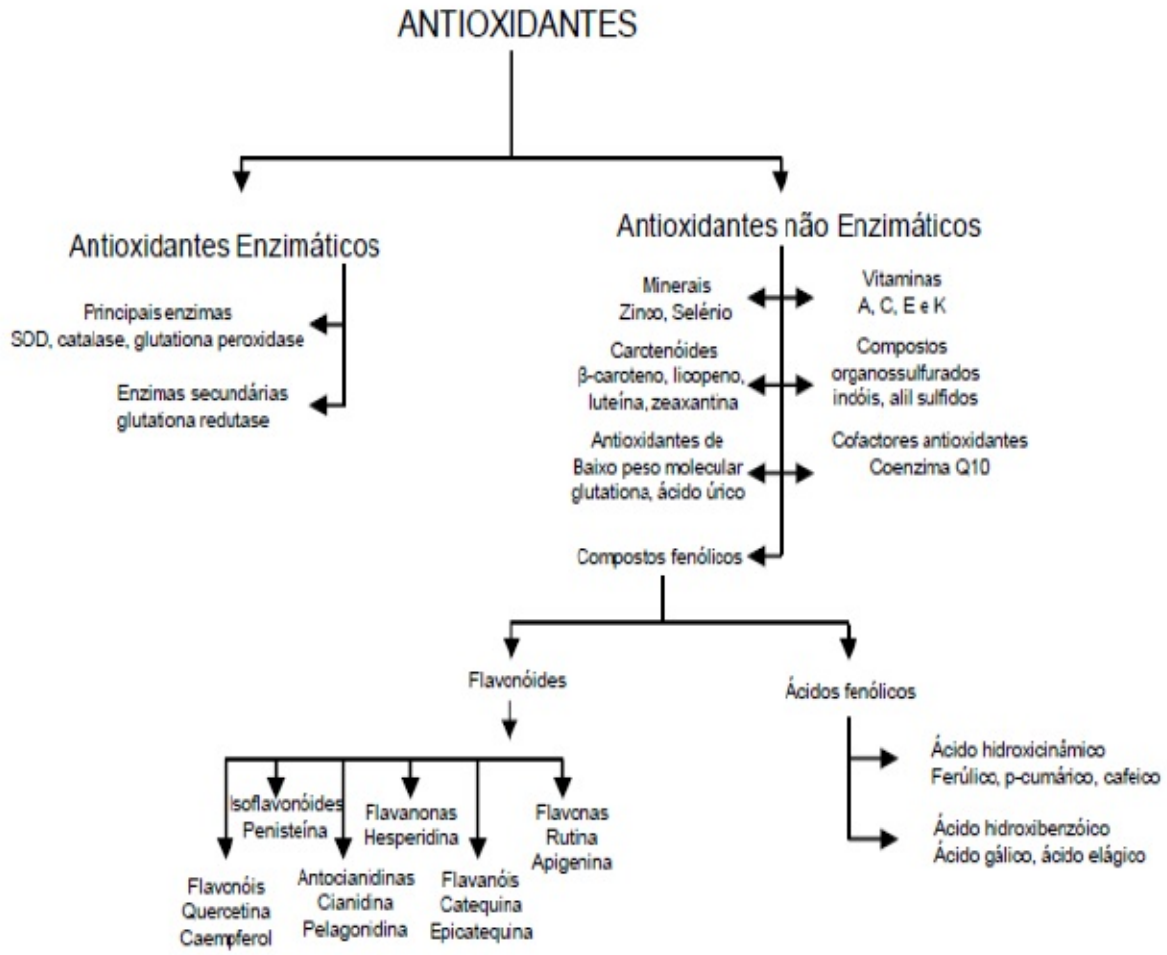


Figura 4. Classificação dos antioxidantes

Fonte: (adaptado de Ratnam *et al.* 2006)

Dentro da indústria alimentar é permitido o uso de conservantes, acidificantes, emulsionantes como também os antioxidantes. Em sua maioria, as indústrias de alimentos têm usado antioxidantes de origem natural como o ácido ascórbico, α-tocoferol e citratos, porém, também se utiliza ainda muitos sintéticos como o Butil-hidroxianisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), galato de propilo, dentre outros.

Os antioxidantes são compostos que possuem a capacidade de proteger o organismo dos danos causados pelo estresse oxidativo induzido por radicais livres (OZSOY *et al.* 2008). As espécies reativas de oxigênio (EROs) são capazes de oxidar biomoléculas, tais como DNA, proteínas e lipídios (SIES, 1993). Entretanto, o organismo utiliza aproximadamente 99% do oxigênio que consome para produzir energia, sendo que a pequena parcela que sobra não participa do processo, formando então as ERO. Este termo é freqüentemente usado para incluir também espécies que não são radicais livres, mas algumas moléculas derivadas de O_2, capazes de gerar radical livre, como por exemplo, o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (HALLIWELL E GUTTERIDGE, 2000). A grande parte dos danos causados no organismo pelos radicais livres podem ser reparados e restaurados pelo sistema interno do organismo, entretanto, existem alguns radicais que permanecem no organismo por não ter como eliminá-los (RUFFIN E ROCK, 2001).

Alguns compostos fenólicos naturais extraídos de vegetais como quercetina, timol, catequina, rutina tem despertado grande interesse na indústria alimentar por constituírem um suplemento dietético, ajudarem na proteção dos alimentos e serem antioxidantes (HALLIWELL *et al.* 1995).

Entre os compostos naturais, os polifenóis têm demonstrado uma grande importância devido à natureza de sua estrutura química que é ideal para a atividade seqüestradora de radical livre doando um átomo de hidrogênio ou um elétron. Os compostos fenólicos têm atividades antioxidantes, principalmente devido às suas propriedades redox que lhes permitem agir como agentes redutores, doadores de hidrogênio, supressores de radicais livres e potencial de quelação de metal (RICE-EVANS *et al*, 1996;. KHOKHAR e APENTEN, 2003). Garcia *et al.* (2001) discutiram que o interesse nos compostos fenólicos presentes no pólen deve-se principalmente a sua atividade antioxidante.

Os resultados obtidos com as amostras de pólen e resíduo de pólen apícola demonstraram que possuem atividade antioxidante, capazes de reduzir o radical $DPPH^{\bullet}$, entretanto o pólen *in natura* apresentou o menor valor de inibição.

A alta atividade antioxidante indica que o pólen apícola e o resíduo proveniente de pólen com predominância de coqueiro que utilizamos em nossos trabalhos possuem importante ação

antioxidante que previne contra os radicais livres no organismo. Além disso, o resíduo de pólen apícola pode ser considerado também um potencial produto a ser comercializado juntamente com o pólen desidratado, uma vez que este apresenta uma composição química e físico-química bastante semelhante e em alguns pontos até melhor que o próprio pólen comercializado. As propriedades biológicas dos compostos fenólicos estão relacionadas com a atividade que cada fenol exerce sobre determinado meio, sendo que a estrutura química dos flavonóides favorece a ação antioxidante, embora outros constituintes como proteínas e vitaminas também possam contribuir para essa propriedade (CAMPOS *et al*. 2003).

A atividade antioxidante total foi medida pelo método fosfomolibdênio (PIETRO *et al.* 1999). Os resultados que obtivemos mostraram que a capacidade antioxidante total (TAC) dos extratos de pólen variou entre 23,71 a 92,86%, sendo, novamente, o pólen *light* o que apresentou maior atividade.

O molibdênio é encontrado em quantidades mínimas no organismo e é prontamente absorvido no estômago e intestino delgado sendo excretado primeiramente pela urina como também pela bile (BASU & DICKERSON, 1996). A deficiência desse componente pode causar taquicardia, náusea ou mesmo cefaléia e o excesso pode causar uma síndrome semelhante à gota (MABAN & ESCOTT-STUMP, 1998). As fontes mais ricas em molibdênio são leguminosas, grãos de cereais, vegetais de folha verde-escura e vísceras. Como o pólen é um alimento que tem maior proximidade da categoria dos cereais essa avaliação da capacidade antioxidante se torna essencial para o conhecimento deste produto alimentar.

Extratos vegetais demonstraram capacidade antioxidante total que variaram entre 18,05 a 24,81% (SILVA *et al*. 2011). Melhores resultados foram obtidos em nossos estudos com extratos de pólen apícola onde o menor valor de inibição foi de 23,71% e o maior de 92,86% para o pólen apícola *light*.

Outra metodologia implementada para a avaliação da atividade antioxidante, diz respeito ao poder redutor que os compostos fenólicos apresentam para reduzir a espécie Fe^{3+} a Fe^{2+}(BERKER, 2007). Todos os extratos de pólen apresentaram efeito do poder redutor dose-dependente, ou seja, cada vez que aumenta a concentração do extrato maior é sua ação antioxidante.

O poder redutor está ligado à capacidade de transferência de elétrons. No ensaio de poder redutor, a cor do sistema $FeCl_3/K_3Fe\ (CN)_6$ altera para vários tons de verde e azul, dependendo do poder redutor de cada extrato. O poder de redução é um dos mecanismos antioxidantes mais poderosos que indicam boa atividade dos extratos testados. A capacidade de doar elétron e átomo de hidrogênio reflete o poder redutor de compostos bioativos e está associada com atividade antioxidante (AK e GULCIN, 2008).

As amostras de pólen apícola apresentaram importante ação antioxidante dentro dos ensaios avaliados. Além disso, o resíduo de pólen apícola pode ser considerado também um potencial produto a ser comercializado juntamente com o pólen desidratado, por ter apresentado resultados semelhantes às amostras de pólen no ensaio de $DPPH^{\bullet}$. Apenas no ensaio de seqüestro do radical superóxido, os extratos de pólen apícola demonstraram efeito inibitório reduzido, não demonstrando ação antioxidante. As amostras de pólen *light* e liofilizado foram as que melhores apresentaram ação antioxidante nos testes de $DPPH^{\bullet}$ e Capacidade antioxidante total.

Análises de compostos voláteis do pólen apícola

Apesar da escassez de informações científicas sobre os compostos voláteis do pólen apícola, outros produtos apícolas já apresentam resultados bastante consolidados. Diversos estudos avaliando compostos voláteis em amostras de méis ou própolis são encontrados facilmente na literatura, porém, poucos são relatados para avaliação dos compostos voláteis observados em amostras de pólen apícola. Segundo Kaškoniene *et al.* (2008) amostras de pão de abelha (pólen encontrado no interior da colmeia) foram submetidas a extração de voláteis por SPME e foram detectados cerca de 30 compostos, dentre eles ácido acético, dimetil sulfide, furfural dentre outros compostos. Estudos realizados por LeBlanc *et al.* (2009) sobre amostras de pólen provenientes do deserto do Sonora apresentaram compostos como éster, alcoóis e alguns ácidos que são grupos funcionais que apresentam características sensoriais agradáveis.

Além de seu valor nutritivo e funcional, um alimento deve produzir satisfação e ser agradável ao consumidor. A análise sensorial é uma técnica muito importante de avaliação dos atributos perceptíveis pelos órgãos do sentido (atributos organolépticos) e é usada em

muitos campos, permitindo estabelecer o perfil organoléptico de diversos produtos, indicando a preferência do consumidor (PIANA *et al.* 2004). A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) apresenta-se como uma metodologia que consiste na descrição completa de todas as características sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes (LAWLESS, *et al.* 1999).

Os perfis das frações voláteis observados nas amostras de pólen apícola se apresentaram complexos com cerca de 120 compostos detectados nos extratos isolados a partir da técnica do SPME, sendo que 100 compostos foram identificados com base no NIST e no IRL pelo nosso grupo de pesquisa.

De acordo com os resultados cromatográficos que encontramos, o grupo majoritário foram os hidrocarbonetos alifáticos. Os aldeídos se destacaram em maior quantidade para o pólen *in natura* sendo a classe dos hidrocarbonetos alifáticos em seguida. Dentre todas as amostras, somente o pólen *light* apresentou todas as classes de compostos voláteis encontradas em nossas análises.

Verificamos que a amostra do pólen *light* se sobressaiu quanto à intensidade dos picos apresentados em relação às demais amostras de pólen. Esta ocorrência deve-se provavelmente a concentração de alguns compostos voláteis que essa amostra apresenta uma vez que ela não possui etapa de alta temperatura para secagem, fator este que contribui significativamente na perda de compostos voláteis segundo (MARTINS *et al*. 2011). Em nossos trabalhos os compostos foram identificados através do índice de retenção linear como também confirmados com base na literatura e no NIST. Alguns compostos encontrados no pólen *in natura* também foram verificados nas demais amostras uma vez que, a matriz principal para elaboração de todas as amostras parte do pólen *in natura*.

Entretanto, existe similaridade dos compostos voláteis encontradas nas duplicatas analisadas de cada amostra demonstrando um índice de correlação cofenética de 0.8986 através da análise de agrupamento pelo método não ponderado de grupamento aos pares com média aritmética (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean)* – UPGMA como observado na figura 5.

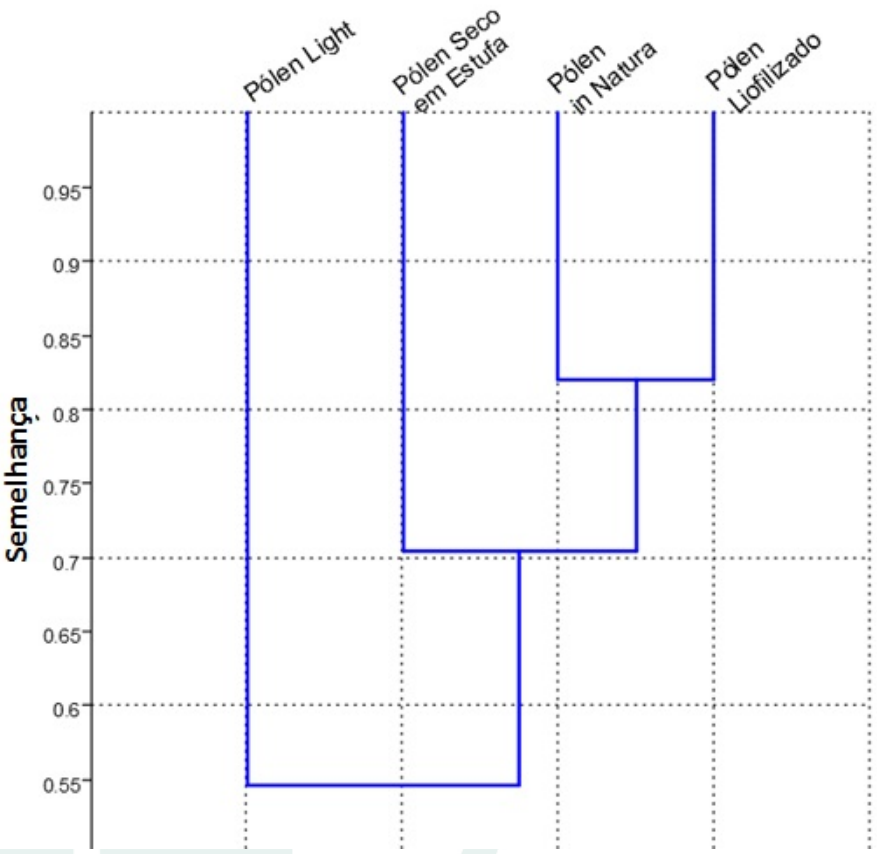


Figura 5. Análise de agrupamento (UPGMA) para os compostos voláteis de pólen apícola. (Coeficiente de correlação cofenética de 0,8986.)

Através da análise de UPGMA que avaliou os compostos voláteis das amostras de pólen, nota-se uma similaridade entre as amostras de pólen liofilizado e pólen *in natura*. Esta semelhança está relacionada ao tratamento térmico dado para cada amostra, pois a única diferença existente entre essas duas matrizes é o processo de liofilização que desidratou a amostra até uma umidade de 4% o que é exigido pelo Ministério da Agricultura. O processo de secagem através da liofização favorece a obtenção de um efeito conservante semelhante à redução da atividade de água sem o aquecimento do alimento e como resultado, uma maior retenção da qualidade nutricional, carcateristicas sensoriais como aroma e sabor mais preservadas (FELLOWS, 2006). A conservação dos compostos voláteis já era esperada para o pólen *in natura* uma vez que, esta amostra não sofre nenhum tratamento de secagem o que favoreceria a presença de compostos aromáticos.

Perfil Sensorial

A análise sensorial é uma técnica de avaliação de atributos perceptíveis pelos órgãos do sentido (atributos organolépticos) e é usada em muitos campos, permitindo estabelecer o perfil organoléptico de diversos produtos, indicando a preferência do consumidor (PIANA *et al.* 2004). Segundo Cardello e Cardello, (1998) os métodos analíticos/instrumentais efetivos em detectar o surgimento de problemas durante o processo de conservação de alimentos são conhecidos na literatura, embora muitas vezes se tornem incapazes de medir alterações perceptíveis que afetam a aceitação do produto.

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) apresenta-se como uma metodologia que consiste na descrição completa de todas as características sensoriais de um produto, representando um dos métodos mais completos e sofisticados para a caracterização sensorial de atributos importantes (LAWLESS *et al.* 1999). A equipe de provadores é o instrumento da análise sensorial. Quanto melhor for essa equipe, ou seja, quanto melhor for selecionada e treinada, maior será a precisão e exatidão dos resultados obtidos (KAWAGUTI *et al.* 2007). A análise sensorial possui inúmeras aplicações, como por exemplo, o controle da qualidade de produtos industrializados, acompanhamento de produtos concorrentes, testes de armazenamento de produtos para verificar possíveis alterações como também desenvolvimento de novos produtos (STONE, *et al.* 1993). Além disso, é possível saber exatamente quais atributos sensoriais devem ser atenuados, intensificados, suprimidos ou colocados em um produto para que ele possa reter melhores condições organolépticas e desta forma permitir traçar o perfil sensorial dos produtos avaliados.

O aroma em alimentos é considerado o mais importante atributo pela sua grande influência na aceitação/rejeição de um alimento e sua percepção. É um processo dinâmico que envolve características físicas, químicas e sensoriais (PIGGOTT, 2000). Poucos estudos são encontrados na literatura com análise sensorial de pólen apícola. Trabalho realizado por Ferreira *et al.* (2007), demonstraram que o pólen apícola de Sergipe apresentou uma aceitabilidade de 40% pela população que não conhecia o produto. Segundo Maróstica Júnior & Pastore (2007), há uma nova tendência mundial da substituição gradativa de aromas sintéticos por aromas de origem biotecnológica, classificados como naturais, sejam de origem

enzimática ou fermentativa, embora cerca de 80% da produção do mercado de aromas e fragrâncias ainda sejam através de processos químicos.

Desenvolvimento de produtos:

O conhecimento da matéria prima permite a abertura de horizontes necessária para o desenvolvimento de novos produtos apícolas. No caso do pólen apícola produzido na região litorânea de coqueirais do estado de Sergipe o desenvolvimento de novos produtos representa um passo gigantesco na agregação de valor ao pólen apícola.

Nossos estudos levaram ao depósito de duas patentes no INPI. O processo de obtenção de pólen apícola liofilizado (INPI - PI 1107294-6) e o desenvolvimento do pólen apícola *Light* (INPI - PI1107450-7). No entanto, essa é uma área com grande potencial biotecnológico e que poderá gerar ainda dezenas de produtos.

Referências Bibliográficas

ALMARAZ-ABARCA, N.A.; CAMPOS, M.G.; REYES, J.A.A.; JIMENEZ, N.N.; CORRAL, J.H.; VALDEZ, S.G. Antioxidant activity of phenolic extract of monofloral honeybee-collected pollen from mesquite (proposis julifloral, leguminosaceae). *Journal of Food Composition and Analysis*. 2007. 20, 119-124.

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; PAMPLONA, L.C.; COIMBRA, S.; BARTH, O.M. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2005. 18, 105-11.

ANGELIS, R.C. Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas. São Paulo: Ed. Atheneu, **2001**, 295.

BARRETO, L.M.R.C.; FUNARI, S.R.C.; ORSI, R.O.; DIB, A.P.S. Produção de Pólen no Brasil. Taubaté-SP: Cabral Editora e Livraria Universitária; 2006. 99 pp.

BARRETO, L.M.R.C.; FUNARI, S.R.C.; ORSI, R.O. Composição e Qualidade do Pólen Apícola Proveniente de Sete Estados Brasileiros e do Distrito Federal. Boletim de Indústria Animal. Nova Odessa. 2005. 62, 167-175.

BRASIL. Ministério de Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n° 3, de 19 de Janeiro de 2001. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Pólen Apícola.

Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 16-I, 18-23, 23 de Janeiro de 2001.

CALDWELL, C.R. Alkylperoxyl radical scavenging activity of red leaf lettuce (Lactuca sativa L.) phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **2003,** 51, 4589-4595.

CAMPOS, M.G.; WEBBY, R.F.; MARKHAM, K.R; MITCHELL, K.A; CUNHA, A.P. Age-induced diminution of free radical scavenging capacity in bee pollens and the contribution of constituent flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **2003,** 51, 742-745.

CARPES T.S.; PRADO A.; MORENO M.A.I.; MOURÃO B.G.; ALENCAR M.S.; MASSON L.M. Avaliação do Potencial Antioxidante do Pólen Apícola Produzido na Região Sul do Brasil. *Quim. Nova*. **2008,** 31(7), 1660-1664.

COOK, N. C.; SAMMAN, S. Flavonoids: chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *Journal Nutrition Biochemistry*. **1996,** 7(2), 66-76.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.C. The definition and measurement of antioxidants in biological systems. *Free Radic Biol Med*, **1995**, 18, 125-126.

HÄMÄLÄINEN, M; NIEMINEN, R; VUORELA, P; HEINONEN, M; MOILANEN, E. Anti-inflammatory effects of flavonoids: genistein, kaempferol, quercetin, and daidzein inhibit STAT-1 and NF-kappaB activations, whereas flavone, isorhamnetin, naringenin, and pelargonidin inhibit only NF-kappaB activation along with their inhibitory effect on iNOS expression and NO production in activated macrophages. Mediators Inflamm. **2007.**

LIUTTI, G.C. **Estudo do emprego de radicais sulfato na degradação de compostos fenólicos.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo/SP, 2007.

MANACH, C.; MAZUR, A.; SCALBERT, A. Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. *Current Opinion in Lipidology.* **2005**, 16, 77-84.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. **2006**, 41, 1523–1542.

PIETRO, P., PINEDA, M., AGUILAR, M. Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Anal. Biochem*. **1999**. 269, 337–341.

SIES, H. Strategies of antioxidant defense. *European Journal of Biochemistry*. **1993**. 215, 213-219.

Realização:

SNPA
Sociedade
Nordestina de
Produção Animal

UFRB
Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia