

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Leite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Desafios para a sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite

Editores Técnicos

Elizabeth Nogueira Fernandes

Carlos Eugênio Martins

Myriam Maia Nobre

Edson Novaes

Fernando César Ferraz Lopes

Letícia Caldas Mendonça

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Marco Antônio Machado

Sérgio Rustichelli Teixeira

Antonio Talone

Flávio Henrique Silva

João Pedro Fiorini

Marcelo Costa Martins

Juiz de Fora/MG
2012

Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco
36038-330 Juiz de Fora – MG
Telefone: (32)3311-7400
Fax: (32)3311-7424
e-mail: sac@cnpagl.embrapa.br
home page: <http://www.cnpagl.embrapa.br>

Supervisão editorial: *Carlos Eugenio Martins*
Editoração eletrônica e tratamento das ilustrações: *Carlos Alberto Medeiros de Moura*
Revisão Bibliográfica: *Margarida Maria Ambrosio*
Arte da capa: *Adriana Barros Guimarães*

1ª edição
1ª impressão (2011): 1.300 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Gado de Leite

Desafios para a sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia
produtiva do leite / editores técnicos, Elizabeth Nogueira Fernandes ... [et
al.]. – Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2012. 189 p.

ISBN 978-85-7835-028-4

1. Produção de leite. 2. Aquecimento global. 3. Pecuária - produtiva -
sustentável. 4. Cadeia. I. Fernandes, Elizabeth Nogueira. II. Martins, Carlos
Eugênio. III. Nobre, Myriam Maia. IV. Novaes, Edson. V. Lopes, Fernando César
Ferraz. VI. Mendonça, Letícia Caldas. VII. Pereira, Luiz Gustavo Ribeiro. VIII.
Machado, Marco Antônio. IX. Teixeira, Sérgio Rustichelli. X. Talone, Antonio.
XI. Silva, Flávio Henrique. XII. Fiorini, João Pedro. XIII. Martins, Marcelo Costa.

CDD 636.2142

© Embrapa 2012

Autores/Editores

Elizabeth Nogueira Fernandes

Engenheira Florestal, Ph.D. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
chtt@cnppl.embrapa.br

Carlos Eugênio Martins

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
caeuma@cnppl.embrapa.br

Myriam Maia Nobre

Médica Veterinária, M.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
myriam@cnppl.embrapa.br

Edson Novaes

Faeg
Rua 87, nº 662 – Setor Sul
74093-300 – Goiânia, GO
faeg@faeg.com.br

Fernando César Ferraz Lopes

Analista – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
fernando@cnppl.embrapa.br

Letícia Caldas Mendonça

Médica Veterinária, M.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
leticia@cnppl.embrapa.br

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Médico Veterinário, Ph.D. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
luiz.gustavo@cnppl.embrapa.br

Marco Antônio Machado

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
machado@cnppl.embrapa.br

Sérgio Rustichelli Teixeira

Zootecnista, Ph.D. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
rusti@cnppl.embrapa.br

Antonio Talone

Sebrae
Av. T-3 nº 1.000
Setor Bueno
74210-240 – Goiânia, GO

Fávio Henrique Silva

Senar/AR
74000-000 – Goiânia, GO

João Pedro Fiorini

Seagro
74000-000 – Goiânia, GO

Marcelo Costa Martins

Senar/AR
74000-000 – Goiânia, GO

Jonathan Levin

INRA
França

Benoît Malpaux

INRA
França

Philippe Faverdin

INRA
França

Jean-Louis Peyraud

INRA
França

Kevin Macdonald

Senior Scientist, – Dairy New Zealand
Private Bag 3221
Hamilton, 3240
New Zealand

Miguel Taverna

Ingeniero Agrónomo
Coordinador Programa Nacional Leche
INTA

Duarte Vilela

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
vilela@cnppl.embrapa.br

José Alberto Bastos Portugal

Biólogo, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
jabportugal@cnppl.embrapa.br

Luiz Carlos Baldicero Molion

Instituto de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Alagoas
Campus A.C. Simões
57072-970 – Maceió, AL

Luiz Augusto Gomes Azevêdo

Prof. Adjunto - Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais
Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC
Santa Catarina, SC

Fernanda Samarini Machado

Médica Veterinária, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
fernanda@cnppl.embrapa.br

Mariana Magalhães Campos

Médica Veterinária, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
mariana@cnppl.embrapa.br

Roberto Guimarães Júnior

Ciência Animal – Embrapa Cerrados
BR 020 Km 18 – Caixa Postal: 08223
73310-970 – Planaltina, DF
roberto.guimaraes-junior@embrapa.br

Thierry Ribeiro Tomich

Médico Veterinário, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
thierry.tomich@cnppl.embrapa.br

Graig Bell

Fazenda Leitíssimo
Bahia, BA

Bruno Campos de Carvalho

Médico Veterinário, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
bruno@cnppl.embrapa.br

Humberto de Melo Brandão

Médico Veterinário, M.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
humberto@cnpagl.embrapa.br

Michele Munk Pereira

Bióloga, M.Sc. Bolsista Capes da Embrapa/UFJF
mimunkbio@gmail.com

Alessandro de Sá Guimarães

Médico Veterinário, Ph.D. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
alessandro@cnpagl.embrapa.br

Carla Christine Lange

Médica Veterinária, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
clange@cnpagl.embrapa.br

Maria Aparecida Vasconcelos Paiva e Brito

Farmacêutica-Bioquímica, Ph.D. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
mavpaiva@cnpagl.embrapa.br

João Batista Ribeiro

Biólogo, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
jbatista@cnpagl.embrapa.br

Juliana Carine Gern

Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia, M.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
juliana.gern@cnpagl.embrapa.br

Wanessa Araújo Carvalho

Médica Veterinária, Ph.D. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
wanessa.carvalho@cnpgl.embrapa.br

Guilherme Nunes de Souza

Médico Veterinário, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
gnsouza@cnpgl.embrapa.br

Marcos Vinícius Gualberto Barbosa da Silva

Zootecnista, D.Sc. – Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610 – Bairro Dom Bosco
36038-330 – Juiz de Fora, MG
marcos@cnpgl.embrapa.br

Argileu Martins da Silva

Sociólogo
Pós-graduação em Gestão Social e Profissionalização de Agricultores
Diretor do Departamento de Assistência e Extensão Rural – MDA
Secretário de Agricultura Familiar – MDA
argileu.silva@mda.gov.br

Adriana Calderon Gregolin

Engenheira Agrônoma – Mestre em Ciências Agrárias – UnB
Consultora PNUD/MDA
adriana.gregolin@gmail.com

Apresentação

No contexto das recentes transformações sócio-econômicas verificadas nos cenários nacional e internacional, o setor agroindustrial brasileiro e, em particular, a cadeia produtiva do leite buscam uma reestruturação que permita alcançar níveis de eficiência para garantia de sua competitividade e sustentabilidade.

A pecuária leiteira no Brasil exhibe níveis de produtividade muito baixos, até mesmo nas bacias leiteiras mais importantes, se comparada a países mais evoluídos. Entretanto, verifica-se uma tendência de intensificação dos sistemas de exploração leiteira tradicionais, para melhorar seus resultados produtivos e econômicos, tornando-os competitivos dentro do setor agropecuário nacional.

A organização da informação e acesso aos acervos tecnológicos é essencial para a orientação dos produtores de leite, no sentido de capacitá-los para a gestão empresarial de sua unidade de produção, e, assim, permitir o alcance de maiores níveis de produtividade e qualidade da matéria-prima.

A Embrapa Gado de Leite em parceria com a Federação de Agricultura do Estado de Goiás (FAEG), SENAR, Organização das Cooperativas do Brasil (OCB) e Sindicato Rural, realizam o **XI Congresso Internacional do Leite**. Evento expressivo do agronegócio do leite surgiu em 2001 da síntese do Simpósio sobre Sustentabilidade da Pecuária de Leite no Brasil e do Workshop sobre Políticas Públicas para o Setor Leiteiro, apresenta como características peculiares o fato de ser itinerante, já percorreu sete Estados, e não ter fins lucrativos.

Nesta edição, o XI Congresso que será realizado em Goiás, que o abriga pela terceira vez, tem como pauta a discussão de temas atuais, que interferem em todos os elos da cadeia produtiva. Contudo, não tendo objetivo dissecar todos os fatores que impedem o aumento da efetividade dos sistemas de produção, senão destacar temas que, na atualidade, são de vital importância nesta intensificação, tais como: os avanços do

Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC); as mudanças climáticas e a sustentabilidade da produção de leite; casos de sucesso na produção de leite de forma sustentável; o estado da arte e as perspectivas futuras em pesquisa; desenvolvimento e inovação no Brasil e no mundo; os desafios para a cadeia produtiva do leite no Brasil, na visão do setor produtivo, da indústria, da assistência técnica e do consumidor; além da importância do cooperativismo no Brasil e no mundo.

As soluções para as demandas atuais que desafiam a cadeia produtiva do leite brasileiro só poderão ser atendidas com a adoção de tecnologias e de políticas públicas que possam sustentar essas adoções, assumindo, como referência, questões sobre cenários para o agronegócio; o mercado internacional de lácteos e impactos da reforma tributária sobre a cadeia produtiva do leite e as perspectivas do cooperativismo do sistema agroindustrial do leite.

É necessário mudar paradigmas não só nas indústrias, mas especialmente nos sistemas de produção de leite para vencer os desafios do setor produtivo. Informações importantes para entender estes desafios são tratadas no livro “Desafios para a sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite”.

Duarte Vilela

Chefe Geral

Sumário

Capítulo 1. Perspectives of research and development in the French dairy sector	13
Capítulo 2. Dairy farming and dairy cow research in New Zealand	31
Capítulo 3. Escenario actual y perspectivas futuras de la investigación, desarrollo e innovación en Argentina.....	43
Capítulo 4. Cenário atual e perspectivas futuras de PD&I no Brasil ...	53
Capítulo 5. Aquecimento global: Fatos e mitos	77
Capítulo 6. Emissão de gases de efeito estufa na pecuária - uma análise ambiental e conceitual.....	101
Capítulo 7. Case study – Fazenda Leitíssimo.....	131
Capítulo 8. Eficiência alimentar: Ferramenta para aumento de bioeficiência em gado de leite	145
Capítulo 9. terapêutica de precisão para animais: Uma oportunidade para pecuária produtiva e sustentável	161
Capítulo 10. Desafios para a cadeia do leite nacional: Visão da assistência técnica	179

CAPÍTULO 1

Perspectives of research and development in the French dairy sector

*Jonathan Levin, Benoît Malpaux, Philippe Faverdin and
Jean-Louis Peyraud*

Current state of the dairy sector in France

France is the second biggest producer of milk in Europe behind Germany producing nearly 24 billion liters in 2011 according to the French ministry of agriculture. The French dairy sector is an important source of jobs employing around 65,000 people in approximately 76,000 farms. It is undergoing significant structural changes in terms of numbers, size and productivity of dairy operations caused by external factors: price volatility as a result of less price regulation after Common Agricultural Policy (CAP) reform, increases in the prices of inputs (energy, feed, fertilizer), and environmental constraints. As in most agricultural sectors, there has been a general tendency toward fewer, yet larger, farms. According to the French Census of Agriculture, the number of dairy farms has declined by 49%, from 150,000 farms in 1995 to only 76,000 in 2010.

On the other hand, the average number of dairy cows per farm increased from 29 in 1988 to 48 in 2010, which illustrates the trend towards the adoption of more intensive production systems and so, the gain in scale economies. Moreover, the milk yield per cow has increased considerably thanks to technological, and mainly, genetic advancements. As a result from the period 1995-2010 the average yield per farm has doubled whilst the number of farms has halved. France has a wide variety of production systems; approximately 30% of milk is produced in extensive systems and about 70% in intensive systems. Although there are dairy farms all over the territory production is not spread equally across the country but concentrated in the west and in the mountain regions.

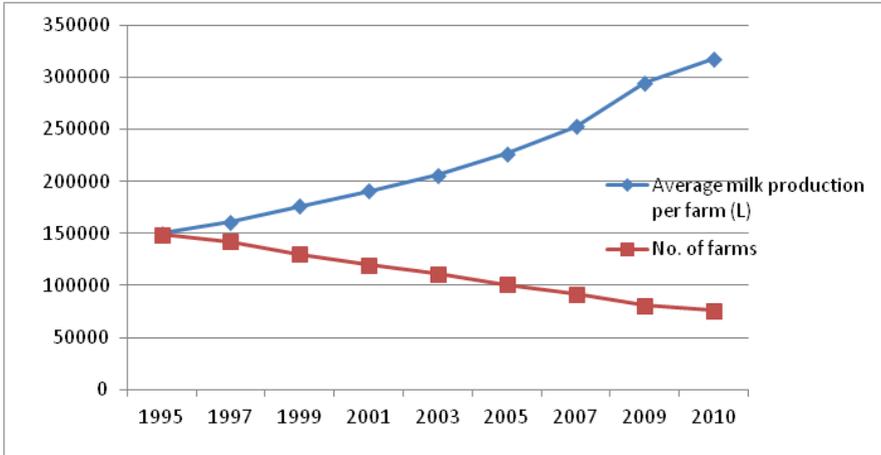


Figure 1. shows the increase in average milk production per farm compared to the decrease in the number of dairy farms for the period 1995-2010. Data FranceAgriMer.

Until recently research in France was principally dedicated to increasing productivity, with a great deal of success as the above figures show. These productivity gains are essentially due to the programs of selection of dairy cows for genetic merit for milk production. Today, high genetic merit Holstein cows are able to produce more than 10000 kg milk per lactation in high-input farming systems. However dairy farms based on these high producing cows are more and more vulnerable as with this high milk performance comes a number of negative trade offs. Holstein cows, which are the principal dairy race in France, have short useful lives, (less than 3 lactations), have reproductive difficulties and are susceptible to climate variations (drought, heat). Furthermore they require high concentrate feed the supply and price of which is becoming more and more volatile. In addition the dairy sector has to address the growing importance of environmental constraints. The increasing demands of French citizens for better management of land and natural resources has been translated into a number of regulatory standards that concern dairy farms (nitrate directive for example) and now subsidies for the farm sector are being conditioned on good environmental practice. There is also growing concern about ammoniac and green house gas (GHG) emissions from the dairy sector although as yet there are no regulatory

constraints. Climate change concerns have also lead to an increased interest, by consumers, for information about the carbon footprint of agricultural products. Citizens concerns about animal welfare, although primarily directed at intensive pig and poultry production, are also likely to affect the dairy sector in the future.

State of agricultural research in France

Agricultural research in France is essentially carried out by the French national agricultural research institute (INRA). INRA is the number one ranked agricultural institute in Europe and number two in the world; INRA carries out mission-oriented research for high-quality and healthy foods, competitive and sustainable agriculture and a preserved and valorized environment. INRA has 8,488 tenured staff members and a budget of 813 million Euros. It is divided up into 14 research divisions and 19 regional centers. INRA still maintains a number of research farms that are attached to the research divisions. INRA covers all areas of research from fundamental molecular mechanisms to applied systems studies. There are three principal research divisions dealing with animal productions: animal health, animal genetics and animal physiology and livestock systems (PHASE). Research on the dairy sector is mainly carried out by these three divisions although teams from the economic and social science divisions can be involved in farm system studies.

Although the agenda for agricultural research in France is principally set by INRA and the national funding bodies the European Union (EU) also plays an important role in setting the research agenda and structuring European research. Many of the problems facing European agriculture are trans national and the EU funds collaborative research between EU and associated members knowledge providers to tackle them. INRA actively participates in the collaborative programs set up by the EU, some of which specifically target the dairy sector. These will be detailed below as they encapsulate the direction in which the French and European dairy sector is going.

Research Agenda

Up until recently research in the dairy sector was focused on improving productivity centered on dairy cattle with a high genetic merit (HGM) for milk production and adapting farm systems to these animals. However, as outlined above, the changing conditions of the dairy sector have imposed a move away from research centered on productivity alone to one where the system, which must be both sustainable and viable, is at the heart of the research agenda. The following section will outline some of the lines of research that are being explored.

Increasing milk production from grassland

High milk prices have encouraged dairying systems with HGM Holstein cows that are able to produce more than 10000 kg milk per lactation in high-input farming systems but not from grazing alone, hence the use of high inputs of chemical fertilizers, concentrate feeds and mechanised methods for silage production. The use of grazing for milk production has decreased considerably over the last 30 years and the number of cows that are kept indoors for all or part of the herbage growing season has increased considerably in many European countries. These tendencies were largely reinforced by the convenience of managing dairy herds indoors particularly with cows calving in autumn and fed with maize silage, whereas farmers with grazing dairy herds have find it much more difficult to organize the feeding programme in time and space from an unstable feed resource. More recently, the increasing use of automated milking systems also makes grazing more difficult, although the combination of grazing and milking robot is possible. Increased herd size may be another reason for the decreasing of grazing, at least for countries in the North of Europe where pressure for land use and stocking rate are high.

However the external context which favorized the development of these high input systems has gradually changed since the early 1990s iniatially with the emergence of environmental regulations for water quality (the Nitrate Directive, the Water framework Directive). As well as nitrate,

ruminant production systems are also considered to be responsible for the emission of large quantities of greenhouse gases. Concomitant with these environmental constraints is the emergence of instability in the price of milk and the projected price increase of non-renewable energy and mineral fertilizers. These changes are driving a new era of development for dairying systems based in part on a better use of grasslands and grazing. Indeed, grazing is not only a relatively cheap source of feed for ruminants, but grasslands are increasingly recognised for their contributions to the conservation of biodiversity, regulation of physical and chemical fluxes in ecosystems, the mitigation of pollution, and especially carbon sequestration which might partly counteract methane emissions from ruminants, and also the protection of soils (MEA, 2005). Additionally, grassland-based systems promote a clean, animal welfare-friendly image for ruminant production, high quality milk, and open landscapes with grazing ruminants that are highly appreciated by the public. However in order to realize the potential for dairy production systems based on grazing grassland to be as economically viable as current high input systems whilst keeping their environmental benefits, a number of improvements have to be made to the cows, the forage and the system management.

Better Cows

Long-term selection for milk production characteristics particularly for intensive indoor milk production systems has resulted in reduced fertility, extended calving intervals and reduced lifetime productivity of dairy cows. There is now evidence that HGM animals have poorer reproductive efficiency and cannot express their full genetic potential for milk yield in a grass-based environment. Fertility problems include an increase in postpartum failure to return to oestrus, poor expression of oestrus, defective oogenesis, embryo survival and susceptibility to uterine infections. Increasing reproductive efficiency in HGM cows is therefore one key area that needs to be addressed. There is considerable scientific evidence to support the view that infertility is a multi-factorial problem influenced by animal (genotypes, parity, milk production), environmental (nutritional status) and management factors (FRIGGENS

et al 2010, GARNSWORTHY et al, 2008). Furthermore whilst at the herd level, good reproductive performance is crucial for economic sustainability, at the individual level, it is an important factor that affects the cow's health and welfare, and also the animal's robustness. INRA is coordinating an EU funded project called PROLIFIC which aims to tackle some of these problems. The scientific objectives are:

1. To find new phenotypic and genetic markers for fertility and identify groups of genes and pathways involved in the coordinated changes in the reproductive system to different environmental conditions (especially low input feeding systems).
2. To identify the functional mutations associated with fertility (based on progesterone measurements) and estimate genomic breeding values using whole sequence information on individuals.
3. Provide integrated, quantitative, models to describe interactions between genotype, nutrition and reproductive physiology.
4. Develop decision support tools to optimize the timing of reproductive management decisions, improve the rate of successful inseminations, and provide reproductive performance benchmarking. These tools will be deployed and demonstrated on-farm.
5. Develop simulation tools that will allow evaluation of the economic and environmental impacts of changes in breeding management at the farm level.
6. Identify improved breeding strategies to optimize cow's fertility and robustness.
7. Identify sustainable management approaches that valorize the adaptative responses of different breeds to low and high input dairy systems, in the context of the economic and environmental changes forecast for the next decades.

Although improving reproductive efficiency in HGM cows is a major objective it is not the only characteristic of these cows that could be better adapted for the improvement of dairy production. Infertility problems are less acute when compact calving is not required as for example when high quality forage is available all around the year. Here, lengthening of lactations offers several advantages such as reducing the non productive periods and limiting the energy deficit and associated pathological troubles at the beginning of lactation but this strategy requires cows having a high persistency of lactation. For the same annual milk production, lactation with high persistency could limit the mobilization of body reserves in early lactation, reduce the amount of concentrate as forage can now cover most of the cow's needs, and simplify the feeding management of the herd. Physiological studies are in progress to understand the mechanisms controlling differentiation and apoptosis of secretory cells in the mammary gland

Selection of cows that are more efficient, i.e. make better use of feed thus reducing nitrogen excretion and being more environmentally friendly or are more robust or resistant to disease are also goals for the dairy sector.

The characteristics described above are complex traits that are difficult or impossible to measure in elite animals and are thus not amenable for classical selection strategies. However the advent of genomic selection based on affordable SNP chips means that progress can now be made. Programs are in place within INRA to genotype large scale animal populations using high-density SNP micro arrays (54K or 777K) in order to map as precisely as possible the chromosome regions involved in the variability of the traits. Once this is done the causative mutation is then identified within the sequence of these regions using high-throughput sequencing technologies. Finally, genetic validation and functional studies are carried out to demonstrate the causative nature of the mutations.

The above lines of research are aimed at selecting a "better" cow from the perspective of dairy production. However if you consider the system

from a land use perspective, studies suggest that it makes more sense environmentally to develop production systems based on dual purpose dairy breeds that have better milk composition and beef merit when compared to Holstein cows. These breeds are able to produce 6000-7000 kg of milk per lactation, compared to 10,000-11,000 kg for Holsteins, mainly from grassland with a very low amount of concentrates. Moreover, dual-purpose breeds ensure a greater stability because of the double source of income (milk and meat). Economic comparisons of various systems do not show a clear advantage for either specialised milk production systems or systems using a dual-purpose breed producing milk and meat (Delaby and Pavie, 2008), at least in a fixed milk quota scenario. However current volatility in milk and meat prices as well as costs for feed, fertilizer and energy make forecasting very difficult.

Better Forage

Dry matter (DM) intake and milk yield of grazing dairy cows are limited compared to conserved forage-based diets. HGM cows are able to eat more grass and the marginal increase of daily intake with genetic merit for milk covers approximately two-thirds of the additional energy requirements associated with the increase in milk potential (Peyraud et al., 2004). Consequently, a grassland-based system does not allow HGM cows to fully express their milk potential without high amounts of concentrate, which is difficult to manage in grazing conditions.

The challenge is to maximise the quality and quantity of fresh forage intake by grazing. One way to do this is to use grass-legume mixtures that potentially allow the reduction of inputs of purchased mineral N and concentrate N, due to their ability to use atmospheric N for producing home grown proteins and their high nutritional value. However difficulties in maintaining well-balanced mixtures and the tendency to lose key species in multi species swards (MSS) (Guckert and Hay, 2001) contribute to the prevalence in temperate grasslands of grass monocultures, with associated significant inputs of synthetic fertilisers.

Recent work has shown the potential of MSS compared to grass monocultures. A pan-European experiment was carried out at 28 sites in 17 countries across Europe. At each site, the two most important forage grasses and the two most important forage legumes were tested and the management of the swards followed local recommendations for best agricultural practice. The results showed strong benefits of grass-clover mixtures containing four species as compared to these species sown in monoculture (KIRWAN et al. 2007; LÜSCHER et al., 2008) for all sites. To define more precisely the potential of the grass-clover mixtures compared to pure grass stands for the different soil and climatic conditions encountered in the west part of France, more than 400 fields on commercial farms were monitored for several years (INSTITUT DE l'ELEVAGE, 2004). The study confirms that the productivity of mixed pastures is directly related to the contribution of clover. Using grass-clover mixtures also offers the possibility to extend the herbage growth season. Characteristic within-season growth patterns favour the grasses in spring, during reproductive growth, and the legumes in summer when temperatures are high (LÜSCHER et al., 2005).

Multi-species swards have more potential for sustaining high animal performance. At grazing, herbage intake is higher on grass-clover mixtures than on pure grass stands. As a consequence of higher energy intake, milk protein content tends to increase on mixed pastures. However further research is required in order to determine the optimum mixtures with regard to soil and climatic conditions, to overcome the difficulties in maintaining well-balanced grass-legumes mixtures as well as those concerning legumes silage conservation and to speed up the slow growth rate of clover in early spring. Some of these issues are being addressed in an EU funded project, MULTISWARD which is being coordinated by INRA. The overall objective of MULTISWARD is:

To support developments and innovations in grassland use and management in different European farming systems (including low-input and organic), pedoclimatic and socio-economic conditions i) to enhance the role of grasslands at farm and landscape levels to produce

environmental goods and to limit the erosion of biodiversity and ii) to optimise economic, agronomic and nutritional advantages for the development of innovative and sustainable ruminant production systems.

Amongst the seven specific objectives of this project two particularly concern the dairy sector:

Assess the performance of multi-species swards (MSS) in terms of plant productivity and animal nutrition over a range of environments and determine the most appropriate mixtures according to the soil and climatic conditions.

Design and evaluate innovations in grazing and animal management (including animal genetics) to enhance the sustainability and competitiveness of grassland-based ruminant production system.

Inra also has a dedicated experimental unit at Lusignan that works on optimizing sward mixes in order to economize water and energy for the dairy sector.

The research objectives for improvement of forage outlined above are all connected to the quantity of milk produced however Inra also has for objective to improve milk quality through optimizing feed. Inra is working on the short- and long-term effects of forage type (hay vs. corn silage) and oilseed lipid supplements on the fatty acid (FA) content and composition of cow and goat milk and cheese and on FA traffic from the duodenum into milk.

Better system management

Herbage allowance is one of the primary factors influencing herbage intake and high herbage allowance is required to achieve maximum intake and milk yield per cow. The implication is that grazing systems designed to maximise individual animal performance are inefficient in utilisation per ha. To solve the dilemma of a high herbage intake per cow versus high utilisation of herbage per ha, sward structures and grassland

management allowing the maintenance of a high intake together with a low residual sward height must be determined.

In most countries of Europe, including France, pressure on land use is high and maximising milk yield per unit area is a challenge. Stocking rate, defined as the number of animals per unit area of land during the grazing season, has been recognized for a long time as the most important factor governing milk output per unit area of pasture. A recent meta analysis including 131 comparisons of stocking rate concluded that an increase in stocking rate of one cow ha⁻¹ resulted in an increase in milk yield of 1650 kg ha⁻¹ (i.e. 20%) and milk solids of 113 kg ha⁻¹ while milk yield per cow decreased by 1.3 kg d⁻¹ and milk protein content by 0.5 g kg⁻¹ (McCARTHY et al., 2010).

The effects of feeding supplement on cow performance were reviewed by Peyraud and Delaby (2001). Efficient response of one kg of milk to one kg concentrate is now currently reached when the amount of concentrate per cow does not exceed 6 kg d⁻¹. Moreover, the efficiency of supplementation at grazing appears to be closely related to energy balance of the cows, and it increases when pasture intake is restricted through increased stocking rate, with economic returns depending of the concentrate to milk price ratios and most often positive. Therefore, feeding concentrate can be a very efficient tool to maintain a high stocking rate and thus good sward management, which allows the control of post-grazing sward height while achieving high milk yield per cow and per hectare with high economic returns.

Given the high feeding value of grass relative to conserved forages, there is considerable interest in extending the grazing season as much as possible. In many situations moderate grass growth occurs in early spring and herbage growth in late autumn is almost entirely lost through senescence and grass death during winter if not grazed. The use of on/off grazing that means a combination of restricted access time to pasture and indoor feeding is being investigated to increase grassland utilisation and reduce the variability in animal productivity, even for systems having a very high stocking rate and short grass-growing season. During these

transition periods daily grazing time and stocking rate must be adjusted according to the climatic conditions and soil types to avoid poaching and to limit the risk of nitrate leaching. The optimization of grazing time and stocking rate as well as their effects on N-nitrate leaching are currently being studied.

Farm management practices also have an effect on milk quality and there is a group in INRA working on: - the factors linking farm system characteristics (cattle breed, diet and feed regimen, etc.) and the chemical, sensory and nutritional qualities of the end-products, where this final factor weighs heaviest; - developing fully-functional innovative systems capable of integrating livestock farming constraints over the foreseeable future (wider use of forages, increasing herd sizes, automatic milking systems).

The Environment

The consequences of intensive dairy systems in Europe have been an increase in nitrogen surplus in the cycle between the animal, the crop and the soil. This has a negative environmental impact on groundwater (pollution with nitrates), surface water (eutrophication) and on the atmosphere (de-nitrification and ammonia volatilisation). Whilst protein in grazed grass is used quite efficiently, the same does not apply to grass silage where the ensiling process can adversely affect protein quality. Thus, the need to supplement grass silage based diets with protein rich feeds is recognized if satisfactory ration intakes and lactational performances are to be achieved. However, both the impaired quality of silage protein and the practice of feeding increasing amounts of supplementary protein have contributed to significant increases in the excretion of N in faeces or urine from dairy farms. The overall efficiency of utilization of dietary N in European dairy farming is estimated to be 32% at the level of the cow and 45-50% at the farm. Dairy production causes losses of N in faeces and urine which contribute to environmental pollution either as ammonia, nitrous oxide and N oxides in air, or as nitrate in soil and ground water. The major source of ammonia in the atmosphere is volatilization of N from livestock excreta. Dairy cows

produce the largest amount of ammonia per animal and cattle are responsible for an estimated annual N excretion of about 2,500 kt in Europe. There are two ways to reduce N excretion from dairy cattle, either increase milk production without a concomitant increase in protein intake or to reduce protein intake without compromising milk production. It is this second option which is being pursued as the existing high performance of HGM cows in terms of milk production does not leave a lot of room for improvement.

The EU is funding a project REDNEX, of which INRA is one of the key partners, with the overall objective of providing the dairy production sector with approaches that will reduce N input on dairy farms without a substantial reduction in N output via consumable proteins in the form of milk. The specific objectives are to:

Develop standardised rapid tools to measure fermentation characteristics of feeds in the rumen to predict protein degradability and available fermentable organic matter for microbial synthesis.

Improve feeding strategies by optimizing duodenal amino acid (AA) flow from bypass feed protein and microbial protein while reducing total N intake.

Improve feeding strategies based on better understanding of AA absorption, metabolism and conversion to milk protein as well as to stimulate N recycling within the animal while reducing total N inputs.

Develop biomarkers in urine, plasma or milk to allow the evaluation and prediction of the rumen and animal N status in dairy cows.

Develop and expanding predictive models of N output at the cow and herd levels, contributing to a harmonisation of methods to estimate N output of dairy farms within the EU.

The above objectives concern essentially N reduction by the animal or herd however INRA is also developing a model called Melodie that aims

to evaluate the environmental impact of production strategies. MELODIE dynamically simulates the flows of carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, copper, zinc and water within the whole farm and over the long-term. It consists in a biophysical module interacting with a decision module. The biophysical module simulates the nutrient flows at a daily time step. It includes interconnected submodels which simulate soil/crop, animal and manure processes. MELODIE upscales models developed at the field or animal scale and on short-term periods, by considering the management of the whole farm system. The goal is to study the emerging properties of the system: because of the interactions between the different parts of the farm, and the tradeoffs between different economic and/or environmental objectives, the environmental impact of a farming system may be different from what was inferred at lower scales.

Non-dairy specific research

There are a number of ongoing research projects that are not specifically targeted for the dairy sector whose results nevertheless will have an impact.

The reduction in the uncertainties concerning GHG emissions from livestock farming systems and the robustness of these systems to climate change is being studied through the EU project Animal Change which is being led by Inra. Inra is also working on how to mitigate GHG emissions from ruminants by studying how ruminant gastrointestinal microbial ecosystems, or microbiomes, are controlled by the host animal and by the diet consumed, and how this impacts on greenhouse gas emissions, efficiency and product quality.

The demands of citizens for better conditions for animals have made animal welfare a priority for Inra. From a biological standpoint, animal welfare is dependent on the animal's perception of its immediate setting. This perception then determines the animal's adaptive response. The core focus of the research is therefore to analyze the behavioral processes shaping herbivore adaptation in order to identify discomfort and subsequently devise measures for improving living conditions.

In order to fully harness the possibilities of genomic selection Inra is working on high throughput phenotyping, both conceptually and through deployment of infrastructure. In order to measure new traits it is first necessary to define them in a way that is both unambiguous and universally accepted. Since 2009, INRA and Iowa State University (ISU) have joined forces to create reference ontology for the phenotyping of livestock (ATOL) with the objective of having a language usable by computer programs (management of databases, modelling, etc.), applicable to all livestock. ATOL will be incremented continuously and will provide the basis for the development of the information system. Parallel to this programmes are in place to develop monitoring and imaging systems for measuring traits that are sufficiently simple and mobile that they can be widely deployed. The results of these programs will allow a better understanding of the interaction of an animal with its environment and the selection of animals better adapted to the conditions of tomorrow.

Conclusion

For the past 40 years dairy research in France has been focused on increasing productivity in a stable environment. This era is now over. In the future dairy systems will need to be more robust, both economically as a result of volatility in milk prices as well as feed, fertilizer and energy, and with respect to the climate as more extreme weather conditions become the norm. Furthermore dairy systems must become sustainable, reducing their nitrogen and greenhouse gas emission, improving their carbon footprint, reducing the amount of protein intake that is in competition for human food. All of this whilst remaining productive and economically viable. This new paradigm has required a rethink of how we do research where the animal is no longer the central element but part of a whole system whose parameters have to be improved. However there is no one size fits all, France is a microcosm of Europe with a variety of production systems with different constraints and different solutions. The dairy sector in France cannot be considered out of context of the situation in Europe hence the high degree of cooperation between

European partners. The perspectives discussed above are just part of an ongoing European effort to develop the dairy systems of the future which are environmentally sound, economically viable, sustainable and highly productive.

References

Delaby L. and Pavie J. (2008) Consequences of different feeding strategies and feeding systems on the dairy farm economical performances in a context of fluctuating prices. *Rencontres Recherches Ruminants* 15, 135-138.

Friggens NC and Labouriau R. Probability of pregnancy as affected by oestrus number and days to first oestrus in dairy cows of three different breeds and parities. *Animal Reproduction Science* 118, 155-162 (2010)

Garnsworthy PC, Sinclair KD, Webb R, Integration of physiological mechanisms that influence fertility in dairy cows. *Animal* 2: 1144–1152 (2008)

Guckert A. and Hay R.K.M. (2001) The overwintering, spring growth, and yield in mixed species swards of white clover in Europe. *Annals of Botany* 88, 667-668.

Kirwan L., Lüscher A., Sebastià M.T., Finn J.A., Collins R.P., Porqueddu C., Helgadottir A., Baadshaug O.H., Brophy C., Coran C., Dalmannsdóttir S., Delgado I., Elgersma A., Fothergill M., Frankow-Lindberg B.E., Golinski P., Grieu P., Gustavsson A.M., Höglind M., Huguenin-Elie O., Iliadis C., Jørgensen M., Kadziulienė Z., Karyotis T., Lunnan T., Malengier M., Maltoni S., Meyer V., Nyfeler D., Nykanen-Kurki P., Parente J., Smit H.J., Thumm U. and Connolly J. (2007) Evenness drives consistent diversity effects in an intensive grassland system across 28 European sites. *Journal of Ecology* 95, 530-539.

Lüscher A., Finn J.A., Connolly J., Sebastià M.T., Collins R., Fothergill M., Porqueddu C., Brophy C., Huguenin-Elie O., Kirwan L., Nyfeler D.

and Helgadottir, A. (2008) Benefits of sward diversity for agricultural grasslands. *Biodiversity* 9, 29-32.

Lüscher A., Fuhrer J. and Newton P.C.D. (2005) Global atmospheric change and its effect on managed grassland systems. In: McGilloway D.A. (eds) *Grassland: A global resource*, Wageningen Academic Press, Wageningen, pp. 251-264.

McCarthy B., Delaby L., Pierce K.M., Journot F. and Horan B. (2010) Meta-analysis of the impact of stocking rate on the productivity of pasture-based milk production system. *Journal of Dairy Science*.

Peyraud J.L. and Delaby L. (2001) Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows – Response to concentrates in interaction with grazing management and grass quality. In: Garnsworthy P.G. and Wiseman J. (eds) *Recent Advances in Animal Nutrition*, University of Nottingham University Press, 203-220.

Peyraud J.L., Mosquera-Losada R. and Delaby L. (2004) Challenges and tools to develop efficient dairy systems based on grazing: how to meet animal performances and grazing management. *Grassland Science in Europe* 9, 373-384.

CAPÍTULO 2

Dairy farming and dairy cow research in New Zealand

Kevin Macdonald

Brief history of dairy farming in New Zealand

Cows first milked in New Zealand (NZ) were the females derived from cattle (mainly Shorthorn) that were used to drag logs from the forests. Dairy cattle were first imported from the United Kingdom in the 1860s, but it was not until the 1950s that Jersey became the predominant breed. In the 1970s there was a move away from Jersey to Holstein-Friesian as this allowed diversification into the bull beef market for meat. Currently, the dairy breed structure is 40% Holstein-Friesian, 39% Holstein/Jersey cross-bred and 12% Jersey. Of the calves born to LIC semen in 2012, 68% were deemed to be cross-bred, 26% Holstein-Friesian and 7% Jersey, indicating that there is a continual change of dairy cow breed within NZ. These farmer initiated changes have been to allow adaptation to a changing market place or environmental/sustainability situations.

The first dairy co-operative was established in Otago in 1871. Dairy factories were set up in most small towns near farming communities and by 1920 there were approximately 600 processing factories (STRINGLEMAN & SCRIMGEOUR, 2009) of which 85% were co-operatives. As transport systems and processing techniques improved, factories amalgamated so that in the late 1990s there were only four co-operatives, and the NZ Dairy Board marketed internationally all the milk products. In 2001, the NZ Dairy Board was disbanded and currently there is one large co-operative (Fonterra), two small co-operatives and five private companies processing and marketing milk products. Fonterra currently processes approximately 90% of NZ's milk and 95% of total milk produced is exported.

Cow numbers and herd size have increased dramatically in the last 20 years (Table 1). This has mainly been because of the development of new dairy farms in the South Island. Now, 36% of the cows are in the South Island compared with only 7% in 1990. Total area of NZ is approximately 27 million ha of which 1.64 million ha is currently in dairying, having increased by 60% in the last 20 years (Table 1).

Table 1. Changes in the New Zealand dairy industry from 1990 to 2010.

	1990/91	2000/01	2010/11
Area in dairying (million ha)	1.02	1.33	1.64
Number of herds	14,685	13,892	11,735
Number of cows (million)	2.35	3.49	4.53
Cows/farm	164	251	386
Stocking rate (cows/ha)	2.35	2.62	2.76
% of farms with < 300 cows	93	75	47
% of farms 300-499 cows	7	18	29
% of farms > 500 cows	unknown	7	24
Milksolids ¹ /cow (kg)	268	310	334
Milksolids ¹ /ha (kg)	630	825	993
Milk/cow (kg)	2,990	2,705	3,829

¹Milksolids- milkfat and protein.

New Zealand is in the temperate zone and as such, close to 60% of the pasture growth, primarily from perennial ryegrass/white clover mixtures, occurs from September to January, so farm systems have been set to match this feed supply. New Zealand dairy farmers have relied on their ability to produce milksolids (milk fat and protein: MS) cheaply from the pasture grown. This has been the competitive edge they have always had, but in the last 15 years there has been a wide range of dairy production systems evolve in New Zealand. This has occurred because farmers have their own definition of success, set of values, skills, knowledge and aspirations, and with different resources available (Hedley et al., 2006). DairyNZ has characterised this with a description of 5 production systems ranging from system 1 being all-grass (self-contained) to system 5, which is a high input farm with more than 40% of the feed brought into the farm.

New Zealand dairy pastures are dominated by perennial ryegrass.

Ryegrass plants are made up of several tillers each supporting up to three live leaves. Ryegrass leaves and tillers originate from a growing point near the base of the plant that is seldom grazed. The appearance of new ryegrass leaves and death of existing leaves are closely related. Rate of leaf appearance matches pasture growth, thus it is fastest in spring (7 days) and slowest in winter (30 days). Due to the close relationship between leaf appearance and death, the life of a tiller is approximately 21 days in spring and up to 90 days in winter. Therefore, grazing management should relate to the pattern of tiller turnover to ensure pasture survival and maximising utilisation.

New Zealand pastoral farming is about profitably balancing feed supply and demand. Dairying in New Zealand is about maximising pasture growth and ensuring that most of the pasture is eaten by the herd (high utilisation). Growing pasture is about adequate soil fertility and drainage, and maintaining productive pasture species. Pasture utilisation is about having the right stocking rate to ensure there are enough cows to eat all the available feed. The role of supplementary feeds is to add energy during deficit periods so that cows maintain energy intake and production. The situation can be summed up by this statement: "Anything which you put between a cow and a blade of grass has to be paid for by the cow!"

One of the dominant features in NZ dairying is the low price farmers get paid for their milk. The New Zealand industry produces 1.5% of the world's milk production and this accounts for 38% of the international milk trade and contributes 25% to the country's export earnings. As such a high proportion of the milk produced in NZ is exported in the form of milk products, farmers are almost totally reliant on the international market, as little (5%) of the milk produced is used domestically. As the milk is manufactured into products, payment to farmers is on MS (milkfat and protein), not whole milk. Due to the fluctuating international milk price and the relatively low price NZ dairy farmers are paid for their milk, costs must be kept to a minimum, so to remain internationally competitive the cheapest food source is used. This is generally grazed pasture.

Pre-2000, NZ farmers had the lowest cost of milk production of the major milk producers. This advantage has been eroded and now Argentina, Brazil, and Ukraine and are able to produce milk more cheaply. As NZ exports nearly all its milk, it is essential that NZ dairy farmers maintain a low cost production to be able to take advantage of the increasing international demand for milk products.

DairyNZ

DairyNZ was created in November 2007 by the merger of Dairy InSight and Dexcel. DairyNZ is an industry good organisation, representing NZ's dairy farmers. It is funded by a levy on MS, with the purpose to secure and enhance the profitability, sustainability and competitiveness of New Zealand dairy farming. Under an act of Parliament (COMMODITY LEVIES ACT 1990) all bovine milk producers are levied and farmers get to vote to support or reject the levy every six years. DairyNZ has three key investment areas: productivity (feed, animals and farm systems); sustainability (environmental management, biosecurity, animal welfare and community impact); and people and business (farm business and human capability). DairyNZ head office is based at Newstead, near Hamilton.

DairyNZ's work includes research and development to create practical on-farm tools, leading on-farm adoption of best practice farming, promoting careers in dairying and advocating for policy, legislative and investment decisions by central and regional government which are good for dairy farming. The policy and advocacy team is primarily based in Wellington, to interact with government ministers, government departments and other with an interest in dairying and also works directly with regional councils in key dairying areas.

DairyNZ promotes partnerships in developing a strong and thriving dairy industry. DairyNZ currently funds or is involved in joint ventures with a wide range of organisations including AgResearch, Lincoln University, Massey University, Animal Health Board, LIC, Agriquality, National Mastitis Advisory Committee (NMAC), Agriculture ITO (industry training), and Agritech Investments.

Extension and education

DairyNZ has approximately 40 consulting officers (COs) based throughout the country. Each CO has about 250 farms to service and holds about 100 discussion group days/meetings per year. The role of a CO is to support dairy farmers through group meetings and by facilitating discussion on relevant aspects of farm management.

The Development Group supports COs by developing learning packages/information that farmers can use. This may be translating information from research trials into practical management advice or assisting with people management, environmental, or welfare issues; in fact, anything that is of importance to the dairy industry. Development projects in the last few years include initiatives on cow condition, improving reproductive performance, milking management and environmental management.

Underpinning the informal learning facilitated by the aforementioned groups is Dairy Training. This group provides structured courses and qualifications in dairying under contract to the Agriculture Industry Training Organisation (AgITO), a quasi-government department charged with facilitating training opportunities for people who are in work.

Research

DairyNZ employs about 25 scientists and 10 post-graduate students. Most of these are located at Newstead but the number in the South Island (Lincoln) is increasing, as fits in with the need for more research in the South Island.

DairyNZ has two research farms at Newstead. These farms have facilities that allow accurate measurement on individual cows, component and farmlet studies within the farm. Scott Farm is set up to manage multiple herds whereas Lye Farm has individual cow feeding facilities (Calan Gates) as well as metabolism stalls. There is also a significant regional presence through research and demonstration farms in Northland, Bay of Plenty, Taranaki, Canterbury and Southland. Research generally has

to fit in with the mandate to enhance the profitability, sustainability and competitiveness of New Zealand dairy farming. Some of the current research projects are briefly described below.

Feed conversion efficiency

A feed conversion efficiency (FCE) trial, funded by government and New Zealand dairy farmers through DairyNZ, LIC and NZ Trade and Enterprise, is being run by DairyNZ with a sister trial in Australia. The ultimate aim is to increase productivity in the dairy industry by selecting cows which are the best converters of feed to milk and to identify these by their genetics. Feed conversion efficiency is also often referred to as residual feed intake (RFI).

The FCE trial fits with the Strategy for New Zealand Dairy Farming that was developed to guide the investment and activities of the industry from 2009 to 2020. Part of the strategy calls for an investment in developing new technologies to increase potential MS production from forage, potential feed conversion efficiency, cow functionality and resource use efficiency.

In 2007 the first group of 160 calves selected for the six year FCE trial, spent 60 days in a purpose-built feeding facility at the Westpac Taranaki Agricultural Research Station (WTARS) at Hawera, Taranaki. They were fed lucerne (alfalfa) cubes and their weight gain was measured three times a week. By June 2010, 1050 calves had been screened and their DNA analysed, so efficient animals could be identified from a tissue sample.

The 10% most efficient calves ate 6.0 kg DM and the 10% least efficient 7.5 kg DM for the same daily live weight gain, a 20% difference (Waghorn et al., 2012). Calves in the top and bottom 10% for conversion efficiency were retained for future research on feed intake and subsequent milk production.

Results from the NZ and Australian trials have been similar (WILLIAMS et al., 2011; PRYCE et al., 2012), giving increased confidence in the

results. From these data, LIC identified a likely set of genetic markers for RFI. They then sampled 3,700 cows in the national herd to identify cows with or without this gene marker profile. From this group, 214 cows were purchased and transferred to WTARS in May 2011 to validate the markers by measuring their efficiency.

Feed conversion efficiency is important to the New Zealand dairy industry as current selection and breeding criteria for dairy cows are based on a theoretical (not measured) feed consumption, so the gains in productivity are achieved by genetic improvements with no account taken of the actual quantity of feed required.

A key component of this programme is to ensure that efficient cows are robust and that selection for improved FCE has no detrimental effects on reproduction and health. Selection of animals which use feed more efficiently, (for maintenance and production) will improve on-farm production and profitability.

Feed effects on body condition score

The aim of this work is to measure cow body condition score (BCS) change from differing feeds so that farmers can better calculate the type and level of feeding to increase BCS. This is important as dairy cow type and efficiency have changed and it is possible that standard feed tables (NRC 2001) are no longer relevant. Recent work has indicated that cows - 2 months pre-calving and gaining BCS, need approximately 40% more feed than previously estimated.

Forage evaluation system for NZ dairy farmers

The project has developed a comprehensive system for evaluating the economic value of pasture plant cultivars in terms of seasonal dry matter production. As a result of this development, farmers will be able to establish clear expectations of how those cultivars should perform on their farm, and have confidence that their expectations will be met. The evaluation system will also send clear signals to plant breeders regarding the traits of importance to dairy farmers, and provide a framework for

annually evaluating the extent to which genetic gains in pasture plant material are contributing to trends in industry productivity. The project is being conducted in collaboration with the pasture plant breeding industry in New Zealand. Further cultivars will be rated over the next few years and work is underway to include traits other than production e.g. persistence and nutritive value. A similar project has been developed in Ireland.

Farm system modelling

DairyNZ has a modelling team which develops and applies computer models to explore farm systems, components of farm systems, and environmental questions that are expensive and difficult to answer with traditional research methods. Farm systems can be described using new pasture/crop combinations under different water and N-fertiliser restrictions. Strategies can also be explored for farm scale adaptation and mitigation to climate change and nitrate leaching.

Modelling can be used to analyse tactical pasture and cow management decisions affecting cow feed intake quantity and quality, and the impacts on production and waste products i.e. methane and urinary-Nitrogen (N).

Labour productivity through efficient milk harvesting

This project aims to determine the most efficient milking methods and systems for future farms, taking account of labour input, capital cost and milk quality. Improved milking efficiency will lead to a reduction in the energy required to harvest the industries raw milk resulting in lower power costs and savings for farmers. One area that has been evaluated is the use of a higher (400 ml/min) than traditional (200 ml/min) milk flow rate when the cups were removed from the cow by the automatic cup removers. This trial demonstrated that when milking was stopped at the higher flow rate, there was no effect on production clinical mastitis or teat condition, indicating time can be saved with no cost.

Once-a-day milking

There has been considerable research and demonstration work

undertaken in NZ and internationally on the use of once-a-day (OAD) milking as a strategy during feed shortages, or to either improve lifestyle or labour use efficiency. About 5% of the national herd is milked OAD for the whole lactation. An unknown proportion of farmers use OAD strategically, particularly late in lactation. Analysis of NZ data relating to the effect of OAD milking on milk production, health, reproduction, intake, BCS and metabolic status is continuing to provide an up-to-date resource on the likely implications of OAD milking under different management scenarios on milk production (immediate and total lactation effects), health, reproduction, intake, BCS gain/loss and metabolic status). This will allow farmers to make more informed and effective decisions on the likely impacts of OAD on their farm business.

Herb physiology, persistence and animal response:

By increasing summer feed quality, MS production per hectare and feed conversion efficiency can be increased. The aim of this project is to determine the potential dairy cow herb intake in summer/autumn when herbs (chicory and plantain) are fed as the main part of the diet, and the differences in herb re-growth and quality when grazing intervals and grazing heights are modified. The potential of herbs to be integrated across a large area of a farm system, to increase MS production to 1750 kg MS/ha, will also be investigated. By improving understanding of chicory and plantain physiology, forage growth and characteristics, cow production can be increased.

Work is also continuing on the effects of different defoliation managements on the growth and survival of chicory and plantain. These herbs are becoming increasingly popular with farmers because of the production of high quality feed during summer and autumn.

Improved winter management practices for the southern South Island

Dairy farming in the southern South Island (Southland and Otago) has grown in the past 20 years to 0.7 million cows on 1253 farms producing 11% of New Zealand MS (2010-11 NZ Dairy Statistics). Winter feeding

is critical to the success of dairy operations in the southern South Island and has been identified by farmers as an area where more information is required for successful management.

Farming is coming under increasing scrutiny from regional councils and the public to ensure environmental and animal welfare concerns are addressed and sound winter practices, such as best management around grazed forages such as kale, swedes, fodderbeet, and around silage conserved during the spring and summer.

The winter management project in the southern South Island aims to maintain profitability while improving environmental performance and animal.

Integrating high yielding, sustainable crops into dairying

There has been concern about the effects of changes in climate and pests on pasture persistence. In response, some farmers are integrating cropping with what was a pasture only system. If high producing crops can be successfully introduced into the dairying system, this will give confidence to more dairy farmers to adopt the system. Increased intake, increased home-grown feed, and use of diverse pasture species are part of this solution.

DairyNZ firmly believes that the long-term competitiveness of the New Zealand dairy industry requires sustainable methods that increase home-grown feed.

Efficient dairying

Four sites will be setup throughout NZ to investigate how to make dairy farming more profitable and productive, while reducing effects on the environment. The reasoning behind this work is that one of the major pollutants from dairying is urinary-N. There is too much N in a urine patch for grass to take it up efficiently, so N (as nitrate) with rainfall drains through the soil. It is likely dairy farmers will soon be required to limit the leaching loss of nutrients (particularly N) from each farm or each drainage catchment.

At the same time, NZ's dairy industry must increase productivity to ensure that our dairy farmers remain internationally competitive and profitable. To achieve this, the work aims to demonstrate that average farms can increase annual MS production and profit per ha while reducing N leached.

At each site farmlets will be set up to compare a 'current' typical with a future 'efficient' farm using the best cows, technology and management available now or in the near future (five to 10 years). The 'efficient' farmlet has a lower stocking rate, higher breeding worth/production worth cows, lower replacement rate and lower N fertiliser input, and uses practices such as nitrification inhibitors (DCD) and standing off to control N losses from urine patches. The 'efficient' farmlet also has access to grain to improve the energy to N ratio of the diet and to increase MS yield.

Summary

New Zealand is in the temperate zone and as such pasture grows through most of the year. Thus, dairying is based around the efficient use of pastures as this is the cheapest feed. Close to 60% of the pasture growth, primarily for perennial ryegrass/white clover mixtures, occurs from September to January so farm systems have been set to match the supply pattern.

Sale of milk products contributes in excess of 25% of New Zealand's export earnings. Some 95% of the milk produced is exported making 38% of the international trade in milk products. This means that dairy farmers are almost totally reliant on the international milk price and as such, need to ensure they remain internationally competitive, but by doing so in a sustainable manner.

Most of the dairy cow related research is done by DairyNZ, an industry good organisation, representing NZ's dairy farmers with a mandate to ensure profitability, sustainability and competitiveness for dairy farmers. This is done by ensuring that dairy cow research in NZ fits one of these facets and results are communicated by DairyNZ scientists and

consulting officers via extension at discussion groups, conferences, meetings of rural professionals or as published material.

References

2010-11 NZ Dairy Statistics. http://www.dairynz.co.nz/page/pageid/2145866855/New_Zealand_Dairy_Statistics#688. Accessed 3 Sept 2012

Hedley, P.; Kolver, E.; Glassey, C.; Thorrold, B.; Van Bysterveldt, A.; Roche, J.; Macdonald, K. 2006 Achieving high performance from a range of farm systems. Proceedings of the 4th Dairy³ Conference. **4**: 147-166.

National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press, Washington, DC.

Pryce, J.E.; Arias, J.; Bowman, P.J.; Davis, S.R.; Macdonald, K.A.; Waghorn, G.C.; Wales, W.J.; Williams, Y.J.; Spelman R.J.; Hayes, B.J. 2012. Accuracy of genomic predictions of residual feed intake and 250 day bodyweight in growing heifers using 625,000 SNP markers. *Journal of Dairy Science* **95**: 2108-2119.

Stringleman, H; Scrimgeour, F. (2009-03-01). Dairying and dairy products - Co-operatives and centralisation. Ministry for Culture and Heritage / Te Manatu Taonga. ISBN 978-0-478-18451-8. <http://www.TeAra.govt.nz/en/dairying-and-dairy-products/3>. Accessed 28 Aug 2012.

Waghorn, G.C.; Macdonald, K.A.; Williams, Y.; Davis, S.R; Spelman, R.J. 2012. Measuring residual feed intake in dairy heifers fed an alfafa (*Medicago sativa*) cube diet. *Journal of Dairy Science* **95**: 1462-1471.

Williams, Y.J., Pryce, J.E.; Grainger, C.; Wales, W.J.; Linden, N.; Porker, M.; Hayes, B.J. 2011. Variation in residual feed intake in Holstein Friesian dairy heifers in southern Australia. . *Journal of Dairy Science*. **94**: 1613-1620

CAPÍTULO 3

Escenario actual y perspectivas futuras de la investigación, desarrollo e innovación en Argentina.

Miguel Taverna

Introducción

La lechería constituye una actividad tradicional en Argentina. Fue y es responsable del desarrollo socio-económico de numerosas regiones, genera ocupación territorial, fuentes de trabajo directo e indirecto y es una actividad con un bajo impacto ambiental.

La producción nacional fue 11.600 millones de litros en el 2011. El 95% de la misma se concentra en la región central del país (provincias de Santa Fe, Córdoba, Buenos Aires, Entre Ríos, parte de La Pampa y parte de Santiago del Estero), donde existen unos 12.500 productores comerciales de leche (corresponde a la zona con círculo azul en el mapa). Paralelamente, las denominadas cuencas extra-pampeanas (círculos rojos) en el NOA, NEA y norte de Patagonia, tienen poca relevancia en términos de volumen de leche pero son cuencas muy importantes por lo social (Figura 1).

Tratando de mostrar la estructura y tamaño de los sistemas, en el Figura 2, se presenta la cantidad de tambos, de vacas y del promedio de vacas por tambos para diferentes rangos de tamaño. La mayor frecuencia de tambos y vacas se ubica en el rango de 100-250 vacas en ordeño (45% de los tambos y de las vacas). Es importante remarcar que hasta este límite se acumulan el 80-85% de los tambos en Argentina. Según nuestra clasificación de sistemas productivos, una muy importante cantidad de tambos corresponden a estructuras chicas y medianas.

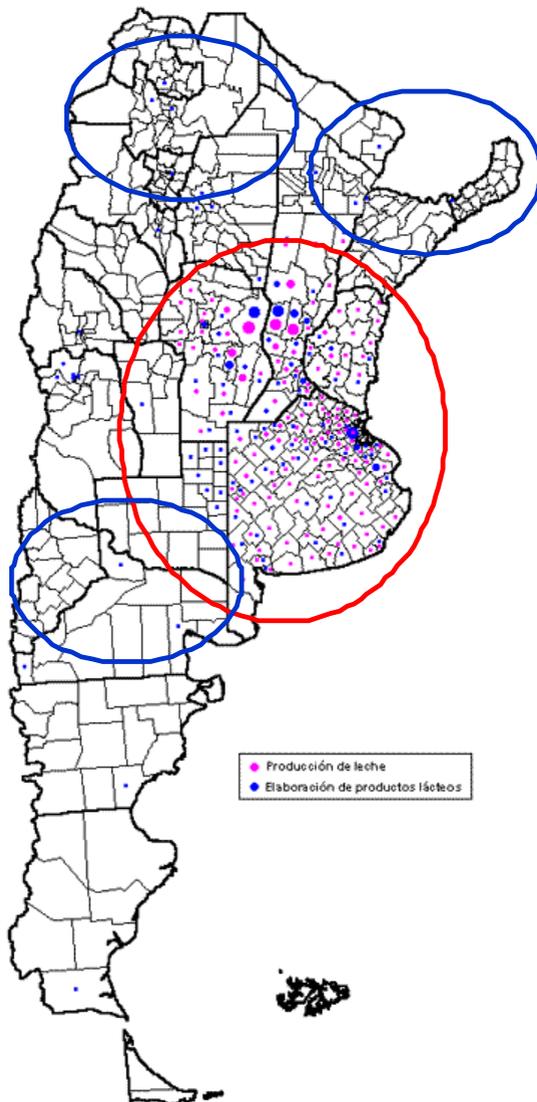


Figura 1. Cuencas lecheras en Argentina.

Paralelamente, en el Cuadro 1 se presenta el aporte de leche que realizan diferentes tamaños de tambos a la producción nacional en diferentes momentos cronológicos. Se manifiesta un claro incremento de escala,

donde por ejemplo, la importancia relativa de los tambos de menos de 2000 litros/día (en aporte de leche) pasó de 45 a 22% y el de más de 6000 litros/día de 14 a 30%. Esto proceso en 10 años.

Cuadro 1. Evolución del porcentaje de tambos y de leche según producción diaria del tambo (CIL, 2011).

Producción diaria	2001	2006	2011
< 2000 litros	77* (45)	61 (28)	50 (22)
2000-4000	17 (30)	27 (33)	32 (33)
4000-6000	3 (11)	6 (14)	10 (15)
> 6000	2 (14)	6 (26)	8 (30)

* Cantidad de tambos (%)

() Cantidad de leche que aportan (%)

Evolución reciente y posibilidades de crecimiento.

En los últimos 20 años, la producción de leche por lactancia se duplicó, la leche por ha se incrementó 2,5 veces y la productividad de la mano de obra se multiplicó por 5 (TAVERNA, 2010). Este proceso permitió prácticamente duplicar la producción nacional de leche en la mitad de la superficie inicialmente disponible, dejando liberada la otra parte especialmente para la agricultura. Este conjunto de indicadores muestran un marcado progreso de la eficiencia promedio de la producción primaria argentina.

Sin embargo, se dispone aún de tecnologías validadas a nivel de numerosas Instituciones (INTA, Universidades, AACREA, etc.) y adoptadas por numerosos productores que posibilitarían duplicar el promedio de la productividad nacional de leche (6.500-7.000 litros de leche por ha asignada a vacas totales). Resulta alentador además el hecho de que estos aumentos en la eficiencia productiva son posibles de lograr sin un incremento de los costos de producción de leche. Es decir, con resultados económicos-financieros crecientes. Este proceso de incremento de eficiencia hace del tambo una actividad competitiva por el recurso tierra. Se deben superar los 10.000 litros de leche por ha para competir eficientemente con la agricultura.

Un estudio realizado técnico realizado por el INTA “Techos Productivos” (TAVERNA, 2011) muestra que la producción nacional podría alcanzar los 18 mil millones de litros de leche al 2020. Este escenario se construyó combinado un aumento de la producción individual por vaca (de 16,9 a 21,8 litros/día) y del número de vacas en ordeño (de 1,7 a 2,3 millones). Como es lógico en estos casos, los logros se vinculan a una serie de supuestos relevantes: mejoramiento genético y fenotípico de 149 litros de leche por lactancia/vaca, disminución de la mortandad, de los descartes, menor edad al servicio, mejor relación vaca ordeño/vaca total, etc. Considerando además que este aumento se plantea utilizando prácticamente la misma superficie de tierra, se requiere duplicar la producción de alimento por hectárea asignada al tambo. Este proceso demanda adicionalmente importantes inversiones para la adecuación y actualización de instalaciones y maquinarias (estimada en 400 millones de dólares) y un fuerte trabajo de profesionalización de operarios y de productores.

Otro punto crítico del proceso lo constituye lo comercial. Aún considerando incrementos de la demanda doméstica asociada al crecimiento de la población y del consumo “per cápita” (+1 y +1,5% anual, respectivamente), el saldo exportable al 2020 prácticamente se duplicaría. La relación mercado interno/exportación pasa 75/25 a 55:45. En síntesis, la consolidación de los mercados existentes, el desarrollo de nuevos mercados, la adecuación de la estructura productiva industrial y de logística, se transforman en un condicionante muy fuerte de las posibilidades de crecimiento.

Áreas de Investigación, desarrollo e innovación

Los temas de I+D+i se plantean desde una visión de crecimiento del volumen de la producción nacional y de un incremento de la eficiencia productiva.

Acciones de extensión, transferencia y capacitación para el cierre de brechas técnico-productivas.

Existe margen posible de progreso importante en la eficiencia productiva de los tambos. Para ilustrar esta situación, en Cuadro 2 se agruparon los resultados que muestran los niveles medios de eficiencia y el factible de alcanzar considerando la tecnología disponible y probada.

Cuadro 2. Margen posible de progreso en función de la tecnología disponible y probada (INTA Rafaela).

	Tambo "medio"	Tambos "Punta"	INTA "Roca"	INTA "Mixto"	Ensayo "Holando"	Ensayo "Jersey"
Carga (VT/ha VT/año)	1,26	1,46	1,65	1,90	2,21	2,94
Litros/vaca/día	14,7	18,1	23,9	21,7	25,6	18,4
Kg sólidos/vaca/día	0,975	1,233	1,604	1,517	1,687	1,582
Litros/ha VT/año	5.560	7930	11.830	12.370	16.970	16.230
Kg sólidos/ha VT/año	370	540	795	865	1.120	1.395
Ingreso Neto por ha (Tambo Punta = 100)	60	100	160	200	220	275

Nota: El Modelo "Mixto" posee un rodeo compuesto por vacas Holando y cruza Holando x Jersey.

Dentro de este contexto, se priorizan dos problemáticas sumamente complejas: la vinculada a las **Pymes lácteas** (que involucra a la industria, el empresario industrial y a los tambos remitentes) y la de los **pequeño y medianos productores** (muchos son remitentes a la empresas Pymes).

I + D + i para una intensificación sustentable

Este desafío compromete fundamentalmente a la investigación y el objetivo básico debe ser **eleva el techo de productividad de los sistemas de producción.**

Maximización de la producción de forraje por unidad de rotación/ha

Integrar los conocimientos ya existentes con los resultados a generar en próximos años en diferentes proyectos se traducirá en saltos productivos significativos en la cantidad y calidad de alimento por unidad de superficie.

El incremento en el costo de oportunidad de la tierra y los granos hacen necesario generar opciones tecnológicas para incrementar la productividad de las pasturas perennes y los cultivos forrajeros, en cantidad y calidad.

Las tecnologías para mejorar el uso de recursos limitantes (principalmente agua y nutrientes) tienen el potencial de incrementar los niveles actuales de producción de forraje de las pasturas perennes y cultivos. En ciertos sistemas, la combinación de pasturas de alto rendimiento con rotaciones intensivas de cultivos forrajeros puede ser una opción para incrementar la eficiencia de uso de recursos, particularmente radiación y agua.

El incremento de la productividad forrajera requiere aumentar la cantidad de nutrientes edáficos disponibles actualmente para las plantas. Para ello, el uso de tecnologías eficientes de uso de fertilizantes (Tambos de precisión), el empleo de fuentes biológicas de fijación de N, reciclado de efluentes son oportunidades para mejorar la fertilidad edáfica.

El uso de modelos constituye una herramienta válida para asistir estos desarrollos. La evaluación de modelos de producción de pasturas para diferentes ambientes mejorará la capacidad actual para integrar información disponible, como también para el desarrollo de herramientas para la toma de decisiones, el análisis sistémico y para predecir las consecuencias de diferentes escenarios, como por ejemplo, los de cambio climáticos.

Manejo alimenticio

El pastoreo directo puede constituir una limitante para el logro de una elevada eficiencia productiva del sistema. El proceso de intensificación implica cambios importantes en el manejo alimenticio.

Existen limitados antecedentes que examinen el efecto del reemplazo de pastura por RCM o el efecto del corte del forraje vs. el pastoreo directo en experimentos de largo plazo.

Resulta prioritario generar información sobre “producción y composición de la leche en alimentación estabulada o en combinaciones con distintos niveles de inclusión del pastoreo”.

Se priorizan los trabajos integrados (estrategia alimenticia, reproductiva y sanitaria) en el pre y postparto.

Bienestar animal y gestión ambiental

Un de los aspectos asociados a la propuesta de sistemas intensificados es el incremento relativo de uso de forrajes conservados, sub-productos y concentrados dentro de la dieta de las vacas. Es necesario desarrollar y adaptar instalaciones, como así también definir pautas de manejo que se adecuen a este proceso. De lo contrario, se pueden generar efectos negativos sobre el animal (provocando situaciones de estrés que afectan la producción de leche, la salud, la sanidad, etc.) y un incremento importante de los riesgos de contaminación, debido a la acumulación de las excretas en corrales y almacenamiento de efluentes sin tratamiento. Un inadecuado manejo puede generar problemas tales como olor, producción de agentes contaminantes en cuerpos de agua, proliferación de plagas (roedores e insectos).

Paralelamente es imprescindible complementar estos trabajos de intensificación con la identificación y seguimiento de indicadores de permitan evaluar el impacto ambiental de las distintas propuesta técnicas.

Salud animal

La intensificación en la producción de leche está generando (en todos los sistemas de producción, ya sea semi-pastoriles o con encierros) un aumento de estos problemas llamados “Enfermedades de la Producción”. Este término incluye a las clásicas enfermedades metabólicas clínicas y también a un conjunto de afecciones clínicas o subclínicas resultantes de desbalances nutricionales, fallas en la regulación hormonal y/o en el sistema inmunológico de base celular o humoral. Se suman las líneas tradicionales de control y prevención de mastitis y podales.

Una vaca eficiente según el sistema.

Un potencial genético alto garantiza una adecuada respuesta frente a un reemplazo progresivo de la pastura en la dieta.

La Argentina no dispone de una estrategia en este sentido. Tal vez la heterogenidad de sistemas de producción, las distintas visiones empresariales, la falta de un sistema de calificación y pago de la leche, lo

expliquen. Debería existir mayor coherencia técnica en el momento de elegir las vacas según el sistema adoptado. Se requiere de un trabajo multidisciplinario e interinstitucional.

Reproducción

Algunos ejercicios de simulación demostraron las restricciones que existirían en lograr un crecimiento significativo de la producción nacional de leche si no existe un incremento en el número de vacas (TAVERNA, 2009).

Aparecen como muy promisorias las tecnologías de semen y embriones sexados. Estas prácticas incrementarían significativamente, en un plazo de tiempo acotado, el número de hembras y el mérito genético de los rodeos. Estas innovaciones ya disponibles a nivel internacional, debieran complementarse a nivel nacional, con trabajos de adaptación, transferencia y capacitación.

Mano de obra

La mano de obra calificada aparece como una fuerte restricción. Consecuentemente, es imprescindible adoptar criterios de manejo, organización e inversiones que aumenten su productividad (eficiencia) y, al mismo tiempo, mejoren las condiciones de trabajo (seguridad y cuestiones ergonómicas). Es necesario elaborar nuevas propuestas de organización y nuevas tecnologías (automatización, robótica en sistemas pastoriles).

Calidad de leche y de productos

Los cambios en el sistema de producción incrementan el riesgo de la presencia de xenobióticos en leche y productos (micotoxinas, antibióticos, pesticidas). El desarrollo de estudios permitirá elaborar protocolos de buenas prácticas que posibiliten capacitar adecuadamente a los diferentes actores para una adecuada gestión de esta problemática. Estas propuestas son novedosas en nuestro país y complementan los trabajos que se vienen realizando en términos de una gestión integral de la calidad.

Por otra parte es imprescindible profundizar la generación de conocimiento sobre los factores que modifican los atributos nutricionales, orga-

inolépticos, tecnológicos y funcionales de la leche y los productos. Estos resultados posibilitaran incrementar el valor de la leche y productos (aplicable a estrategias de diferenciación) como también mejorar la aptitud tecnológica de algunos commodities (por ejemplo, vida útil, estabilidad térmica, etc.).

Modelización

Generación de herramientas de soporte táctico a las decisiones de alimentación, calidad, ambiente, genética, reproducción, manejo y economía de la empresa. Estos modelos permitirían además identificar información faltante.

Estos desarrollos posibilitarán estimar el impacto de las tecnologías generadas por el sistema de I&D.

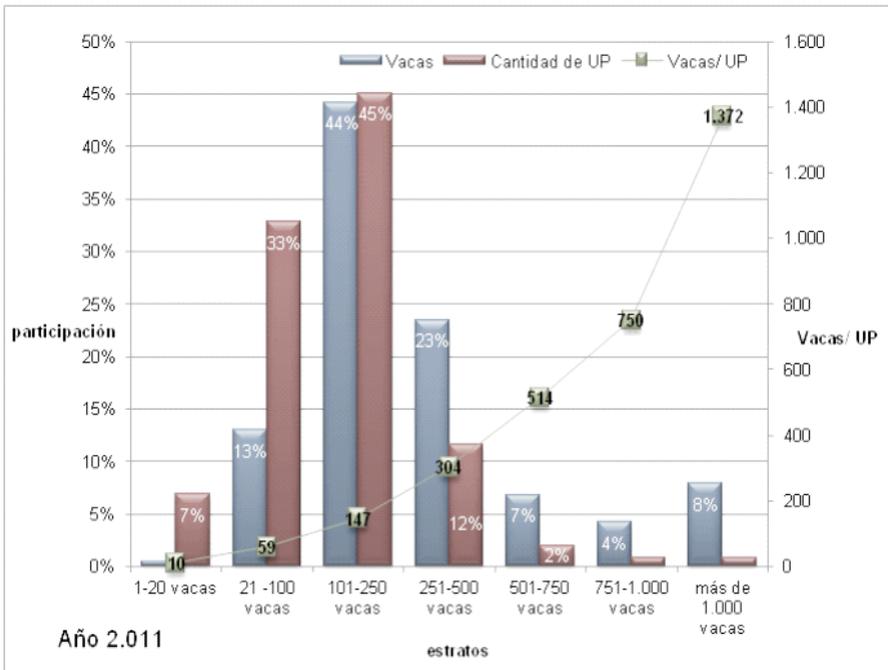


Figura 2. Cantidad de vacas y tambos por rangos de tamaño.

CAPÍTULO 4

Cenário atual e perspectivas futuras de PD&I no Brasil

Duarte Vilela, José Alberto Bastos Portugal

Introdução

No Brasil, o “descontrole inflacionário, a vulnerabilidade externa e o desequilíbrio fiscal-financeiro”, deram lugar à estabilidade econômica, resultante de um conjunto de fatores, como “a elevação do País à categoria de investidor, o cumprimento das metas de inflação, a obtenção de superávits comerciais, a acumulação de divisas, a redução dos indicadores de endividamento público e a melhoria da distribuição de renda”. Essas condições são essenciais para atingir um crescimento sustentável, numa perspectiva de longo prazo.

Isso é fruto de uma política de desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) iniciada no Brasil na década de 1950, que vem sendo edificada ao longo desses anos, contribuindo para que o País amplie a visão de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I), rumo à consolidação de um Sistema Nacional de Inovação.

No processo de construção de um ambiente favorável para C,T&I, destacam-se a criação e o fortalecimento dos sistemas federal e estaduais de P,D&I; as ações e os investimentos voltados para a capacitação e qualificação de pesquisadores; o aumento do financiamento de projetos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação; a promoção do desenvolvimento social; a articulação entre os agentes que integram os diferentes sistemas produtivos, a publicação da Lei de Inovação, dentre outros.

Para continuar avançando em direção da fronteira do conhecimento é necessário migrar do conceito de eficiência individual para eficiência coletiva, construindo-se, assim, uma estrutura de organização sistêmica e políticas de inovação efetivas.

Ciência, tecnologia e inovação no Brasil

Os avanços da economia brasileira e latino-americana, em função da relação produtividade/conhecimento, ainda sofrem da “síndrome do crescimento lento crônico”. Para romper esse estado de letargia, estabelecendo um ciclo de crescimento da produtividade, de atividades de alto valor agregado e aumento da qualidade de vida, será preciso intensificar as ações para fortalecimento e valorização do sistema de P,D&I (IDB, 2010a).

No Brasil, a revisão das políticas públicas para investimento e incremento em C,T&I, teve início com a reorganização dos sistemas de pesquisa, que incluiu a implantação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e dos Fundos Setoriais de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, caracterizando-se como alternativas relevantes para a valorização da atividade inovativa, pré-requisito para garantir a competitividade do país em uma estrutura globalizada.

Outro marco importante foi a regulamentação da Lei de Inovação – Lei nº 10.973/2004 e Decreto nº 5.563/2005, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo (BRASIL 2004, 2005).

A constituição desse ambiente propício para pesquisa e inovação poderá contribuir para melhorar a posição do Brasil frente ao índice global de inovação. Em 2011, num universo de 125 países, o Brasil ficou classificado em 47º lugar (3º lugar entre os países da América Latina e Caribe - ALC); em 2012, foi 58º (141 países), sendo 2º lugar na ALC (DUTTA, 2011; 2012).

De acordo com estudos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID, 2010; IDB, 2010,b) os obstáculos aos investimentos em inovação

na América Latina estão relacionados a quatro fatores principais: a) a restrição para acesso a financiamentos e crédito, relacionada, sobretudo, com o alto custo de capital; b) os longos períodos para recuperação dos investimentos ou alcance de rendimentos positivos; c) a estrutura e o tamanho reduzido do mercado, que dificultam o acesso aos mercados regionais, limitando a atuação de muitas empresas ao mercado interno/local, geralmente pequeno e sem padrões de referência; d) a baixa qualificação profissional necessária para as atividades de inovação, revelando uma carência por programas de capacitação e serviços tecnológicos, bem como falhas na comunicação e coordenação entre os diferentes elos dos sistemas nacionais de inovação, incluindo as universidades e as empresas comerciais.

No Brasil, os riscos econômicos (40%), os elevados custos (31,1%), os problemas relacionados ao financiamento (31,5%), as dificuldades na obtenção de informações (21%) e os fatores internos à empresa (6%) foram citados como os principais obstáculos à realização de inovação pelas empresas, de acordo com a análise da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2010).

Encontrar mecanismos para incrementar a inovação nas empresas é o desafio a ser vencido e, pelo menos três alternativas podem ser propostas. Uma, seria a ampliação do percentual do PIB revertido em investimentos para P,D&I, a exemplo do que é praticado nos países da OECD e países emergentes (Tabela 1).

A segunda alternativa é a criação de mecanismos que estimulem os investimentos em inovação pela própria empresa, principalmente se forem considerados os custos fixos elevados e os riscos dessas atividades (BID, 2010; IDB, 2010b) (FIGURA 1).

Nesse sentido, o Plano Brasil Maior é uma estratégia definida pelo governo brasileiro. “As ações de apoio à indústria buscam fortalecer a competitividade, acelerar os ganhos de produtividade, promover o adensamento produtivo e tecnológico das cadeias de valor, ampliar mercados, criar empregos de melhor qualidade e garantir um crescimento inclusivo e sustentável” (MDIC, 2011).

Tabela 2. Pedidos e concessões de patentes de invenção junto ao escritório norte-americano de patentes (USPTO), segundo países de origem selecionados, 1998-2011.

Países		1998	2000	2005	2011
África do Sul	Pedidos	211	209	197	339
	Concessões	132	125	108	144
Argentina	Pedidos	119	137	94	156
	Concessões	46	63	29	47
Brasil	Pedidos	165	220	295	586
	Concessões	88	113	98	254
China	Pedidos	181	469	2.127	10.545
	Concessões	88	161	565	3.786
Cingapura	Pedidos	336	632	919	1.564
	Concessões	136	242	377	696
Coréia do Sul	Pedidos	5.452	5.705	17.217	27.289
	Concessões	3.362	3.472	4.591	13.239
Estados Unidos	Pedidos	135.483	164.795	207.867	247.750
	Concessões	90.697	97.011	82.586	121.261
Rússia	Pedidos	273	382	366	719
	Concessões	194	185	154	307

Fonte(s): United State Patent and Trademark Office (USPTO), dados extraídos em 24/09/2012: pedidos de patentes: http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/appl_yr.htm; patentes concedidas: http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_all.htm.

Elaboração: Coordenação-Geral de Indicadores (CGIN) - ASCAV/SEXEC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Atualizada em:** 25/09/2012

Nota(s): período ano calendário (01/01 a 31/12).

Disponível em

http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/342765/Pedidos_e_concessoes_de_patente_s_de_invencao_junto_ao_escritorio_norte_americano_de_patentes_USPTO_segundo_paises_d_e_origem_selecionados.html. **Acessado em** 29/10/2012

A implantação das diretrizes estratégicas propostas no Plano Brasil Maior poderão contribuir para ampliar os investimentos em atividades inovadoras, como parte da política interna das empresas. Isto será fundamental para estimular a mudança no cenário apontado pelos dados do PINTEC/IBGE (2010). Entre 2006-2008, 3,4% das empresas de fabricação de produtos alimentícios investiram em atividades internas de inovação, enquanto que na Alemanha, França e Dinamarca, o percentual variou de 55 a 95%. Outro benefício será a implementação de inovações pelas empresas. De 2006 a 2008, 38,1% das empresas fizeram inovação em produto ou processo (IBGE, 2010).

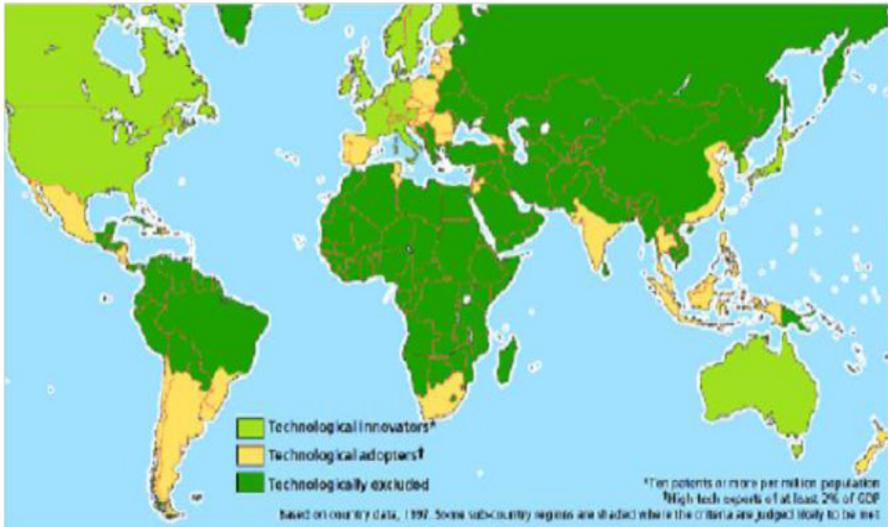


Figura 1. Atual divisão do mundo pelo fator Inovação.

Fonte: The Economist 2000, Jeffrey Sachs. Elaborado por Abreu (2012)

Para tanto, é preciso redefinir as políticas e ações para melhorar o arranjo institucional, estimulando o trabalho colaborativo; ampliar os recursos e financiamento para pesquisa (relação com o PIB); e garantir que o conhecimento acumulado em P&D seja transferido para as práticas de inovação e para a melhoria do desenvolvimento social (RICYT, 2009).

A terceira estratégia é a formação de Redes de Cooperação Tecnológica, com pesquisadores atuando em conjunto, em prol de resultados mais confiáveis, de maneira rápida e econômica.

Para estabelecer a organização de redes e da pesquisa colaborativa é preciso romper algumas barreiras que permeiam as relações institucionais. De acordo com Penido (2010), os principais fatores que limitar a composição de redes são: a) os pesquisadores se sentem autossuficientes e independentes, não necessitando de parcerias na condução de pesquisas, evidenciando-se uma forte relação entre orientador-aluno; b) a falta de recursos das entidades subjuga a qualificação das pessoas e a qualidade dos projetos e, por isso, as parcerias são motivadas apenas pela possibilidade de se obterem recursos financeiros; c) o excesso de

atividades institucionais atribuídas aos pesquisadores pode ser um fator limitante para que os mesmos saiam das suas origens para realizar pesquisas e projetos integrados.

Além do foco na valorização e aplicação do conhecimento acumulado, também merecem destaque as ações que visam à proteção do conhecimento, por meio de registro de patentes.

De acordo com dados do IDB (2010a,b), a Coréia do Sul registrou 150 patentes por 1 milhão de habitantes (Registro de Patentes e Marcas dos Estados Unidos), enquanto na América Latina, foram depositadas menos de 1 patente por 1 milhão de habitantes. No Brasil, 10% das empresas investem no registro de patentes, enquanto que na Alemanha, esse percentual chega a 30% (Tabela 2).

A divulgação do conhecimento, como produção científica, da mesma forma, tem que receber mais atenção e incentivos. A publicação científica na América Latina cresceu sobremaneira nos últimos 15 anos e, ainda, assim, são apenas 50 publicações para cada um milhão de habitantes na América Latina, contra 300 publicações observadas nos países desenvolvidos e emergentes (IDB, 2010b) (Tabela 3).

O Brasil ocupa a 15ª posição entre os países com o maior número de *papers* publicados, mesma posição considerando-se apenas as publicações da área de Ciências Agrárias (ano referência - 2009), mas ainda com impacto relativo negativo (SCIENCEWATCH®, 2008; 2009).

Isso mostra que um perfil científico avançado não garante, por si só, uma conexão efetiva entre conhecimento científico e avanço econômico e social. Portanto, as instituições de pesquisa precisam encontrar meios para se vincularem mais fortemente e de maneira natural ao setor produtivo, como já se observa nos países desenvolvidos (WILLCOX, 2004; IDB, 2010b).

Um dos caminhos seria romper a linearidade tradicional aplicado na geração do conhecimento (pesquisa básica – pesquisa aplicada – tecno-

logia – produto), sustentado por um modelo de organização disciplinar e de pesquisa homogênea, onde o pesquisador tem um compromisso estrito com o conhecimento, sem se preocupar com as implicações práticas do seu trabalho, para dar lugar a um *modus operandi* não-linear, no qual o conhecimento é estabelecido a partir das aplicações, dentro de um contexto transdisciplinar, heterogêneo e de diversidade organizacional, com um senso de “responsabilização” e “reflexibilidade”, no qual o pesquisador esteja atento às implicações não-científicas do seu trabalho, sempre associado ao conceito de inovação (SCHWARTZMAN, 2002; WILLCOX, 2004).

Tabela 2. Pedidos e concessões de patentes de invenção junto ao escritório norte-americano de patentes (USPTO), segundo países de origem selecionados, 1998-2011.

Países		1998	2000	2005	2011
África do Sul	Pedidos	211	209	197	339
	Concessões	132	125	108	144
Argentina	Pedidos	119	137	94	156
	Concessões	46	63	29	47
Brasil	Pedidos	165	220	295	586
	Concessões	88	113	98	254
China	Pedidos	181	469	2.127	10.545
	Concessões	88	161	565	3.786
Cingapura	Pedidos	336	632	919	1.564
	Concessões	136	242	377	696
Coréia do Sul	Pedidos	5.452	5.705	17.217	27.289
	Concessões	3.362	3.472	4.591	13.239
Estados Unidos	Pedidos	135.483	164.795	207.867	247.750
	Concessões	90.697	97.011	82.586	121.261
Rússia	Pedidos	273	382	366	719
	Concessões	194	185	154	307

Fonte(s): United State Patent and Trademark Office (USPTO), dados extraídos em 24/09/2012: pedidos de patentes: http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/appl_yr.htm; patentes concedidas: http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_all.htm.

Elaboração: Coordenação-Geral de Indicadores (CGIN) - ASCAV/SEXEC - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **Atualizada em:** 25/09/2012

Nota(s): período ano calendário (01/01 a 31/12).

Disponível em

http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/full/342765/Pedidos_e_concessoes_de_patentes_de_invencao_junto_ao_escritorio_norte_americano_de_patentes_USPTO_segundo_paises_de_origem_selecionados.html. **Acessado em** 29/10/2012

Tabela 3. Países com maior variação do número de artigos publicados em periódicos científicos indexados pela Thomson/ISI, 1981/2009

País	1981	2009	Varição % 2009/1981
Coréia do Sul	241	38.651	15.937,8
China	1.204	118.108	9.709,6
Turquia	337	22.037	6.439,2
Taiwan	531	24.442	4.503,0
Brasil	1.949	32.100	1.547,0
Japão	27.950	78.930	182,4
Alemanha	35.152	89.545	154,7
Reino Unido	39.991	92.628	131,6
Estados Unidos	183.104	341.038	86,3

Fonte(s): National Science Indicators (NSI) da Thomson Reuters Scientific INC

Elaboração: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Atualizada em: 27/10/2011.

Nota(s): A soma dos artigos publicados dos países selecionados pode superar o total mundial porque os artigos com co-autores residentes em países distintos são contabilizados para cada um desses países.

Disponível em

http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/9225/Paises_com_maior_variacao_do_numero_de_artigos_publicados_em_periodicos_cientificos_indexados_pela_ThomsonISI.html.

Acessado em 29/10/2012

Assim, tecnologia – inovação – difusão estando indissociadas, poderão garantir o planejamento do desenvolvimento tecnológico numa perspectiva de longo prazo (WILLCOX, 2004; SOUZA, 2010).

Pesquisa, desenvolvimento e inovação e o agronegócio brasileiro: realidade e tendências

O crescimento do agronegócio pela inovação exige a construção de um planejamento estratégico de longo prazo que contemple a projeção de cenários, metas e ações para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I), devidamente priorizados, observando tendências e potencialidades, garantindo uma eficiência na captação e aplicação de recursos, com impacto positivo dos resultados (EMBRAPA, 2002).

Essa visão de futuro poderá assegurar ao Brasil uma posição de destaque e de vanguarda no cenário internacional, como liderança mundial em tecnologia para clima tropical, ampliando o poder de competitividade

do agronegócio brasileiro, com sustentabilidade ambiental, segurança alimentar e inclusão social.

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) aplicaram a metodologia de cenários para a identificação de oportunidades e ameaças, orientando ações presentes e projetando futuros possíveis. Para tal, foram descritos fatores e agentes de impacto na trajetória do agronegócio, agrupados da seguinte forma (EMBRAPA, 2002):

- Elementos do macroambiente: contexto geopolítico e socioeconômico interno e externo;
- Elementos de agronegócio: produtores, processadores, transformadores, distribuidores, fornecedores de bens e serviços; operadores da logística da cadeia (governo, entidades financeiras, comerciais e de serviços).
- Elementos de P,D&I para o agronegócio: pesquisadores, sistemas de inteligência competitiva, redes de financiamento, infraestrutura tecnológica, suporte institucional e entidades educacionais formadoras de competências.

Estabeleceram-se Tendências e Invariantes¹, sendo que as primeiras apresentam-se como “processos mundiais e nacionais, destacando os aspectos relativos ao sistema de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação”.

O apoio legal às ações propostas está definido pela Lei nº 10.332, de 19 de dezembro de 2001 que “institui o mecanismo de financiamento para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Agronegócio [...] e para o Programa de Inovação para Competitividade” (BRASIL, 2001).

A avaliação estratégica dos cenários apresentados permite levantar pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças ao desenvolvimento do agronegócio num ambiente de P,D&I (Tabela 4).

¹Invariantes são “processos com alta probabilidade de permanecerem constantes no horizonte considerado (2002 – 2012) ou, fatores ou processos com forte inércia e consolidação que não sofrerão alteração no período estabelecido, qualquer que seja o futuro”

Tabela 4. Avaliação estratégica dos cenários para o agronegócio definidos no Plano de Ação da Embrapa 2002-2012.

Pontos Fortes	Pontos Fracos
Qualificação dos pesquisadores Qualidade da pesquisa nacional Credibilidade das instituições Infraestrutura disponível	Desarticulação e falta de coordenação entre as organizações públicas de P,D&I para o agronegócio Fragilidade dos processos de transferência de tecnologia frente aos novos modelos de gestão tecnológica exigidos pelo setor do agronegócio
Oportunidades	Ameaças
Intensificação da demanda pelo desenvolvimento sustentável Crescente demanda pelo desenvolvimento de produtos competitivos e de maior valor agregado Demanda por tecnologia de baixo custo e maior impacto social	Fluxo de recursos insuficiente e descontínuo Entraves burocráticos e baixa flexibilidade e autonomia para as instituições de pesquisa Aumento da competição oportunística com a entrada de novos atores

Fonte: adaptado de Embrapa (2002).

O agronegócio do leite, pela importância econômica e social que desempenha, deverá se inserir nesse contexto que está em franca transformação. No ambiente interno, a bioenergia pode influenciar os preços dos alimentos e ofertar novos subprodutos a serem testados na alimentação animal, contrapondo o alto preço das commodities. Do ponto de vista geográfico, surgem novas fronteiras a oeste do país e áreas produtoras em tradicionais regiões leiteiras se reduzem. No ambiente externo, a expansão econômica de mega-mercados, a questão ambiental e o crescimento populacional nos força repensar o setor. Contribuem ainda para essa nova realidade o aumento da demanda em países emergentes e o Brasil pode ser um player nesse novo cenário.

A Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação em pecuária de leite precisa se adequar aos novos tempos. As instituições de pesquisa terão que se renovar e inovar na identificação dos problemas tecnológicos que comprometem a competitividade do setor leiteiro. É cada vez maior a cobrança

por resultados nas instituições de pesquisa. Isso exige ações pró-ativas dessas instituições na busca de parcerias que viabilizem os recursos para a execução de seus planos de trabalho.

O fortalecimento dessas parcerias e a formação de equipes regionais estruturadas deverão assumir papéis relevantes nas ações de P&D. A Embrapa Gado de Leite, juntamente com instituições parceiras comprometidas com o setor, terá papel fundamental na geração e na transferência de conhecimentos e tecnologias necessárias à modernização dos sistemas de produção.

Considerando esse novo arranjo, a principal tendência para o sistema de P,D&I passa a ser a intensificação dos investimentos em inovações advindas dos avanços tecnológicos em áreas estratégicas, como automação, biotecnologia (nanotecnologia, genômica), tecnologias da informação e da comunicação, dentre outras, deverão garantir mais produtividade, eficiência e sustentabilidade para a agroindústria, incluindo a agroindústria de leite e derivados (LOPES E CONTINI, 2012).

a) Automação

Uma das ferramentas mais importantes para a Zootecnia de Precisão é a automação. As aplicações da automação na pecuária são diversas, possibilitando que atividades de rotina sejam executadas com maior precisão e controle de determinado processo.

O uso da instrumentação está sendo ampliado, tendo um papel estratégico em qualquer programa moderno e competitivo que se queira organizar para o agronegócio. O panorama mundial aponta claramente para um futuro em que a agropecuária dependerá inevitavelmente da automação (CRUVINEL; CONTINI, 2000, citado por CARVALHO et al., 2002).

Com a automação espera-se aumentar a precisão na geração de dados, processamento e uso das informações, contribuindo com os processos de tomada e decisão.

O desenvolvimento de sensores para monitoramento de parâmetros físicos, químicos, biológicos e sistemas de controle inteligentes, associados aos conhecimentos de especialistas, possibilitarão uma pecuária tecnificada, menos empírica, aumentando a previsibilidade, reduzindo perdas, melhorando a qualidade dos produtos e dos processos, com sustentabilidade ambiental (CARVALHO et al, 2002) redução dos custos de produção, notadamente sobre a mão de obra.

b) Nanotecnologia

A nanotecnologia, que ganhou destaque nas últimas décadas, possui como uma de suas maiores características a intensa interdisciplinaridade, unindo conhecimentos básicos das áreas de biologia, de física e de química. A aplicação da nanotecnologia poderá contribuir sobremaneira para maximizar a produção leiteira tropical, com qualidade e segurança para o consumidor.

Com o uso do ferramental da nanotecnologia é possível desenvolver formulações intramamárias de antibióticos nanoestruturados e nanopartículas de própolis para o controle da mastite, que poderão incrementar significativamente os índices de cura e prevenção dessa enfermidade, racionalizando o uso de antibióticos.

Nessa mesma linha, estão a nanoestruturação de extratos vegetais para o controle de endo e ectoparasitas em ruminantes e os sensores nanoestruturados de seletividade global (língua eletrônica) para identificar a adição de soro de queijo ao leite.

O leite poderá ser utilizado também como base para o desenvolvimento de formulações farmacêuticas e cosméticas nanoestruturadas de uso humano. Além disso, a nanotecnologia será de grande importância para a produção de animais transgênicos com potencial para produção de moléculas de interesse farmacológico humano no leite (exemplo, proteínas como insulina, hormônio do crescimento, fatores de coagulação sanguínea dentre outros) (BRANDÃO, 2012).

c) Bioinformática

A bioinformática surgiu em meados da década de 80 nos Estados Unidos, com os trabalhos de investigação do genoma humano, buscando avaliar os riscos da energia nuclear à saúde e compreender melhor os processos biológicos subjacentes à saúde e à doença, sendo a base para diversos projetos genoma que são desenvolvidos até hoje. (WATSON; BARRY, 2004; ARBEX, 2009).

Entre outros importantes trabalhos de pesquisa e desenvolvimento de bioinformática podem ser citados os de melhoramento genético animal, cujos princípios partem da herança e da variação das características dos indivíduos aos seus descendentes. Dessa forma, o que se busca é a identificação de indivíduos com características de interesse que devem ser transmitidas aos seus descendentes.

A aplicação da bioinformática nesse campo se faz na identificação de sequências genéticas que estejam associadas a tais características, como, por exemplo, a identificação de informação genômica associada às características positivas de aptidão para produção de leite ou para resistência ao carrapato. Uma vez identificadas as características desejadas, o passo seguinte seria a seleção dos animais que as possuem e a utilização do material genético desses animais para a reprodução (ARBEX et al., 2006).

Nesse caso, em específico, a seleção genômica nos programas de melhoramento genético de raças bovinas leiteiras é implementada com uso da bioinformática e, dessa forma, a partir dos dados oriundos dos estudos da genômica e da biologia molecular, torna possível a interpretação dos dados genômicos para identificação da informação genômica associada a características de interesse, por exemplo, características de interesse econômico, tal como aptidão positiva para produção de leite (ARBEX et al., 2011).

d) Seleção Genômica

A seleção de fenótipos desejáveis tem sido praticada em bovinos desde sua domesticação ocorrida entre 7.500 e 10.000 anos atrás (SONSTEGARD e

VAN TASSELL, 2004). Até o início do século passado, entretanto, tal seleção era feita apenas com base na avaliação visual. A partir da década de 1930, começaram a ser estabelecidos os métodos científicos, estatísticos e computacionais para avaliação genética de animais domésticos.

Programas que visem à identificação de reprodutores com desempenho positivo em produção de leite e em outras características de importância econômica normalmente são fundamentados no teste de progênie. Esse teste é a prova zootécnica mais segura para identificar os valores genéticos preditos de touros e promover o melhoramento genético em rebanhos leiteiros. A inclusão de marcadores moleculares ao processo de seleção pode duplicar os ganhos genéticos e diminuir em até 92% os custos de testes de progênie tradicionais (SCHAEFFER, 2006).

A seleção genômica, definida como a seleção simultânea para dezenas (ou centenas) de milhares de marcadores cobrindo de modo denso todo o genoma, de tal forma que todos os genes estejam muito próximos a pelo menos alguns desses marcadores (MEUWISSEN et al., 2001).

No Brasil, estima-se que o gasto para se obter a prova de um touro é de cerca de US\$ 125 mil. Com a implantação da seleção genômica nas raças zebuínas e no Girolando esse custo poderá ser reduzido para, aproximadamente, US\$ 200.00 por touro, refletindo não só na redução dos gastos com teste de progênie, mas também na maior disponibilidade de indivíduos de alto valor genético a uma idade mais precoce, impactando diretamente no ganho genético dos rebanhos e no aumento da produção de leite no Brasil (SILVA, 2012).

Com a seleção genômica, a acurácia de valores genômicos, é impressionante. Vanraden et al. (2009) mostraram que a média da confiabilidade dos valores genômicos de diversas características de bovinos da raça Holandesa foi de 50%, comparada ao valor de 27% obtido por meio das médias dos pais. Esta tecnologia permitirá também identificar e retirar do processo de seleção os indivíduos portadores de alelos indesejáveis relacionados a algumas doenças hereditárias.

Vários estudos mostraram que seleção genômica poderá ser a tecnologia mais impactante para o aumento das taxas de ganho genético na indústria bovina no mundo nos últimos 20 anos. Consideráveis desafios ainda precisam ser vencidos para sua total implementação, incluindo a adaptação das avaliações genéticas nacionais de modo a acomodar a informação genômica, o controle da endogamia e a melhoria dos recursos metodológicos e computacionais.

e) Sistemas de produção em bases sustentáveis

Dois características são marcantes na atividade leiteira nacional. A primeira é que a produção ocorre em todo o país (há indicativo de produção de leite em 554 microrregiões, das 558 consideradas pelo IBGE). A segunda característica é que não há um padrão de sistema de produção. Num quadro tão complexo, há que se mudar conceitos sobre sistemas futuros de produção competitiva e sustentável.

A exploração intensiva de pastagens é um importante fator para promover a melhoria da eficiência produtiva e econômica e os índices de produtividade dos sistemas de produção.

A produção intensiva de forragem durante a época chuvosa aumenta a capacidade de suporte do pasto e facilita a previsão de forragem para a época seca. A adoção do pastejo rotacionado, com criterioso controle da estrutura do pasto, possibilita elevada eficiência de uso da forragem produzida e redução do período de descanso dos piquetes, com consequente diminuição da área de pastagem necessária para manutenção do rebanho. Isto possibilita ao pecuarista aumentar a área destinada à produção de forragens para época seca e faz com que a produção de leite por área aumente.

Notadamente para a pecuária de leite, principalmente em pequenas e médias propriedades, o uso racional dos recursos forrageiros é fundamental para a viabilidade econômica da atividade. Os principais benefícios advindos desta tecnologia são: redução da área necessária para alimentação do rebanho na época chuvosa; aumento da área disponível

para a produção de forragem para época seca (silagem, feno e cana-de-açúcar); aumento da produção de leite por área; redução do número de piquetes; redução dos gastos com divisões e bebedouros; melhoria da rentabilidade da atividade leiteira. De modo geral, os sistemas intensivos de produção de leite à pasto apresentam melhor desempenho econômico (margem bruta) do que aqueles em confinamento (GOMIDE, 2012).

À otimização do uso de pastagens está associado o manejo adequado do solo, bem como a introdução de técnicas que contribuam para a conservação ambiental. O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) se destaca como ação inovadora no processo de produção sustentável, possibilitando a utilização consorciada da terra, em regime de sucessão ou rotação, buscando a sinergia necessária entre os componentes do agroecossistema, que garantam a proteção ambiental, valorização social do produtor e a viabilidade econômica do sistema (BALBINO et al, 2011).

f) Bioenergética e sustentabilidade

Os estudos de bioenergética e de sustentabilidade dos sistemas de produção de leite, por sua vez, têm por objetivos determinar as exigências de energia líquida de ruminantes em condições tropicais e do valor de energia metabolizável de alimentos volumosos, concentrados e de co-produtos da agroindústria tropical, como os de produção de biocombustível. Ao se avaliar a energia se avalia também os gases de efeito estufa (GEE), o que possibilita estudos sobre mitigação da produção de metano entérico na pecuária.

O aumento da eficiência da pecuária será essencial para garantir incrementos na produtividade e redução dos impactos ambientais. Ou seja, não há demanda apenas para produção de leite e carne, mas sim, produção destes alimentos com alto valor agregado, baixo custo, e de forma ambientalmente correta, com baixa emissão de gases de efeito estufa e resíduos, e sem a necessidade de ocupar áreas destinadas à vegetação nativa ou produção de grãos.

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas, notadamente no Brasil, em respirometria para avaliação da partição e balanço de energia e nutrientes no animal, permitindo maior compreensão do metabolismo e identificação de animais com maior eficiência metabólica, ou seja, capazes de converter maior proporção dos nutrientes consumidos em produtos úteis, como leite e carne.

A determinação das exigências nutricionais para a elaboração das normas e padrões nacionais de alimentação de gado de leite também será um ponto positivo para a cadeia do leite. Até o momento são utilizados sistemas internacionais na formulação de dietas para bovinos leiteiros, em condições de clima temperado, nem sempre adequadas às características edafoclimáticas da América Latina.

Será possível ainda a avaliação nutricional de alimentos, como forrageiras tropicais e coprodutos da agroindústria, com determinação dos teores de energia líquida e eficiência de utilização da energia consumida. Esses dados são fundamentais para a elaboração de tabelas nacionais de composição de alimentos, auxiliando o correto balanceamento de dietas para bovinos (PEREIRA et al., 2012).

g) Alimentos funcionais, nutrição e saúde

A relação entre dieta e saúde humana tem sido amplamente divulgada pela comunidade científica, tornando os consumidores cada vez mais conscientes e exigentes quanto à escolha dos alimentos. O conceito atual de uma dieta saudável está associado não somente à ausência de contaminantes (biológicos ou químicos), mas também à presença de nutrientes que promovam benefícios à saúde humana.

Assim, têm sido desenvolvidas pesquisas com foco na produção de leite com características especiais, capaz de contribuir para a prevenção de doenças crônicas importantes como aterosclerose e diabetes do tipo-II. É possível manipular a dieta de vacas leiteiras, em confinamento ou a pasto, com o intuito de promover uma redução expressiva da concentração de ácidos graxos saturados hipercolesterolêmicos e aumento con-

comitante de ácidos graxos comprovadamente benéficos ao bem estar e à saúde humana, como o ácido oleico (presente no azeite de oliva) e o ácido linoleico conjugado (CLA).

Esta gordura do leite naturalmente modificada a partir da manipulação da dieta dos animais apresenta potencial para prevenção de doenças neurodegenerativas, como a doença de Alzheimer, como demonstrado em estudo inédito conduzido pela equipe da Embrapa Gado de Leite (RAPOSO et al., 2012, citado por GAMA, 2012).

O investimento em pesquisa nessa área de conhecimento deverá contribuir de forma significativa para valorização e reconhecimento dos produtos lácteos como alimentos indispensáveis em uma dieta saudável, com impacto positivo no bem estar e saúde humana e, conseqüentemente, para a indústria de lácteos (GAMA, 2012).

Considerações finais

O sistema nacional de inovação é um marco regulatório para a Ciência, Tecnologia e Inovação, constituindo-se em importante vantagem comparativa, no contexto da Economia do Conhecimento e, os países desenvolvidos e as economias emergentes, entre os quais o Brasil, estão à frente nesse processo.

É preciso reconhecer as empresas, como agentes de inovação, que precisam estar amparados por um modelo de gestão e organização de políticas públicas que visam à proteção do conhecimento, ao mesmo tempo, que incentivam a transferência de tecnologia, concentrando esforços sempre em áreas de competência, que podem se tornar um diferencial no mercado internacional.

O crescimento das agroindústrias pela inovação exigirá uma revisão das estratégias competitivas, realizando uma avaliação cuidadosa e detalhada dos riscos, benefícios e custos envolvidos num processo dessa natureza, com perspectivas de espaço e tempo de crescimento de curto a longo prazo, agregando valores efetivos às potencialidades regionais e

locais, deixando de lado o imediatismo ou o receio à mudança – quebra de paradigmas.

Para tanto, é preciso consolidar as políticas públicas de valorização do sistema de P,D&I, como fator de competitividade para o sistema produtivo.

Referências

ABREU, J. P. G. Ciência, Tecnologia e Inovação: tripé para o desenvolvimento sustentável. In.: VI Workshop de Laticínios e I Encontro de Inovação. Viçosa: UFV. 11 out. 2012.

ARBEX, W.; COSTA, V. M. M. S.; SILVA, M. V. B. “Bioinformática como ferramenta nas pesquisas atuais”. In: Anais do III Encontro de Genética e Melhoramento, Viçosa, UFV, Ago. 2006.

ARBEX, W. Modelos computacionais para identificação de informação genômica associada à resistência ao carrapato bovino, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Mar. 2009.

ARBEX, W.; GUEDES, E.; ANDRADE, L. G.; PINTO, I. S. B.; FONSECA, I.; MARTINS, M. F.; SILVA, M. V. B. “‘Faz DNA?’: bioinformática, computação e genômica... tudo junto”, O Girolando, v. 79, p. 62 - 64, 01 jul. 2011.

BALBINO, L.C.; MERTÍNEZ, G.B.; GALERANI, P.R. **Ações de transferência de tecnologia de sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta 2007-2012**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 52 p.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos. Editora Carmen Pagés. Washington, DC: BID, 2010. 448 p.

BRANDÃO, H. M. **Aplicações da nanotecnologia na pecuária de leite.**

Informação técnica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

BRASIL. Lei nº 10.332, de 19 de dezembro de 2001. **Institui mecanismo de financiamento para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Agro-negócio, para o Programa de Fomento à Pesquisa em Saúde, para o Programa Biotecnologia e Recursos Genéticos – Genoma, para o Programa de Ciência e Tecnologia para o Setor Aeronáutico e para o Programa de Inovação para Competitividade, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10332.htm>. Acesso em: 4 out. 2010.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. **Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências.** 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm>. Acesso em: 31 mar. 2010.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 5.563, de 11 de outubro de 2005. **Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Decreto/D5563.htm>. Acesso em: 31 mar. 2010.

CARVALHO, L. A.; LEITE, J. L. B.; COSTA, C. N. **Bovinocultura leiteira tropical de precisão.** Projeto Estruturante. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002 (não publicado).

DUTTA, R. B. S. (ed.). *The Global Innovation Index 2011: Accelerating Growth and Development.* INSEAD, 2011. 381 p. Disponível em: http://www.globalinnovationindex.org/gii/main/previous/2010-11/Full-Report_10-11.pdf. Acesso em: 8 ago. 2011.

DUTTA, R. B. S. (ed.). *The Global Innovation Index 2012 Stronger Innovation Linkages for Global Growth.* INSEAD, 2012. 464 p. Disponível

em: <http://www.globalinnovationindex.org/gii/GII%202012%20Report.pdf>. Acesso em: 2 out. 2012

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cenários do ambiente de atuação das organizações públicas de pesquisa, desenvolvimento e inovação para o agronegócio brasileiro – 2002-2012**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília: Embrapa, 2002. 58 p.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). **Obstáculo à inovação**. São Paulo: FIESP/Departamento de Competitividade e Tecnologia, jan. 2010. 40 p. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/competitividade/downloads/obst%C3%A1culos%20%C3%A0%20inova%C3%A7%C3%A3o_100127.pdf>. Acesso em: 7 out. 2010.

GAMA, M. A. S. **Alimentos funcionais, nutrição e saúde**. Informação técnica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

GOMIDE, C. A. M. **Exploração intensiva de gramíneas tropicais para produção de leite**. Informação técnica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de inovação tecnológica 2008**. Brasília: IBGE/PINTEC, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 nov. 2010.

INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK (IDB). **The imperative of innovation: creating prosperity in Latin America and the Caribbean**. Washington, DC: IDB, 2010a. 69 p. Disponível em: <<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35167785>>. Acesso em: 2 dez. 2010.

INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK (IDB). **Science, technology and innovation in Latin America and the Caribbean: a statistical compendium of indicators**. Washington, DC: IDB, 2010b. 118 p.

LOPES, M. A.; CONTINI, E. Agricultura, sustentabilidade, tecnologia. **Agroanalysis**. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, v. 32, n. 02. Fev. 2012. p. 28 – 34.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (MDIC). Plano Brasil Maior. Brasília: MDIC. 2011. Disponível em: www.brasilmaior.mdic.gov.br/. Acesso em: 4 jun. 2012.

MEUWISSEN, T. H. E.; GODDARD, M. E. Prediction of identity by descent probabilities from marker-haplotypes. **Genetics Selection Evolution**, v. 33, n. 6, p. 605-634, 2001.

PENIDO, A. M. S. **Rede colaborativa de pesquisa do setor de leite e derivados em Minas Gerais**. 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PEREIRA, L. G.; CAMPOS, M. M.; MACHADO, F. S. **Bioenergética, exigências nutricionais e sustentabilidade dos sistemas de produção**. Projeto Estruturante. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

RED IBEROAMERICANA DE INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (RICYT). El estado de la Ciencia. In: _____. **El estado de la Ciencia**: principales indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos 2009. Buenos Aires: Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior (REDES), 2009. p. 11-26. Disponível em: <<http://www.ricyt.org>>. Acesso em: 17 out. 2009.

SCHWARTZMAN, S. A pesquisa científica e o interesse público. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 2, p. 361-390, 2002

SCHAEFFER, L. R. Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 123, n. 4, p. 218-223, 2006.

SCIENCEWATCH®. **Country profiles 2008**. Top countries in all fields:

1998 a 2008. Thomson Reuters: Sciencewatch.com®. Dec. 2008. Disponível em: <<http://sciencewatch.com>>. Acesso em: 25 mar. 2009.

SILVA, M. V. G. B. **Seleção Genômica aplicada na pecuária de leite**. Informação técnica. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2012 (não publicado).

SONSTEGARD, T. S.; VAN TASSELL, C. P. Bovine genomics update: making a cow jump over the moon. **Genetical Research**, v. 84, n. 1, p. 3-9, 2004.

SOUZA, A. F. Marco regulatório do processo de transferência de tecnologia. WebArtigos, 2010. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/53157/1/MARCO-REGULATORIO-DO-PROCESSO-DE-TRANSFERENCIA-DE-TECNOLOGIA/pagina1.html>>. Acesso em: 9 fev. 2010.

VANRADEN, P. M.; VAN TASSELL, C. P.; WIGGANS, G. R.; SONSTEGARD, T. S.; SCHNABEL, R. D.; TAYLOR, J. F.; SCHENKEL, F. Invited review: reliability of genomic predictions for North America. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 16-24, 2009.

WATSON, J. D.; BARRY, A. **DNA: the secret of life**. New York, Alfred A. Knopf, 2004.

WILLCOX, L. C. B. Avaliação do desenvolvimento tecnológico e transferência de tecnologia: o caso Instituto Oswaldo Cruz – Fundação Oswaldo Cruz. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 9, n. 2, p. 389-398, 2004.

CAPÍTULO 5

Aquecimento global: Fatos e mitos

Luiz Carlos Baldicero Molion

Resumo

Nos últimos 150 anos, a temperatura média global aumentou em cerca de $0,7^{\circ}\text{C}$. Esse aumento está sendo atribuído à intensificação do **efeito-estufa** pelas atividades antrópicas, como queima de combustíveis fósseis e de florestas tropicais e atividades agropecuárias, que emitem principalmente CO_2 - um dos gases de efeito-estufa, porém não o mais importante - e teriam elevado sua concentração de 280 ppmv para 390 ppmv no mesmo período. Discutiu-se criticamente a hipótese do aquecimento global antropogênico, demonstrando que ela carece de bases científicas sólidas e está fundamentada principalmente em resultados de modelos de clima (MCG), cujas formulações matemáticas não representam adequadamente os processos físicos que ocorrem na atmosfera, particularmente a cobertura de nuvens e o ciclo hidrológico. Ou seja, as projeções futuras dos MCG, resultantes de cenários hipotéticos, são meros exercícios acadêmicos, não confiáveis e, portanto, não utilizáveis para o planejamento das atividades humanas e o bem-estar social. Argumenta-se que a influência humana no clima global, se existir, seja muito pequena e impossível de ser detectada em face de sua grande variabilidade natural. Considerando a variabilidade natural, é muito provável que ocorra um resfriamento global nos próximos 20 anos ao invés de um aquecimento.

Abstract

In the last 150 years, the mean global temperature rose about $0,7^{\circ}\text{C}$. This increase is being attributed to the enhancement of the greenhouse effect due anthropic activities, such as fossil fuel and tropical forest burning and

agricultural and livestock practices, that emit CO₂ – a greenhouse gas, but not the most important one – whose concentration increased from 280 ppmv to 390 ppmv in the same period. The hypothesis of anthropogenic global warming was discussed here, demonstrating that it does not have a solid scientific basis and it has been established mainly on results of climate computer models (GCM), whose mathematical formulation does not represent the physical processes adequately, particularly cloud cover and the hydrological cycle. The GCM were not validated and their projections into the future, based on hypothetical scenarios that may never happen, are mere academic exercises and, thus, their results are unreliable and worthless as far as human welfare and planning are concerned. It is argued that man's influence on global climate, if it exists, is very small compared to its large natural variability, therefore, undetectable with present methods and instrumentation. Considering such variability, it is very likely that rather a gradual global cooling will take place in the next 20 years.

Diagnóstico da variação da temperatura global

Na Figura 1, mostrou-se que desvios de temperatura do ar para o globo, com relação à média do período 1961-1990, aumentaram cerca de 0,7 °C desde o ano de 1850. Vê-se que, até aproximadamente 1920, houve apenas variabilidade interanual em princípio, não tendo ocorrido aumento expressivo de temperatura nesse período extenso, embora haja relatos de ondas de calor como, por exemplo, a de 1896 nos Estados Unidos, que deixou mais de 3 mil mortos somente em Nova Iorque. Porém, entre 1920 e 1946, o aumento global foi cerca de 0,4 °C. Na sequência, entre 1946 e 1976, houve um resfriamento global, de cerca de 0,2°C (reta inclinada), não explicado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e, a partir de 1976, a temperatura média global aumentou cerca de 0,4 °C. O próprio IPCC concorda que o primeiro período de aquecimento, entre 1920 e 1946, pode ter tido causas naturais, possivelmente o aumento da produção de energia solar e a redução de albedo planetário, discutidas mais abaixo. Antes do término da Segunda Guerra Mundial, as emissões decorrentes das ações antrópicas eram inferiores a 10% das atuais e, portanto, torna-se difícil argumentar que os aumentos de temperatura, naquela época, tenham sido causados pela intensificação do efeito-estufa pelas emissões de carbono.

no antrópicas. No Ártico, em particular, em que há medições desde os anos 1880, o aumento foi cerca de 10 vezes maior no período 1920-1940 (Figura 2). A polêmica que essa série de anomalias tem causado reside no fato de o segundo aquecimento, a partir de 1976, não ter verificado em todo o globo sido verificado em todas as partes do globo. A série de temperatura média para os Estados Unidos, por exemplo, não mostrou esse segundo aquecimento, sendo a década dos anos 1930 mais quente que a dos anos 1990 (GISS/NASA, 2007). Em adição, a média da temperatura global, obtida com dados dos instrumentos MSU (*Microwave Scanning Unit*) a bordo de satélites a partir de 1979, mostrou uma grande variabilidade anual, com um pequeno aquecimento global de 0,076 °C por década (CHRISTY e SPENCER, 2003), enquanto os registros instrumentais de superfície mostraram um aquecimento de 0,16 °C por década, ou seja, esses últimos duas vezes maior no mesmo período. Para o Hemisfério Sul, satélites mostraram um aquecimento menor, de 0,052 °C por década. Em princípio, satélites são mais apropriados para estimar temperatura global, pois fazem médias sobre grandes áreas, incluindo oceanos, enquanto as estações climatométricas de superfície registram variações de seu micro ambiente, já que representam condições atmosféricas apenas em um raio de cerca de 150 metros em seu entorno. As estações climatométricas apresentam outro grande problema, além da não-padronização e mudança de instrumentação ao longo dos 150 anos passados. As séries mais longas disponíveis são de estações localizadas em cidades do “Velho Mundo” que se desenvolveram muito, particularmente depois da Segunda Guerra Mundial. Em média, a energia disponível do Sol (calor) é utilizada para evapotranspiração (evaporação dos solos e superfícies de água + transpiração das plantas) e para o aquecimento do ar durante o dia. Sobre superfícies vegetadas, a maior parte do calor é usada para a evapotranspiração, que resfria a superfície, e o restante para aquecer o ar. Atualmente, 55% da população mundial vivem nas grandes cidades. No Brasil, 84% da população vivem nas cidades! Com a mudança da cobertura superficial, de campos com vegetação para asfalto e concreto, a evapotranspiração é reduzida e sobra mais calor do Sol para aquecer o ar próximo da superfície, aumentando sua temperatura. Adicione-se, ainda, o calor liberado pelos veículos e pelos edifícios aquecidos, particularmente

em regiões fora dos trópicos no inverno. Esse é o chamado efeito de ilha de calor urbana (UHI, sigla em Inglês), que faz as temperaturas do ar serem, em média, 3 °C a 5 °C maiores nos grandes centros urbanos quando comparadas às de suas redondezas. Analisando os dados de Beijing e Wuhan, China, Ren et al (2007), por exemplo, encontraram aumentos anuais e sazonais nas temperaturas urbanas entre 65-80% e 40-61%, respectivamente, com relação às estações rurais de suas vizinhanças. Para Nova Delhi, Índia, Mallick e Rahman (2012) mostraram que as temperaturas noturnas mínimas cresceram 4 °C a 5 °C em setores da cidade com grande densidade populacional. Na Figura 1, os dados foram “ajustados” para compensar o efeito da UHI nas séries de temperatura, porém utilizaram fatores, ou algoritmos matemáticos, de correção que não necessariamente são apropriados ou representem a realidade, já que esse procedimento é subjetivo e, portanto, questionável. Em outras palavras, é impossível retirar o efeito UHI das séries de temperaturas urbanas. Uma das possibilidades, pois, é que o aquecimento a partir de 1976, que aparece nitidamente na Figura 1, seja, em parte, resultante da urbanização em torno das estações climatométricas, ou seja, um aquecimento local e não global.

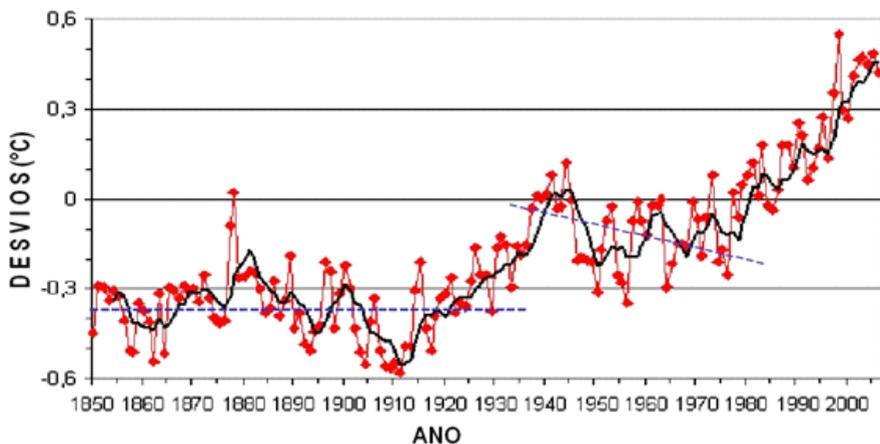


Figura 1. Desvios da temperatura média global com relação à média do período 1961-90. A curva preta é a média móvel de 5 anos e a reta tracejada (inclinada) é a linha de tendência dos desvios na fase fria da ODP, período 1947-1976 (Fonte de dados: CRU/UEA, 2007).

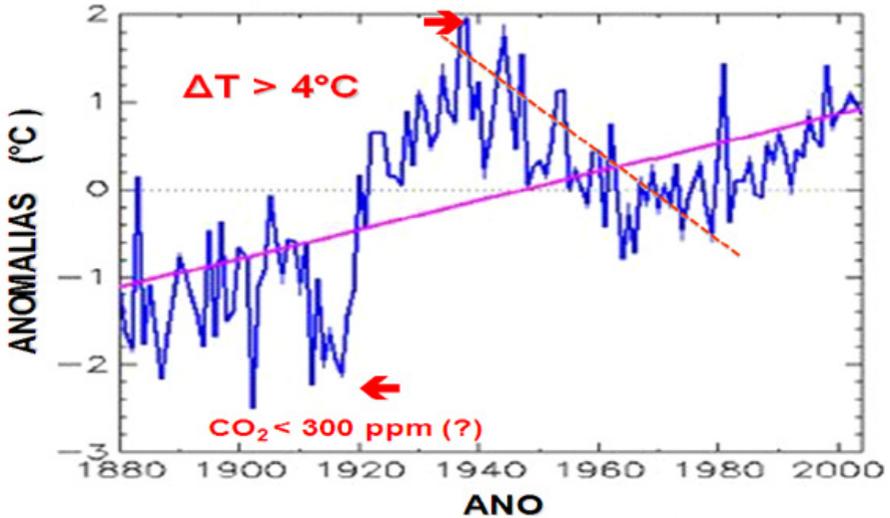


Figura 2. Anomalias da temperatura média de 8 estações no Ártico entre 1880 e 2004. Observe o aumento superior a 4°C entre 1920 e 1940 (Adaptada de CRU/UEA, 2007).

Finalmente, um aspecto muito importante é que as séries de 150 anos são curtas para capturar a variabilidade de prazo mais longo do clima. O período do final do Século XIX até as primeiras duas décadas do Século XX foi o final da “Pequena Era Glacial”, um período frio, bem documentado, que perdurou por mais de cinco séculos. E esse período coincide com a época em que a rede de termômetros começou a se expandir mundialmente. Portanto, o início das séries instrumentais de 150 anos ocorreu num período relativamente mais frio que o atual e leva, aparentemente, à conclusão errônea que as temperaturas atuais sejam muito altas ou “anormais” para o planeta. No último milhão de anos, a Terra passou por 9 glaciações. Eras glaciais duram cerca de 100 mil anos cada e são interrompidas por períodos mais quentes, os interglaciais, que duram cerca de 10 mil anos cada um. Ora, 9 Eras Glaciais somam 900 mil anos em 1 milhão de anos (90%), ou seja, apenas em 10% do tempo, o planeta apresentou temperaturas semelhantes às atuais. Concluiu-se, portanto, que existem problemas de de instrumentação e representatividade, tanto espacial como temporal, das séries de temperatura observadas sobre os continentes, o que torna muito difícil seu tratamento e sua

amalgamação em uma única série. E que estações climatométricas de superfície, portanto, são inadequadas para determinar a temperatura média global da atmosfera terrestre, se é que se pode falar, cientificamente, numa “temperatura média global”.

Causas da variabilidade climática natural

O clima global é controlado por processos físicos internos e externos ao sistema terra-atmosfera-oceano. Dentre os principais controladores externos, estão a variação da produção de energia do Sol, as mudanças dos parâmetros orbitais da Terra e a tectônica de placas. O Sol é a principal fonte de energia para os processos físicos que ocorrem na atmosfera. Porém, sua produção de energia denominada “constante solar”, em média 1368 Wm^{-2} , não é propriamente constante. Dados de satélites, em apenas dois ciclos e meio de manchas solares de 11 anos, sugerem que sua produção possa variar de 0,2% pelo menos, ou seja, $2,7 \text{ Wm}^{-2}$ dentro de um ciclo. Durante o Ciclo de Gleissberg atual – ciclo solar com um período de 90 a 100 anos - essa variação deve ter sido ainda maior, pois o número máximo de manchas solares nos ciclos de 11 anos variou de cerca de 50 manchas, em 1913, para mais de 200 manchas, em 1957. Na figura 1 (não mostrada) do artigo de Lockwood e Fröhlich (2007), vê-se que a variação da constante solar pode chegar a 4 Wm^{-2} entre um máximo e um mínimo solar. Considerando albedo planetário – fração da radiação solar que é refletida de volta para o espaço exterior por nuvens, moléculas de ar, aerossóis e partículas em suspensão - de 30%, 70% dessas variações ($1,9$ a $2,8 \text{ Wm}^{-2}$) chegariam à superfície, o que é superior ao efeito de aquecimento climático (“forçamento radiativo”, na linguagem do IPCC) de todos os gases antropogênicos liberados pelo homem nos últimos 150 anos. A falta de conhecimento atual, porém, não permite conclusão definitiva que haja influência da variação da produção de energia do Sol no clima, embora o IPCC afirme que ela não seja significativa ($+0,12 \text{ W m}^{-2}$). Svensmark (1998) sugeriu a hipótese que raios cósmicos galácticos (RCG) produzam aumento da concentração de núcleos de condensação (NC) – partículas higroscópicas essenciais para dar início à produção de gotas d’água de nuvens e de chuva

- ao entrarem na atmosfera terrestre. O aumento da concentração dos NC induziria o aumento da cobertura de nuvens baixas que, por sua vez aumentaria o albedo planetário e tenderia a resfriar o planeta. O coeficiente de correlação entre os dois fenômenos, contagem de RCG e cobertura de nuvens, é alto (- 0,96). Usando dados astronômicos, Shaviv (2002) mostrou que o fluxo de RCG deve variar de um fator maior que 2 quando a Terra atravessa os braços galácticos, o que ocorre a cada 132 ± 25 milhões de anos.

Variações da circulação atmosférica, associadas às variações da temperatura de superfície do mar (TSM) como, por exemplo, alterações na frequência de ocorrência de eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), são causas internas de mudanças significativas na temperatura global. É notória a grande variabilidade causada pelos eventos El Niño (1982, 1987 e 1998), observada na série de temperatura média da troposfera global, produzida pelos sensores MSU a bordo de satélite. O evento El Niño de 1997/98, considerado o evento mais intenso do século passado, produziu anomalia de temperatura do ar global de cerca de $0,8^{\circ}\text{C}$ (acima de $1,0^{\circ}\text{C}$ no Hemisfério Norte), enquanto o La Niña de 1984/85, um resfriamento de $- 0,5^{\circ}\text{C}$ (Christy e Spencer, 2003). Entre um El Niño e um La Niña, portanto, pode haver variações da temperatura média global superiores a $1,5^{\circ}\text{C}$. Conhece-se bem a influência dos oceanos na variabilidade climática de curto prazo (ENOS). Mas, a variabilidade oceânica de prazo mais longo, e seus efeitos sobre o clima, ainda não são bem conhecidos. Sabe-se que existem mudanças de prazo mais longo nas circulações oceânicas de escala global, da ordem de décadas, como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), e milênio, como a Circulação Meridional Profunda (CMP), e que essas influenciam fortemente o transporte e a distribuição espacial de calor sensível nos oceanos e, conseqüentemente, as temperaturas do ar, devido às variações nas trocas de calor entre a superfície do oceano e a atmosfera. Porém, tais efeitos ainda não foram quantificados com a precisão necessária. Convém ressaltar que os oceanos cobrem 71% da superfície terrestre e que o Pacífico, sozinho, ocupa 35% dessa superfície. Como a atmosfera é aquecida por baixo, os oceanos constituem a condição de contorno inferior mais importante

para a atmosfera e para o clima global. Portanto, variações nas configurações das TSM, devido às variações de transporte de calor em direção aos polos, devem produzir mudanças climáticas sensíveis. Há uma surpreendente coincidência entre as fases ODP e a temperatura média global. O resfriamento do clima global durante o período de 1946-1976 (Figura 1), não explicado pelo IPCC, coincide com a fase fria da ODP, fase em que o Pacífico Tropical apresentou maior frequência de eventos La Niña e anomalias negativas de TSM em média. Por outro lado, o aquecimento entre 1976-1998, além do efeito da urbanização (UHI), pode estar relacionado com a fase quente da ODP – período em que o Pacífico Tropical apresentou temperaturas acima da média – durante a qual ocorreu uma frequência alta de eventos ENOS intensos, o que pode ter contribuído para aquecimento global daquele período, já que El Niños liberam muito calor, que aquece a baixa troposfera (Molion, 2005). Em adição, foi observado que a Corrente do Golfo do México – corrente marinha que transporta calor para o Atlântico Norte, região da Inglaterra, Escandinávia, Groelândia e Ártico e que é parte da CMP – voltou a ficar mais ativa a partir de 1995 (Häkkinen e Rhines, 2004). Com maior transporte de calor sensível, as TSM aumentam nessa região e os ventos de oeste retiram mais calor do Atlântico Norte e o transportam para a Europa Ocidental - onde está a maior fração dos termômetros utilizados para elaborar a Figura 1 – que, por conseguinte, apresenta um clima mais quente, um aquecimento local e não global!

Um controlador interno, mas que pode sofrer influências externas, é o já citado albedo planetário, cujas variações controlam o fluxo de energia solar que **entra** no sistema terra-atmosfera-oceanos. Erupções vulcânicas explosivas lançam grandes quantidades de aerossóis na estratosfera, aumentam o albedo planetário e podem causar resfriamento significativo durante décadas. O efeito de uma erupção é sentido rapidamente em curto prazo. Minnis et al (1993), usando dados do experimento orbital Balanço Radiativo da Terra (ERBE), mostraram que a erupção do Monte Pinatubo, Filipinas, reduziu de 10 a 15 Wm^{-2} a radiação disponível entre as latitudes 40°N-40°S durante vários meses. As erupções recentes do El Chichón (1982) e do Monte Pinatubo (1991) causaram resfriamentos

durante 3 anos, com temperaturas de até 0,5°C abaixo da média, conforme os dados dos MSU (Christy e Spencer, 2003). Os efeitos de erupções vulcânicas no clima, porém, podem ser de prazo mais longo se elas forem mais frequentes. Como entre 1815 e 1916, de maneira geral, a frequência de erupções vulcânicas foi grande, a concentração de aerossóis e o albedo planetário estiveram altos, e isso pode ter contribuído para manter as temperaturas globais baixas no início da série de temperatura na Figura 1. Porém, no período 1916 a 1962, Molion (1995) relatou que a atividade vulcânica foi a menor dos últimos 400 anos e o albedo planetário reduziu-se (aumentou a transparência atmosférica), permitindo maior entrada de radiação solar no sistema durante 40 anos consecutivos e aumentando o armazenamento de calor nos oceanos e as temperaturas superficiais dos oceanos e do ar. É muito provável, portanto, que o aquecimento observado entre 1925 e 1946, que corresponde à cerca de 70% do aquecimento verificado nos últimos 150 anos, tenha resultado do aumento da atividade solar, que foi a maior dos últimos 350 anos, e da redução da atividade vulcânica (Molion, 1995), ou seja, redução do albedo planetário e aumento da transparência atmosférica, e não do efeito-estufa intensificado pelas atividades humanas que, na época, eram responsáveis por menos de 10% das emissões atuais de carbono!

Além dos RCG, citados acima, o sulfeto de dimetila ou metiltiometano (DMS), é um dos componentes de enxofre biológico mais abundantes na natureza, produzido por fitoplanctons e, particularmente, algas marinhas. O fluxo de DMS emitido por fitoplanctons ainda é desconhecido. Porém, em princípio, se a temperatura dos mares continuar a aumentar, as algas marinhas podem ficar estressadas e produzirem mais DMS. Os aerossóis produzidos a partir da oxidação do DMS, por serem altamente higroscópico, atuam como NC na camada limite atmosférica e, possivelmente, aumentariam a cobertura de nuvens baixas e, conseqüentemente, o albedo planetário, resfriando o planeta. Ou seja, a conexão DMS-albedo planetário pode se constituir num feedback negativo forte, semelhante à ação dos RCG.

Os exemplos citados, embora não exaustivos, mostram que o clima global é muito complexo, envolvendo controles internos e externos ao sistema terra-atmosfera-oceano, e que sua variabilidade é natural e não é controlada pela variação da concentração de gases de efeito-estufa.

Aquecimento antropogênico

A literatura é farta em trabalhos científicos que mostraram que o clima do planeta já esteve mais aquecido no passado, quando as concentrações de gás carbônico (CO_2) e metano (CH_4) eram menores que as atuais. Um exemplo recente é o Período Quente Medieval, entre 900 e 1.200 dC, em que os Vikings colonizaram as regiões norte do Canadá e o sul da Groenlândia (Terra Verde), hoje cobertas de gelo. Ou seja, o clima global é naturalmente variável e tem passado por períodos de aquecimento e de resfriamento sem a interferência do homem. A hipótese do aquecimento global antropogênico (AGA), porém, afirma que as emissões de CO_2 e CH_4 , provenientes das atividades humanas, estão intensificando o efeito-estufa e aquecendo o planeta.

No Sumário para Formuladores de Políticas do IPCC (SFP/IPCC, 2007), afirma-se que o CO_2 é o principal gás antropogênico e que sua concentração atual de 390 ppmv (1 ppmv = 1 parte por milhão por volume, ou seja, 1 mililitro de gás por metro cúbico de ar) é a maior ocorrida nos últimos 650 mil anos, período em que ficou limitada entre 180 e 300 ppmv. O aumento de sua concentração nos últimos 150 anos foi atribuído às emissões por queima de combustíveis fósseis, mudanças do uso da terra e agropecuária. O metano (CH_4), gás decorrente da fermentação anaeróbia da matéria orgânica e com concentrações muito pequenas, na ordem de 1,7 ppmv, também vinha mostrando um significativo aumento de 1,0% ao ano, atribuído às atividades agropecuárias. Mas, a partir de 1998, a taxa de crescimento anual de sua concentração anual se estabilizou, e até diminuiu inexplicavelmente em alguns anos, embora as atividades agropecuárias continuem crescendo. Os arrozais alagados no Oriente continuam aumentando e a população de ruminantes cresce numa taxa de 17 milhões de cabeças por ano. Somente no Brasil, a população de ruminantes já excedeu 200 milhões de cabeças. Os gases

restantes apresentam concentrações muito menores que as citadas e afirma-se estarem aumentando também (SFP/IPCC,2007).

Em seu 4º Relatório de Avaliação (AR4), o IPCC utilizou as concentrações medidas em Mauna Loa, Havaí, cuja série foi iniciada por Charles Kelling no Ano Geofísico Internacional (1957-58). Essa série foi estendida para os últimos 420 mil anos, utilizando-se as estimativas de concentração de CO₂ obtidas das análises da composição química das bolhas de ar aprisionadas nos cilindros de gelo ("ice cores"), que foram retirados da capa de gelo na Estação de Vostok, Antártica, por perfuração profunda (até cerca de 3.600 m). A Figura 3 (PETIT et al., 1999), mostrou a evolução temporal da temperatura e da concentração de CO₂, obtidas com os cilindros de gelo de Vostok.

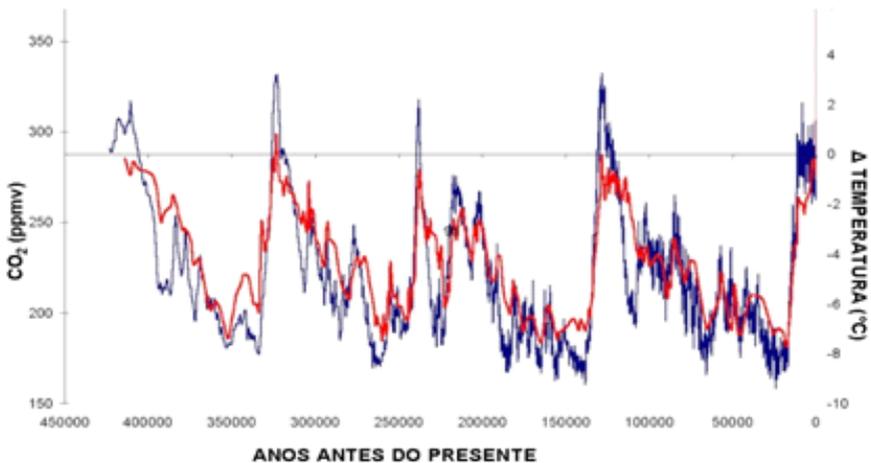


Figura 3. Variação da concentração de CO₂ (vermelho) e dos desvios de temperatura (azul) dos últimos 420 mil anos, obtidas dos cilindros de gelo da Estação de Vostok, Antártica. (Adaptada de Petit et al, 1999).

A curva vermelha é a concentração de CO₂, que variou entre 180 e 300 ppmv (escala à esquerda), e a curva azul é a dos desvios de temperatura do ar, entre - 10 e + 6 °C (escala à direita). Uma análise cuidadosa dessa Figura mostra, claramente, que a curva de temperatura apresentou 4 picos, superiores à linha de zero, que representam os interglaciais

passados a cerca de 130 mil, 240 mil, 320 mil e 410 mil anos antes do presente, enquanto as concentrações de CO_2 correspondentes foram inferiores a 300 ppmv. Isso foi constatado por Sime et al. (2009), que reportaram temperaturas 6°C a 10°C superiores às do interglacial atual. Em adição, o pico da concentração de CO_2 ocorreu aproximadamente 1000 anos depois do máximo de temperatura. Lembrando que a concentração atual atingiu cerca de 390 ppmv, poder-se-ia inferir que as concentrações de CO_2 não foram responsáveis pelas temperaturas altas dos interglaciais passados. Dessa análise, conclui-se que existiram outras causas físicas, que não a intensificação do efeito-estufa pelo CO_2 , que tenham sido responsáveis pelo aumento de temperatura verificado nesses interglaciais passados.

Na realidade, o fenômeno do **efeito-estufa**, o pilar da teoria do AGA, é questionável, nunca foi comprovado cientificamente, e contraria as leis da Radiação e da Conservação de Energia da maneira como está descrito nos livros de Meteorologia! A versão clássica o compara com o que ocorre nas casas de vegetação (estufa de plantas = greenhouse), nas quais a radiação solar atravessa os painéis de vidro e aquece o chão e o ar interno. A radiação infravermelha térmica (IV), emitida dentro da casa de vegetação, não consegue passar pelo vidro, que a absorve por ser opaco a ela (vidro absorve comprimentos de ondas eletromagnéticas superiores a $2,8 \mu\text{m}$) e a impede de escapar para o ambiente exterior à casa de vegetação. Esse seria o fenômeno responsável pelo aumento de sua temperatura. Em princípio, ocorreria a mesma coisa na atmosfera terrestre. A radiação solar incide sobre a atmosfera, parte dela (30%) é refletida de volta para o espaço exterior por nuvens, moléculas do ar e pela própria superfície terrestre (albedo planetário), porém boa parte atravessa a atmosfera e é absorvida pela superfície terrestre, que se aquece. Aquecida, a superfície emite radiação IV que, por sua vez, seria absorvida pelo CO_2 e pelo CH_4 , os chamados gases de efeito-estufa (GEE), que atuariam de forma semelhante ao vidro. Os GEE emitiriam a radiação IV absorvida em todas as direções, inclusive de volta à superfície, reduziriam a perda de IV para o espaço exterior, “aprisionando” mais radiação solar no sistema Terra-atmosfera. Essa seria a explicação para o ar adjacente à

superfície ser mais quente que as camadas superiores da atmosfera. Por essa teoria, quanto maior a concentração dos GEE, maior seria a absorção da radiação pela atmosfera e emissão para a superfície e mais quente ficaria o planeta. Ou seja, maior injeção de CO_2 e CH_4 na atmosfera pelas atividades antrópicas tenderia a intensificar o efeito-estufa. Essa intensificação é questionável, pois a absorção de radiação IV pelo CO_2 é seletiva e só ocorre nas chamadas bandas de rotação e vibração de sua molécula. Ou seja, ao receber um fóton IV apropriado, sua estrutura molecular vibra e/ou roda. Rotação e vibração são movimentos mecânicos e produzem energia cinética que é transferida para as outras moléculas de gases que compõem a atmosfera - notadamente Nitrogênio (78%), Oxigênio (21%) e Argônio (0,9%) - por meio de choques moleculares. E se a energia radiante absorvida é transferida pelo processo de choques, ela não pode ser re-emitada, pois já foi consumida nos choques e transformada em calor. Como existem cerca de 2.600 moléculas desses gases para cada molécula de CO_2 , a contribuição do processo radiativo para o aquecimento do ar é muito pequena, imensurável. O processo físico mais importante para o aquecimento do ar é seu contato com a superfície aquecida por meio da condução de calor. Ar tem massa e se aquece ao absorver calor sensível (não radiação), e a mistura gasosa como um todo (ar), e não apenas o CO_2 , emite radiação IV para a superfície. Em outras palavras, se todo CO_2 for retirado da atmosfera, a temperatura do ar próximo à superfície não seria afetada. Portanto, esse é mais um argumento que demonstra que o CO_2 não controla o clima global!

Em adição, não há comprovação que o CO_2 armazenado na atmosfera seja originário de emissões antrópicas. Afirma-se que o CO_2 atmosférico tenha aumentado na taxa anual de 0,4%, correspondendo a um incremento de 3 bilhões de toneladas de carbono por ano (GtC/ano) armazenadas na atmosfera. De acordo com o SFP/IPCC (2007), as emissões por queima de combustíveis fósseis e de florestas tropicais e atividades agropecuárias totalizariam 7 GtC/ano. Estima-se que os oceanos, por sua vez, absorvam 2GtC anuais. Portanto, o balanço ($3 + 2 = 5 < 7$) não fecha, e ainda faltaria encontrar o sumidouro das 2 GtC/ano restantes, fluxo esse que foi denominado "o carbono desaparecido" na literatura.

A vegetação - florestas nativas, como a Amazônia, e plantadas - possivelmente seria a sequestradora desse carbono (Molion, 1988). Por outro lado, sabe-se que a solubilidade do CO_2 nos oceanos varia inversamente a sua temperatura. Ou seja, oceanos aquecidos absorvem menos CO_2 que oceanos frios. Como a temperatura dos oceanos aumentou ao longo do Século XX, é possível que a concentração de CO_2 atmosférico tenha aumentado devido à redução de absorção e/ou ao aumento de emissão pelos oceanos. A literatura cita que o fluxo para dentro dos oceanos foi estimado em 92 GtC/ano. Um erro de 10% nessa estimativa corresponderia a uma fração três vezes maior que a que fica armazenada na atmosfera anualmente. Outro argumento, que se utiliza para comprovar que o aumento da concentração de CO_2 é antropogênico, é a redução da razão $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$. O carbono 14 é radiativo e apresenta uma meia-vida de 5.730 anos. Não há mais ^{14}C nos combustíveis fósseis, uma vez que esses foram produzidos há milhões de anos. Assim, sua queima liberaria mais ^{12}C e, por esse motivo, a razão $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ teria decrescido em 2% (?) nos últimos 150 anos. Ocorre que o ^{14}C é formado pela incidência de raios cósmicos galácticos (RCG) – partículas de alta energia provenientes do espaço sideral, cuja contagem é mais elevada durante períodos de baixa atividade solar – na atmosfera e, portanto, quando o Sol está mais ativo, como na primeira metade do Século XX, a entrada de raios cósmicos é reduzida, formando menos ^{14}C . Essa deve ter sido a possível causa da redução de 2% da razão $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$, se for admitido que ela possa ser medida com tal precisão atualmente. Em outras palavras, os argumentos acima não comprovam que o aumento da concentração de CO_2 atmosférico seja causado pelas atividades humanas, como queima de combustíveis fósseis, agropecuária e construção de grandes lagos de hidrelétricas.

É dito que a concentração de CO_2 passou de 280 ppmv, na era pré-industrial para os atuais 390 ppmv, um aparente aumento de 35% da concentração desse gás nos últimos 150 anos. Utilizando tais concentrações nas simulações feitas por modelos de clima global, o incremento na temperatura média global resultante estaria entre 0,5 °C e 2,0 °C, conforme o modelo utilizado. Entretanto, de acordo com o SFP/IPCC

(2007), o aumento “observado” está entre 0,4 e 0,8°C. Ou seja, o aumento observado está situado no limite inferior dos resultados produzidos pelos atuais modelos climáticos (MCG) utilizados para testar a hipótese da intensificação do efeito-estufa. Porém, se a concentração de CO₂ dobrar nos próximos 100 anos, de acordo com os MCG, poderá haver um aumento da temperatura média global entre 2° e 4,5 °C, não inferior a 1,5°C (SFP/IPCC, 2007). Os efeitos desse aumento de temperatura seriam catastróficos! Uma das consequências seria a expansão volumétrica da água dos oceanos que, associada ao degelo parcial das geleiras e calotas polares, notadamente o Ártico, aumentaria os níveis dos mares entre vinte e sessenta centímetros. Esse fato, dentre outros impactos sociais, forçaria a relocação dos 60% da Humanidade que vivem em regiões costeiras. Nos últimos 150 anos, porém, não há comprovação científica do aumento do nível dos mares. Dados altimétricos de satélites, disponíveis a partir de outubro de 1992, mostraram que o nível do mar aumentou cerca de 5 cm após aquela data, mas parou de subir em 2007-2008. A variabilidade do nível do mar parece estar ligada ao Ciclo Nodal Lunar de 18,6 anos de duração.

Modelos de clima global

Sabe-se que a absorção de radiação por um gás segue uma lei logarítmica. Ou seja, pequenos incrementos na concentração do gás, quando essa é baixa, produzem aumentos de absorção bem maiores que grandes incrementos quando sua concentração é alta. Do início da era industrial até o presente, a concentração de CO₂ já aumentou em cerca de 35%. Entretanto, a temperatura média global aumentou cerca de 0,7°C (SFP/IPCC, 2007), enquanto modelos de clima global (MCG) produziram aumentos de 1,0°C a 2,7°C para o mesmo aumento de concentração. Os mesmos MCG projetaram incrementos superiores a 10°C na região do Ártico para concentração de CO₂ dobrada, ou seja, cerca de 560 ppmv com relação à de 150 anos atrás (e.g. HANSEN et al, 2007). Porém, a análise das séries de dados de temperatura média do ar, registrados para o setor Atlântico do Ártico a partir de 1880, apresentou um incremento superior a 3°C entre 1886 -1938, quando a humanidade emitia menos de 10% do carbono que emite hoje, seguido de um decréscimo superior

a 2°C até a metade da década de 1970 (Figura 2). Atualmente, a temperatura média do Ártico está cerca de 1°C abaixo da temperatura média do final da década de 1930. Ou seja, exatamente na região, onde os modelos previram os maiores incrementos de temperatura, foi observado o oposto desde o período pós-guerra, a partir do qual o consumo global de combustíveis fósseis se acelerou e a concentração de CO₂ passou a subir monotonicamente.

Modelos de clima global (MCG) são códigos ou programas de computador que utilizam equações ou expressões matemáticas para representar os processos físicos diretos e os de realimentação e/ou interação (“feedback”) entre os diversos componentes do sistema terra-oceano-atmosfera com a finalidade de simular ou avaliar a resposta do sistema climático sob um forçamento radiativo (aumento ou diminuição do fluxo de energia). Os processos de feedback são definidos como mecanismos físicos que amplificam (feedback positivo) ou reduzem (feedback negativo) a magnitude da resposta do sistema climático para um dado forçamento radiativo. Que existem sérios problemas com as simulações dos MCGs não é segredo para a comunidade meteorológica. Os MCGs comumente têm dificuldade em reproduzir as características principais do clima atual, tais como temperatura média global, diferença de temperatura entre equador e pólo, a intensidade e posicionamento das altas subtropicais e das correntes de jato, se não for feito o que, eufemisticamente, é chamado de “sintonia” ou “ajustes”. Nos modelos de previsão de tempo e de clima, a informação (dados e resultados), está representada em pontos, ou nós, de uma grade tridimensional colocada sobre a superfície do globo e que é resultante do cruzamento de linhas de latitude x longitude x altura. A distância entre os pontos da grade determina a resolução espacial dos processos físicos que podem ser resolvidos pelo modelo. A resolução espacial dos modelos globais era de 250km a 400km até recentemente e todos os processos físicos, que se desenvolvem em escalas espaciais muito inferiores a essas, precisam ser resolvidos de uma forma particular, precisam ser “parametrizados” como, por exemplo, processos de formação, desenvolvimento, cobertura de nuvens e precipitação que são fundamentais para o balanço radiativo do planeta. A parametrização

é, em geral, feita com algoritmos (equações) físico-estatísticos que dependem da intuição física do modelador e, em geral, não representam a realidade física e são questionáveis.

Nesse aspecto, um dos problemas cruciais é nuvens - seus tipos, formas, constituição e distribuição, tanto em altura como no plano horizontal, e propriedades ópticas - e aerossóis são processos físicos mal-simulados nos modelos. Em princípio, a temperatura global tende a aumentar principalmente com a presença de nuvens estratiformes (forma de "camadas horizontais") na alta troposfera. Essas nuvens altas (tipo "cirro") são mais tênues, constituídas por cristais de gelo em sua maior parte, e tendem a aquecer o planeta, pois permitem a passagem de radiação solar, mas absorvem fortemente a radiação IV que escaparia para o espaço exterior, ou seja, nuvens cirros intensificam o efeito-estufa (feedback positivo). Por outro lado, nuvens baixas (tipo "estrato"), mais espessas, tendem a esfriá-lo, pois aumentam o albedo planetário (feedback negativo). Por exemplo, o modelo do Serviço Meteorológico Inglês inicialmente previu um aumento superior a 5 °C para o dobro de CO₂. Porém, apenas mudando as propriedades ópticas das nuvens estratiformes, Mitchel et al (1989) reduziram o aquecimento para menos de 2°C, ou seja, **uma redução de 60%**! Em geral, os modelos têm tendência de produzir mais nuvens cirros nas regiões tropicais, resultantes de umidade transportada pelas correntes de ar ascendentes associadas a nuvens de tempestades (cumulonimbos) e amplificar o aquecimento para um dado forçamento radiativo, gerando um feedback positivo. Entretanto, Spencer et al (2007), usando dados de satélites, mostraram que a cobertura de nuvens cirros diminuiu durante o pico da estação chuvosa em regiões tropicais e, como consequência, existiu maior perda de radiação IV para o espaço exterior, resfriando o sistema oceano-atmosfera . Ou seja, um feedback negativo importante que, aparentemente, não é representado nos MCGs! Em adição, na Figura 2 do SFP/IPCC (não mostrada), vê-se que a incerteza que o efeito das nuvens tem no clima (forçamento radiativo negativo de -1,8 Wm⁻²), considerado de nível de entendimento baixo pelo Órgão, é igual, porém de sinal contrário, ao do CO₂ (+ 1,66 Wm⁻²), dito ter nível de entendimento alto. Em linguagem mais simples, segundo

consta no SFP/IPCC, o aumento de aerossóis e da cobertura de nuvens baixas, por refletirem mais radiação solar de volta para o espaço exterior, poderia cancelar o aumento de temperatura provocado pelo CO_2 !

Associado a esse, outro problema sério de modelagem é a simulação do ciclo hidrológico e seu papel como termostato do sistema Terra-atmosfera. Na natureza, a superfície e o ar adjacente tendem a serem resfriados por evaporação da água da chuva e da umidade do solo, pois esse é um processo físico que consome grandes quantidades de calor. Se não existisse convecção profunda, nuvens do tipo cumulonimbo, e o resfriamento dependesse apenas da perda de radiação IV, o efeito-estufa, sensivelmente intenso nos níveis próximos ao solo, faria com que a temperatura de superfície alcançasse valores superiores a $70\text{ }^\circ\text{C}$! As nuvens cumulonimbo - convecção profunda que os modelos não simulam adequadamente - bombeiam calor latente para fora da camada limite planetária – camada mais próxima da superfície terrestre com cerca de 1.000 m de espessura - como se fossem verdadeiras chaminés, e o liberam nos níveis médios e altos da troposfera em que o efeito-estufa é fraco e, de lá, esse calor é irradiado para o espaço exterior. Dessa forma, a convecção profunda “curto-circuitaria” o efeito-estufa, não permitindo que a temperatura da superfície do Planeta atinja valores elevados.

O transporte de calor sensível pelas correntes oceânicas para regiões fora dos trópicos também é mais um processo físico parametrizado, e mal resolvido, nos MCG. O calor transportado para o Ártico, por exemplo, aumenta as temperaturas da superfície do Mar da Noruega e, como o efeito-estufa é fraco nessas regiões, devido à baixa concentração de vapor d'água, a emissão de radiação IV para o espaço aumenta, e o sistema terra-atmosfera-oceano, como um todo, perde mais energia para o espaço exterior. Utilizando dados de Reanálises (NCEP), Molion (2006) mostrou que, atualmente, a Escandinávia está perdendo 20 Wm^{-2} a mais, em média, do que perdia há 50 anos.

A discussão acima não esgota, de maneira alguma, os problemas de modelagem dos processos físicos e as possíveis fontes de erros dos MCG atuais. Não há dúvida que o desenvolvimento de modelos seja crítico

para se adquirir habilidade futura de entender melhor ou mesmo prever o clima, mas há que se admitir que modelos atuais sejam representação ainda simples, grotesca, da complexa interação entre os processos físicos diretos e os de feedback, que controlam o clima do globo. Modelos carecem de validação de seus resultados contra os dados observados! Hansen et al (2007) tentaram reproduzir o clima global entre 1880 e 2003 com o modelo de 5ª geração do GISS. Dentre os vários erros crassos, o modelo, ao simular o clima dos 120 anos passados, reduziu em 20% as chuvas na Amazônia que reconhecidamente, é uma das principais fontes de calor para manter o clima global. Portanto, as “previsões”, feitas pelos MCG para os próximos 100 anos, podem estar superestimadas e a hipótese do efeito-estufa intensificado, aceita pela maioria segundo se afirma, pode não ter fundamento físico algum, já que os resultados de modelos são um de seus três argumentos básicos utilizados em defesa do aquecimento global antropogênico!

Sumário e Considerações finais

Em resumo, a variabilidade natural do Clima não permite afirmar que o aquecimento de 0,7 °C seja decorrente da intensificação do efeito-estufa causada pelas atividades humanas, ou mesmo que essa tendência de aquecimento persistirá nas próximas décadas, como sugerem as projeções reproduzidas no SFP/IPCC (2007). A aparente consistência entre os registros históricos e as previsões dos modelos não significa que o aquecimento esteja ocorrendo. Na realidade, as características desses registros históricos conflitam com a hipótese do efeito-estufa intensificado. O planeta se aqueceu mais rapidamente entre 1925-1946, quando a quantidade de CO₂ lançada na atmosfera era inferior a 10% da atual, e se resfriou entre 1947-1976, quando ocorreu o desenvolvimento industrial acelerado após a Segunda Guerra Mundial. Dados dos MSU a bordo de satélites não confirmaram um aquecimento expressivo pós-1979, que é aparente na série de temperatura obtida com termômetros de superfície. No SFP/IPCC (2007), afirmou-se que concentração de CO₂ aumentou de 35% nos últimos 150 anos. Porém, isso pode ter sido devido a variações internas ao sistema terra-oceano-atmosfera. Sabe-se que a solubilidade do CO₂ nos oceanos depende de sua temperatura com uma relação in-

versa. Como a temperatura dos oceanos aumentou, devido à redução do albedo planetário e à atividade solar mais intensa entre 1925-1946, a emissão de CO_2 pelos oceanos pode ter sido aumentada e mais CO_2 ter ficado armazenado na atmosfera. Portanto, não se pode afirmar que foi o aumento de CO_2 que causou o aumento de temperatura. Pode ter sido exatamente ao contrário, ou seja, que o CO_2 tenha aumentado em resposta ao aumento de temperatura dos oceanos e do ar adjacente.

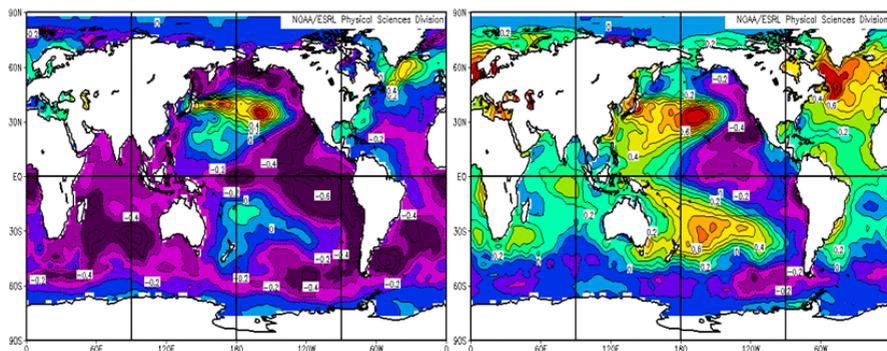


Figura 4. Anomalias da temperatura da superfície do Pacífico no período 1948-1976 comparadas com as do período 1999-2011 ($^{\circ}\text{C}$), com relação à média do período 1977-1998. (Fonte dos dados: ESRL/PSD/NOAA).

As análises da temperatura da superfície do mar para o período 1999-2011, elaboradas por este autor com os dados do conjunto de Reanálises do NCEP/NCAR (ESRL/PSD/NOAA, 2012), mostraram uma configuração atual semelhante à da fase fria anterior da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), ocorrida no período 1947-1976, sugerindo que o Pacífico já esteja em uma nova fase fria (Figura 4). Em adição, hoje a comunidade científica dispõe de mais de 3 mil bóias ARGO à deriva nos oceanos. Essas bóias foram projetadas para flutuar a 2 mil metros de profundidade e se deslocar horizontalmente durante cerca de 10 dias. Após esse período, inflam aletas e sobem realizando sondagens verticais de temperatura e salinidade. Ao chegarem à superfície, transmitem os dados para os satélites. Portanto, não só tem-se uma avaliação da temperatura da superfície como também da variação do calor armazenado nessa camada. Dados obtidos por essas bóias entre 2003 e 2007 (WILLIS et al., 2007)

mostraram um pequeno resfriamento dos oceanos ou, pelo menos, que esses não se aqueceram nesse período, conforme resultados dos MCG. É possível, portanto, que o clima global venha a se resfriar nos próximos 20 anos, semelhante ao que ocorreu na fase fria anterior (Figura 1), porém com um agravante! Contrariamente ao período da fase fria anterior, o Sol está entrando num período de baixa atividade, um novo mínimo do Ciclo de Gleissberg e de seu ciclo de 180 anos. Observações por satélites mostraram que os valores do fluxo total de radiação solar, no último mínimo solar em 2006, ficaram abaixo de $1365,3 \text{ Wm}^{-2}$, inferiores aos mínimos anteriores. A variação da atividade solar nos últimos 350 anos sugere que, nos próximos dois ciclos de manchas solares, ou seja, até cerca do ano 2034, a atividade solar poderá ser comparável às primeiras duas décadas do Século XX. Portanto, como o Pacífico está em uma nova fase fria e a atividade solar estará mais baixa, é mais provável que as condições climáticas globais entre 1947-1976 venham a se repetir qualitativamente, ou seja, um arrefecimento global nos próximos 20 anos. Dados atuais de temperatura média global confirmam essa hipótese e mostram que 1998 foi o ano mais quente dos últimos 10 anos, ou seja, o aquecimento global parece ter acabado em 1998!

As análises de algumas estações climatométricas no período de 1947-1976 (fase fria da ODP), feitas por este autor, mostraram que, de maneira geral, as condições climáticas não foram favoráveis para o Brasil. As chuvas se reduziram entre 10% e 20% em seus totais anuais no País. Aparentemente, essa redução ocorreu devido à diminuição dos dias chuvosos durante a estação chuvosa, resultante do aumento da frequência de veranicos. Por outro lado, como as camadas mais altas da atmosfera estiveram mais frias, devido ao resfriamento dos oceanos, as nuvens convectivas (cumulonimbo) se desenvolveram mais e produziram tempestades severas, com chuvas intensas, maior frequência de granizo e rajadas de vento fortes, particularmente nas Regiões Sul e Sudeste. O resultado geral foi deficiência hídrica para abastecimento de populações e geração de energia elétrica, expressas nas vazões dos rios Paraná e Paraguai que, entre 1947-1976, apresentaram vazões cerca de 25% a 30% abaixo das registradas na fase quente da ODP. Ainda, o Sul e

Sudeste sofreram um aumento na frequência de massas de ar polar intensas (geadas fortes) no inverno, fato que contribuiu decisivamente para a erradicação do cultivo do café no oeste do Paraná. A região brasileira mais afetada parece estar compreendida por partes do Sudeste do Pará, Norte de Tocantins, Sul do Maranhão e Piauí, a região sudeste da Amazônia, que é a fronteira agrícola, de expansão da soja e da cana de açúcar. Essa região poderá apresentar uma redução média de até 400 mm por ano, cerca de 25 %, em seus totais pluviométricos nos próximos 20 anos.

Reflexões sobre o propagado aquecimento global deixam evidente que o clima do planeta, sem exagero, é resultante de tudo o que ocorre no Universo. Porém, o fato de ter sido demonstrado aqui que as atividades humanas não interferem no clima global não é um aval para o homem continuar a degradar o meio-ambiente. Ao contrário, considerando que o aumento populacional é inevitável num futuro próximo, o bom senso sugere a adoção de políticas de conservação ambiental bem elaboradas, destituídas de dogmatismo, e mudanças nos hábitos de consumo, para que a humanidade possa sobreviver, isto é, para que as gerações futuras também possam dispor de um planeta que permita sua sobrevivência. Portanto, a conservação ambiental é necessária e independente de mudanças climáticas, ou seja, aqueça ou esfrie, a conservação ambiental é um dever de todos.

Referências

Christy.J.W., R.W. Spencer, 2003. Global Temperature Report 1978-2003, The University of Alabama in Huntsville, disponível em meteo.lcd.lu/globalwarming/Christy_and_Spencer/25years_highlite.pdf, acessado em 10/01/2008.

CRU/UEA, 2007. Climate Research Unit, University of East Anglia, disponível em www.cru.uea.ac.uk. e acessado em :12/12/2007

ESRL/PSD/NOAA, 2012. Dados de Reanálises, Earth System Research Laboratory, Physical Sciences Division, NOAA, disponíveis em <http://www.cdc.noaa.gov>.

GISS/NASA, 2007. Goddard Institute for Space Studies, NASA, disponível em <http://data.giss.nasa.gov/gistemp> e acessado em : 12/01/2008

Hakkinen, S., P.B. Rhines. 2004. Decline of subpolar North Atlantic circulation during the 1990s, *Science*, 304, 555-559.

Hansen, J.E. et al, 2007. Climate simulations for 1880-2003 with GISS model E. *Climate Dynamics*, 29, pp. 661-696.

SFP/IPCC, 2007. Contribution of Working Group I for the Fourth Assessment Report (AR4), Summary for Policy Makers (SPM), WMO/UNEP, Genebra, Suíça.

Lockwood, M., C. Fröhlich, 2007. Recent oppositely direct trends in solar climate forcing and global mean surface air temperature, *Proceedings of Royal Society A*, p:1-14

Mallick, J., A. Rahman, 2012. Impact of population density on the surface temperature and microclimate of Delhi. *Current Science*, 102 (12), pp. 1708-1713.

Minnis, P., E.F. Harrison, L.L. Stowe, G.G. Gibson, F.M. Denn, D.R. Doelling, W.L. Smith Jr, 1993. Radiative climate forcing by Mount Pinatubo eruption, *Science* 259:1411-1415.

Mitchel, J.F.B, C.A. Senior, W.J. Ingran, 1989. CO₂ and climate: a missing feedback? *Nature* 341:132-134.

Molion, L.C.B. , 1988. A Amazônia e o clima da terra. *Revista Ciência Hoje*, v.8, n.48, p.42-46.

Molion, L.C.B., 1995. Global warming: a critical review. *Revista Geofísica* 43 (2):77-86, Instituto PanAmericano de Geografia e Historia, Mexico, DF.

Molion, LCB., 2005. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Climanálise* 8 (agosto), dis-

ponível em <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista> e acessado em 10?01/2008.

Molion, L.C.B., 2006. Variabilidade e forçantes climáticas, Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, 27 a 4 de dezembro, Florianópolis (SC).

Petit, J.R., J. Jouzel, D. Raynaud, N.I. Barkov, J.-M. Barnola, I. Basile, M. Benders, J. Chappellaz, M. Davis, G. Delayque, M. Delmotte, V.M. Kotlyakov, M. Legrand, V.Y. Lipenkov, C. Lorius, L. Pépin, C. Ritz, E. Saltzman, and M. Stievenard, 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* 399: 429-436.

Ren, G. Y., Z.Y. Chu, Z.H. Chen, Y.Y. Ren, 2007. Implications of temporal change in urban heat island intensity observed at Beijing and Wuhan stations, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L05711, doi:10.1029/2006GL027927.

Shaviv, N.J., 2002. Cosmic ray diffusion from galactic spiral arms, iron meteorites, and a possible climatic connection, *Phys. Rev. Letters*, 89, 51-102

Sime, L.C., E.W. Wolff, K.I.C. Oliver, J.C. Tindall, 2009. Evidence for warmer interglacial in east Antarctica ice cores. *Nature* 462, pp. 342-345.

Spencer, R.W, W.D. Braswell, J.R.Christy, J.Hnilo, 2007. Cloud and radiation budget changes associated with tropical intraseasonal oscillations. *Geophys. Res. Lett.*, Vol34, L15707, doi: 10.1029/2007GL029698.

Svensmark, H., 1998. Influence of cosmic rays on Earth's climate, *Phys. Rev. Letters* 81(22):5027-5030.

Willis, J. K., J. M. Lyman, G. C. Johnson, J. Gilson, 2007. Correction to Recent cooling of the upper ocean. *Geophys. Res. Lett.*, 34, L16601, doi:10.1029/2007GL030323.

CAPÍTULO 6

Emissão de gases de efeito estufa na pecuária - uma análise ambiental e conceitual

*Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, José Augusto Gomes Azevêdo,
Fernanda Samarini Machado, Mariana Magalhães Campos, Roberto
Guimarães Júnior, Thierry Ribeiro Tomich, Mariana Magalhães Campos,
Fernanda Samarini Machado, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira,
Bruno Campos de Carvalho*

O crescimento da população mundial e do seu poder aquisitivo tem promovido aumento acentuado da demanda por alimentos de origem animal. Estima-se que em 2050 a população mundial será de 9 bilhões, sendo necessário um aumento na produção mundial de carne de 229 milhões de toneladas (1999-2001) para 465 milhões de toneladas em 2050, e na produção de leite de 580 para 1.043 milhões de toneladas nesse mesmo período (FAO, 2006). O Brasil ocupa posição de destaque como fornecedor de proteína animal para a população mundial. Atualmente o país possui o maior rebanho comercial bovino, com 171,6 milhões de cabeças (IBGE, 2009) e detém, aproximadamente, 20% do mercado da carne (USDA, 2009), sendo o 5º maior produtor de leite (FAO, 2012).

Apesar da reconhecida importância da agropecuária na produção de alimentos e geração de renda, atualmente muito se discute sobre o impacto ambiental das atividades pecuárias e agrícolas, principalmente relativo às mudanças climáticas. A pecuária brasileira, em especial, vem sendo criticada por emitir quantidades significativas de gases de efeito estufa (GEE). Tal crítica tem sido fundamentada nos baixos índices zootécnicos verificados em sistemas de exploração animal baseados em pastagens degradadas ou que se encontram abaixo do seu potencial de produção. A ineficiência desse modelo de exploração tem gerado maiores quantidades de GEE por quilo de carne e/ou de leite produzidos (IPCC, 2007).

Dentre os vários GEE, a agropecuária contribui de forma significativa com a emissão de três deles: metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e

óxido nitroso (NO_2). O gás metano apresenta potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o CO_2 e tempo de vida na atmosfera de 9 a 15 anos, sendo sua taxa de crescimento anual de 7,0% (IPCC, 2006). A produção de metano resulta da fermentação anaeróbica da matéria orgânica em ambientes alagados, campos de arroz cultivados por irrigação de inundação, fermentação entérica, tratamento anaeróbico de resíduos animais e queima de biomassa.

O metano produzido em sistemas de produção de bovinos origina-se, principalmente, da fermentação entérica (85 a 90%), sendo o restante produzido a partir dos dejetos destes animais. Do metano produzido por fermentação entérica no rúmen, 95% é excretado por eructação, e daquele produzido no trato digestivo posterior, 89% é excretado via respiração e aproximadamente 1% pelo ânus (MURRAY et al., 1976). O metano derivado da fermentação entérica de ruminantes representa cerca de 1/4 das emissões antropogênicas desse gás (WUEBBLES e HAYHOE, 2002).

Bovinos produzem de 150 a 420 litros de CH_4 por dia e ovinos de 25 a 55 L/dia (CZERKAWSKI, 1969; HOLTER e YOUNG, 1992; McALLISTER et al., 1996), o que corresponde a emissões anuais de 39,1 a 109,5 kg e de 6,5 a 14,4 kg, respectivamente. A Índia e o Brasil lideram o ranking mundial de emissão total de metano entérico, com 14,5 e 10,3 Tg de CH_4 /ano, respectivamente. Quando é considerada apenas a emissão por bovinos, o Brasil é apontado como o maior emissor (9,6 Tg de CH_4 /ano), seguido da Índia (8,6 Tg de CH_4 /ano) e dos Estados Unidos da América (5,1 Tg de CH_4 /ano) (THORPE, 2009). Segundo resultados preliminares do Segundo Inventário Nacional de Emissões de GEE (MCT, 2009), no ano de 2005 a agropecuária foi responsável por 22% do total das emissões de metano no Brasil.

Além de ser caracterizado como um importante GEE, responsável por 15% do aquecimento global, o metano de origem entérica tem relação direta com a eficiência da fermentação ruminal em virtude da perda de carbono e, conseqüentemente, perda de energia, influenciando o desempenho animal (COTTON e PIELKE, 1995; BELL et al., 2011). O conheci-

mento dos mecanismos de síntese de metano e os fatores que afetam sua produção são importantes. O desafio no sistema produtivo de ruminantes é desenvolver dietas e estratégias de manejo que minimizem a produção relativa de metano (metano/kg de leite, carne ou lã), possibilitando maior eficiência produtiva e redução da contribuição negativa da pecuária para o aquecimento global.

A mídia tem rotulado os bovinos como grandes vilões das mudanças climáticas, sendo que, na maioria das vezes, essas críticas não apresentam fundamentação técnico-científica. É urgente a necessidade de desenvolver e validar metodologias acuradas de mensuração da emissão de metano e gerar bancos de dados específicos para os sistemas de produção de cada região (país ou bioma), conforme relatado no primeiro inventário nacional de emissões de GEE de origem antrópica (GRAINGER et al., 2007; LIMA et al., 2006). A exploração equivocada da mídia sobre o assunto pode ser, futuramente, um pretexto para a criação de barreiras não tarifárias à exportação de produtos pecuários brasileiros.

Discussões sobre como reduzir as emissões de GEE têm focado tanto alterações na cadeia de produção e abastecimento de alimentos, como na demanda, por meio de mudanças significativas nos padrões de consumo. Medidas políticas que levam a reduções radicais no consumo de alimentos de origem animal têm sido propostas como meio de reduzir as emissões globais de GEE. Entretanto, a avaliação do impacto climático da produção de diferentes alimentos deve levar em consideração o valor nutricional dos mesmos.

Smedman et al. (2010) utilizaram uma unidade funcional, que combina a densidade de nutrientes do alimento com a emissão de GEE na produção dos mesmos, denominada índice de Densidade Nutricional/Impacto climático (DNIC). Os autores compararam a emissão de GEE geradas para a produção de leite, refrigerantes, suco de laranja, cerveja, vinho, água mineral gasosa e bebidas de soja e aveia. Para a produção de leite foram gerados para cada 100 g do produto, 99 g de equivalente CO₂, um dos valores mais elevados quando comparado às demais bebidas. Entretanto, quando a comparação foi realizada levando-se em consideração o DNIC

(densidade de nutrientes/emissão de GEE), o leite apresentou vantagem em relação aos demais alimentos, devido ao seu alto valor nutricional (Tabela 1). Esse resultado representa argumento convincente de embate à mídia, que muitas vezes incentiva a redução no consumo de produtos de origem animal como forma de diminuir os impactos ambientais.

Tabela 1. Densidade nutricional, em relação ao impacto climático.

Alimento	Porcentagem de NNR em 100 g de produto	Número de nutrientes \geq 5% da NNR	Densidade nutricional	Emissão de GEE	Índice DNIC
Leite	126	9	53,8	99	0,54
Refrigerante	7	0	0	109	0
Suco de laranja	90	4	17,2	61	0,28
Cerveja	18	0	0	101	0
Vinho tinto	24	1	1,2	204	0,01
Água mineral	2	0	0	10	0
Bebida de soja	53	3	7,6	30	0,25
Bebida de aveia	32	1	1,5	21	0,07

NNR = Recomendações Nórdicas de Nutrição; Índice DNIC = Índice de Densidade Nutricional/Impacto Climático (DNIC = densidade nutricional/emissão de gases de efeito estufa - GEE); Emissão de GEE = emissão de GEE (g de equivalente CO₂ por 100 g de produto); Densidade nutricional = Porcentagem de NNR em 100 g de produto x número de nutrientes \geq 5% da NNR/21.

Fonte: Smedman et al. (2010).

É provável que a agropecuária seja cada vez mais afetada pelas imposições de limitações nas emissões de carbono e pela legislação ambiental. A tendência ou obrigação legal de mitigar as emissões de GEE influenciará diretamente a necessidade de aumento da eficiência zootécnica nos sistemas pecuários, atrelado ao manejo nutricional dos animais a ser adotado. A melhoria das práticas alimentares pode reduzir a emissão de metano por quilograma de alimento ingerido ou por quilograma de produto (McALLISTER, 2011). Agentes específicos e aditivos dietéticos têm sido propostos como alternativas para a redução das emissões de metano. O desenvolvimento de estratégias de mitigação e a viabilidade da aplicação prática dessas estratégias são áreas atuais de pesquisa em todo o mundo (THORNTON, 2010).

Metano entérico e perdas energéticas

Com teor energético de 55,22 MJ/kg (BROUWER, 1965), o metano representa significativa perda de energia pelo sistema de produção (Tabela 2).

Tabela 2. Variações típicas nas emissões de metano por três classes de ruminantes, energia perdida como CH₄ e estimativa de dias perdidos de pastejo efetivo anual.

Classe animal	Peso vivo médio (kg)	CH ₄ (kg/cab/dia)	MJ de CH ₄ perdido/cab/dia ^a	Exigência de energia diário (MJ/cab/dia) ^b	Dias perdidos de pastejo efetivo anual ^c
Ovino adulto	48	10-13	1,5-2,0	13	43-55
Novilho de corte	470	50-90	7,6-13,6	83	33-60
Vaca de leite	550	91-146	13,6-22,1	203	25-40

^a Assumindo densidade energética de 55,22 MJ/kg de CH₄ (Brouwer, 1965).

^b Standing Committee on Agriculture (1990).

^c Dias perdidos de pastejo efetivo anual = (perda de energia/exigência diária) x 365,25.

Fonte: Eckard et al. (2010).

Aproximadamente, 5,5 a 6,5% da energia bruta ingerida é convertida a metano (JOHNSON e WARD, 1996). Entretanto, mensurações realizadas em câmaras respirométricas (calorimetria indireta) mostraram grande variação na emissão de metano, de 2 a 12% da energia bruta ingerida (JOHNSON e JOHNSON, 1995). Geralmente, à medida que a digestibilidade da dieta aumenta, ocorre maior variação na produção de metano.

Segundo Johnson e Johnson (1995), existem duas causas principais para esta variação na produção de metano: quantidade de carboidratos fermentados no rúmen e proporções relativas de propionato e de acetato produzidos.

Embora seja reconhecido que a composição da dieta afeta a contribuição dos ruminantes para a produção de GEE, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, responsável pelo desenvolvimento de metodologias para estimar inventários de emissão global, apenas faz diferenciação entre duas dietas (IPCC, 2006):

- Dietas com mais 90% de concentrado: taxa de conversão de CH₄ de 3% da EB ingerida e;

- Dietas com menos de 90% de concentrado: taxa de conversão de CH_4 de 6,5% da EB ingerida.

Esse critério pode não estar condizente com as condições observadas nos sistemas de produção de ruminantes instalados no Brasil, onde dificilmente são observados níveis de inclusão de mais de 90% de concentrado na dieta e, talvez a amplitude de 0 a 90% de concentrado seja pouco específica para a maior parte do manejo adotado para o rebanho de ruminantes no país.

Dentre as formas de se expressar a produção de metano entérico, é importante considerar a produção por unidade de produto animal formado (kg de leite, de carne, ou de lã). Com esta forma de expressão, pode ser estabelecido equilíbrio entre a necessidade de produção de alimento para a crescente população e a emissão de GEE, além de evitar que sistemas de produção eficientes sejam penalizados. Portanto, a redução da produção de metano entérico sem prejudicar a produtividade animal é desejável, tanto como uma estratégia de mitigar a emissão total de GEE, como também de melhorar a eficiência de conversão alimentar dos ruminantes.

A eficiência dos sistemas brasileiros é passível de melhorias, ou seja, há ainda potencial para aumentar a quantidade de produto final, mantendo ou reduzindo a emissão de GEE. Conforme estimativas realizadas por Barioni et al. (2007), o aumento da taxa de natalidade de bovinos de 55 para 68%, a redução na idade de abate de 36 para 28 meses e a redução na mortalidade até 1 ano de 7% para 4,5%, permitiria que em 2025 as emissões de metano em relação ao equivalente carcaça produzido fossem reduzidas em 18%. Isso seria possível mesmo com o aumento estimado em 25,4% na produção de carne. Ou seja, toda ação que melhore a eficiência do sistema de produção reduz proporcionalmente a emissão de metano, uma vez que mais produto (carne, leite, lã, etc.) será produzido em relação aos recursos utilizados (GUIMARÃES Jr. et al., 2010).

Yan et al. (2010) avaliaram dados obtidos em 20 estudos de metabolismo energético, realizados em câmaras respirométricas de fluxo aberto, envolvendo 579 vacas em lactação, com variação no mérito genético,

número e fase da lactação e peso vivo. Os autores estudaram as taxas de emissão de metano entérico em relação a variáveis de eficiência de utilização de energia e de produtividade animal. Os resultados indicaram que a perda de energia na forma de CH_4 como proporção da energia bruta (EB) ingerida ou da energia do leite, foi negativamente relacionada aos níveis de produção leiteira, metabolizabilidade da energia (q) e eficiência de utilização da energia metabolizável para lactação (K_l). Portanto, a seleção de vacas leiteiras com elevados níveis de produção e eficiência de utilização de energia representa estratégia eficiente de mitigação.

Estratégias nutricionais de mitigação do metano entérico

O composto de importância crítica para o ecossistema ruminal é o H_2 produzido principalmente durante a fermentação. No rúmen, para que a degradação dos nutrientes da dieta ocorra normalmente, levando à formação de AGVs, é necessário que a pressão de H_2 mantenha-se reduzida, permitindo a re-oxidação do NADH. No rúmen, esse processo ocorre por meio da metanogênese. Desta forma, a manipulação do H_2 no rúmen é a chave para controlar a emissão de metano (JOBLIN, 1999).

De acordo com Martin et al. (2009a), as vias metabólicas envolvidas na formação e utilização do H_2 , bem como a população metanogênica são importantes fatores que devem ser levados em consideração no desenvolvimento de estratégias para controlar a emissão de metano por ruminantes. Qualquer estratégia adotada deve ter como foco um ou mais dos objetivos listados abaixo:

- Redução da produção de H_2 sem prejudicar a digestão dos alimentos;
- Estimulação da utilização do H_2 por meio de vias de produção de produtos alternativos benéficos para o ruminante;
- Inibição das *Archaeae* metanogênicas (número e/ou atividade), com concomitante estímulo de vias que consomem H_2 para evitar os efeitos negativos do aumento da pressão parcial de H_2 no rúmen.

Sabe-se que o aumento na quantidade de concentrado na dieta reduz a proporção da energia dietética convertida para metano (BLAXTER e CLA-

PPERTON, 1965). Ou seja, a adição de concentrado promove redução da emissão de metano como proporção da energia ingerida ou expressa por unidade de produto animal (leite e/ou carne).

A substituição de carboidratos fibrosos (celulose e hemiceluloses) por carboidratos não fibrosos (amido e açúcares) resulta em significativas modificações nas condições físico-químicas do rúmen e população microbiana. O desenvolvimento de bactérias amilolíticas resulta em mudança na produção de AGVs, promovendo aumento da proporção de propionato e redução de acetato. Consequentemente, há queda na produção de metano devido à redução da disponibilidade de H_2 no rúmen.

Entretanto, de acordo com Martin et al. (2009a), a baixa relação acetato:propionato nem sempre ocorre em animais alimentados com dietas ricas em concentrado. Nessas situações, a redução da emissão de metano pode ser explicada pela queda do pH ruminal e declínio do número de protozoários ciliados. O baixo pH ruminal também pode inibir o crescimento e/ou atividade das metanogênicas e bactérias celulolíticas.

Desta forma, em dietas com elevadas proporções de concentrado, os fatores que induzem a redução da produção de metano são:

- Aumento da produção de propionato, o que reduz a quantidade de H_2 disponível no rúmen;
- Inibição das metanogênicas (HEGARTY, 1999), das bactérias celulolíticas (BROSSARD et al., 2004) e dos protozoários ciliados pela redução do pH ruminal;
- Produção de bacteriocinas por bactérias lácticas, que inibem a atividade das metanogênicas (RODRIGUEZ e CAMPOS, 2007).

As perdas de metano mostram-se relativamente constantes para dietas contendo de 30 a 40% de concentrado (6 a 7% da EB ingerida) e então decrescem rapidamente para baixos valores (2 a 3% da EB ingerida) para dietas contendo de 80 a 90% de concentrado (LOVETT et al., 2003; BEAUCHEMIN and MCGINN, 2005; MARTIN et al., 2008).

Berchielli et al. (2003) relataram comportamento quadrático para a produção de metano em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. De acordo com os autores, o resultado observado sugere que a adição de concentrado, em baixas quantidades, propiciou condição favorável aos microrganismos, disponibilizando energia para degradação da fração fibrosa no rúmen. No entanto, a partir da adição de 60% de concentrado na dieta, o ambiente ruminal tornou-se prejudicial aos microrganismos responsáveis pela metanogênese, evidenciado pela queda no pH. Primavesi et al. (2004) também relataram que a substituição de volumoso por concentrado energético resultou em emissão máxima de metano quando o concentrado participou em 40% da matéria seca da dieta.

A adição de alimentos concentrados energéticos em dietas de ruminantes visando à redução da emissão de metano é uma estratégia que apresenta limitações econômicas e ambientais. As possíveis consequências metabólicas de dietas com elevado teor de carboidratos não fibrosos, como acidose ruminal, queda na porcentagem de gordura do leite e redução da vida produtiva dos animais devem ser levadas em consideração. A viabilidade econômica de sistemas produtivos que utilizam elevada proporção de concentrado nas dietas de ruminantes é questionável em países com clima propício à produção animal em pastagens, como o Brasil.

Além disso, as consequências do aumento da densidade energética das dietas devem ser analisadas sob visão sistêmica. A emissão de GEE, como CO₂ e óxido nitroso, provenientes dos processos de produção, colheita e transporte dos grãos pode superar a redução da emissão de metano entérico causada pela inclusão desses alimentos na dieta de ruminantes. Abordagens sobre o fluxo de GEE nos sistemas de produção são encontradas nos trabalhos de Johnson et al. (2002b) e Lovett et al. (2006).

Além da quantidade de concentrado na dieta, a sua composição também influencia a produção de metano. Lovett et al. (2006) avaliaram o efeito da suplementação do pasto com concentrado constituído primariamente de subprodutos fibrosos (32,8% de fibra insolúvel em detergente neutro - FDN), sobre a emissão de metano entérico. Foi observado aumento da produção diária de metano (de 346 para 399 g/vaca/dia) com o incre-

mento na quantidade fornecida de concentrado, devido ao seu alto nível de fibra e baixo teor de amido. Entretanto, é importante destacar que os autores observaram tendência de redução da emissão de metano por kg de leite produzido, já que o uso do concentrado promoveu aumento de produção leiteira das vacas.

A emissão de metano (g/kg de matéria seca ingerida) é influenciada pelo tipo de volumoso que o animal está ingerindo. Animais consumindo leguminosas geralmente emitem menos CH_4 em relação àqueles consumindo gramíneas. De acordo com Benchaar et al. (2001), a substituição de feno de capim timóteo (*Phleum pratense*) por alfafa reduziu a emissão de metano em 21% (expresso como % da energia digestível). McCaughey et al. (1999) observaram em bovinos de corte sob pastejo, redução de 10% na produção de metano por unidade de produto, quando a dieta constituída exclusivamente por gramínea foi substituída por outra contendo alfafa e gramínea (70:30). Tal efeito da utilização de leguminosas sobre a emissão de metano é frequentemente explicado pela presença de taninos condensados (WAGHORN, 2007), baixo teor de fibra, maior ingestão de matéria seca com conseqüente aumento da taxa de passagem no rúmen (O'MARA et al., 2004).

Existem diferenças significativas na composição de carboidratos das forragens, o que influencia o potencial metanogênico das mesmas. Gramíneas C_4 podem produzir mais metano por kg de MS ingerida do que gramíneas de ciclo fotossintético C_3 (ARCHIMÈDE et al., 2011; ULYATT et al., 2002). Corroborando essas informações, Primavesi et al. (2004), trabalhando com vacas em lactação, verificaram emissão de 121 a 147 kg de CH_4 /animal/ano em condições brasileiras, sendo tais valores superiores aos relatados na América do Norte (118 kg de CH_4 /animal/ano para animais de 600 kg de peso corpóreo e lactação de 6.700 kg de leite/ano e ingestão de 2,7% do peso vivo de MS) e no Leste Europeu (100 kg de CH_4 /animal/ano para vacas de 550 kg de peso vivo, lactação de 4.200 kg de leite/ano e ingestão de 2,5% do peso vivo de MS) (IPCC 1995; JOHNSON & WARD, 1996). Os autores atribuíram essa diferença à pior qualidade da forragem tropical em relação à de clima temperado,

especialmente pelo maior teor de fibra e menor digestibilidade. Archimède et al (2011) reportaram emissões de metano (L/kg de matéria seca ingerida) 17% superiores para ruminantes alimentados com gramíneas C₄ comparado com animais que ingeriram gramíneas C₃.

Outro fator determinante para a menor produção de CH₄ por vacas em lactação em pastagens de clima temperado é a utilização de grãos em proporção superior a 50% na dieta, a qual atende às exigências energéticas diárias com menor volume de matéria seca. O percentual de CH₄ produzido a partir da energia bruta ingerida é estimado entre 5,5 e 6,5% na América do Norte e Leste europeu (ESTADOS UNIDOS, 1990). Primavera et al. (2004) encontraram valores de a 8,3% para vacas da raça holandesa em lactação, e 10,6% para as mestiças, mantidas em pastagens adubadas de capim-tobiatã (*Panicum maximum* cv. Tobiatã) e braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), respectivamente.

A implementação de práticas de manejo de pastagens para melhorar sua qualidade aumenta o desempenho animal e a produtividade por unidade de área. Associado ao incremento no desempenho espera-se aumento da emissão de metano, como resultado da maior extensão da fermentação da forragem no rúmen. Entretanto, a quantidade de metano produzido por unidade de produto (leite ou carne) é reduzida se a produção ou crescimento do animal é aumentado.

Robertson e Waghorn (2002) observaram que a produção de metano por vacas leiteiras em pastagem aumentou com o avanço da maturidade da forragem (de 5 para 6,5% da EB ingerida, respectivamente, na primavera e verão). A menor emissão relativa de metano observada para forragens mais jovens pode ser explicada pelos maiores teores de carboidratos solúveis e também de ácido linoleico. Hegarty (2001) analisou o efeito do melhoramento da qualidade nutricional das pastagens na produção de metano por ovinos da raça Merino e verificou que a proporção da energia ingerida perdida como metano diminuiu de 6,6 para 6,0% com o aumento da digestibilidade da forragem consumida, apesar do aumento da produção diária do gás.

Assim, a implementação de adequado manejo de pastagem na propriedade aumenta a quantidade e qualidade de alimento disponível para o animal e, portanto, é estratégia adequada de mitigação de metano entérico, aumentando a eficiência de uso da energia bruta da dieta e reduzindo o impacto ambiental da pecuária. O manejo adequado de sistemas de pastejo rotacionados pode aumentar tanto a quantidade como a qualidade da pastagem disponível para os animais. Como resultado, há melhoria da eficiência alimentar, redução da produção de gás metano por hectare, e incremento no desempenho, o que aumenta a rentabilidade do sistema (CHAVES et al., 2006).

A suplementação de dietas com lipídeos não protegidos reduz a emissão de metano entérico. São múltiplos os mecanismos de ação dos lipídeos sobre a metanogênese:

- Redução da matéria orgânica fermentável no rúmen, já que os lipídeos não são fonte de energia para as bactérias ruminais;
- Redução da atividade das metanogênicas pela presença de ácidos graxos de cadeia média (MACHMULLER et al., 2003)
- Efeito tóxico sobre bactérias celulolíticas (NAGAJARA et al., 1997) e protozoários (DOREAU e FERLAY, 1995) exercido por ácidos graxos poli-insaturados;
- Biohidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados (JOHNSON e JOHNSON, 1995).

O efeito tóxico de ácidos graxos de cadeia longa ocorre por meio da ação sobre a membrana celular, particularmente de bactérias gram-positivas. O ácido linoleico é tóxico para bactérias celulolíticas (*F. succinogenes*, *R. albus* e *R. flavefaciens*), por afetar a integridade celular, e para fungos *Neocallimastix frontalis* cultivados *in vitro* (MAIA et al., 2007). Tais mudanças na população microbiana ruminal favorecem a formação de propionato, aumentando a captação de H_2 nesse processo.

Embora a biohidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados resulte em captura de H_2 , sua influência sobre a metanogênese é baixa, já que a completa hidrogenação de 1 mol de ácido linolênico previne a formação

de apenas 0,75 mol de CH_4 (MARTIN et al., 2009a). A utilização de hidrogênio metabólico no processo de biohidrogenação de ácidos graxos insaturados é pequena (1%) se comparada àquelas inerentes à redução do CO_2 (48%), à síntese de AGVs (33%) e à síntese de células bacterianas (12%) (CZERKAWSKI, 1986).

A efetividade da adição de lipídeos para reduzir emissões de metano depende de vários fatores, incluindo nível de suplementação, a fonte de lipídeo utilizada, a forma de fornecimento (óleo refinado ou sementes de oleaginosas, por exemplo) e o tipo de dieta (BEAUCHEMIN et al., 2008).

Embora reduções de metano maiores que 40% sejam possíveis com elevados níveis de adição de lipídeos (MACHMULLER e KREUZER, 1999; JORDAN et al., 2006b), na prática, reduções entre 10 e 25% são as mais prováveis (BEAUCHEMIN et al., 2008). Recomenda-se que a adição de lipídeo total não ultrapasse 6 a 7% da matéria seca dietética para evitar depressão do CMS. A ação múltipla da suplementação lipídica sobre o número e atividade dos microrganismos ruminais pode prejudicar o processo de digestão se o efeito tóxico sobre as metanogênicas provocar acúmulo de H_2 no rúmen.

Beauchemin et al. (2008), revisando 17 estudos com bovinos e ovinos, estabeleceram relação entre o nível de lipídeo adicionado (% do CMS) e a emissão de metano (g/kg de MS consumida) para diferentes fontes dietéticas de gorduras e óleos. Foi relatada redução de 5,6% na produção de metano para cada 1% de adição de lipídeo. Os autores encontraram considerável variação entre as fontes de lipídeos no efeito sobre a metanogênese. Observou-se queda acentuada na produção de metano (g/kg de MS consumida) em alguns estudos com óleo de coco (63,8% de redução com adição de 7% de gordura; MACHMULLER e KREUZER, 1999) e com ácido mirístico (58,3% de redução com 5% de adição de lipídeo; MACHMULLER et al., 2003).

Martin et al. (2009a) também sumarizaram dados de estudos in vivo (67 dietas suplementadas com lipídeos, oriundas de 28 publicações) avaliando os efeitos de diferentes fontes de lipídeos sobre a emissão de metano

entérico em bovinos e ovinos. O resultado obtido foi redução média de 3,8% na emissão de metano (g/kg de MS ingerida) para cada 1% de gordura adicionada na dieta (% do CMS).

Diante do exposto, é evidente que os efeitos dos ácidos graxos sobre a metanogênese ruminal são amplamente dependentes da sua natureza. Suplementos lipídicos ricos em ácidos graxos de cadeia média (12 a 14 átomos de carbono), tais como óleos de coco, de palmáceas ou de canola (rico em ácido láurico), ou ácido mirístico purificado, são particularmente mais depressivos sobre a emissão de metano, principalmente em dietas ricas em concentrado e com baixos níveis de Ca (MACHMULLER et al., 2003). De acordo com Dohme et al. (2001), os ácidos láurico (C 12:0) e mirístico (C 14:0) fornecidos sozinhos apresentam efeitos similares, mas a combinação desses dois ácidos graxos provoca efeito sinérgico, levando à queda acentuada na emissão de metano (SOLIVA et al., 2004).

Grainger et al. (2010b) avaliaram os efeitos da suplementação de dietas de vacas leiteiras com caroço de algodão por 12 semanas, sobre a metanogênese, pela técnica do gás traçador SF₆. Os autores observaram redução persistente na emissão de metano (3,5 g de CH₄/kg de MS ingerida, em média) ao longo de 12 semanas com a adição de caroço de algodão (2,61 kg de MS/vaca/dia). A redução observada na produção de metano (g/kg de MS ingerida), de 5,1% na primeira semana, aumentou para 14,5% na 12^a semana.

Outra estratégia de mitigação de metano entérico é a utilização de aditivos. A manipulação do ecossistema ruminal é ferramenta bastante utilizada por nutricionistas, visando aumentar a conversão alimentar e o desempenho dos animais. No passado, as pesquisas focaram o uso de antimicrobianos como, por exemplo, a monensina. Entretanto, a crescente pressão da sociedade contra a utilização desse tipo de aditivo na alimentação animal tem incentivado a busca por métodos alternativos para manipulação do ambiente ruminal.

Os efeitos anti-metanogênicos dos ionóforos estão mais relacionados com a inibição da formação dos precursores (formato e H₂) do metano

do que um efeito direto sobre a população de metanogênicas, uma vez que essas são mais resistentes aos ionóforos do que as bactérias que produzem e fornecem H_2 . A redução dos precursores de metano seria responsável por apenas 45% do efeito dos ionóforos sobre a produção de metano, sendo o restante consequência da menor ingestão de alimentos (NAGARAJA et al., 1997). A diminuição da produção de metano observada na presença de ionóforos também pode estar associada à inibição no crescimento de protozoários ciliados que, conhecidamente produzem H_2 e são colonizados por metanogênicas (McALLISTER et al., 1996).

Grainger et al. (2010a) avaliaram o uso de dose elevada de monensina (471 mg/dia) em vacas alimentadas com pasto de azevém suplementado com 4 kg/dia de grãos de cevada. A emissão de metano foi estimada nos animais em pastejo pela técnica do gás traçador SF_6 e também em câmaras respirométricas. Em ambas condições, a adição de monensina não aumentou a produção de leite e não promoveu efeito sobre a emissão de metano entérico (g/dia, g/kg de leite e g/kg de MS ingerida). Os autores concluíram que a monensina não representa estratégia de mitigação viável para vacas leiteiras em pastagem suplementadas com concentrado.

Os possíveis efeitos transitórios dos ionóforos, associado com a crescente pressão para reduzir o uso de antimicrobianos na produção animal, sugerem que essa estratégia de mitigação da emissão metano entérico por ruminantes não representa uma solução de longo prazo.

Há crescente interesse na utilização de compostos secundários de plantas como estratégia de mitigação do metano, por representar alternativa natural à utilização de aditivos químicos. Várias plantas contêm compostos secundários que as protegem do ataque de fungos, bactérias, insetos e herbívoros. O efeito dessas moléculas sobre a metanogênese ruminal é altamente variável. A maioria dos trabalhos aborda o uso de taninos, saponinas e óleos essenciais. Quando elevados níveis dessas substâncias são ingeridos podem ocorrer efeitos adversos sobre o desempenho

e saúde do animal, mas, em baixas concentrações, são capazes de melhorar o processo fermentativo no rúmen (MORAIS et al., 2006; BEAUCHEMIN et al., 2008).

Os taninos são substâncias polifenólicas com variados pesos moleculares e complexidade, sendo classificados em hidrolisáveis e condensados. A atividade antimetanogênica dos taninos presentes nas plantas tem sido atribuída, principalmente, ao grupo de taninos condensados.

Vacas leiteiras apresentaram menor emissão de metano (26,9 g/kg de MS ingerida e 378 g/kg de sólidos do leite) quando alimentadas com *Lotus corniculatus* do que quando receberam silagem de azevém (35,23 g de CH₄/kg de MS ingerida e 434 g de CH₄/kg de sólidos do leite) (WOODWARD et al., 2001). Oliveira et al. (2007), avaliando o efeito de dietas contendo silagens de sorgo com baixo e alto teor de taninos, fornecidas para bovinos de corte, não observaram efeito desses compostos sobre a metanogênese.

Saponinas são glicosídeos encontrados em muitas plantas, como *Brachiaria decumbens* e *Medicago sativa* (alfafa) e apresentam efeito direto sobre os microrganismos ruminais. As saponinas reduzem a degradação de proteínas e, ao mesmo tempo, favorecem a síntese de proteína e biomassa microbiana, dois processos que resultam em menor disponibilidade de H₂ para a metanogênese (MARTIN et al., 2009a). Mas o principal mecanismo de ação antimetanogênica das saponinas está relacionado ao efeito tóxico sobre protozoários ciliados. As saponinas emulsificam os lipídeos da membrana celular dos protozoários, causando mudanças na sua permeabilidade, e morte da célula (WALLACE et al., 2002).

Hess et al. (2004) observaram decréscimo de 54% na contagem de protozoários e redução de 20% na produção *in vitro* de metano utilizando elevadas doses de saponinas (12 mg/g de MS). Guo et al. (2008) observaram redução na metanogênese (8%) e no número de protozoários (50%) com o uso de saponinas *in vitro*. Os autores relataram redução na atividade das metanogênicas (76%), mensurada por meio da expressão do gene *mcrA*, sem que o número de metanogênicas fosse afetado.

Óleos essenciais são metabólitos secundários, são responsáveis pelo odor e cor de algumas plantas. As pesquisas conduzidas até o momento indicam a possibilidade da utilização de óleos essenciais para manipulação da fermentação ruminal. Muitas moléculas biologicamente ativas presentes nos óleos essenciais apresentam propriedades antimicrobianas, atuando sobre bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. Entre os óleos essenciais estudados, destaca-se o extraído do alho (*Allium sativa*) por vaporização e destilação, apresentando efeito sobre a metanogênese *in vitro*. Busquet et al. (2005) avaliaram os efeitos do óleo essencial obtido do alho e de quatro de seus componentes (diallyl sulfeto, diallyl disulfeto, allyl mercaptan e allicin) sobre a fermentação ruminal *in vitro*. A produção de metano após 17 h de fermentação foi significativamente reduzida pelo óleo essencial de alho, allyl mercaptan e diallyl disulfeto. McAllister et al. (2008) estudaram um produto de allicin disponível no mercado. Nos níveis de inclusão de 0; 2 e 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$, o allicin não afetou a produção diária de AGVs e de nitrogênio amoniacal (N-NH_3). Entretanto, em concentração de 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$, a produção de metano foi significativamente reduzida, o que está relacionado à redução da população de metanogênicas em relação à população bacteriana total, avaliada por PCR.

Watabane et al. (2010) avaliaram o uso de líquido da casca da castanha de caju (CNSL), um coproduto da produção de castanha de caju em países tropicais, que apresenta várias aplicações industriais. O CNSL apresenta compostos fenólicos, destacando-se o ácido anacárdico, que inibem seletivamente bactérias Gram-positivas. Os autores realizaram uma série de experimentos *in vitro* utilizando dietas ricas em concentrado (V:C; 30:70), para avaliar os efeitos de diferentes doses de CNSL cru e termicamente processado. Os resultados obtidos indicam que o CNSL cru pode ser uma alternativa de manipulação ruminal, aumentando a produção de propionato e reduzindo a emissão de metano.

O uso do nitrato como alternativa de utilização do H_2 tem sido mal visto devido aos possíveis efeitos tóxicos do nitrito, composto intermediário formado na redução do nitrato a amônia. A redução de nitrato a nitrito ($\Delta G_r = -130 \text{ kJ/mol de H}_2$) e subsequente redução do nitrito a amônia

($\Delta G_T = -124$ kJ/mol de H_2) libera mais energia do que a redução do CO_2 a CH_4 ($\Delta G_T = -16,9$ kJ/mol de H_2) (UNGERFELD e KOHN, 2006). Esse processo poderia ser a principal rota de eliminação do H_2 se suficiente quantidade de nitrato estivesse disponível no ecossistema ruminal ativo. A redução de nitrato a amônia consome oito elétrons e cada mol de nitrato reduzido, podendo então diminuir a produção de metano em 1 mol. A amônia produzida estaria disponível para processos anabólicos e seria importante fonte de N fermentável em dietas deficientes em proteína bruta, nas quais as baixas concentrações de amônia ruminal limitam a síntese de proteína microbiana (VAN ZIJDERVELD et al., 2010).

Em animais não adaptados ao uso de nitrato na dieta, a capacidade dos microrganismos ruminais reduzirem nitrato a nitrito excede a capacidade de redução do nitrito. Esse composto é então absorvido pelo epitélio ruminal e converte a hemoglobina sanguínea da forma ferrosa (Fe^{2+}) para a férrica (Fe^{3+}), tornando a molécula incapaz de transportar O_2 para os tecidos (metahemoglobinemia). A condição resultante é um estado geral de anoxia, que pode reduzir o desempenho animal e, nos casos mais severos, ser fatal (OZMEN et al., 2005). A suplementação com enxofre ou cisteína pode reduzir o acúmulo de nitrito no rúmen. O sulfato também é redutor ($\Delta G_T = -21,1$ kJ/mol de H_2) e também competirá por elétrons, podendo reduzir a produção de metano (UNGERFELD e KOHN, 2006).

Van Zijderveld et al. (2010) avaliaram os efeitos da adição de nitrato e/ou de sulfato na dieta de ovinos (2,6% da matéria seca) sobre a emissão de metano, em câmaras respirométricas. A produção de metano foi reduzida com o uso dos suplementos (nitrato: -32%; sulfato: -16%; nitrato + sulfato: -47%). A redução na emissão de metano devido ao uso de nitrato foi mais pronunciada no período imediatamente após a alimentação, enquanto que a redução na metanogênese devido ao sulfato foi observada durante todo o dia. Os autores concluíram que, quando fornecidos de forma segura, os sais de nitrato e de sulfato são agentes potentes de mitigação de metano entérico.

No Brasil, a maior parte das emissões de metano de origem entérica é proveniente de bovinos criados extensivamente (LIMA, 2002) em

pastagens que, em grande proporção, encontram-se degradadas. Esse cenário gera ineficiência ao processo produtivo, ocasionando maiores emissões de metano por unidade de produto de origem animal produzido (GUIMARÃES JR. et al., 2010). Dentre as alternativas para mitigação de GEE pela pecuária destacam-se a melhoria da qualidade nutricional da dieta, pela utilização de forragens de melhor valor nutritivo, associadas ao manejo adequado da pastagem (DeRAMUS et al., 2003; LASSEY, 2007).

O investimento na recuperação de pastagens degradadas seria outra estratégia mitigadora de impacto. De acordo com o relatório da FAO (2006), as pastagens (nativas e cultivadas) representam a segunda maior fonte potencial global de sequestro de carbono (C), com capacidade de drenar da atmosfera 1,7 bilhão de toneladas por ano, ficando atrás somente das florestas, cuja capacidade estimada chega a 2 bilhões de t de C por ano. O uso de práticas de manejo adequadas em pastagens, sobretudo de reposição da fertilidade do solo, possibilita o acúmulo de C no solo a uma taxa de 0,3 t de C/ha/ano (IPCC, 2000), o que corresponde, aproximadamente, à mitigação de 1,1 t de CO₂-equivalente/ha/ano. Esse valor, bastante conservador, seria suficiente para anular cerca de 80% da emissão anual de metano de um bovino de corte adulto, estimada em 57 kg (IPCC, 1996), que equivale a 1,42 t de CO₂ (57 kg de CH₄/ano x 25 potencial de aquecimento global do gás = 1,42 t de CO₂-Eq). Portanto, pastagens produtivas e manejadas adequadamente, além de propiciarem condições favoráveis para aumentos significativos no desempenho animal e índices zootécnicos, também podem absorver grande parte do carbono emitido pela atividade pecuária, tornando-se componente importante no balanço de GEE (GUIMARÃES JR. et al., 2010).

Áreas de pastagens bem manejadas podem ser importantes sítios de acúmulo de carbono no solo. Ao mesmo tempo, essas pastagens podem suportar taxas de lotação de bovinos de 1 a 3 UA/ha, com produtividade entre 300 e 1.000 kg de ganho de peso/ha/ano, de forma sustentável. A recuperação de pastagens degradadas é uma opção que não somente permite a retomada da produtividade animal, mas também mantém a integridade química e física do solo, com o simultâneo aumento dos estoques de carbono no solo.

Atualmente, a integração lavoura-pecuária (iLP) tem sido reconhecida como alternativa para redução das emissões de GEE pela agropecuária. O governo brasileiro incorporou a iLP na sua proposta apresentada na 15ª Reunião da Conferência das Partes (COP 15), do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, como uma das atividades mitigadoras nacionalmente aplicáveis (NAMAs) para redução de suas emissões de GEE. O governo se comprometeu a implantar essa tecnologia em 4 milhões de hectares, com impacto esperado de redução da ordem de 18 a 22 milhões de toneladas de CO₂Eq até o ano de 2020. Além disso, faz parte da proposta, recuperar 15 milhões de ha de áreas de pastagens degradadas, o que reduziria de 83 a 104 milhões de toneladas de CO₂Eq. Portanto, espera-se que nos próximos anos seja crescente o incentivo à adoção da iLP no país por meio de políticas públicas de crédito e de fomento.

Considerações Finais

A emissão de metano por ruminantes é consequência dos processos fermentativos gastrintestinais, que garantem a estes animais a habilidade de transformar alimentos grosseiros, ricos em celulose, em alimentos (leite e carne) e produtos fundamentais para a evolução e desenvolvimento da humanidade.

O levantamento do potencial de emissão de metano pelos diferentes sistemas agropecuários, bem como a avaliação de estratégias de mitigação, deve ser realizado sob visão holística, levando-se em consideração a dinâmica e o balanço de carbono em todo o sistema de produção.

Existem diversas estratégias nutricionais para mitigação de metano entérico sendo estudadas e desenvolvidas. Todas apresentam diferentes viabilidades, custos e possibilidades de aceitação pelos produtores. A escolha de qual ou quais adotar deve ser baseada na capacidade de redução das emissões, associada à viabilidade econômica de adoção e manutenção ou melhoria do desempenho animal.

O incremento nos índices zootécnicos, passíveis de serem atingidos com melhorias nos sistemas de produção (principalmente os relacionados ao

uso eficiente das pastagens), associado às boas práticas de manejo nutricional, sanitário e reprodutivo, são estratégias importantes para a consolidação do Brasil como produtor de alimento para o mundo, respeitando as demandas relacionadas ao uso da terra e da água, à conservação da biodiversidade e à emissão de GEE.

Referências

ARCHIMEDE, H.; EUGENE, M.; MARIE MAGDELEINE, C.; BOVAL, M.; MARTIN, C.; MORGAVI, D.P.; LECOMTE, P.; DOREAU, M. 2011. Comparison of methane production between C₃ and C₄ grasses and legumes. **Animal Feed Science and Technology**. v.166-167, p. 59-64.

BARIONI, L. G.; LIMA, M.A. DE; ZEN, S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FERREIRA, A. C. Abaseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007, Christchurch, New Zealand. **Proceedings...** Christchurch: [s.n.], 2007.

BELL, M.J.; WALL, E.; SIMM, G.; RUSSEL, G. 2011. Effects of genetic line and feeding system on methane from dairy systems. **Animal Feed Science Technology**, 166-167, p. 699-707.

BENCHAAR, C.; POMAR, C.; AND CHIQUETTE, J. 2001. Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: a modelling approach. **Canadian Journal of Animal Science** 81, 563-574.

BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.; FRIGUETO, R.T.S. Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 40, 2003. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, SBZ, 2003, CD-ROM.

BEAUCHEMIN K.A.; KREUZER M.; O'MARA F.; AND MCALLISTER T.A. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 48, 21-27.

BEAUCHEMIN, K.A. e MCGINN, S.M. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *Journal of Animal Science* 83, 653–661.

BLAXTER, K. L., & CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, 19: 511-522, 1965.

BROUWER, E. 1965. Report of subcommittee on constants and factors. In: Blaxter, K. L (Ed.). Proceedings of the 3rd Symposium on energy Metabolism. Academic Press, London, pp. 441-443.

BUSQUET M., CALSAMIGLIA S., FERRET A., CARRO, M.D. AND KAMEL, C. 2005. Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science* 88, 4393–4404.

CHAVES, A. V.; THOMPSON, L. C.; IWAASA, A. D. 2006. Effect of pasture type (alfafa vs. grass) on methane and carbon dioxide production by yearling beef heifers. **Canadian Journal of Animal Science**.86, 409-418

COTTON, W.R.; PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University, 1995, 288p.

CZERKAWSKI, J. W. 1969. Methane production in ruminants and its significance. **World Rev. Nutr. Diet.** 11, 240-282

CZERKAWSKI, J. W., 1986. Degradation of solid feeds in the rumen: spatial distribution of microbial activities and its consequences. In: Milligan, L. P., Grovum, W. L., Dobson, A. (Eds). Control of digestion and Metabolism in ruminants. Prentice-Hall, Englewood/cliffs, N. J. USA, pp. 158-172.

DeRAMUS, H.A.; CLEMENT, T.C.; GIAMPOLA, D.D.; DICKSON, P.C. Methane emissions of beef cattle on forrages: efficiency of grazing management systems. **Journal of Environment Quality**, n.32, p.269-277, 2003.

DOHME F, MACHMULLER A, WASSERFALLEN A AND KREUZER M 2001. Ruminal methanogenesis as influenced by individual fatty acids supplemented to complete ruminant diets. **Letters in Applied Microbiology** 32, 47–51.

DOREAU M AND FERLAY A 1995. Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. **LIVESTOCK PRODUCTION SCIENCE** 43, 97–110.

ECKARD, R. J.; GRAINGER, C.; KLEIN, C.A.M. 2010. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. **Livestock Science**, 130: 47-56.

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. Greenhouse gas emissions from agricultural systems. In: WORKSHOP ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM AGRICULTURE, 1989, Washington. PROCEEDINGS. Washington: United States Environmental Protection Agency, 1990. v.1, p.VII-3-VII-22. Summary report.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO statistical databases. Rome, 2006. Disponível em <http://faostat.fao.org>. Acesso em 4 de junho de 2010.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO statistical databases. Rome, 2006. Disponível em <http://faostat.fao.org>. Acesso em 06 de março de 2012.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food and Agriculture. Livestock in the balance, Roma: FAO, 2009. 166p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2010.

GRAINGER, C.; CLARKE, T.; MCGINN, S. M.; AULDIST, M. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; HANNAH, M. C.; WAGHORN, G. C.; CLARK, H.; ECKARD,

R. J. 2007. Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer and chamber techniques. **Journal of Dairy Science**. 90, 27455-2766.

GRAINGER, C., WILLIAMS, R.; ECKARD, R. J. HANNAH, M. C. 2010A. A high dose of monensina does not reduce methane emissions of dairy cows offered pasture supplemented with grain. **Journal of Dairy Science**, 93:5300-5308.

GRAINGER, C.; WILLIAMS, R.; CLARKE, T. et al. 2010b. Supplementation with whole cottonseed causes long-term reduction of methane emissions from lactating dairy cows offered a forage and cereal grain diet. **Journal of Dairy Science**, 93:2612-2619

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHAO, R. L.; VILELA, L.; PEREIRA, L. G. R. Produção animal na integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite, 5., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2010. p. 111-123.

GUO YQ, LIU JX, LU Y, ZHU WY, DENMAN SE AND MCSWEENEY CS 2008. Effect of tea saponin on methanogenesis, microbial community structure and expression of mcrA gene, in cultures of rumen microorganisms. **Letters in Applied Microbiology** 47, 421–426.

HEGARTY R. S. 1999. Reducing rumen methane emissions through elimination of rumen protozoa. **Australian Journal of Agricultural Research** 50, 1321–1327.

HEGARTY, R. **Greenhouse gas emissions from the Australian livestock sector what do we know, what can we do?** Canberra, NSW Agriculture Australian Greenhouse Office, 2001. 35p

HESS, H. D., BEURET, R. A., LOTSCHER, M., HINDRICHSEN, I. K., MACHMULLER, A., CARULLA, J. E., LASCANO, C. E. AND KREUZER, M. 2004. Ruminant fermentation, methanogenesis and nitrogen utilization of sheep receiving tropical grass hay-concentrate diets offered with

Sapindus saponaria fruits and *Cratylia argentea* foliage. **Animal Science** 79, 177–189.

HOLTER, J. B., YOUNG, A. J. 1992. Methane prediction in dry and lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, 75, 2165-2175.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 777p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>. Acesso em: 05 fev. 2010.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Cambridge: University Press, 1995. 339p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Emissions from livestock and manure management. In: Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tabane, K. (eds). IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Hayama: IGES, 2006. chap. 10, p. 747-846.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report (AR4): Mitigation of Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html. Acesso em: 30 nov. 2010.

JOBLIN, K.N. Ruminal acetogens and their potential to lower ruminant methane emissions. **Aust. J. Agric. Res.**, v.50, n.8, p.1321-1327, 1999.

JOHNSON D. E., PHETTEPLACE, H. W., SEIDL, A .F. 2002b. Methane, nitrous oxide and carbon dioxide emissions from ruminant livestock production systems. In 'Greenhouse gases and animal agriculture'. (Eds J Takahashi, BA Young) pp. 77–85. (Elsevier: Amsterdam, The Netherlands)

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane Emissions from Cattle. **J. Anim. Sci.**, v.73, p.2483- 2492, 1995.

JOHNSON, D.E.; WARD, G.M. Estimates of animal methane emissions. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.42, p.133-141, 1996.

JORDAN E, LOVETT DK, MONAHAN FJ, CALLAN J, FLYNN B, et al. 2006b .Effect of refined coconut oil or copra meal on methane output and on intake and performance of beef heifers. **Journal of Animal Science** 84, 162–170.

LASSEY, K.R. Livestock methane emission: From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. **Agricultural and Forest Meteorology**, n.142, p.120-132, 2007.

LIMA, M. A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Caderno de Ciência & Tecnologia**, v.19, p.451-472. 2002.

LIMA, M.A.; PESSOAA, M.C.P.Y.; LIGO, M.A.V. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência: Emissões de metano da pecuária. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. 77p.

LOVETT DK, SHALLOO L, DILLON P, O'MARA FP (2006) A systems approach to quantify greenhouse gas fluxes from pastoral dairy production as affected by management regime. **Agricultural Systems** 88, 156–179.

MACHMULLER A, KREUZER M (1999) Methane suppression by coconut oil and associated effects on nutrient and energy balance in sheep. **Canadian Journal Animal Science** 79, 65–72.

MACHMULLER A, SOLIVA CR AND KREUZER M 2003. Methane-suppressing effect of myristic acid in sheep as affected by dietary calcium and forage proportion. **British Journal of Nutrition** 90, 529–540.

MAIA M. R. G.; CHAUDHARY McALLISTER, T. A.; NEWBOLD, C. J. 2008. Redirecting rumen methane to reduce methanogenesis. **Aust. J. Exp. Agric.** 48, 7-13.

McALLISTER, T.A. 2011. Greenhouse gases in animal agriculture - Finding a balance between food production and emissions. **Animal Feed Science and Technology**. V.166-167, p. 1-6.

McALLISTER, T.A.; OKINE, E. K.; MATHISON, G. W.; CHENG, K. J.; 1996. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**, V.76, p.231-243.

McCAUGHEY, W.P., WITTENBERG, K. AND CORRIGAN, D. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. **Canadian Journal of Animal Science** 79, 221–226.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Informações Gerais e Valores Preliminares, 2009. Disponível em: Acesso em: <http://www.mct.gov.br>. Acesso em: 18 fev. 2010

MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. ADITIVOS. IN: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP. p.111-140. 2006.

MURRAY, R. M.; BRYANT, A. M.; LENG, R. A. 1976. Rates of production of methane in the rumen and large intestines of sheep. **Br. J. Nutr.** 36: 1-14.

NAGARAJA TG, NEWBOLD C. J., VAN NEVEL C. J. AND DEMEYER D. I. 1997. Manipulation of ruminal fermentation. In *The rumen microbial ecosystem* (ed. PN Hobson and CS Stewart), pp. 523–632. Blackie Academic & Professional, London, UK.

OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S. et al. 2006. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, 135 (2007) 236–248

O'MARA, F. Greenhouse Gas Production from Dairying: Reducing Methane Production. **Advances in Dairy Technology**, v.16, p.295-309, 2004.

OZMEN, O. F.; SAHINDURAN, S. UNSAL, A. 2005. Pathological and toxicological investigations of chromic nitrate poisoning in cattle. *Toxicol. Environ. Chem.* 87:99-106.

PRIMAVESI, O.; et al. **Manejo alimentar de bovinos leiteiros e sua relação com produção de metano ruminal**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 21p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 39).

ROBERTSON L. J. AND WAGHORN G. C. 2002. Dairy industry perspectives on methane emissions and production from cattle fed pasture or total mixed rations in New Zealand. **Proceedings of the New Zealand Society Animal Production** 62, 213–218.

RODRIGUEZ, N. M.; CAMPOS, W. E. Manipulação ruminal para redução da emissão de metano. In: Simpósio Nacional sobre Produção Animal e Ambiente, 1, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007, p. 1-28.

SMEDMAN, A.; MÅNSSON-LINDMARK, H.; DREWNOWSKI, A.; EDMAN, A. M. Nutrient density of beverages in relation to climate impact. 2010. **Food & Nutrition Research**, 54:5170-577.

SOLIVA C. R., MEILE L., CIESLAK A., KREUZER M. AND MACHMULLER A. 2004. Rumen simulation technique study on the interactions of dietary lauric and myristic acid supplementation in suppressing ruminal methanogenesis. **British Journal of Nutrition** 92, 689–700.

THORPE, A. Enteric fermentation and ruminant eructation: the role (and control?) of methane in the climate change debate. 2009. **Climatic change**. 93, 407-431.

THORNTON, P. K. Livestock production: recent trends, future prospects. 2010. **Philosophical Transactions**; 365, 2853-2867.

ULYATT M.J, LASSEY K.R., SHELTON I.D., WALKER, C. F. (2002) Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand. **New Zealand Journal of Agricultural Research** 45, 227–234.

UNGERFELD, E. M.; KOHN, R. A., 2006. The role of thermodynamics in control of ruminal fermentation. In: Sejrsen, K.; Hvelplund, T.; Nielsen, M. O. (Eds). Ruminant Physiology Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and stress. Wageningen Academic Publishers. Wageningen The Netherlands, pp. 55-85.

UNGERFELD, E. M.; KOHM. 2006. The role of thermodynamics in the control of ruminal fermentation. Pages 55-85 In: Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress. Sejrsen, K. Hvelplund, T.; Nielsen, M. O. ed. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, the Netherlands.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs In: PEER REVIEW DRAFT. Washington, D.C, 2000, 48p.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service (FAS). Market and Trade Data: trade reports archives. Disponível em: http://www.fas.usda.gov/livestock_arc.asp. Acesso em: 18 fev. 2010.

VAN ZIJDERVELD, S. M.; GERRITS, W. J. J.; APAJALAHTI, J. A. et al. 2010. Nitrate and sulfate: Effective alternative hydrogen sinks for mitigation of ruminal methane production in sheep. **Journal of Dairy Science**, 93: 5856-5866.

WALLACE, R. J.; CZERKAWSKI, J. W.; BRECKENRIDGE, G. Effect of monensin on the fermentation of basal rations in the simulation technique (Rusitec). **British Journal of Nutrition**, 114:101, 2002

WAGHORN G. C. 2007. Beneficial and detrimental effects of dietary

condensed tannins for sustainable sheep and goat production: progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology* 147, 116–139.

WATANABE, Y.; SUZUKI, R.; KOIKE, K. et al. 2010. In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent of ruminants. *Journal of Dairy Science*, 93:5258-5267

WOODWARD, S. L. et al. Early indications that feeding *Lotus* will reduce methane emissions from ruminants. In *Proceeding of New Zealand Society of Animal Production*, 61:23, 2001

WUEBBLES, D. J.; HAYHOE, K., 2002. Atmospheric methane and global change. *Earth-Sci. Rev.* 57, 177 – 210.

YAN, T.; MAYNE, C. S.; GORDON, F. G. 2010. Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93:2630-2638.

CAPÍTULO 7

Case Study – Fazenda Leitíssimo

Craig Bell

Abstract

Fazenda Leitíssimo is a dairy farm in the south of West Bahia, Brazil, established 10 years ago. It is located at 900 metres of altitude, with an Aw climate typical of the Cerrado region of Brazil. Temperature and humidity levels are in ranges, which permit 100% *Bos taurus* cattle to survive without heat stress issues, and also permit tropical grass species to grow well year-round with natural rainfall and irrigation. Defining sustainability as “Actions taken today that will ultimately maintain or improve health, socioeconomic and environmental standards of future communities five generations from now” the company has embedded sustainability into its business, through incorporation of guiding principles in its shareholders’ agreement, layout of the farm to minimise environmental impact, and operations which are focused on nutrient and labour productivity. Compared with Brazilian averages, Fazenda Leitíssimo has developed systems that are 1.5-3.0 times more efficient than average at using nutrients, 10-15 times more efficient at using land, and 6-10 times more labour efficient. High levels of efficiency enable salaries considerably higher than industry averages to be paid, and a range of community-building activities to be supported.

Fazenda Leitíssimo Background

Fazenda Leitíssimo is a dairy farm, established in 2002 by a group of New Zealanders and Brazilians. The farm is located in the south of West Bahia near the junction of the states of Goiás, Minas Gerais, and Bahia, on a plateau, 900 metres above sea level.

The climate is typical of the cerrado biome and presents distinct rainy and dry seasons. The rainy season begins in mid-October and continues until mid-April. Rainfall averages 1,460 mm per

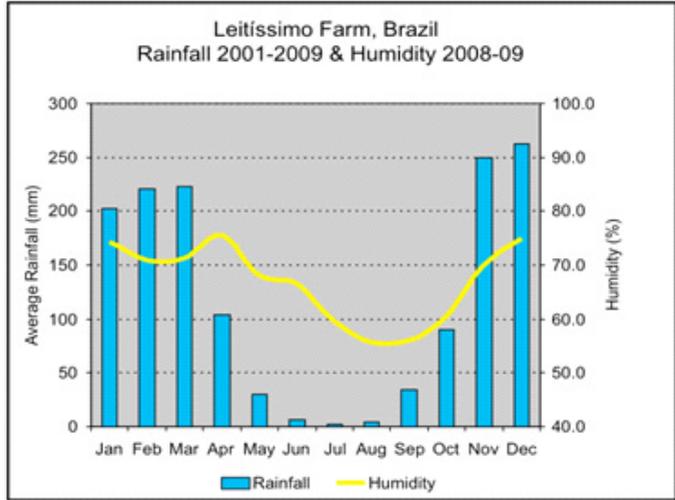


Figure 1. Rainfall and Humidity.

year. Humidity on average is lower than many other regions in Brazil, which assists with improving animal comfort, especially during the warmer months.

The principle idea of the farm was to combine high tropical grass growth rates with *Bos taurus* cattle selected over many years for pasture-based dairy production. An important consideration

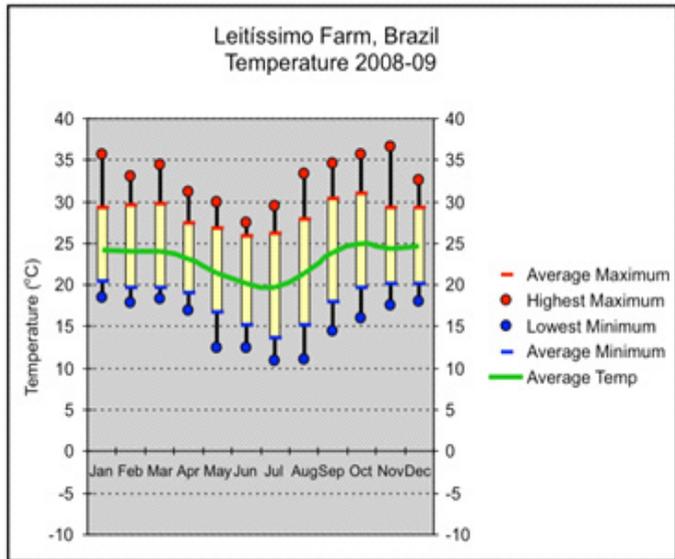


Figure 2. Temperature.

in order for this combination to successfully function is heat stress. In the south of West Bahia, temperatures are moderated in summer by altitude and cloud cover, both of which help to maintain maximum temperatures below critical levels for heat stress. At the same time, the latitude of 14°36' and the nature of high pressure systems over Brazil in winter assist in maintaining minimum and average temperatures in ranges that still permit tropical grass species to produce well year-round.

The average temperature varies between 20 °C and 25 °C. Average minimum temperatures are less than 21 °C, which is favourable for animals to expel body heat at night, but at the same time rarely are below 15 °C, which allows grass growth to continue at around 90 kg of dry matter/day/hectare in winter.

The high rate of grass growth in winter enables the farm to balance feed production and feed demand without the need to transfer dry matter from one season to another in the form of silage or some other form. An overview of the biological system is outlined in Figure 3.

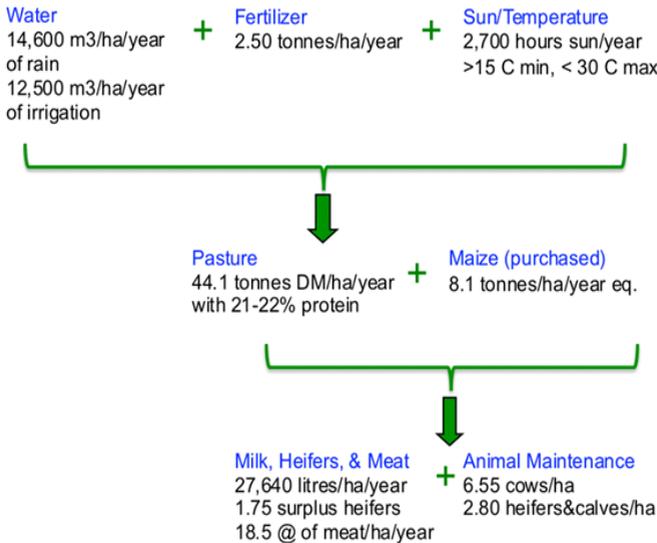


Figure 3. Overview of Fazenda Leitíssimo Biological System.

The combination of temperature, rainfall & irrigation, fertilizer and pasture management produces 44 tonnes of dry matter/ha/year. The pasture supplies approximately 86% of the dry matter in the system, with the balance being maize, currently purchased from neighbouring farms. No silage is made on the farm. The system meets the maintenance needs of 9.35 animals per hectare and produces 27,640 litres of milk/hectare/year, 278 kg of carcass meat/year from culled animals, as well as 1.75 heifers/year above replacement needs for the system.

For the last 10 years Fazenda Leitíssimo has been developing “Kiwicross” animals, which are the result of crossing Jersey and Friesian breeds, both adapted to pasture. Approximately one third of the milking herd in New Zealand is now “Kiwicross”, “Kiwicross” bulls are now available, and Fazenda Leitíssimo uses semen from these bulls, as well as Jersey and Friesian bulls, as 100% of cows are artificially inseminated.



Figure 4. Examples of Kiwicross animals.

Sustainability

The definition used by Fazenda Leitíssimo to define sustainability is:

“Actions taken today that will ultimately maintain or improve health, socioeconomic and environmental standards of future communities five generations from now.”

Fazenda Leitíssimo believes that a long-term focus on building a better community through improving health, socioeconomic, and environmental

standards is an integral part of its business, and has built sustainability into its business by placing these principles as well as those relating to standards of animal husbandry at a high level of awareness for all shareholders. The first clause of its shareholders agreement reads:

Farm venture objectives

The aims of the Joint Venture are as follows:

(a) The shareholders aim to lead the development of profitable dairy farms and facilities and benefit from the added value of the integration of these activities.

(b) To lift the living and working standards of people working in the Brazilian dairy industry.

(c) To set high standards relating to environmental management and animal husbandry.”

The Shareholders agree that they will, so far as practicable, exercise their voting powers as Shareholders of the Company and that the persons appointed by them as directors of the Company exercise their voting powers as directors so far as practicable, to ensure that the Company is organized and operated in accordance with the Farm Venture objectives.”

A fundamental belief of the shareholders is that if they do not promote social development, environmental sustainability, and a good sense of community, they will not achieve their production goals.

Environmental Preservation

The farm is located just 30 km from the Grande Sertão Veredas National Park. According to research carried out over many years, including on Fazenda Leitíssimo farm, the region has a high biodiversity with most species found in the Cerrado biome present. Recently a new species of rare frog, *Chaurus veredas*, was discovered in the region.

Recognizing the biodiversity of the region and wishing to minimize impacts, the farm was designed with the help of biologists to create “ecological corridors” that connect through neighbouring properties with the same philosophy back to the national park.

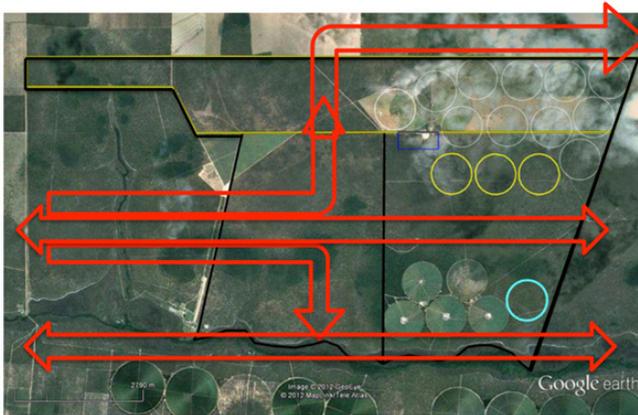


Figure 5. Ecological Corridors on Fazenda Leitíssimo.

Within the farm boundaries various types of Cerrado environment can be found including veredas, Cerradão, Cerrado, campo sujo, and campo limpo. In laying out the farm, ecological corridors were designed to include all of these types of environment, as each has an important role to play for the native fauna.

Currently only 1,000 ha of the farm's 5,540 ha has been developed, but even after the farm has been fully developed, at least 60% of the area will remain in its natural condition. Fazenda Leitíssimo's philosophy is "to have islands of dairy farms in a sea of wilderness" in order to preserve sufficient, meaningful, and interconnected areas to allow native flora and fauna to flourish.

Fundamental to the viability of this approach is the belief that intensification of farming activities on irrigated pivots facilitates the choice to conserve large areas. As Theodoro de Hungria Machado, for many years operating the Trijunção research base nearby, states "the model is one of the keys to how to preserve the Cerrado, it is a

concentration of technical management and financial investment in a predetermined area, liberating more area for conservation.”

The effect of concentration of farming for conservation can be significant. Including the area used on third party farms to grow maize purchased by Fazenda Leitíssimo, productivity is 14,500 litres/effective hectare/year. The land used for maize production usually produces another crop or has another agricultural purpose, which means that 14,500 litres/effective hectare/year is a conservative estimate of productivity.

Notwithstanding that third party land produces more than maize, the system productivity is approximately 12 times higher than the average in Brazil. To put this in perspective, if all of the 32.1 billion litres of milk produced in Brazil could migrate to systems with a productivity equal to Leitíssimo, it would be possible to reduce the area required for dairy farming by 24.5 million hectares, an area equal to the size of São Paulo state.

Such an area could serve as a useful carbon sink. Research suggests that in their native states the Mata Atlântica, and Cerrado biomes hold around 740 tonnes of CO₂ equivalent¹ and 125 tonnes of CO₂ equivalent² respectively as vegetation. Further carbon is held in soil. Considering only vegetation, and the types of biomes used for dairy farming in Brazil, it seems possible that 250-400 tonnes of CO₂ equivalent could be sequestered by the land by allowing it to revert to its native state. Thus intensification of dairy farming to the same levels of productivity as Fazenda Leitíssimo in Brazil could potentially lead to land being available to sequester 6-10 billion tonnes of CO₂ equivalent.

Nutrient Management

Nutrient management is an integral part of pasture management at Fazenda Leitíssimo, and is also a key to achieving a low feed cost structure. Annually each pivot is analysed to determine the fertiliser regime for the following 12 months. Typical fertiliser applications and nutrient conversion efficiencies are as follows.

Table 1. Nutrient Efficiency at Fazenda Leitíssimo.

Nutrient	Applied as Fertilizer on Farm (kg/ha/year)	Pasture Efficiency (kg DM/kg nutrient)	Used by Third Parties to Produce Maize (kg/ha/year eq.)	Milk Efficiency (litres/kg nutrient (on farm and "imported" in purchased maize))
N	795	55.5	173	28.6
P ₂ O ₅	151	292	123	101.0
K ₂ O	254	174	141	70.1
S	48	919		

According to the review of pasture-based milk production carried out by Boin³, the efficiency of conversion of nitrogen into milk varies between 8.6 and 19.6 kg/kg of N for cows producing 8 and 12 kg of milk/day respectively.

The level achieved at Fazenda Leitíssimo of 28.6 litres (29.5 kg) per kg of N thus represents 51% more than the maximum value reported in the literature. This difference is due to careful pasture and nutrient management. Pasture is measured before and after every grazing for quantity, and monthly for quality. By following this procedure the farm is able to maximize the amount of pasture grown for the inputs applied.



Figure 6. Measuring pasture with rising plate meter and cross-checking results by cutting and weighing pasture.

Most nutrients in excrement fall on the ground the cows are grazing and are incorporated into the soil as a result of the action of dung beetles. However a small amount falls in the milking shed, and to recycle these nutrients back to pasture a simple system consisting of a sand separator, tank, and effluent irrigation system is used.



Figure 7. System for recycling cowshed effluent.

Greenhouse Gas Emissions

A preliminary assessment of greenhouse gas emissions has calculated that Fazenda Leitíssimo emits approximately 0.9 kg CO₂ eq. per litre of milk produced, most of which is methane from livestock. This result is similar to estimates for other efficient pasture based systems, such as those reported by the FAO⁴ or Beukes et al in New Zealand⁵.

By comparison the average emission of CO₂ eq. per litre of milk in Central and South America is around 3.4 kg CO₂ eq. per litre of milk⁴, and is most likely to be even higher in Brazil due to low animal productivity compared with several other countries in Central and South America. If greenhouse gas emissions could be reduced from the average for Central and South America to values close to Fazenda Leitíssimo, Brazil could reduce emissions by around 75 million tonnes of CO₂ equivalent per year.

However in addition to lower emissions, Fazenda Leitíssimo is sequestering significant quantities of carbon as the soil develops. This is due to:

- Increasing organic matter in the soil
- Incorporation of faeces into the soil
- Incorporation of unutilised pasture into the soil
- Dead plant roots

During the last 8 years the organic matter of the soil has increased by 1.53% in the top 20 cm, which is equivalent to an annual increase of 8.13 tonnes of CO₂/ha/year. Faecal incorporation by natural processes is estimated to be equivalent to a further 18.7 tonnes of CO₂/ha/year, while unutilised pasture incorporation into the soil is estimated to contribute 9.2 tonnes of CO₂/ha/year. Finally dead root structures are estimated to add 61.4 tonnes of CO₂/ha/year. These estimates are based on personal communication with Professor Adilson Aguiar, FAZU, and are subject to further analysis.

Nevertheless at least during the establishment years it is apparent that pasture-based systems are capable of sequestering significant amounts of carbon, perhaps up to 4 times more than is being emitted by the system. How long these effects will last at Fazenda Leitíssimo, and when some sort of soil equilibrium might be attained are currently unknown and subject to further work.

Socioeconomic Development

Fazenda Leitíssimo takes many initiatives to encourage social development and community building. Fundamental to all initiatives is farm productivity, which generates the funds necessary for social development at the individual and community level to proceed. Compared with average farms in Brazil, labour productivity at Fazenda Leitíssimo is very high. Diagnostic studies carried out by Gomes in Minas Gerais⁶ and Goiás⁷ report average labour productivity levels equal to 10.2% and 15.1% of those achieved at Fazenda Leitíssimo.

Table 2. Key Indicators for Dairy Farms in Minas Gerais, Goiás and Fazenda Leitíssimo.

	Fazenda Leitíssimo	Goiás - 2009	Minas Gerais -2005
Litres/cow/year	4,550	1,993	1,898
Litres/eff. ha/year	27,640	1,981	1,211
Litres/employee/day	1,209	124	182

High labour productivity allows Fazenda Leitíssimo to pay an average base salary to staff, which is around 5 times higher than the levels reported by Gomes. This enables staff and families to make individual choices beyond meeting basic needs.

Additionally Fazenda Leitíssimo is focused on building a strong community and invests heavily in housing, communications, and education amongst other things. Houses and single person lodges are all built to high standards, and so far 18 houses have been built, as well as 4 single person lodges.

Houses are provided to staff at no effective cost, and services apart from broadband internet are provided free of charge.



Figure 8. Typical House at Fazenda Leitíssimo.

Quality of food is another area of focus. Fazenda Leitíssimo operates 2 cookhouses, and invests just under R\$10/person/day in good quality food.

The farm operates a bilingual (Portuguese and English) school for children as well as youth and adult remedial (EJA) education programs and regular computer training. Various other training courses are carried out from time to time also.

A measure of progress is that several employees who joined the company many years ago unable to read and write are now highly competent pivot managers and farmers, managing herds of 500 cows and teams of 5 people.



Figure 9. Fazenda Leitíssimo School.

Conclusions

Fazenda Leitíssimo takes the issue of sustainability very seriously and has embedded principles of sustainability into the objectives of the company, the design of the farm, and farm operation principles.

Working with biologists and using less than 40% of the total farm area for production has maximized the biological value of preserved areas by creating ecological corridors of meaningful area and biological diversity.

The key to improving health, socioeconomic and environmental standards of future communities is productivity, including efficiency of nutrient use, land productivity, and labour productivity. Compared with Brazilian averages, Fazenda Leitíssimo has developed systems that are 1.5-3.0 times more efficient than average at using nutrients, around 20 times more efficient at using land, and 6-10 times more labour efficient. The result of such productivity allows the farm to pay much better salaries than average, enabling better individual social development choices, as well as to invest in a wide range of infrastructure and community-building activities.

At the same time, intensification of farming also means that much less greenhouse gas is emitted during farm establishment and ongoing operation than average farms. Greenhouse gases from dairy farming operations in Brazil could be reduced by at least 65% if similar systems were applied across the industry. If all milk in Brazil could be produced with the same land productivity as Fazenda Leitíssimo, the current area used for dairy farming could be reduced by more than 90%. These are goals that are worth pursuing, in order that future communities five generations from now might prosper.

References

- 1) "Carbon storage in a fragmented landscape of Atlantic forest: the role played by edge-affected habitats and emergent trees" *Tropical Conservation Science* Vol. 4(3):-349-358. Mateus Dantas de Paula et al.
- 2) "ESTOQUE DE CARBONO EM CERRADO SENSU STRICTO DO DISTRITO FEDERAL", *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.527-538, 2011, Artur Orelli Paiva et al.

3) Produção de leite a pasto: uma revisão, *Pubvet*, V. 1, N. 10, Ed. 10, Art. 244, ISSN 1982-1263, 2007

4) Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector - A Life Cycle Assessment

5) Estimating greenhouse gas emissions from New Zealand dairy systems using a mechanistic whole farm model and inventory methodology, Beukes, Gregorini and Romera, *Animal Feed Science and Technology*, 166-167():13 (2011)

6) DIAGNÓSTICO DA PECUÁRIA LEITEIRA DO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2005, Gomes

7) DIAGNÓSTICO DA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE DE GOIÁS, Gomes

Eficiência alimentar: Ferramenta para aumento de bioeficiência em gado de leite

Mariana Magalhães Campos, Fernanda Samarini Machado, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Bruno Campos de Carvalho

O crescimento da população mundial, associado ao aumento do poder aquisitivo, deverá exigir um incremento na produção de alimentos de origem animal. Estima-se que em 2050 a população mundial será de 9,1 bilhões de pessoas, sendo necessário um aumento na produção mundial de carne de 292,8 para 465 milhões de toneladas em 2050, e na produção de leite de 720,9 para 1.043 milhões de toneladas nesse mesmo período (FAO, 2010).

Este cenário poderá se reverter em importante oportunidade para o Brasil, que ocupa posição de destaque na produção de proteína animal para o mercado internacional. O país possui o maior rebanho comercial bovino do mundo, com 209,5 milhões de bovinos (FAO, 2010) e detém, aproximadamente, 20% do mercado mundial da carne (USDA, 2009), além de ser o 4º maior produtor de leite (FAO, 2012).

O aumento da eficiência dos sistemas de produção na pecuária será essencial para garantir incrementos na produtividade e redução dos impactos ambientais. Diante dos novos e crescentes desafios para produção sustentável, vários outros objetivos devem ser definidos para os sistemas produtivos de gado leiteiro, visando restaurar características funcionais e atender as demandas da sociedade (BOICHARD e BROCHARD, 2012). Neste processo de busca pelo aumento da eficiência produtiva e ambiental dos sistemas de produção de leite, a aplicação do conceito de Bioeficiência assume papel fundamental.

Este trabalho tem como objetivo discutir aspectos relacionados ao uso da avaliação de eficiência alimentar e impacto na bioeficiência em sistemas sustentáveis de produção de leite.

Eficiência Alimentar

O aumento da população e a urbanização aumentarão a demanda por produtos de origem animal e também a pressão para incremento da eficiência de utilização dos recursos naturais e de produção (terra, água, energia, etc.). Ao mesmo tempo, a demanda social está relacionada ao bem estar dos animais, redução dos impactos ambientais e uso da terra. A demanda dos consumidores é orientada principalmente em direção à segurança do alimento e à qualidade nutricional de produtos de origem animal. Já a demanda dos produtores está relacionada à lucratividade e concomitante aumento da eficiência da mão de obra nos sistemas produtivos (BOICHARD e BROCHARD, 2012). Informações relacionadas ao consumo de alimento pelos animais vêm sendo incluídas recentemente em programas de seleção de bovinos de leite e de corte com o objetivo de aumentar a eficiência alimentar, seja por meio da nutrição, do manejo e/ou da produção de genótipos superiores para tal característica.

Sabe-se que existe variação individual na eficiência de utilização dos nutrientes entre animais com características semelhantes (raça, sexo, idade) que ingerem o mesmo tipo de alimento. Porém, não são bem compreendidos os fatores que causam tais diferenças. A seleção de animais que consomem menos, para os mesmos pesos, ganho de peso, produção de leite, resulta em progênies divergentes para a mesma característica, indicando haver variação genética na eficiência de utilização dos nutrientes.

Várias medidas foram propostas ao longo dos anos para avaliar a eficiência alimentar, como: conversão alimentar, eficiência alimentar bruta e o consumo alimentar residual. Existe variação genética tanto na conversão alimentar como na eficiência alimentar bruta. Contudo, todas essas medidas citadas possuem limitações como características de seleção, por estarem correlacionadas com ganho de peso e peso à idade adulta. A

utilização destas medidas compromete a eficiência produtiva de sistemas a pasto, por haver aumento no tamanho adulto dos animais e, por conseguinte, das suas exigências de manutenção, além de comprometer a eficiência reprodutiva em condições nutricionais limitantes.

A viabilidade dos sistemas de produção depende do manejo nutricional, já que a alimentação do rebanho é um dos itens mais representativos no custo de produção de carne, leite e produtos de origem animal. Um fenótipo de interesse relacionado com a eficiência da produção de leite é o consumo alimentar residual (CAR), que é uma medida da eficiência metabólica do animal. O CAR é definido como a diferença entre a ingestão real de matéria seca do animal e a ingestão de matéria seca esperada (ARTHUR e HERD, 2008). O cálculo do CAR requer a estimativa da ingestão de matéria seca esperada, que pode ser predita a partir de dados de produção, utilizando as normas e padrões de alimentação (por exemplo, NRC, 2001), ou por regressão, utilizando dados de alimentação real do ensaio (ARTHUR et al., 2001). Animais eficientes têm valores mais baixos de CAR em relação àqueles menos eficientes. Portanto, no contexto de vacas leiteiras, aquelas com baixo CAR têm a capacidade de usar menos energia da dieta para a manutenção do corpo, visando alcançar nível equivalente de produção de leite. Evidentemente, é importante assegurar que estes animais metabolicamente mais eficientes não apresentem características indesejáveis de fertilidade, saúde e outras relacionadas à produção como tem sido descrito para vacas de alta produção.

Os trabalhos mais recentes têm calculado os valores de CAR por regressão. Os autores justificam que este procedimento torna o CAR fenotipicamente independente das características de produção utilizadas para calcular o consumo esperado de matéria seca, e assim permite comparação entre indivíduos com diferentes níveis de produção durante o período de mensuração. A independência dos dados relacionados à produção tem levado alguns autores a sugerir que o CAR pode representar a variação nos processos metabólicos que determinam a eficiência.

No entanto, o número de fenótipos (por exemplo, a ingestão individual de alimentos) que estão disponíveis para incorporar um índice de seleção é uma limitação para a introdução do CAR em programas de melhoramento genético (CONNOR et al., 2011).

As estimativas de herdabilidade para CAR em gado de leite relatadas na literatura variam de 0,01 a 0,38 (CONNOR et al., 2011). A seleção de fenótipo para menor CAR pode, potencialmente, promover reduções simultâneas no consumo de dieta, na produção de metano e nas perdas de nutrientes. Connor et al. (2011) estimaram o CAR em vacas da raça Holandês com até 90 dias de lactação, e observaram diferença ($P < 0,0001$) de 3,7 kg/dia na ingestão de matéria seca real entre os grupos, sendo que não houve diferença na média de peso corpóreo, ganho médio diário e produção de leite corrigida para gordura.

Para indicar o estágio de lactação mais adequado para avaliar o CAR, pesquisas foram conduzidas para o monitorando do CAR ao longo de lactações completas (LOPEZ-VILLALOBOS et al., 2008; PRENDIVILLE et al., 2011). Em estudo realizado com rebanho leiteiro manejado a pasto, adotou-se a correlação de *Spearman* para comparar os valores do CAR durante seis períodos da lactação (< 60 DEL, 61-120 DEL, 121-160 DEL, 161-190 DEL, 191-230 DEL e > 230 DEL) *versus* os valores de CAR global durante um ciclo de lactação completa. Ficou evidenciado neste ensaio que a eficiência durante a última fase de lactação (> 230 DEL) foi a mais representativa do CAR durante o ciclo de produção completo, com um coeficiente de correlação de 0,71 (PRENDIVILLE et al., 2011). No entanto, ficou evidenciado que o período de 30 a 60 DEL para estimar o CAR comparado com o ciclo completo de produção não foi adequado, já que o coeficiente de correlação foi menor ($r < 0,50$).

Embora ainda exista um limitado número de dados relacionados ao CAR para gado de leite, avaliações após o pico da lactação (após 100 DEL) podem proporcionar estimativas confiáveis. Os estudos envolvendo CAR para rebanhos leiteiros, geralmente contemplam animais *Bos taurus taurus* de

raça pura, indicando que estudos com gado zebuino e mestiço são desafios para a pesquisa agropecuária tropical.

Os dados gerados em mais de uma década de pesquisa em gado de corte mostram que a seleção genética para menor CAR é uma opção viável para melhorar a eficiência alimentar e reduzir os requisitos de alimentação de bovinos de corte. Não foram observadas evidências significativas de respostas negativas correlacionadas a outras importantes características de produção, indicando forte potencial de lucratividade para os pecuaristas de corte. Oportunidades semelhantes parecem estar disponíveis para melhorar a eficiência alimentar entre rebanhos de leite por meio da seleção para menor CAR. No entanto, há premente necessidade de pesquisas com vacas leiteiras em lactação relacionadas com a avaliação do CAR, incluindo sua correlação genética para características de produção e outros impactos da seleção decorrentes de fatores ambientais, fisiológicos e genéticos que influenciam ou contribuem para a variação do CAR, e seu potencial econômico para a adoção pela indústria de laticínios. Com número suficiente de observações de animais para CAR em gado de leite em diferentes ambientes e regimes de alimentação, provavelmente, será possível responder a estas perguntas e estabelecer protocolos e padrões para avaliação genética de CAR em gado de leite.

Os diferentes mecanismos que levam ao aumento da eficiência alimentar em vacas devem ser estudados. Entre eles, podemos citar a redução da exigência de manutenção, a redução do *turnover* proteico, ou uma menor deposição de gordura no corpo. É provável que os animais utilizem diferentes mecanismos para atingirem as diferentes eficiências alimentares, porém os produtores e a indústria precisam saber identificar essas diferenças. Por exemplo, as vacas apresentam maior eficiência por meio da redução na deposição de gordura são mais propensas a ter problemas reprodutivos do que animais que são mais eficientes por terem menor exigência de manutenção. Serão necessários experimentos para melhor entendimento do metabolismo dos animais, determinando a exigência de manutenção, de energia e de proteína, além da mensuração de emissão de metano.

Coleman et al. (2010) estudaram definições alternativas de eficiência alimentar. Eles mostraram que as definições convencionais, tais como a eficiência de conversão alimentar ou consumo alimentar residual podem ser medidas inadequadas de eficiência para vacas em lactação. Uma definição alternativa proposta é a produção de sólidos residuais. Esta definição de eficiência alimentar identifica animais que produzem maiores quantidades de sólidos de leite a níveis semelhantes de consumo de alimento, sem mobilização excessiva de tecido corporal, e com melhores índices de fertilidade. Os resultados também sugerem que apesar de existirem diferenças na eficiência da alimentação entre as linhagens de Holandês-Friesian, existe também a variação dentro dos genótipos de modo que as melhorias na eficiência de alimentação podem ser realizadas se a definição apropriada de eficiência alimentar é incorporada em programas de melhoramento.

Uso da Eficiência Alimentar em Gado de Leite: potenciais benefícios à saúde e à reprodução

As correlações genéticas da eficiência alimentar com outras características, tais como fertilidade, escore de condição corporal e comportamento ainda precisam ser investigadas, principalmente, devido ao número insuficiente de registros de CAR em rebanhos leiteiros, informação esta necessária para fazer inferências genéticas confiáveis. Assim, os impactos da seleção genética para menor CAR em outras características importantes de produção em vacas em lactação permanecem desconhecidos.

Pesquisas realizadas na Irlanda não revelaram diferenças significativas no escore de condição corporal entre vacas da raça Holandês-Friesian, com valores genéticos de alto e baixo CAR, manejadas sob condição de pastejo (LOPEZ-VILLALOBOS et al., 2008). Também não foi observada nenhuma associação estatisticamente significativa entre CAR e características de fertilidade, incluindo a taxa de gestação, mortalidade embrionária, taxa de descarte e a longevidade das vacas (COLEMAN et al., 2010). Estes resultados indicam o potencial de melhorar a eficiência

alimentar em rebanhos leiteiros, embora estudos adicionais sejam necessários para determinar se as características de saúde e desempenho são semelhantes em vacas de alto e baixo CAR.

Eficiência alimentar não é um conceito novo, e embora a pesquisa nesta área esteja aumentando, há uma infinidade de definições de eficiência alimentar, entre os quais a definição mais adequada para sistemas de produção de leite ainda é incerto (BERRY, 2009). Uma das medidas mais usadas de eficiência alimentar nos sistemas de produção de leite é a eficiência de conversão alimentar ou a eficiência alimentar bruta. O conceito de eficiência da conversão alimentar está intrinsecamente incluído em programas de melhoramento de gado leiteiro na Irlanda e na Nova Zelândia. No entanto, a eficiência de conversão alimentar não considera a mobilização de reservas corporais e, conseqüentemente, os animais que perdem condição corporal para produção de leite podem parecer mais eficientes, especialmente se a avaliação é feita no início da lactação. Maiores perdas em condição corporal estão associadas com redução de fertilidade (ROCHE et al., 2007) e de saúde (BERRY et al., 2007).

Existem grandes alterações na demanda de energia de uma vaca durante a lactação devido à variação na produção e composição do leite, terço final da gestação, e a restauração das reservas corporais no fim da lactação e durante o período seco. Todos esses fatores podem influenciar a eficiência alimentar (ou CAR) durante os diferentes períodos de lactação. Além disso, a duração do teste mínima necessária para minimizar a variação nas estimativas de CAR para vacas em lactação pode ser mais longo ou mais curto do que o período de tempo recomendado de 70 d para os bovinos de corte. Finalmente, as interações entre diferentes dietas e genótipo podem levar a diferentes expressões de CAR, porém essas diferenças ainda são desconhecidas. Portanto, a padronização de dietas em várias estações de teste pode ser necessária para avaliar CAR em gado leiteiro em lactação.

A seleção de vacas leiteiras para alta produção tem sido associada à seleção de animais com alto consumo de alimentos ou ao aumento no

tamanho corporal ou peso vivo do animal, com conseqüente aumento das exigências de manutenção. Essa estratégia de seleção baseia-se, em parte, à necessidade das vacas terem elevado consumo de matéria seca no início da lactação, como forma de reduzir a intensidade e duração do período de balanço energético negativo, com a capacidade de produzir grandes quantidades de leite. Ainda, no início da lactação a vaca passa por adaptações metabólicas (homeorréticas), com direcionamento dos nutrientes para a glândula mamária, em detrimento de outros órgãos. Após o pico de lactação e reversão do balanço energético negativo para positivo, ocorrem mudanças hormonais, como a redução nas concentrações sanguíneas de hormônio do crescimento e aumento nas de insulina, glicose e fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I), com direcionamento dos nutrientes para outros órgãos. Essa é uma condição fisiológica mais parecida com a de bovinos em crescimento e pode ser uma das explicações para os melhores resultados de CAR em vacas de leite ocorram nos terços médio ou final da lactação. Entretanto, é necessário um maior conhecimento da regulação metabólica entre vacas de alto e baixo CAR, quando avaliadas no início e fim da lactação. Esses conhecimentos serão de grande importância para a determinação do melhor momento de avaliação do CAR, bem como das adaptações metabólicas que podem interferir na saúde e desempenho reprodutivo dos animais.

Dado o grande número de medidas de eficiência alimentar na literatura (BERRY, 2009), não é claro qual é a definição mais adequada para utilização em futuros programas de melhoramento de leite. Existe necessidade de pesquisas sobre o efeito das diferentes definições de eficiência alimentar e suas associações com a saúde e fertilidade.

Potencial Benefício ao Meio Ambiente do Uso da Eficiência Alimentar em Gado de Leite

A eficiência dos sistemas pecuários brasileiros ainda é passível de melhorias, existindo ainda possibilidades de aumento na quantidade de produto final, mantendo ou reduzindo a emissão de GEE. Quanto maior a proporção de vacas em lactação em uma propriedade, menor a emissão de GEE por kg de leite produzido. Toda ação que melhore a eficiência do

sistema de produção reduz, proporcionalmente, a emissão de metano, uma vez que mais produto (carne, leite, lã etc.) será produzido em relação aos recursos utilizados (GUIMARÃES JR. et al., 2010).

Com melhorias no CAR existe a possibilidade de reduzir a pegada de carbono da produção de leite, já que animais de baixo CAR apresentam menores exigências nutricionais e, conseqüentemente, a demanda por combustíveis fósseis para a produção de alimentos será menor, assim como a quantidade de dejetos gerados. Nkrumah et al. (2007) observaram que a produção de metano por kg de peso corporal metabólico foi 34% maior em animais de alto CAR (ou seja, baixa eficiência) em comparação com novilhos de baixo CAR. Do mesmo modo, a produção de metano (g/dia) foi 25% menor em novilhos de baixo CAR em comparação com os de alto CAR (HEGARTY et al., 2007). Teoricamente, a redução do CAR nos rebanhos leiteiros também pode resultar em reduções significativas na produção de metano por vaca, devido à menor ingestão de alimentos nos animais de baixo CAR.

Yan et al. (2010) avaliaram dados obtidos em 20 estudos de metabolismo energético, realizados em câmaras respirométricas de fluxo aberto, envolvendo 579 vacas em lactação, com variação no mérito genético, número e fase da lactação e peso corporal. Os autores estudaram as taxas de emissão de metano entérico em relação a variáveis de eficiência de utilização de energia e de produtividade animal. Os resultados indicaram que a perda de energia na forma de CH_4 como proporção da energia bruta (EB) ingerida ou da energia do leite, foi negativamente relacionada aos níveis de produção leiteira, metabolizabilidade da energia (q) e eficiência de utilização da energia metabolizável para lactação (K_l). Portanto, a seleção de vacas leiteiras com elevados níveis de produção e eficiência de utilização de energia representa estratégia eficiente de mitigação de metano.

Bell et al. (2011) avaliaram fenótipos de rebanhos da raça Holandês-Friesian do Reino Unido para as seguintes características: eficiência alimentar, produção de leite corrida para gordura, intervalo entre partos e descarte involuntário. Na avaliação de melhoria genética acima de um

desvio padrão, a única característica que foi capaz de reduzir significativamente as emissões de CO₂-eq. (em torno de 6,5%) foi a eficiência alimentar. Os pesquisadores afirmaram que o melhoramento genético pode permitir reduções nas emissões de, aproximadamente, 4%. Dentro dos sistemas de produção avaliados, reduções de emissão de CO₂-eq. por quilograma de leite corrigido para gordura e produzido por hectare também foram alcançados pela melhoria da eficiência alimentar.

Capper et al. (2009) estimaram que, devido a melhorias na vaca leiteira moderna, a pegada de carbono associadas à produção de 1 kg de leite em 2007 foi de 63% menor do que a pegada associada com a mesma quantidade de leite produzida em 1944.

Ferramentas genômicas para avaliações de eficiência metabólica

Os principais obstáculos para a adoção do CAR em programas de seleção são o custo financeiro e a dificuldade técnica para sua mensuração. Isso faz com que o CAR seja excelente candidato para seleção assistida por marcadores, pois a característica é de moderada herdabilidade. Dessa maneira, o DNA ou outros marcadores preditivos poderiam ser usados nos programas de seleção. Apesar dos múltiplos marcadores que já foram descritos ao longo de vários estudos, nenhum gene importante que afeta o CAR foi encontrado. No entanto, a combinação de marcadores genéticos, quando examinados em conjunto, pode explicar grande proporção da variação genética. Duas barreiras principais dificultam a adoção plena de marcadores para avaliação genética e seleção. Primeiro, a interação genética dos genes que afetam o CAR. Segundo, o número reduzido de animais com estimativas de alta qualidade para CAR. No entanto, o avanço de técnicas e equipamentos indica que esses desafios serão em breve superados (MOORE et al., 2009).

Os conhecimentos sobre informação genética e as tecnologias de sequenciamento de genomas em larga escala, evoluíram de forma sem precedentes nos últimos anos. Tais avanços tem permitido o acúmulo de informações acerca das sequências de nucleotídeos de diversos ge-

nomas, dentre as quais as dos bovinos. Como exemplo, a Embrapa Gado de Leite, em conjunto com instituições parceiras, concluíram recentemente o sequenciamento do genoma de bovinos das raças Gir e Guzerá. Ainda no auge da etapa de sequenciamento de genomas, começa a surgir a oportunidade de criação de novas plataformas de pesquisa que possibilitam posicionar as funções individuais dos genes e seus produtos (RNAs e proteínas) dentro de um contexto global. Esse novo campo de estudos, denominado Genômica Funcional, utiliza técnicas analíticas que permitem avaliar os padrões de transcrição gênica e perfil proteico em células e tecidos, pré-requisito básico para se entender como estas macromoléculas interagem de maneira dinâmica para produzir organismos complexos, capazes de se adaptar às influências do meio ambiente e a condições fisiológico-metabólicas específicas (FURLAN et al., 2007).

O grande avanço das tecnologias genômicas tem permitido a geração de enorme quantidade de dados moleculares num curto espaço de tempo. No entanto, para que estes dados sejam explorados em seu potencial máximo, devem ser correlacionados a fenótipos qualificados, que ainda são extremamente escassos. São necessárias pesquisas para identificação de características relacionadas às eficiências metabólica e produtiva, que poderão ser futuramente incorporadas aos programas de melhoramento genético de bovinos leiteiros. Este processo está de acordo com a tendência de integração vertical nas empresas que comercializam sêmen e embriões, que passam a representar apenas um veículo para a disponibilização de conteúdo de alta tecnologia agregada (comercialização de *traits*).

Os estudos de genômica funcional em nutrição animal ainda são incipientes, mas os exemplos tomados da área humana deixam claro que eles serão de grande valia, notadamente para o aperfeiçoamento e evolução das normas e padrões de alimentação das diferentes espécies. Isto poderá redirecionar pesquisas em nutrição animal para abordagens mais personalizadas, nas quais as dietas das diferentes espécies serão adequadas em função da raça, linhagem, ou mesmo grupos de animais com características semelhantes.

O uso de ferramentas genômicas nos estudos de nutrição animal, como a determinação do perfil transcricional de genes relacionados a funções biológicas importantes, possibilitará entendimento detalhado da regulação dos processos metabólicos, que influenciam a eficiência de utilização dos nutrientes da dieta.

A Embrapa Gado de Leite em conjunto com instituições parceiras está iniciando um trabalho pioneiro em Eficiência Alimentar para Gado de Leite no Brasil. Os primeiros experimentos serão conduzidos para o estabelecimento de um protocolo para ensaios de eficiência alimentar para gado de leite. O objetivo do estudo é o desenvolvimento de um banco de dados, com fenótipos qualificados que permita a identificação de características relacionadas às eficiências metabólica e produtiva, que poderão ser futuramente incorporadas aos programas de melhoramento genético de bovinos leiteiros.

Considerações Finais

O aumento da eficiência alimentar pode resultar em reduções no consumo de alimentos, mantendo a produção de leite e o ganho de peso. Existe variação genética para CAR, sendo esta uma característica de média herdabilidade. Ainda são poucos os estudos que tem avaliado eficiência alimentar em vacas em lactação e há premente necessidade de pesquisas relacionadas com a avaliação desta característica, incluindo sua correlação genética com características de produção, fatores ambientais, fisiológicos e genéticos que influenciam ou contribuem para a variação da eficiência alimentar, e seu potencial econômico para adoção pelos sistemas de produção de leite.

Referências

ARTHUR, P.F., ARCHER, J.A., JOHNSTON, D.J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. **J. Anim. Sci.**, v.79, p.2805-2811 .

ARTHUR, P.F.; HERD, R.M Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.269-279, 2008. (supl. especial).

BELL, M.J., WALL, E., RUSSEL, G. The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. **J. Dairy Sci.**, v.94, p.3662-3678, 2011. doi: 10.3168/jds.2010-4023.

BERRY, D.P., LEE, J.M., MACDONALD, K.A. et al. Body condition score and body weight effects on dystocia and stillbirths and consequent effects on postcalving performance. **J. Dairy Sci.**, v.90, p.4201-4211, 2007.

BERRY, D.P. 2009. Improving feed efficiency in cattle with residual feed intake. P.67-99 in Recent Advances in Animal Nutrition 2008. P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. Nottingham Univ. Press, Nottingham, UK.

BOICHARD, D. E BROCHARD, M. New phenotypes for new breeding goals in dairy cattle. **The Animal Consortium**, v.6, p. 544-550, 2012. doi:10.1017/S1751731112000018

CAPPER, J.L., CADY, R.A., BAUMAN, D.E. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. **J. Anim. Sci.**, v. 87, p.2160-2167, 2009

COLEMAN, J., BERRY, D.P., PIERCE, K.M. et al. Dry matter intake and feed efficiency profiles of 3 genotypes of Holstein -Friesian within pasture-based systems of milk production. **J. Dairy Sci.**, v.93, p.4318-4331, 2010.

CONNOR, E.E, HUTCHISON, J.L., OLSON, K.M. et al. Opportunities for improving milk production efficiency in dairy cattle. **J. Anim. Sci.**, 2011.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO statistical databases. Rome, 2006. Disponível em <http://faostat.fao.org>. Acesso em 06 de março de 2012.

FURLAN, L.R.; FERRAZ, A.L.J.; BORTOLOSSI, J.C. A genômica funcional no âmbito da produção animal: estado da arte e perspectivas. **R. Bras. Zootec.** [online]. 2007, vol.36, suppl., pp. 331-341. ISSN 1806-9290.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHAO, R.L.; VILELA, L.; PEREIRA, L.G.R. Produção animal na integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite, 5., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG. p. 111-123, 2010.

HEGARTY R. S., GOOPY, J.P., HERD, R.M. et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **J. Anim. Sci.**, v. 85, p.1479-1486, 2007.

LOPEZ-VILLALOBOS, N., BERRY, D.P., HORAN, B. et al. Genetics of residual energy intake in Irish grazing dairy cows. **Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.**, v.68, p.97-100, 2008.

MOORE, S.S; MUJIBI, F.D; SHERMAN, E.L. A base molecular para consumo alimentar residual em bovinos de corte. **J. Anim. Sci.**, v.87 (I. E. Supl), p.41-47, 2009 doi: 10.2527/jas.2008-1418

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

NKRUMAH, J.D., CREWS, D.H., BASARAB JR, J.A. et al. Genetic and phenotypic relations hips of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **J. Anim. Sci.**, v.85, p.2382-2390, 2007.

PRENDIVILLE, R., PIERCE, K.M., DELABY, L. et al. Animal performance and production efficiencies of Holstein-Friesian, Jersey and Jersey × Holstein-Friesian cows throughout lactation. **Livest. Sci.**, v.138, p.25-33, 2011.

ROCHE, J.R., MACDONALD, K. A., BURKE, C.R. et al. Associations among body condition score, body weight and reproductive performance in seasonal-calving dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v.90, p.376-391, 2007.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service (FAS). Market and Trade Data: trade reports archives. Disponível em: http://www.fas.usda.gov/livestock_arc.asp. Acesso em: 18 fev. 2010.

YAN, T.; MAYNE, C.S.; GORDON, F.G. Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.2630-2638, 2010.

CAPÍTULO 9

Terapêutica de precisão para animais: Uma oportunidade para pecuária produtiva e sustentável

Humberto Melo Brandão, Pereira, M. M., Alessandro de Sá Guimarães, Carla Christine Lange, Maria Aparecida Vasconcelos Paiva Brito, João Bastista Ribeiro, Juliana Carine Gern, Wanessa Araújo Carvalho, Guilherme Nunes de Souza, Letícia Caldas Mendonça, Marcos Vinícius Gualberto Barbosa da Silva

Introdução

No âmbito nacional, o ingresso de novas pessoas na classe média brasileira, bem como a elevação de seu poder aquisitivo, promoveu o crescimento do consumo interno de proteínas de origem animal nos últimos anos. Por sua vez, no âmbito mundial, em outros países emergentes também tem se observado fenômeno semelhante, o que tem resultado em tendência de estabilidade com a elevação de preços e de consumo das principais *commodities* pecuárias (OECD-FAO, 2010). Tal comportamento criou um ambiente dicotômico, no qual existe um aumento da demanda mundial por alimentos e, ao mesmo tempo, há uma restrição mundial da disponibilidade de novas áreas agrícolas para atender essa demanda.

Analisando-se o segmento pecuário brasileiro, identifica-se uma clara oportunidade, principalmente para a bovinocultura, de assegurar o pleno abastecimento interno, bem como o de consolidar e expandir a participação brasileira em novos mercados internacionais. Todavia, para suprir essa lacuna de mercado, os produtores rurais além de enfrentar o crescente acirramento concorrencial entre os produtores de alimentos no mundo, também terão que aumentar a produtividade de forma sustentável e seguir as novas regras previstas pelo recém-aprovado Código Florestal.

Portanto, invariavelmente o incremento da produção bovina passará por verticalização da produção, sustentado pelo adensamento animal nas áreas produtivas e elevação da produtividade animal. Esse aumento da eficiência

produtiva, certamente virá acompanhado de novos desafios como, por exemplo, uso de mão de obra especializada; otimização dos nutrientes e recursos naturais utilizados nos sistemas produtivos; maior controle sanitário; aumento da necessidade de inibir, controlar e comprovar a inexistência de resíduos nos alimentos de origem animal; dentre outros.

Diante desses desafios, para que a pecuária brasileira responda a contextos nacionais e internacionais que, em muitos casos, podem superar o aspecto produtivo e transformar-se em barreiras ao consumo ou mesmo em ações protecionistas não tarifárias unilateral de importadores, tecnologias inovadoras precisam ser desenvolvidas e adotadas pelos produtores brasileiros de modo a atender os preceitos básicos modernos de sustentabilidade, produtividade, bem-estar animal, de qualidade e segurança alimentar. Neste contexto, fica clara a necessidade de maior atenção às variáveis vinculadas à saúde animal, não só por serem fatores influenciados pela dispersão de doenças durante o processo de adensamento animal, como também pela aproximação dos limiares fisiológicos associados ao aumento da produtividade animal. Para contornar esse problema, possivelmente se fará o uso mais intenso e frequente de fármacos, como por exemplo, antimicrobianos e antiparasitários.

Antevendo a agravação de problemas ligados ao uso incorreto e indiscriminado de fármacos na área animal (*i.e.* embargos às exportações pela presença de resíduos, seleção de patógenos, artrópodes e helmintos multiresistentes), que possivelmente será intensificado para se conseguir índices produtivos/sanitários maiores, o grupo de sanidade animal da Embrapa Gado de Leite há algum tempo vem discutindo estratégias para mitigar tal entrave. Neste contexto, surgiu o conceito de terapêutica de precisão, o qual pode se entender como o ramo da medicina veterinária que reúne o conjunto de tecnologias direcionadas para tratar e prevenir enfermidades animais fazendo o uso mínimo e otimizado de medicamentos, conseguindo dessa forma uma intervenção/abordagem terapêutica racional, eficiente, de baixo custo e que promova melhorias nos parâmetros de segurança alimentar (*e.g.* resíduos de antimicrobianos em alimentos) e ambiental (*e.g.* pesticidas e antiparasitários).

Neste contexto podem ser citadas diversas tecnologias, não se restringindo às doravante abordadas.

Farmacogenética e farmacogenômica

Com o advento das técnicas de genética molecular nos últimos 50 anos, um grande crescimento na base do conhecimento e da exploração da informação genética para o combate de doenças no homem e animais tem sido observado. O material genético de espécies animais de produção abriga rica coleção de variações genéticas com consequências úteis ou prejudiciais para a saúde e para a produtividade do rebanho. Essas variações estão, usualmente, na forma de *single nucleotide polymorphism* (SNPs), deleções ou inserções de nucleotídeos ou de genes inteiros, rearranjos cromossômicos, duplicação de genes, repetições em *tandem* (microssatélites), etc.. Embora essas variações constituam apenas pequena percentagem do genoma (cerca de < 1%), elas formam a base da biodiversidade ou da variabilidade individual em resposta aos estímulos do ambiente. Elas podem ser encontradas nos genes, tanto em regiões codificadoras, quanto em regiões reguladoras, com a habilidade para modificar a função do gene ou sua expressão, resultando, algumas vezes, em condições indesejáveis, como, por exemplo, no aparecimento de doenças.

As pesquisas genômicas relativas a doenças ou às diferenças terapêuticas entre os indivíduos geralmente estão associadas aos polimorfismos presentes nos genes que influenciam a farmacocinética ou a farmacodinâmica (CHOWBAY et al., 2005). Esses polimorfismos podem modificar a expressão e/ou a atividade de sítios de ligação de medicamentos (WEINSHIULBOUM, 2003) por influenciarem a estabilidade do RNA mensageiro correspondente, ou modificarem a estrutura da proteína, podendo levar à redução ou aumento da proteína codificada (THORISSON e STEIN, 2003).

Comparadas ao genoma humano e ao bovino (*Bos taurus*), o sequenciamento do genoma de algumas espécies domésticas, como caprinos, suínos e ovinos, estão ainda em fase inicial ou de planejamento. Com a

disponibilidade dessas informações genômicas, entretanto, poderá haver uma explosão de informações em estudos relativos às variações do genoma e vários aspectos relativos a doenças, produção e adaptação. Até o momento, todavia, as pesquisas genômicas em animais de produção são menos intensas e diferem em vários aspectos quando comparadas às feitas em humanos.

Um desses aspectos é em relação ao possível uso da farmacogenética e da farmacogenômica em animais domésticos. A farmacogenética, segundo Hughes (1999), consiste no estudo das variações interindividuais na sequência de DNA, relacionadas com a resposta aos fármacos, a eficácia e a segurança dos mesmos, ou seja, como a variabilidade genética está relacionada à variabilidade de resposta aos medicamentos por parte dos indivíduos. Todavia, apesar do conceito ser relativamente simples, estudos envolvendo farmacogenética são de extrema importância, em virtude da redução de riscos de toxicidade para os pacientes, bem como do aumento da eficácia dos medicamentos.

A farmacogenômica, resultante da união entre a farmacogenética e a genômica, pode ser definida como o estudo da expressão de genes individuais os quais são relevantes na susceptibilidade a doenças, bem como a resposta a fármacos em nível celular, individual ou populacional (PIRAZZOLI e RECCHIA, 2004). Ainda, de acordo com Azevêdo (2004), a farmacogenômica procura relações entre o metabolismo de drogas e os estudos moleculares de DNA ou RNA. Esse tipo de estudo lança mão de técnicas genômicas de mapeamento genético, sequenciamento de genomas e de bioinformática para facilitar as pesquisas.

Desse modo, as duas disciplinas podem ser diferenciadas em relação ao número de genes envolvidos. Enquanto a farmacogenética investiga um ou poucos genes, a farmacogenômica baseia-se na informação da atividade funcional e na expressão de vários genes ao mesmo tempo (ARRANZ e KERWIN, 2003).

Pesquisas em animais, envolvendo essas duas disciplinas, têm sido desenvolvidas principalmente em camundongos, ratos, suínos, coe-

lhos, macacos e cães, espécies consideradas como modelos animais. Por exemplo, a farmacogenética da enzima tiopurina metiltransferase (TPMT), a qual está relacionada ao metabolismo de drogas imunossupressoras no tratamento de câncer e de transplante de órgãos, tem sido extensivamente estudada em cães, em que se observa alto nível de polimorfismo para esse loco (MARSH e VAN BOOVEN, 2009). Para espécies ligadas à produção animal, os estudos ainda estão no estágio inicial.

Embora a individualização terapêutica ainda represente um desafio para o futuro, mesmo na espécie humana, vislumbra-se que a farmacogenética e a farmacogenômica serão ferramentas úteis no desenvolvimento de novos medicamentos pelas indústrias farmacêuticas (METZGER et al., 2006). Certamente, os avanços advindos na espécie humana refletirão na produção animal nos próximos anos, como resultado direto da finalização do sequenciamento completo dos genomas de várias espécies. Esses sequenciamentos serão usados para a descoberta de variantes genômicas em genes candidatos que poderão estar associadas com respostas alteradas às drogas, tanto quanto para o desenvolvimento de arranjos de marcadores do tipo SNP que permitam o desenvolvimento de estudos de associação por todo o genoma para análises de ligação entre os genótipos e fenótipos de doenças.

Nanotecnologia

A Organização Internacional de Normatização (ISO), por intermédio do Comitê Técnico 229, define nanotecnologia como sendo a capacidade de compreensão e controle da matéria e dos processos em nanoescala, mas não exclusivamente, que resultem em materiais com pelo menos uma das dimensões abaixo de 100 nm, no qual o início de fenômenos dependentes do tamanho permitem novas aplicações ao material.

Quando utilizada com foco terapêutico, a nanotecnologia permite não só o emprego farmacológico de novas substâncias, como também modificação nos parâmetros farmacocinéticos e farmacodinâmicos de fármacos em formulações convencionais (ZIMMER et al., 1994).

Levando-se em consideração apenas a redução de tamanho da partícula, via de regra, o material tem sua reatividade aumentada em função da elevação da área de contato e, em muitos casos, pode exercer ou exacerbar seu efeito antimicrobiano, como é o caso da nanopartícula de própolis, que ao ter seu tamanho de partícula controlado, tem sua atividade antimicrobiana potencializada e, por ser livre de álcool, também pode ser aplicada diretamente sobre mucosas sem causar irritação ou desconforto para o animal (BRANDÃO et al., 2012).

Outro exemplo de aumento da atividade antimicrobiana em função da redução do tamanho é a nanopartícula de prata, que possui um longo histórico de uso em produtos cotidianos e, devido a sua baixa toxicidade, mais recentemente vem sendo utilizada com foco medicamentoso (NOWACK et al., 2011). Tal nanomaterial, em ensaios *in vitro* contra isolados bacterianos de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* oriundos de vacas com mastite, mostrou-se altamente promissor (KIM et al., 2007). Por sua vez, nanopartículas de dióxido de titânio foram associadas com vinte e três antibióticos diferentes para avaliação de efeitos antimicrobianos em amostras multirresistentes de *S. aureus*. Em todas as associações foi observado efeito sinérgico entre a nanopartícula metálica e o antimicrobiano, necessitando, portanto, de menos fármaco para inibir o crescimento microbiano (ROY et al., 2010).

Quando se nanoencapsular um fármaco “tradicional”, o nanomedicamento assume características próprias, muitas vezes associadas ao agente encapsulante e, como já abordado, pode ter seus padrões farmacocinéticos e farmacodinâmicos alterados; ficar protegido do meio externo (evitando ser degradado); apresentar liberação gradual; ser direcionado para um tecido ou grupo celular específico; e, apresentar redução da toxicidade. De uma forma geral, a terapia pode ficar mais efetiva, com redução da dose e número de aplicações do fármaco, aumento da concentração do princípio ativo no tecido/células de interesse, redução de sua concentração em tecidos periféricos, menores efeitos colaterais, redução na seleção de bactérias resistentes e pequena geração de resíduos nos produtos de origem animal.

Do ponto de vista de segurança alimentar os ganhos são claros, uma vez que ao modificar a biodistribuição, ou mesmo reduzir a concentração de um fármaco, este pode não conseguir vencer a permeabilidade seletiva da barreira hemato-glandular (ZIV e SULMAN, 1975) e, conseqüentemente pode ocorrer redução da secreção/concentração do medicamento em matrizes biológicas como, por exemplo, o leite.

Existem diversos exemplos bem sucedidos na literatura de nanoencapsulamento de fármacos, como a gentamicina que foi direcionada para o compartimento celular monocítico fagocitário com o auxílio de nanopartículas de poliácido láctico-co-glicólico para o combate de *Brucella* spp. (LOCAROZ et al., 2007). Esse aminoglicosídeo teve sua concentração aumentada no compartimento intracelular, sendo, portanto, mais efetivo. Em estratégia de direcionamento semelhante, nosso grupo desenvolveu uma nanopartícula capaz de direcionar antimicrobianos para polimorfonucleares (MOSQUEIRA et al., 2011) e, com isso, espera-se incrementar significativamente os índices de cura das mastites causados por *S. aureus* resistentes à fagocitose.

Outro exemplo de direcionamento foi o proposto por Schroeder e colaboradores (2008) para direcionar a metilprednisolona, um anti-inflamatório esteroidal, para regiões inflamadas do corpo de ratos. Vinte e quatro horas após a administração do sistema nanoestruturado, a concentração de anti-inflamatório no local sob avaliação foi o dobro da encontrada nas regiões controle. Tal resultado sugeriu uma potencial redução da dose e do número de aplicações do medicamento.

O efeito protetor do encapsulamento para o fármaco é evidenciado no “rejuvenescimento” de beta-lactâmicos nanoestruturados que, quando expostos às estirpes bacterianas produtoras de beta-lactamases, ficam protegidos da ação dessas enzimas e mantêm seu efeito bactericida (TUROS et al., 2007).

De uma forma geral, muitas são as opções e os benefícios advindos das diferentes abordagens da nanotecnologia para o tratamento das enfermi-

dades animais, sendo, portanto, forte a tendência de sua implementação no curto e médio prazo nos diferentes sistemas produtivos.

Terapia Gênica

A terapia gênica consiste na utilização de sistemas que promovam a inserção de material genético nas células e tecido alvo com o propósito de prevenir ou tratar doenças associadas com alterações genéticas. A técnica se baseia na introdução de uma cópia do alelo normal no local de genes alterados, na deleção de um gene ou a indução da super-expressão de um gene envolvido em uma patologia (LEDLEY, 1995; HESS e DOUGHERTY, 1997). Assim, essa abordagem utiliza genes como medicamentos.

Inicialmente, a terapia gênica surgiu apenas para o tratamento de doenças genéticas monogênicas. Contudo, com o desenvolvimento da biologia molecular surge a possibilidade de uso dessa abordagem no tratamento de doenças adquiridas, mediante a identificação dos genes e tecidos alvos acometidos (STRIBLEY et al., 2012). Os métodos utilizados e as modalidades de transferência gênica para as células *in vitro* ou *in vivo* são variados, destacando-se os métodos virais e não virais.

Os vírus possuem mecanismos naturais de entrega e de inserção de material genético nos genomas celulares, portanto, são extensivamente estudados para fins terapêuticos. Devido a seu ciclo replicativo, os vírus podem internalizar com eficiência DNA exógenos no genoma das células (GIACCA e ZACCHIGNA, 2012). Dentre os vetores virais mais utilizados, estão os adenovírus e retrovírus (LU e MADU, 2010) que têm sido avaliados em modelos experimentais para a terapia de câncer (AI-HENDY et al., 2000), doenças autoimunes (BROBERG et al., 2004), doenças neurodegenerativas (WEINBERG et al., 2012), entre outras. Porém, sua aplicação clínica é prejudicada pela a propriedade dos vírus induzirem respostas tóxicas e imunes (MARTIN e CAPLEN, 2007). Estes organismos podem ainda causar múltiplos eventos de integração no genoma celular, tornando mais prováveis os efeitos indesejados, como a ativação de oncogenes (ZHENG, 2010). Além disso, aspectos de biossegurança

devem ser considerados, pois os riscos, ainda que mínimos, podem existir nas estruturas construídas atualmente.

Desde a descoberta dos pequenos RNAs de interferência (RNAi) por Fire et al. (1998), pesquisadores ganhadores do prêmio Nobel em 2006, esses transcritos têm recebido atenção para sua utilização na terapia gênica. Os RNAi podem silenciar a expressão de genes específicos de forma pós-transcricional, uma vez que causam a degradação de sequências de RNAm e, conseqüentemente, impossibilitam a tradução da fita em proteína (TANG et al., 2012). A utilização direcionada desse processo biológico representa uma nova oportunidade para a inibição da expressão gênica *in vitro* e *in vivo* (AKHTAR e BENTER, 2007). Assim, os RNAi podem silenciar genes relacionados à manifestação de doenças.

Trabalhos utilizando RNAi já foram realizados *in vivo* em primatas não humanos no silenciamento de genes relacionados a doenças coronarianas (ZIMMERMANN et al., 2006); e no homem na inibição da replicação viral do HIV (DIGIUSTO et al., 2010). Por sua vez, Yanagihara e colaboradores (2006), demonstraram que o uso de RNAi pode ser eficaz na inibição da atividade de *S. aureus* resistentes a metacilina tanto *in vitro* quanto em modelos de infecção respiratória *in vivo*. O RNAi também se mostrou positivo na prevenção de infecção pelo vírus da febre aftosa em suínos (CONG et al., 2010). Contudo, o RNAi é uma molécula muito instável, sendo degradada *in vivo* por RNase. Essa característica exige diversos esforços para aumentar a estabilidade do RNAi dentro do organismo. Ainda, para o amplo desenvolvimento desse sistema terapêutico, é necessário um maior entendimento entre os processos de interação entre os RNAi e o material genético dos organismos (GLEBOVA et al., 2012).

Os lipossomos são esferas de membrana sintéticas formadas por bicamada lipídica que podem ser preenchidas com DNA e atuarem como vetores de transfecção. Essas construções demonstraram uso potencial no tratamento de câncer (SERIKAWA et al., 2006), regeneração óssea e neuronal (ONO et al., 2004; OBATA et al., 2010). As vantagens do

uso de lipossomos é a facilidade de síntese, boa reprodutibilidade e baixa imunogenicidade. Porém, as células transfectadas apresentam expressão transiente do gene exógeno devido à degradação e/ou perda da estabilidade do inserto (WIVEL e WILSON 1998). Isso ocorre em parte, pela presença de nucleases plasmáticas que promovem a rápida eliminação de DNA exógeno (HOUK et al., 2001) e pela agregação dos lipossomos com proteínas do organismo diminuindo sua eficiência (CHESNOY e HUANG, 2000).

A ampla aplicação da terapia gênica depende do desenvolvimento contínuo de métodos adequados para a entrega dos genes. De fato, o maior obstáculo nesse campo terapêutico envolve a construção de vetores apropriados para a transfecção dos genes/moléculas (NABEL, 1999). Recentemente, com o desenvolvimento da nanotecnologia, surgem infinitas possibilidades de engenhieramento de materiais na escala nanométrica para os mais diferentes objetivos. Os nanomateriais possuem propriedades únicas que os tornam adequados para atuarem como vetores específicos na terapia gênica (SRIKANTH e KESSLER, 2012). Vários trabalhos com enfoque terapêutico destacam o uso da nanotecnologia para a transfecção de DNA e pequenos RNA (LU et al., 2004; KAM et al., 2006; DELOGU et al., 2009; CHEUNG et al., 2010; LADEIRA et al., 2010; DO et al., 2012).

Os nanomateriais podem atingir o interior das células e, desta forma, serem veículos para uma terapêutica de precisão. Por exemplo, os nanotubos de carbono (NTC), uns dos nanomateriais mais estudados, possuem características desejáveis para serem utilizados como vetores de DNA, tais como: grande superfície de contato, estabilidade e flexibilidade (CHEN et al., 2003), além de penetrarem nas células por endocitose ou passarem livremente pela bicamada lipídica em vários tipos de células somáticas (AHMED et al., 2009). Os NTCs podem atingir o núcleo da célula, aumentando a eficiência de transfecção do transgene (CAI et al., 2005). O processo de encapsulamento dos ácidos nucleicos dentro de nanopartículas favorece sua proteção contra degradação por nucleases celulares (CHEUNG et al., 2010). Além disso, a ligação não-covalente

de ácidos nucléicos na superfície dos nanotubos aumenta a eficiência da liberação do conteúdo na célula (DELOGU et al., 2009).

Entretanto, a eficiência dos nanomateriais pode ser influenciada pelo o tamanho da nanopartícula e/ou pelo método de funcionalização (AHMED et al., 2009).

Portanto, a dificuldade da maioria dos métodos de transferência gênica está na obtenção de uma eficácia satisfatória. Os ensaios clínicos com terapia gênica tiveram início nos anos 90e os procedimentos são ainda altamente experimentais. Contudo com os recentes avanços tecnológicos, vislumbra-se o desenvolvimento de eficientes sistemas de entrega gênica, com eficácia terapêutica e pequena ou ausência de toxicidade.

Conclusão

Em suma, a adoção de tecnologias inovadoras, associadas ao conceito de terapêutica de precisão constitui uma oportunidade real de racionalizar o uso de insumos veterinários, prolongando suas “vidas” de mercado, minimizando o aparecimento de resistência antimicrobiana e antiparasitária, baixar os custos associados à terapia, promovendo o bem-estar animal e contribuindo para aumentar a segurança alimentar e ambiental.

Agradecimentos

Rede Agronano; Rede NANOBIOIMG; FAPEMIG (Edital 17/2010 Pronex CBB - APQ-04334-10)

Referências

AHMED, M.; JIANG, X.; DENG, Z.; NARAIN R. Cationic glyco-functionalized single-walled carbon nanotubes as efficient gene delivery vehicles. **Bioconjug Chem.** 20: 2017-2022, 2009.

AKHTAR, S.; BENTER, I.F. Nonviral delivery of synthetic siRNAs in vivo. *J Clin Invest.* 117(12): 3623–3632, 2007.

AI-HENDY, A.; MAGLIOCCO, A.M.; AL-TWEIGERI, T.; BRAILEANU, G.; CREILIN, N.; LI, H.; STRONG, T.; CURIEL, D.; CHEDRESE, J. Ovarian cancer gene therapy: Repeated treatment with thymidine kinase in an adenovirus vector and ganciclovir improves survival in a novel immunocompetent murine model. **Am J Obstet Gynecol.** 182: 553-559, 2000.

ARRANZ, M. J.; KERWIN, R. W. Advances in the pharmacogenetic prediction of antipsychotic response. **Toxicology**, 192: 33-35, 2003.

AZEVEDO, E. S. Farmacogenômica: aspectos éticos. **Gazeta Médica da Bahia**, 74: 145-148, 2004.

BRANDAO, H. M.; VINHOLIS, M. M. B.; MOSQUEIRA, V. C. F.; MATTOSO, L. H. C.; BRITO, M. A. V. P.; RIBEIRO, C.; SOUSA, R. V.; BARBOSA, N. R.; LANGE, C. C. Compositions based on propolis nanocapsules which can be used as carriers for substances of interest, methods for producing same and use thereof. 2012, WO2012054999

CAI, D.; MATARAZA, J.M.; QIN, Z.; HUANG, Z.; HUANG, J.; CHILES, T.C.; CARNAHAN, D.; KEMPA, K.; REN, Z. Highly efficient molecular delivery into mammalian cells using carbon nanotube spearing. **Nature Methods**, 2: 449-454, 2005.

CHEN, R.J.; BANGSARUNTIP, S.; DROUVALAKIS, K.A.; KAM, N.W.S.; SHIM, M.; LI, Y.; KIM, W.; UTZ, P.L.; DAI, H. Noncovalent functionalization of carbon nanotubes for highly specific electronic biosensors. *Proc Natl Acad Sc USA*, 100(9): 4984-4989, 2003.

CHESNOY, S.; HUANG, L. Structure and function of lipid-DNA complexes for gene delivery. **Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct.** 29: 27-47, 2000.

CHEUNG, W.; PONTORIERO, F.; TARATULA, O.; CHEN, A.M.; HE, H. DNA and carbon nanotubes as medicine. **Adv Drug Deliv Rev.** 62(6): 633-49, 2010.

CHOWBAY, B.; ZHOU, S.; LEE, E. J. An interethnic comparison of polymorphisms of the genes encoding drug-metabolizing enzymes and drug transporters: experience in Singapore. **Drug Metab Rev.** 37:327-78, 2005.

CONG, W.; JIN, H.; JIANG, C.; YAN, W.; LIU, M.; CHEN, J.; ZUO, X.; ZHENG, Z. Attenuated Salmonella choleraesuis-mediated RNAi targeted to conserved regions against foot-and-mouth disease virus in guinea pigs and swine. **Vet Res.** 41(3): 30, 2010.

DELOGU, G.L.; MAGRINI, A.; BERGAMASCHI, A.; ROSATO, N.; DAWSON, I.M.; BOTTINI, N.; BOTTINI, M. Conjugation of antisense oligonucleotides to PEGylated carbon nanotubes enables efficient knockdown of PTPN22 in T lymphocytes. **Bioconjug Chem.** 3: 427-431, 2009.

BROBERG, E.K.; SALMI, A.A.; HUKKANEN, V. IL-4 is the key regulator in herpes simplex virus-based gene therapy of BALB/c experimental autoimmune encephalomyelitis. **Neurosci Lett.** 364 (3): 173-178, 2004.

DELOGU, G.L.; MAGRINI, A.; BERGAMASCHI, A.; ROSATO, N.; DAWSON, I.M.; BOTTINI, N.; BOTTINI, M. Conjugation of antisense oligonucleotides to PEGylated carbon nanotubes enables efficient knockdown of PTPN22 in T lymphocytes. **Bioconjug Chem.** 3: 427-431, 2009.

DIGIUSTO, D.L.; KRISHNAN, A.; LI, L.; LI, H. RNA-based gene therapy for HIV with lentiviral vector-modified CD34(+) cells in patients undergoing transplantation for AIDS-related lymphoma. **Sci. Transl. Med.** 2: 36-43, 2010.

DO, T.N.; LEE, W.H.; LOO, C.Y.; ZAVGORODNIY, A.V.; ROHANIZADEH, R. Hydroxyapatite nanoparticles as vectors for gene delivery. **Ther Deliv.** (5): 623-32, 2012.

FIRE, A.; XU, S.; MONTGOMERY, M.K.; KOSTAS, S.A.; DRIVER, S.E.; MELLO, C.C. Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. **Nature**, 391:806-811, 1998.

GLEBOVA, K.V.; MARAKHONOV, A.V.; BARANOVA, A.V.; SKOBLOV, M.I.U. Therapeutic siRNAs and non-viral systems for their delivery. **Mol Biol (Mosk)**, 46(3): 371-86, 2012.

GIACCA, M.; ZACCHIGNA, S. Virus-mediated gene delivery for human gene therapy. **J Control Release**. 161(2): 377-388, 2012.

HESS, P.; DOUGHERTY, G.J. Gene Therapy Monitoring: Clinical Monitoring for Efficacy and Potential Toxicity. **Mol Diagn**. (2): 147-155, 1997.

HOUK, B.E.; MARTIN, R.; HOCHHAUS, C.; HUGHES, J.A. Pharmacokinetics of plasmid DNA in the rat. **Pharm Res**. 18: 67-74, 2001.

HUGHES, J. E. Genomic technologies in drug discovery and development. **Drug discovery today**, 4: 6, 1999.

KAM, S.W.N.; LIU, Z.; DAI, H. Carbon nanotubes as intracellular transporters for proteins and DNA: an investigation of the uptake mechanism and pathway. **Angew Chem Int Ed Engl**. 45: 577-581, 2006.

KIM, J. S.; KUK, E.; YU, K. N.; KIM, J.; PARK, S.; LEE, H. J.; KIM, S. H.; PARK, Y. H.; CHO, M. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine**, 3: 95-101, 2007.

LADEIRA, M.S.; ANDRADE, V.A.; GOMES, E.R.M.; AGUIAR, C.J.; MORAES, E.R.; SOARES, J.S.; SILVA, E.E.; LACERDA, R.G.; LADEIRA, L.O.; JORIO, A.; LIMA, P.; LEITE, M.F.; RESENDE, R.R.; GUATIMOSIM, S. Highly efficient siRNA delivery system into human and murine cells using single-wall carbon nanotubes. **Nanotechnology**. 21: 385101, 2010.

LEDLEY, F.D. Nonviral gene therapy: the promise of genes as pharmaceutical products. **Hum Gene Ther**. 6:1129-1144, 1995.

LOCAROZ, M.C.; BLANCO-PRIETO, M.J.; CAMPANERO, M.A.; SALMAN, H.; GAMAZO, C. Poly(D,L-lactide-co-glycolide) particles containing gentamicin: pharmacokinetics and pharmacodynamics in *Brucella*

melitensis-infected mice. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**. 51:1185-90, 2007.

LU, Y.; MADU, C.O. Viral-based gene delivery and regulated gene expression for targeted cancer therapy, *Expert Opin. Drug Deliv.* 7: 19–35, 2010.

LU, Q.; MOORE, J. M.; HUANG, G.; MOUNT, A. S.; RAO, A. M.; LARCOM, L. L.; KE, P, C. RNA polymer translocation with single-walled carbon nanotubes. **Nano Letters**. 4 (12): 2473-2477, 2004.

MARSH, S.; VAN BOOVEN, D. J. The increasing complexity of mercaptopurine pharmacogenomics. **Clin Pharmacol Ther.** 85:139–141, 2009.

MARTIN, S. E.; CAPLEN, N. J. Applications of RNA interference in mammalian systems. **Annu Rev Genomics Hum Genet.** 8:81-108, 2007.

METZGER, I. F.; SOUZA-COSTA, D. C.; TANUS-SANTOS, J. E. Farmacogenética: princípios, aplicações e perspectivas. **Ribeirão Preto**. 39: 515-21, 2006.

MOSQUEIRA, V. C. F.; Araujo R. S.; BRANDAO, H. M. Nanoparticulate composition containing antimicrobials for intramammary animal administration, 2011, WO 2011150481.

NABEL, G. J. Development of optimized vectors for gene therapy. **Proc Natl Acad Sci USA**. 96:324–326, 1999.

NOWACK, B.; KRUG, H. F.; HEIGHT, M. 120 years of nanosilver history: implications for policy makers. **Environmental Science & technology**. 45,1177-1183, 2011.

OBATA, Y.; CIOFANI, G.; RAFFA, V.; CUSCHIERI, A.; MENCIASSI, A.; DARIO, P.; TAKEOKA, S. Evaluation of cationic liposomes composed of an amino acid-based lipid for neuronal transfection. **Nanomedicine**. 6 (1): 70-77, 2010.

OEDC-FAO. Agricultural outlook 2010-2019 highlights, acessado em: 28/10/2012 <https://www.fao.org.br/download/OECDFAO_AgriculturalOutlook20102019.pdf>.

ONO, I.; YAMASHITA, T.; JIN, H.; ITO, Y.; HAMADA, H.; AKASAKA, Y.; NAKASU, M.; OGAWA, T.; JIMBOW, K. Combination of porous hydroxyapatite and cationic liposomes as a vector for BMP-2 gene therapy. **Biomaterials**. 25 (19): 4709-4718, 2004.

PIRAZZOLI, A.; RECCHIA, G. Pharmacogenetics and pharmacogenomics: are they still promising? **Pharmacological Research**. 49: 357-361, 2004.

ROY, A. S.; PARVEEN, A.; KOPPALKAR, A. R.; PRASAD, M. Effect of nano-titanium dioxide with different antibiotics against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology**, 1: 37-41, 2010.

SCHROEDER, A.; SIGAL, A.; TURJEMAN, K.; BARENHOLZ, Y. Using PEGylated nano-liposomes to target tissue invaded by a foreign body. **Journal of Drug Targeting**, 16: 591-595, 2008.

SRIKANTH, M.; KESSLER, J. A. Nanotechnology-novel therapeutics for CNS disorders. **Nat Rev Neurol**. 8(6): 307-318, 2012.

STRIBLEY, J. M.; REHMAN, K. S.; NIU, H.; CHRISTMAN, G. M. Gene therapy and reproductive medicine. *Fertil Steril*. 77 (4): 645-657, 2002.

SERIKAWA, T.; KIKUCHI, A.; SUGAYA, S.; SUZUKI, N.; KIKUCHI, H.; TANAKA, K. In vitro and in vivo evaluation of novel cationic liposomes utilized for cancer gene therapy. **J Control Release**. 113: 255-260, 2006.

TANG, D.; ZHU, H.; WU, J.; CHEN, H.; ZHANG, Y.; ZHAO, X.; CHEN, X.; DU, W.; WANG, D.; LIN, X. Silencing myostatin gene by RNAi in sheep embryos. **J Biotechnol**. 158 (3): 69-74, 2012.

THORISSON, G. A.; STEIN, L. D. The SNP Consortium website: past, present and future. **Nucleic Acids Res.**, 31:124-7, 2003.

TUROS, E.; REDDY, G. S. K.; GREENHALGH, K.; ABEYLATH, P. R. A.; JANG, S.; DICKEY, S.; LIMC, D. V. Penicillin-bound polyacrylate nanoparticles: Restoring the activity of b-lactam antibiotics against MRSA. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, 17: 3468–3472, 2007.

ZHENG, Z. Viral Oncogenes, Noncoding RNAs, and RNA Splicing in Human Tumor Viruses. **Int J Biol Sci.** 6(7): 730-755, 2010.

ZIMMER, A.; MUTSCHELER, E.; LAMBRECHT, G.; MAYER, D.; KREUTER, J. Pharmacokinetic and pharmacodynamic aspects of an ophthalmic pilocarpine nanoparticle-delivery-system. **Pharm. Res.** 11:1435-42, 1994.

ZIMMERMANN, T. S. RNAi-mediated gene silencing in non-human primates. **Nature.** 441:111–114, 2006.

Ziv G, Sulman FG, Absorption of antibiotics by the bovine udder, **Journal of Dairy Science.** 58: 1637-1644, 1975.

YANAGIHARA, K.; TASHIRO, M.; FUKUDA, Y.; OHNO, H.; HIGASHIYAMA, Y.; MIYAZAKI, Y.; HIRAKATA, Y.; TOMONO, K.; MIZUTA, Y.; TSUKAMOTO, K.; KOHNO, S. Effects of short interfering RNA against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* coagulase in vitro and in vivo. **J. Antimicrob. Chemother.** 57 (1): 122-126, 2006.

WEINBERG, M. S.; SAMULSKI, R. J.; MCCOWN, T. J. Adeno-associated virus (AAV) gene therapy for neurological disease. *Neuropharm.* 2012. In Press

WEINSHILBOUM, R. Inheritance and drug response. **N Engl J Med.** 348:529-37, 2003.

WIVEL, N. A.; WILSON, J. M. Methods of gene delivery. *Hematol Oncol Clin North Am.* 12:483–501, 1998.

CAPÍTULO 10

Desafios para a cadeia do leite nacional: Visão da assistência técnica

Argileu Martins da Silva, Adriana Calderan Gregolin

Introdução

São 5.175.636 estabelecimentos agropecuários no Brasil, ocupando mais de 330 milhões de hectares e gerando em torno de 160 bilhões de reais. Mais de 16 milhões de pessoas estão ocupadas em atividades rurais. Do total de estabelecimentos 809.369 são classificados como Agricultura Não Familiar e 4.366.627 são da Agricultura familiar (IBGE, 2006).

A agricultura familiar contribui expressivamente na produção de alimentos, sendo responsável por 38% do Valor Bruto da Produção (VBP) total, com destaque para alguns produtos que compõem a cesta alimentar brasileira, como: mandioca (88,30%), Feijões (68,7%), suínos (51,0%), milho (47,0%), arroz (35,1%), cafés (30,30%), trigo (20,7%), ovos (17,1%), soja (16,9%) e o leite de vaca (56,4%), segundo dados do Censo Agropecuário do IBGE 2006.

Segundo previsão da Associação Brasileira dos Produtores de Leite - Leite Brasil, o mercado de leite deve continuar crescendo em 2012, passando de uma produção aproximada de 31 bilhões de litros, em 2011, para 32,3 bilhões de litros neste ano¹. O Censo Agropecuário do IBGE 2006 identificou que mais da metade do leite consumido no País (56,4%) é produzido em propriedades da agricultura familiar. Os produtores de leite são estimados em 1,3 milhão em todo o País, sendo 1 milhão de pequeno porte.

¹ In <http://biosseguridade.wordpress.com/2012/05/18/crece-a-producao-de-leite-no-brasil-e-com-ela-a-preocupacao-com-a-qualidade-do-produto-final-para-o-consumidor/>. Acessado em 03/11/2012..

Diante desta dinâmica nacional os desafios lançados requerem esforços envolvendo as cooperativas, as organizações de produtores, a pesquisa, assistência técnica e extensão rural no sentido de fortalecer a cadeia produtiva do leite enquanto uma atividade estratégica para o desenvolvimento do rural brasileiro. As políticas públicas são oportunidades para alavancar processos sustentáveis de produção e geração de renda para as famílias brasileiras que dedicam-se à atividade leiteira.

Produção e produtividade de leite no Brasil

A produção brasileira de leite aumentou em torno de 400% nos últimos 35 anos. É uma atividade presente em todos os estados distribuída entre pequenos e grandes produtores.

Conforme se observa na Tabela 1, alguns estados destacam-se em número de produtores familiares envolvidos na atividade, a exemplo do Rio Grande do Sul com 183.249; Minas Gerais com 167.153; Paraná com 100.845; Bahia com 97.854; SC 80.574 e Ceará com 70.084. Os estados com o menor número de estabelecimentos produtores de leite são Amapá, Roraima, Acre e o Distrito Federal.

Em termos de produção de leite por estabelecimentos no Brasil tem-se um número expressivo de mais de 600 mil propriedades produzindo menos de 10 litros de leite por dia. Na outra ponta um grupo de aproximadamente 8,7 mil propriedades é responsável pela produção de mais de 500 litros, conforme pode ser observado na tabela 2. Os números demonstram que existe relação entre o volume de leite produzido por estabelecimento com a baixa produtividade (litros de leite por vaca por dia), sinalizando para os desafios na cadeia produtiva do leite, em função dos diferentes estratos de produção existentes e tipos de agricultores.

São 1.306.808 produtores no Brasil que estão na faixa de produção de até 200 litros de leite/dia, sendo produtores de pequeno porte². Observa-

² Uma estatística feita em 2003 pela OCB e a Confederação Brasileira de Cooperativas de Leite e Derivados Laticínios (CBCL) apontou que de 151 mil famílias, 90 mil (60%) são produtores de pequeno porte que entregavam até 100 litros de leite diários para as cooperativas.

-se que a produtividade do rebanho leiteiro dos agricultores nestes estratos de produção não ultrapassa os 4,4 litros de leite por vaca por dia.

Tabela 1. Nº de estabelecimentos de agricultores familiares produtores de leite.

Estados	Nº de Estabelecimentos
RO	31.073
AC	5.219
AM	1.947
RR	484
PA	21.709
AP	27
TO	10.914
MA	12.470
PI	26.137
CE	70.084
RN	19.264
PB	39.556
PE	46.430
AL	15.791
SE	14.122
BA	97.854
MG	167.153
ES	12.661
RJ	9.553
SP	35.534
PR	100.845
SC	80.574
RS	183.249
MS	17.102
MT	26.192
GO	43.106
DF	363
Total	1.089.413

Fonte: Censo Agropecuário IBGE, 2006.

Tabela 2. Produtividade em litros por vaca dia e número de estabelecimentos por estratos de produção.

Estrato de Produção (Litros/dia)	Produtividade (L/vaca/dia)	Nº de Estabelecimentos produção de leite¹
< 10 L	2,7	610.255
De 10 a 20 L	2,6	198.171
De 20 a 50 L	3,42	267.743
De 50 a 200 L	4,4	230.639
De 200 a 500 L	6,4	35.209
> 500 L	9,3	8.792

Fonte: elaborado a partir de Zoccal, 2012. Dados do IBGE, Tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006.

¹<http://repileite.ning.com/forum/topics/>. Tabela elaborada por Zoccal, 2012. Acessado em 05/11/2012.

A produtividade animal é reflexo de vários fatores, principalmente a alimentação do rebanho, potencial genético para produção de leite e manejo utilizado no sistema (Zoccal, 2012)³. O Brasil possui uma série de vantagens em relação a outros países para a atividade leiteira, como clima favorável ao crescimento das pastagens, tecnologias que apesar de não serem usadas em grande escala estão desenvolvidas, uma produção de grãos que pode servir de ração animal a um custo menor, além de grande abundância de água, terras e um número expressivo de milhares de famílias que conhecem a atividade do leite e que possuem aptidão que pode ser otimizada. O Mercado de consume em expansão também é um potencial para ampliar a produção e produtividade do leite brasileiro.

Desafios: do produtor ao consumidor

A Lei 12.188/2010 instituiu a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária - PNATER e o Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural na Agricultura Familiar e na Reforma Agrária – PRONATER. No seu artigo 2º, a Ater é definida como:

Serviço de educação não formal, de caráter continuado, no meio rural, que promove processos de gestão, produção, beneficiamento

³ <http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/espaco-aberto/produtividade-do-rebanho-leiteiro-parte-33-77910n.aspx>. Acessado em 05/11/2012.

e comercialização das atividades e dos serviços agropecuários e não agropecuários, inclusive das atividades agroextrativistas, florestais e artesanais;

O serviço de assistência técnica e extensão rural pública é um instrumento de apoio ao desenvolvimento rural, implementando ações que auxiliem as famílias agricultoras na viabilização de estratégias para a produção, agregação de valor, geração de renda, postos de trabalho em atividades agropecuárias e não-agropecuárias, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional, para a sustentabilidade dos sistemas produtivos e para a organização social dos agricultores⁴.

A Ater tem papel estratégico na disponibilização de tecnologias no rural, assim como na identificação das demandas dos agricultores para as diferentes cadeias produtivas, nos processos de gestão, entre outros. O Brasil possui diferentes estratos ou segmentos de produtores, classificados como Agricultura Não Familiar e Agricultura Familiar, conforme o Censo Agropecuário de 2006 e apresentados na Tabela 3.

A Ater é um serviço estratégico para a produção no campo, influenciando no valor da produção por hectare. A tabela 3 apresenta indicadores de produtividade em função da Ater recebida pelos agricultores classificados como familiares e não-familiares. Observa-se que aqueles agricultores que receberam regularmente a Ater alcançaram os maiores retornos no valor da produção por hectare Esta constatação confirma a

⁴ No Artigo 4º da Lei 12.188/2010 que instituiu a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária - PNATER constam os seus objetivos: I - promover o desenvolvimento rural sustentável; II - apoiar iniciativas econômicas que promovam as potencialidades e vocações regionais e locais; III - aumentar a produção, a qualidade e a produtividade das atividades e serviços agropecuários e não agropecuários, inclusive agroextrativistas, florestais e artesanais; IV - promover a melhoria da qualidade de vida de seus beneficiários; V - assessorar as diversas fases das atividades econômicas, a gestão de negócios, sua organização, a produção, inserção no mercado e abastecimento, observando as peculiaridades das diferentes cadeias produtivas; VI - desenvolver ações voltadas ao uso, manejo, proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais, dos agroecossistemas e da biodiversidade; VII - construir sistemas de produção sustentáveis a partir do conhecimento científico, empírico e tradicional; VIII - aumentar a renda do público beneficiário e agregar valor a sua produção; IX - apoiar o associativismo e o cooperativismo, bem como a formação de agentes de assistência técnica e extensão rural; X - promover o desenvolvimento e a apropriação de inovações tecnológicas e organizativas adequadas ao público beneficiário e a integração deste ao mercado produtivo nacional; XI - promover a integração da Ater com a pesquisa, aproximando a produção agrícola e o meio rural do conhecimento científico; e XII - contribuir para a expansão do aprendizado e da qualificação profissional e diversificada, apropriada e contextualizada à realidade do meio rural brasileiro.

importância e influência da Ater para um maior valor da produção por hectare. Isso pode ser estendido para a produção de leite, carente de um acompanhamento técnico qualificado, contínuo e em quantidade suficiente para a grande maioria dos produtores.

Tabela 3. Recebimento de orientação técnica. Indicador de produtividade.

Classificação	Valor da Produção por hectare (R\$/ha)		
	Não receberam	Ocasionalmente	Regularmente
Total Brasil	379	711	1.101
Agricultura Não Familiar	232	578	996
Indivíduos médios	132	264	359
Indivíduos grandes	1.465	1.334	1.622
Empresarial	500	1.079	1.411
Setor público e outros	168	385	860
Agricultura Familiar	639	1.356	2.309
Dinâmicos	3.121	3.659	5.163
Em desenvolvimento	737	1.247	1.867
Baixa renda	96	226	259
Pobres e extrema pobreza	52	58	72
Reforma Agrária	395	679	1.059

Fonte: Del Grossi, a partir de informações do Censo Agropecuário, 2006. Valores em R\$ de 06/2012 (IPCA).

O desafio da qualidade do leite⁵ passa por um acompanhamento técnico sistemático e capacitação dos produtores, com uma ação integrada entre os órgãos de defesa sanitária e os órgãos de extensão rural, com a compreensão de que o caráter do processo de adequação dos produtores de leite à legislação não deve ter caráter punitivo e sim cumprir um papel educativo, capacitando, orientando e preparando os agricultores para produzirem leite de qualidade e de forma competitiva.

A cadeia produtiva do leite no Brasil possui desafios estruturais, de logística, da produção ao mercado, passando pela agregação de valor, qualidade dos produtos, entre outras variáveis. A dinâmica nacional do setor sinaliza para o potencial existente nas diferentes regiões e segmentos de produtores de leite no Brasil. A contribuição da agricultura familiar brasi-

⁵ A Instrução Normativa 62 (substitutive à IN 51), publicada em 29 de dezembro de 2011 confere ao Brasil mais quatro anos para sua pecuária de leite adequar-se aos limites de 100 mil/ml para Contagem Total Bacteriana (CTB) e 400 mil/ml para Contagem de Células Somáticas. Acessado em 05/11/2012 in <http://repileite.ning.com/profiles/blogs/instrucao-normativa-62-e-a-qualidade-do-leite-no-brasil>.

leira é expressiva, conforme dados da Tabela 4. Apesar de concentrar-se no estrato de produtores com até 100 litros de leite dia, esses estabelecimentos são responsáveis por 46,9% do volume de produção total. Essa realidade explicita o desafio da Ater em conferir eficiência a estas propriedades uma vez que requerem mais tecnologias apropriadas.

Tabela 4. Estabelecimentos com leite e representatividade em termos de % do volume total do leite produzido no Brasil, por estratos de produção.

Estrato de produção (litros/dia)	Número de produtores*	% de produtores	Volume total** (mil litros)	% do volume total
Menos de 100	1.236.130	91,5	14.405.551	46,9
De 100 a 200	73.559	5,4	5.928.0083	19,3
De 201 a 500	32.785	2,4	5.559.498	18,1
De 501 a 1.000	6.190	0,5	2.365.090	7,7
Mais de 1.000	2.226	0,2	2.457.237	8,0
TOTAL	1.350.809	100,0	30.715.460	100,0

Fonte: elaboração da pesquisadora Elizabeth Nogueira Fernandes, Embrapa Gado de Leite, a partir de * Dados do IBGE/Censo Agropecuário 2006; e ** Dados do IBGE/Pesquisa da Pecuária Municipal 2010.

Na perspectiva da Ater, enquanto serviço com a responsabilidade de identificar, organizar e apresentar demandas a partir da realidade dos agricultores, cumprindo o papel de facilitar, mediar, disponibilizar e orientar o público beneficiário sobre as inovações, tecnologias, oferta de produtos desenvolvidos para o setor, faz-se algumas considerações de forma a apoiar a prospecção do cenário futuro da cadeia produtiva do leite.

Produção e Produtividade

- Elevar a produtividade do gado de leite no Brasil⁶.
- Ampliar a produtividade dos agricultores que produzem até 200 Litros/dia
- Adequação às normas de qualidade.

⁶ Conforme apresentado por SEBRAE, 2010: uma vaca brasileira produz sete vezes menos leite que um animal criado nos Estados Unidos. A produtividade do gado do Brasil é uma das mais baixas entre os países produtores de leite. Em média, cada vaca nacional produz 1,28 mil litros por ano. A média mundial é de 2,34 mil litros. Nos Estados Unidos, a capacidade de geração sobe para 9,34 mil litros. No Reino Unido, é de 7,19 mil. Entre os maiores produtores do mundo, apenas a Índia tem um nível mais baixo que o do Brasil - 1,15 mil litros por ano. SEBRAE. Conhecer - Leite e Derivados - Perspectivas e tendências da agricultura familiar. Nº 17, dezembro de 2010.

- Processamento e agregação de valor com desenvolvimento de produtos diferenciados de forma a ampliar a lucratividade dos agricultores.
- Ampliar o acesso dos agricultores aos mercados institucionais, a exemplo do PAA-Leite e Pnae.
- Abertura de mercado no exterior para evitar que um aumento da produção prejudique os produtores brasileiros.

Conhecimento

- Formação acadêmica dos profissionais das agrárias para um acompanhamento técnico qualificado, para atendimento dos diferentes públicos produtores de leite e seus sistemas produtivos.
- Capacitação das famílias agricultoras para produção de leite atendendo as exigências de qualidade e ampliando os lucros com a atividade.
- Capacitação dos agricultores para a melhoria no manejo do gado leiteiro e retorno da atividade, no gerenciamento das propriedades e da atividade, ampliando a eficiência na cadeia produtiva (diminuindo os custos de produção); capacitação técnica desde a coleta até a armazenagem e transporte do leite.
- Disponibilização do conhecimento produzido nos centros de pesquisas e universidades aos agricultores através de uma extensão rural qualificada, contínua, permanente, em quantidade suficiente, criando um ciclo de retroalimentação entre demandas e produção tecnológica.
- Atuação integrada com o serviço de inspeção sanitária de forma a ofertar um serviço educativo às famílias, colaborando na adequação dos sistemas de produção às exigências da legislação.

Tecnologias

- Desenvolvimento de tecnologias adequadas às especificidades regionais, de biomas e sistemas produtivos.
- Desenvolver técnicas apropriadas para o pastejo rotacionado em pequenas propriedades.
- Melhoramento genético do rebanho, levando em conta as especificidades climáticas existentes no Brasil.

- Desenvolvimento de máquinas e equipamentos apropriados para as pequenas propriedades e para a atividade leiteira.

Gestão e organização

- Otimizar e estruturar a cadeia produtiva do leite, pensando a questão da logística, infraestrutura, insumos, ampliação do volume da produção, produtividade, qualidade, processamento, agregação de valor, comercialização.
- Fortalecer o cooperativismo na cadeia produtiva do leite para atender principalmente as pequenas propriedades rurais, de forma a oportunizar aos agricultores familiares maiores oportunidades de comercialização e acompanhamento técnico especializado, com consequente melhoria na qualidade do leite.
- Coordenação dos diferentes elos da cadeia produtiva do leite, do produtor ao consumidor, indústria, transporte e infraestrutura.

Políticas Públicas de apoio à cadeia produtiva do leite na agricultura familiar

As políticas públicas de apoio à agricultura familiar tem possibilitado que os agricultores fortaleçam a atividade leiteira nos pequenos municípios brasileiros. O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) disponibiliza crédito de custeio e investimento, o Programa Mais Alimentos facilita a aquisição de máquinas, com taxas de juros acessíveis aos agricultores. A Política de Garantia de Preços da Agricultura Familiar, a partir de 2008, passou a contemplar também o leite da agricultura familiar, diminuindo os riscos dos produtores.

A Política de Comercialização, através do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) também tem apoiado os produtores de leite. Em 2010 foram disponibilizados cerca de R\$ 60 milhões para a compra de leite em pó. A modalidade de Incentivo à Produção e Consumo de Leite (PAA Leite) foi criada para contribuir com aumento do consumo de leite pelas famílias que se encontram em situação de insegurança alimentar e também incentivar a produção de agricultores familiares. O PAA Leite do

Ministério do Desenvolvimento Social disponibiliza quatro ações de apoio à atividade leiteira: Distribuição para instituições que trabalham com populações de creches e asilos; Regulação de preços do leite, por meio da compra de leite quando o preço cai muito. Política de Garantia do Preço Mínimo (PGPM), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; e Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae Leite) que obriga gestores da alimentação escolar a comprar, no mínimo, 30% do leite necessário para a merenda escolar de agricultores familiares. Em 2010, foram mais de R\$ 1 bilhão em produtos provenientes da agricultura familiar. Destes, pelo menos 10% foram leite.

Outra iniciativa de destaque em termos de tecnologias apropriadas, ao associar pesquisa e extensão é o Projeto Balde Cheio, que visa transferência de tecnologia que ajuda no desenvolvimento da pecuária leiteira em propriedades familiares. O objetivo é capacitar técnicos de extensão rural e produtores, promover a troca de informações sobre as tecnologias aplicadas regionalmente e monitorar os impactos sociais, econômicos e ambientais nos sistemas de produção. O Projeto é desenvolvido com apoio do Sebrae, numa parceria com as organizações de pesquisa e extensão rural dos estados.

Estas são algumas das iniciativas que agregam crédito, conhecimento, ações de comercialização na perspectiva de estabelecer acesso das famílias ao mercado e à agregação de valor para ampliação da renda no campo.

Perspectivas

A dinâmica existente na cadeia produtiva do leite no Brasil, formada por grandes e pequenos produtores apresenta desafios e potencialidades diversas, sinalizando a necessidade de ações para fortalecimento do setor leite. A atividade do leite representa uma oportunidade para a inclusão produtiva de famílias em situação de pobreza, para a geração de renda, para conferir ao país uma posição de maior destaque no mercado internacional e ampliar a oferta no mercado nacional com produtos de qualidade.

O apoio às pequenas propriedades produtoras de leite é uma estratégia que deve ser perseguida pelas políticas públicas, pois estas apresentam potencial para ampliarem o volume e a produtividade do leite. É urgente que haja melhoria genética do rebanho, levando em conta a questão de adaptabilidade das raças às regiões, apoio governamental para a logística, estradas, tanques de resfriamento, desenvolvimento de tecnologias apropriadas para as pequenas propriedades, possibilitando que ampliem sua produção e produtividade por animal. A coordenação da cadeia produtiva deve ser fortalecida pelos entes federativos através da implementação das políticas públicas.

A Ater é fator primordial na gestão qualificada da cadeia produtiva do leite. Através do acompanhamento sistemático, contínuo, permanente e qualificado aos produtores de leite, há possibilidade de ampliar o volume de leite produzido, a produtividade do rebanho e os ganhos financeiros e sociais nas propriedades. O leite é um dos produtos que estão presentes nos projetos sociais possibilitando criar mercado para os produtores e melhoria da qualidade de vida de famílias em situação de vulnerabilidade e que dependem dos programas de assistência social do governo federal.

O Brasil precisa avançar na estruturação de uma política setorial do leite para vencer problemas de sazonalidade do mercado e de preços, diminuindo a dependência dos produtores em relação ao mercado varejista e em relação aos laticínios, na perspectiva de melhoria dos ganhos financeiros pelas famílias produtoras de leite. Políticas públicas e tecnologias apropriadas podem transformar as capacidades produtivas dos agricultores produtores de leite contribuindo para um campo mais desenvolvido e mais sustentável.