

Qualidade do leite bovino: variações no trópico e no subtrópico



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

José Carlos Carles de Souza
Reitor

Neusa Maria Henriques Rocha
Vice-Reitora de Graduação

Leonardo José Gil Barcellos
Vice-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

Lorena Terezinha Geib
Vice-Reitora de Extensão e Assuntos Comunitários

Agenor Dias de Meira Júnior
Vice-Reitor Administrativo

UPF Editora

Carme Regina Schons
Editora

Zacarias Martin Chamberlain Pravia
Editor das Revistas Institucionais

CONSELHO EDITORIAL

Altair Alberto Fávero

Alvaro Della Bona

Ana Carolina Bertoletti de Marchi

Andrea Poletto Oltramari

Carme Regina Schons

Cleiton Chiamonti Bona

Elci Lotar Dickel

Fernando Fornari

Graciela René Ormezzano

João Carlos Tedesco

Renata Holzbach Tagliari

Rosimar Serena Siqueira Esquinsani

Sergio Machado Porto

Zacarias Martin Chamberlain Pravia

Felix Diaz González
Andrea Troller Pinto
Maira Balbinotti Zanela
Vivian Fischer
Carlos Bondan
(Org.)

Félix H. D. González
Giovani Noro
Lúcia Treptow Marques
Luis Eduardo Barros Vidal
Maira Balbinotti Zanela
Maria Edi Rocha Ribeiro

Pastor Ponce Ceballo
Robier Hernández Rodríguez
Rómulo Campos Gaona
Vivian Fischer
Waldyr Stumpf Jr.

(Colab.)

Qualidade do leite bovino: variações no trópico e no subtrópico

2011



Copyright © Editora Universitária

Maria Emilse Lucatelli

Editoria de Texto

Sabino Gallon

Revisão de Emendas

Agecom UPF

Produção da Capa

Sirlete Regina da Silva

Projeto Gráfico e Diagramação

???

Este livro no todo ou em parte, conforme determinação legal, não pode ser reproduzido por qualquer meio sem autorização expressa e por escrito do autor ou da editora. A exatidão das informações e dos conceitos e opiniões emitidos, as imagens, tabelas, quadros e figuras são de exclusiva responsabilidade dos autores.

UPF EDITORA

Campus I, BR 285 - Km 171 - Bairro São José

Fone/Fax: (54) 3316-8373

CEP 99001-970 - Passo Fundo - RS - Brasil

Home-page: www.upf.br/editora

E-mail: editora@upf.br

Editora UPF afiliada à



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Sumário

Prefácio _____ 7

Minicurrículo dos participantes _____ 9

CAPÍTULO 1

Variações na composição do
leite no subtropical brasileiro _____ 11

Félix H. D. González

Giovani Noro

CAPÍTULO 2

Composição do leite: uma perspectiva desde o trópico _____ 28

Pastor Ponce Ceballo

CAPÍTULO 3

Caracterização da síndrome do leite anormal (SILA) _____ 54

Pastor Ponce Ceballo

CAPÍTULO 4

Relações entre a composição do leite e do sangue _____ 81

Rómulo Campos Gaona

CAPÍTULO 5

Modelagem da composição do leite _____ 91

Rómulo Campos Gaona

CAPÍTULO 6

Desenvolvimento de sila em condições experimentais _____ 115

Robier Hernández Rodríguez

CAPÍTULO 7

Prevalência, indução e tratamento do leite instável não ácido
(LINA) no sul do Brasil _____ 141

Vivian Fischer

Maira Balbinotti Zanela

Maria Edi Rocha Ribeiro

Lúcia Treptow Marques

Waldyr Stumpf Jr.

Luis Eduardo Barros Vidal

CAPÍTULO 8

Fatores que afetam a estabilidade do leite ao álcool _____ 161

Maira Balbinotti Zanela

Vivian Fischer

Prefácio

No ano de 2001, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade de Passo Fundo realizaram o Simpósio Internacional “Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras”, do qual participaram vários pesquisadores do Brasil e do exterior.¹ A partir desse encontro, vários grupos de pesquisadores de Cuba, Brasil e Uruguai integraram esforços em torno do tema indicadores da qualidade do leite, com particular ênfase no problema do leite instável e sua relação com o metabolismo da vaca.

Em 2006, esses pesquisadores tornaram a se reunir em Porto Alegre, durante o IX Congresso Pan-Americano de Leite para uma mesa-redonda promovida pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde foram apresentados os trabalhos publicados a partir do 1º Simpósio e discutidos temas para avançar no estudo do problema.

Desta última reunião surgiu a ideia de produzir um material de consulta sobre o assunto, que auxiliasse os veterinários de campo, organizasse e compilasse as pesquisas na área e divulgasse os avanços obtidos na investigação do problema na América Latina. Daí em diante foi dada a partida para a junção de esforços de pesquisadores brasileiros, uruguaios, colombianos e cubanos, ligados às mais diversas instituições de pesquisa, na redação e compilação de dados produzidos por esses pesquisadores, de forma a permitir a disseminação e aplicação desse conhecimento científico. O presente documento reúne esse material, que esperamos possa contribuir à cadeia produtiva do leite para enfrentar problemas da qualidade do leite.

Passo Fundo, setembro de 2011

¹ Os anais desse simpósio podem ser consultados em: http://www6.ufrgs.br/favet/lacvet/publicacoes.php?tipo=1&id_publicacao=53

Minicurriculo dos participantes

Carlos Bondan – Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade de Passo Fundo (2003) e Mestrado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Santa Maria (2006). Atualmente é professor da Universidade de Passo Fundo. Tem experiência na área de medicina veterinária, com ênfase em clínica veterinária, atuando principalmente nos seguintes temas: anestesiologia, terapêutica, bovinocultura de leite, patologia animal e reprodução animal. Coordenador do Serviço de Análises de Rebanhos Leiteiros (Sarle) e coordenador do curso de pós-graduação em Pecuária Leiteira, parceria UPF-ReAgro 2008-2009.

Félix Hilário Diaz González – Possui graduação em Medicina Veterinária (Universidad Nacional de Colômbia), mestrado em Fisiologia Animal (Universidad Nacional de Colômbia), doutorado em Bioquímica e Fisiologia Animal (Universidade Federal de Viçosa) e pós-doutorado em Bioquímica Clínica (Universidade de Murcia, Espanha). Atualmente é professor associado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Faculdade de Veterinária). Tem experiência na área de patologia clínica, atuando principalmente em bioquímica clínica, doenças metabólicas, endócrinas e carenciais em bovinos, ovinos, caprinos, caninos e felinos.

Giovani Noro – Médico-veterinário da UFSM, possui mestrado em Ciências Veterinárias pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Lucia Treptow Marques – Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Pelotas (1998), mestrado (2004) e doutorado em Produção Animal (2008), ambos pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFPEL. Atualmente trabalha com extensão e pesquisa universitária vinculada a um projeto de Qualificação da Produção Leiteira na Agricultura Familiar, parceria da UFPEL e Embrapa Clima Temperado. Possui experiência nas áreas de produção, nutrição, manejo e sanidade de bovinos leiteiros e qualidade e tecnologia de leite.

Luis Eduardo Barros Vidal – Graduação em Medicina Veterinária pela Faculdade de Veterinária da Universidade de La República (Uruguai, 1976), mestrado Ciências Veterinárias pela Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (1983) e doutorado pela Université de Toulouse (1996). Atualmente professor da Faculdade de Veterinária da Universidad de La República (Montevideu, Uruguai).

Maira Balbinotti Zanella – Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Pelotas (1999), doutorado em Programa de Pós-graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas (2004) e pós-doutorado na Embrapa Clima Temperado (2005). Atuou como professora da Universidade

de Federal do Rio Grande do Sul. É pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tem experiência na área de produção de bovinos de leite, com ênfase em qualidade do leite.

Maria Edi Rocha Ribeiro – Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Pelotas (1975) e mestrado em Veterinária pela mesma universidade (1986). Atualmente é pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Tem experiência na área de Zootecnia, atuando principalmente nos seguintes temas: bovinos de leite, qualidade do leite, LINA, mastite e microbiologia do leite.

Pastor Ponce Ceballos – Pesquisador Titular do Centro Nacional de Sanidade Agropecuaria (Censa), Havana, Cuba.

Robier Hernández Rodríguez – Possui graduação em Medicina Veterinária. Atualmente é pesquisador do Centro Nacional de Sanidade Agropecuária (Censa), Havana, Cuba.

Rômulo Campos Gaona – Graduação em Medicina Veterinária, possui mestrado em Medicina Veterinária pela Universidad Nacional de Colombia (1993) e doutorado em Ciências Veterinárias pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2006). Atualmente é professor titular da Universidad Nacional de Colombia (campus Palmira). Tem experiência na área de bioquímica, com ênfase em metabolismo e bioenergética.

Vivian Fischer – Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1985), mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1992) e doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1996). Atualmente é professora Associada II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e professora convidada no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas. Tem experiência na área de zootecnia, com ênfase em comportamento animal de ruminantes, relação entre temperamento e qualidade do produto final (carne e leite), sistemas de produção em gado leiteiro, suplementação em bovinos de corte, nutrição de ruminantes e avaliação da qualidade do leite com ênfase na instabilidade do leite (Lina).

Waldyr Stumpf Jr. – Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1975), mestrado em Zootecnia pela Escola Superior de Agricultura de Lavras (1979) e doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1992). Atualmente é pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e chefe geral da Embrapa Clima Temperado. Tem experiência na área de zootecnia, com ênfase em comportamento animal, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade do leite, vacas leiteiras, bovinos de leite, mastite e sistemas de produção.

C A P Í T U L O 1

Variações na composição do leite no subtrópico brasileiro

Félix H. D. González

Giovani Noro

A produção de leite no subtrópico brasileiro

O Brasil é o sexto maior produtor mundial de leite, com uma produção de, aproximadamente, 23,5 bilhões de litros, que corresponde a quase 5% do total mundial (Zoccal et al., 2006). Mesmo assim, existe um déficit de produção de, aproximadamente, 2,2 bilhões de litros/ano para atender a um consumo médio de dois copos diários de leite (400 mL), quantidade que é ainda inferior ao recomendado pela Organização Mundial da Saúde (600 mL). A tendência, portanto, é a ampliação da produção em, pelo menos, 10%.

A produção de leite na região Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), considerada como região subtropical, exibiu um crescimento de 91,5% desde 1990 a 2004 (Yamaguchi et al., 2006), crescendo em escala e produtividade nos últimos anos. A produção de leite nesses estados tem tido um crescimento anual em torno de 5% no período mencionado, sendo o principal fator o aumento da produtividade, uma vez que o contingente de rebanhos tem se mantido estável. O estado do Rio Grande do Sul é atualmente o terceiro maior produtor de leite no Brasil, com uma produção anual superior a 2,3 bilhões de litros (IBGE, 2004).

Estudos no sul do Brasil mostram que o tamanho médio dos rebanhos em propriedades ligadas a cooperativas no Rio Grande do Sul é de 25 vacas/propriedade (Noro et al., 2006), enquanto que no Paraná é de 64 vacas/propriedade (Castrolanda, 2004). Esses números revelam que a produção de leite no sul do Brasil está, em sua maioria, nas mãos de pequenos a médios produtores. Para efeito comparativo, o número médio de vacas em propriedades leiteiras típicas no Canadá é de 105; nos Estados Unidos, de 700; na França, de 70; na Austrália, de 231 e, na Argentina, de 150 (Stock; Cotta, 2004).

Em termos de produção de leite, trabalhos no Rio Grande do Sul mostram uma média geral em propriedades ligadas a cooperativas de 19,4 L/vaca/dia (Noro et al., 2006) e de 10,5 L/vaca/dia em outras propriedades (Krug, 2001). No Paraná, a produção está entre 24,8 L/vaca/dia (Bajaluk et al., 1999) e 25,1 L/vaca/dia (Ribas et al., 2001) em rebanhos de alto potencial genético. Essas médias resultam elevadas quando se comparam à produção média do Brasil (4,9 L/vaca/dia; Anualpec, 2003) e, inclusive, à média de rebanhos especializados da região Sudeste do Brasil (16,3 L/vaca/dia; Gonzales et al., 2003).

A composição do leite como medida da qualidade

O leite é composto por mais de cem mil tipos diferentes de moléculas, que proporcionam nutrientes e proteção imunológica ao neonato. O conhecimento da composição do leite é de importância para a determinação de sua qualidade, uma vez que define diversas propriedades industriais e fornece dados para a avaliação nutricional da dieta, revelando informações sobre a eficiência na utilização de nutrientes e sobre a saúde do animal. Os principais parâmetros utilizados como medida da qualidade do leite são cada vez mais usados para detectar falhas nas

práticas de manejo e servir como referência na valorização da matéria-prima (Dürr, 2004). São eles: conteúdo de gordura, de proteína, de lactose, de sólidos totais, contagem de células somáticas, contagem de bactérias, adulteração por água, resíduos e antibióticos e qualidades organolépticas (odor, sabor, aspecto) (Monardes, 1998).

O Brasil está organizando sua cadeia láctea visando garantir a qualidade do produto e adequando o setor para o mercado internacional. Assim, foi implementada a Instrução Normativa nº51 (IN51), emitida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e do Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite, em 15 de setembro de 2002. Essa normativa contém os regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade do leite dos tipos A, B e C, do leite pasteurizado e do leite cru refrigerado. A IN51 entrou em vigor no dia 1º de julho de 2005 na região Sul do Brasil.

Variação na composição do leite no subtrópico brasileiro

Poucos trabalhos têm sido publicados mostrando as variações na composição físico-química do leite em condições do subtrópico brasileiro (região Sul). No presente trabalho são mostrados alguns estudos realizados nos estados do sul do Brasil, principalmente em rebanhos leiteiros especializados, com ênfase em trabalho publicado com base em mais de 165 mil observações de amostras de leite de vacas da raça Holandesa em rebanhos da região Noroeste no Rio Grande do Sul (Noro et al., 2006), analisadas ao longo de seis anos (1998-2003). Desse trabalho são mostradas tabelas no apêndice do presente capítulo. Na Tabela 1 relacionam-se a contagem de células somáticas com a produção e sua relação com a composição de leite, em termos de proteína, gordura e lactose. Nas Tabelas 2 a 4 relacionam-se a

produção e a composição do leite com fatores ambientais como estágio de lactação (Tabela 2), época do ano (Tabela 3) e idade da vaca no momento do parto (Tabela 4). Os dados são comparados com alguns trabalhos realizados em outras regiões do Brasil, principalmente da região Sudeste (estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo).

Variabilidade da contagem de células somáticas (CCS)

A contagem de células somáticas (CCS) no leite é um indicador da incidência de mastite subclínica aceito internacionalmente como medida para determinar a qualidade microbiológica (Ostrensky et al., 2000). O fator que tem mais efeito sobre a CCS é o grau de infecção/inflamação da glândula mamária, mas também podem ocorrer aumentos na CCS em vacas de maior idade, em estágios de lactação avançados e em casos de estresse por calor (Brito, 2003). No Paraná foi observado que a CCS aumenta durante os meses de verão (Ribas et al., 2002), fato que coincide com o aumento na incidência de mastite clínica por crescimento dos patógenos ambientais na época de maior calor e umidade. Pesquisadores brasileiros apontaram também que nos meses de calor as vacas consomem menos alimento e produzem menos, provocando a maior concentração das células somáticas no leite (Santos; Fonseca, 2002).

O manejo também é apontado como fator de variação na CCS, de forma que sistemas de produção não especializados tendem a apresentar maior CCS (Gonzales et al., 2003).

No Rio Grande do Sul (RS), Noro et al. (2006) estabeleceram uma média global de CCS de 390×10^3 células/mL. Em rebanhos leiteiros no Paraná (PR), Ostrensky et al. (2000) encontraram uma CCS em torno de 300×10^3 /mL. Em tanques refrigerados, Dürr (2003) encontrou uma variação de CCS em amostras do Rio

Grande do Sul entre 426 e 540 x 10³/mL, e Ribas et al. (2003), no Paraná, relataram uma média de 486 x 10³/mL em amostras de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Em estados da região Sudeste do Brasil, Souza et al. (2003), em Minas Gerais, encontraram uma CCS média de 242,7 x 10³/mL, ao passo que Machado et al. (2000) encontraram em São Paulo CCS média de 530 x 10³/mL. No Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais Brito (2003) relata uma CCS média de 493 x 10³/mL.

Nas condições brasileiras, considera-se que, em animais sadios, a CCS individual no leite deve ser menor de 300 x 10³/mL (Santos; Fonseca, 2002), mas em países com maior desenvolvimento esse limite chega a 200 x 10³/mL (Philpot, 1998). A contagem de células somáticas de tanque (CCST) possui limites legais maiores, sendo de 400 x 10³/mL em países da União Europeia e Austrália, de 500 x 10³/mL no Canadá e de 750 x 10³/mL nos EUA (Brito, 2003). No Brasil, a determinação legal para CCST (Instrução Normativa 51/2002) é de 1000 x 10³/mL, valor que deve diminuir para 750 x 10³/mL a partir de 2008 e para 400 x 10³/mL a partir de 2011.

A CCS mostra efeito significativo sobre a produção de leite, visto que ocorre um decréscimo na produção à medida que aumenta a CCS (Tabela 1). Noro et al. (2006), no Rio Grande do Sul, mostraram que a CCS aumenta à medida que avança o estágio da lactação e que a idade ao parto apresenta efeito significativo sobre a CCS, com aumento progressivo nos animais mais velhos.

A elevação na CCS está associada à diminuição na produção de leite em virtude do dano físico das células epiteliais secretoras e de alterações na permeabilidade vascular do alvéolo secretor. Essa diminuição pode ser de até 43%. Estima-se que a perda de produção de leite devida ao aumento na CCS possa ser da ordem de um bilhão de dólares no caso dos EUA (Philpot; Nickerson, 2002). Não existem dados brasileiros sobre o assunto.

A elevada CCS leva também a uma menor concentração de caseína, gordura, lactose e potássio e a uma maior concentração de proteínas do soro (lactalbumina e imunoglobulinas), de sódio e de cloro (Ribas, 1999), alterações que acarretam problemas na indústria de laticínios. A diminuição da caseína ocorre pela sua degradação por ação das proteases bacterianas e pela queda na capacidade de síntese devido ao dano do epitélio secretor. A diminuição da gordura ocorre pela ação de lipases de origem leucocitária. A redução na quantidade de lactose decorre da sua menor síntese nas células mamárias afetadas, da utilização de lactose pelos patógenos intramamários e da sua perda em razão do aumento da permeabilidade da membrana do alvéolo.

Variabilidade na concentração de proteína

A proteína é o nutriente mais valorizado nos atuais sistemas de pagamento por qualidade do leite, sendo a caseína seu principal componente. Depois da gordura, a proteína é o componente que mais variabilidade tem em função de fatores ambientais, incluídos os nutricionais. Contudo, o potencial de alteração do teor de proteína no leite através da nutrição não é muito grande (em torno de 0,5%). Entretanto, à medida que aumenta o teor de proteína no leite, como a melhoria na energia da dieta, geralmente aumenta a produção total, o que não ocorre com a gordura (Carvalho, 2002).

No Rio Grande do Sul relata-se um teor médio de proteína no leite de vacas da raça Holandesa de 3,12% (Noro et al., 2006), valor semelhante ao relatado no Paraná para a mesma raça (3,14%; Bajaluk et al., 1999). Em vacas Jersey do Paraná, o valor relatado é de 3,68% (Ribas et al., 1999). Em amostras de leite de tanque refrigerado nos estados de Paraná, Santa Catarina e São Paulo, o valor de proteína no leite é de 3,24% (Ribas

et al., 2003), ao passo que no Rio Grande do Sul está entre 2,95 e 3,24% (Dürr, 2003). A IN51 exige um mínimo de 2,9% de proteína no leite cru refrigerado.

A concentração de proteína no leite pode estar afetada pelo estágio da lactação, sendo menor nos três primeiros meses e aumentando progressivamente à medida que a lactação avança. No Rio Grande do Sul, as pesquisas mostram essa tendência em rebanhos leiteiros (Tabela 2), sendo o teor de proteína do leite menor nos primeiros sessenta dias de lactação, apresentando elevação com o avanço da lactação (Noro et al., 2006).

A concentração de proteína no leite pode diminuir quanto maior for o número de lactações da vaca, provavelmente pela menor eficiência das células alveolares nos animais mais velhos.

No Rio Grande do Sul, Noro et al. (2006) encontraram uma variação na concentração de proteína do leite ao longo do ano, sendo verificado maior teor nos meses de maio a setembro, correspondendo às estações de outono/inverno e menor nos meses de verão (Tabela 3). O maior teor não só de proteína, como de gordura e de lactose no leite, durante os meses de inverno pode estar relacionado com a melhor qualidade nutritiva das pastagens temperadas que os rebanhos utilizam nessa região, comparadas às pastagens tropicais de verão.

A idade da vaca ao parto pode afetar o teor de proteína do leite. Carvalho et al. (2002) mencionam que, quanto maior o número de lactações, menor será a concentração de proteína no leite. No Rio Grande do Sul, Noro et al. (2006) observaram que vacas com partos entre 33 a 45 meses de idade tinham maior valor de proteína que vacas de primeiro parto (entre 20 a 32 meses) ou de maior idade (Tabela 4).

Em rebanhos do Rio Grande do Sul, Marques et al. (2002) relataram que o volume de produção do rebanho pode afetar o teor de proteína do leite. Naqueles rebanhos com produção de 50-99 L/dia o teor de proteína foi maior que rebanhos com maior produção (>100 L/dia).

Variabilidade na concentração de gordura

A gordura é o componente do leite com maior variação dentro de uma mesma espécie e raça (até 3,0%), principalmente por fatores nutricionais e/ou metabólicos. Desde a década de 1930, sabe-se que o teor de gordura no leite depende da relação volumoso/concentrado. Assim, quanto maior for a proporção de concentrado, menor será o teor de gordura, o que é explicado pela diminuição da relação acetato/propionato no rúmen (Sutton, 1989), devido ao pH abaixo de 6,0, compatível com dietas com alta proporção de concentrado.

No Brasil, a produção total de leite e o teor de gordura são as características mais enfatizadas pelos serviços de controle leiteiro. Nos últimos anos, diversos países têm dado maior ênfase para o teor de proteína, utilizando esse critério nos sistemas de pagamento por qualidade. Essa tendência se explica porque, enquanto a gordura tem tido seu valor reduzido pelos hábitos de consumo da população, a proteína tem sido valorizada por ser determinante do rendimento industrial de derivados lácteos (Monardes, 1998).

Alguns estudos brasileiros mostram a variabilidade no conteúdo de gordura do leite de vacas (González; Campos, 2003). No Rio Grande do Sul, o teor médio de gordura láctea em vacas da raça Holandesa esteve entre 3,31% (Matos et al., 1996) e 3,54% (Noro et al., 2006), enquanto no Paraná foi encontrado um teor entre 3,28% (Ribas et al., 1996) e 3,41% (Bajaluk et al., 1999). Martins et al. (2002), analisando leite da região de Pelotas (RS), em que predomina a raça Jersey encontraram uma média de gordura no leite de 3,7%. Dürr (2003), analisando amostras de tanques refrigeradores de leite no Rio Grande do Sul, relatou teores de gordura entre 3,47 e 3,80%. Ribas et al. (2003), analisando também amostras de tanque, encontraram um teor de

gordura no leite de rebanhos do Paraná, Santa Catarina e São Paulo de 3,69%. A Instrução Normativa 51 estabelece que no Brasil o teor de gordura no leite cru refrigerado deve ser maior que 3,0%.

Estudo no Rio Grande do Sul (Noro et al., 2006) mostrou que o estágio da lactação apresenta efeito significativo sobre a porcentagem de gordura do leite, ocorrendo aumento com o avanço da lactação, tendo o máximo teor acima de 221 dias. Por outro lado, vacas no início da lactação também apresentam elevação do teor de gordura no leite, por terem lipomobilização resultante do balanço energético negativo (Carvalho, 2002).

Em rebanhos do Rio Grande do Sul, a porcentagem de gordura do leite apresentou valores mais baixos nas vacas com menor idade ao parto, apresentando maior teor nos animais com idade ao parto acima de sete anos (Noro et al., 2006). Nesse trabalho, o leite produzido nos meses de verão teve menor conteúdo de gordura (3,41 a 3,49%) se comparado aos meses de inverno (em torno de 3,7%). Barbano (1990) menciona que o estresse calórico causa menor ingestão de alimento e menor ruminação, diminuindo, portanto, a quantidade de saliva, o que leva à diminuição do pH ruminal e ao menor degradação da fibra no rúmen, com diminuição da relação acetato/propionato, fator que causa menor teor de gordura.

Outros trabalhos mostraram que o teor de gordura aumenta significativamente com o avanço da lactação (Ribas et al., 2001) e com o aumento da contagem de células somáticas (Marques et al., 2002). De forma geral, a proteína e a gordura do leite têm grandezas antagônicas, isto é, dietas com elevados teores energéticos tendem a diminuir o teor de gordura e aumentar o teor de proteína.

Variabilidade na concentração de lactose

Os fatores ambientais que afetam o teor de lactose no leite têm sido pouco estudados, talvez em razão de sua menor importância na produção de queijos e outros derivados lácteos, ou em consequência de sua menor variação em função de fatores nutricionais e ambientais. Alterações na dieta não teriam efeito significativo no teor de lactose, embora condições extremas de subnutrição possam reduzi-lo (Sutton, 1989).

A síntese de lactose é um dos mecanismos críticos para sustentar a produção de leite, uma vez que é responsável pela drenagem de água para o alvéolo mamário. Essa é, provavelmente, a razão de ser o componente do leite que menos varia em função do ambiente (Manson, 2003).

O teor médio de lactose citado em rebanhos da raça Holandesa na Nova Zelândia é de 4,83% (Auldist et al., 1998), valor bem acima dos resultados relatados por diferentes autores do Brasil, como no Rio Grande do Sul (4,52%; Noro et al., 2006), no Paraná, Santa Catarina e São Paulo (4,56%; Ribas et al., 2003), em São Paulo (4,55%; Machado et al., 2003) e no Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (4,59%; Brito; Portugal, 2003). A IN51 não estabelece teor mínimo de lactose, mas define que o Extrato Seco Desengordurado (ESD = proteína + lactose + cinzas) deve ser de, no mínimo, 8,4%. Considerando os valores médios de lactose e proteína encontrados nos diferentes trabalhos brasileiros e assumindo um valor total de cinzas em torno de 0,7% (Hurley, 2006), o valor do ESD chegaria, no máximo, a 8,33%. Isso significa que a IN51 está superestimando o teor de lactose, o que demanda mais pesquisas nesse sentido para, se for caso, modificar a norma estabelecida.

Trabalho no Rio Grande do Sul (Noro et al., 2006) mostrou que o teor de lactose diminui significativamente com o avanço

da lactação, sendo que nos primeiros sessenta dias de lactação ocorre o maior teor deste glicídeo. O mesmo trabalho mostrou que a lactose se reduz significativamente à medida que aumenta a idade da vaca.

Embora se considere que a lactose é o componente lácteo que apresenta menor variação, trabalhos anteriores realizados no Brasil revelam diferenças significativas em relação a variáveis ambientais. Fatores que rompem o equilíbrio metabólico da glândula mamária, tal como a mastite, podem diminuir o conteúdo de lactose no leite (Schmidt, 1971). Assim, deve-se esperar que aumentos na CCS estejam relacionados com menor teor de lactose. A diminuição do teor de lactose à medida que aumentam as células somáticas foi confirmada nos estados de São Paulo e Minas Gerais por Machado et al. (2000), no Paraná por Peres Junior et al. (2002) e no Rio Grande do Sul por Marques et al. (2002) e por Noro et al. (2006).

Conclusão

Os dados apresentados sobre a composição química do leite e contagem de células somáticas em rebanhos especializados no sul do Brasil revelam algumas diferenças com relação aos valores disponíveis na literatura em outras latitudes. Os sistemas da cadeia produtiva do leite devem considerar essas diferenças para estabelecer valores de referência aplicados em casos de pagamento por qualidade do leite ou para definir metas e estratégias de produção e produtividade. Ressalta-se que outros tipos de sistemas não considerados aqui, como propriedades não ligadas a cooperativas e raças não especializadas, merecem trabalhos adicionais por sua importância no contexto brasileiro.

Referências bibliográficas

ANUALPEC. *Anuário da agropecuária brasileira*. 10. ed. São Paulo: OESP 2003. 400p.

AULDIST, M. J.; WALSH, B. J.; THOMPSON, N. A. Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. *Journal of Dairy Research*, v.65, p. 401-411, 1998.

BAJALUK, S.A.B. et al. Efeito de fatores ambientais sobre a produção de leite, percentagem de gordura e percentagem de proteína em vacas da raça Holandesa no estado do Paraná. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. *Anais*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p. 36.

BARBANO, D.M. Seasonal and regional variation in milk composition in the US. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS. 1990, Ithaca.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 51 de 18 de setembro de 2002.

BRITO, J. R. F. Células somáticas no leite: uma revisão. *CBLQ em Revista*, v. 1, p. 11-17, 2003.

BRITO, J. R. F.; PORTUGAL, J. A. B. Panorama da qualidade do leite na região Sudeste: Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. In: *Diagnóstico da qualidade do leite, impacto para a indústria e a questão dos resíduos de antibióticos*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. p. 47-62.

CASTROLANDA. *Cadeia pecuária-leite*. Disponível em: <<http://www.castrolanda.com.br>>. Acesso em: 20 fev. 2004.

CARVALHO, G. F. et al. Milk yield, somatic cell count and physico-chemical characteristics of raw milk collected from dairy cows in Minas Gerais State. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE QUALIDADE DO LEITE E CONTROLE DA MASTITE, 2, 2002, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Fepale, 2002. 1 CD-ROM.

DÜRR, J. W. Panorama da qualidade do leite na Região Sul (RS). In: BRITO, J. R. F.; PORTUGAL, J. A. B. (Ed.) *Diagnóstico da qualidade do leite, impacto para a indústria e a questão dos resíduos de antibióticos*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. p. 9-18.

DÜRR J. W. Programa nacional de melhoria da qualidade do leite: uma oportunidade única. In: DÜRR J. W., CARVALHO M. P., SANTOS, M. V. (Ed.) *O compromisso com a qualidade do leite no Brasil*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2004. p. 38-55.

GONZALES, H.L. et al. Avaliação dos sistemas de produção e meses do ano sobre a qualidade do leite. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. *Anais...* CD-ROM.

GONZÁLEZ, F.H.D.; CAMPOS, R. O leite como indicador metabólico-nutricional em vacas. *A Hora Veterinária*, v. 22, p. 36-38, 2003.

HURLEY, W. L. *Lactation biology website*. Disponível em: <<http://classes.aces.uiuc.edu/AnSci308/>>. Acesso em: 21 ago. 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 10 jan. 2004.

KRUG, E. E. *Sistemas de produção de leite: identificação de benchmarking*. Porto Alegre: Pallotti, 2001. 256p.

MARTINS, P. R. G. et al. Avaliação da produção e qualidade do leite conforme o sistema de produção nos meses de setembro a dezembro de 2001 no Sudeste de RS. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. 2002, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM.

MATOS, R. S. et al. Estudo de alguns fatores de meio sobre as produções de leite e gordura da raça Holandesa do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. 1 CD-ROM.

MACHADO, P. F.; PEREIRA, A.R.; SARRIES, G.A. Composição do leite de tanques de rebanhos brasileiros distribuídos segundo sua contagem de células somáticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, p. 1883-1886, 2000.

MACHADO, P. F. et al. Panorama da qualidade do leite na região Sudeste: São Paulo. In: BRITO, J. R.; PORTUGAL, J. A (Ed.) *Diagnóstico da qualidade do leite, impacto para a indústria e a questão dos resíduos de antibióticos*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. p. 39-48.

MANSON, S. *How the cow makes lactose*. Disponível em: <<http://www.western dairyscience.com>>. Acesso em: 17 jul. 2003.

MARQUES, L. T., BALBINOTTI, M., FISCHER, V. Variação da composição química do leite de acordo com a contagem de células somáticas. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE QUALIDADE DO LEITE E CONTROLE DE MASTITE, 2, 2002, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Fepale, 2002. 1 CD ROM.

MONARDES, H. Programa de pagamento de leite por qualidade em Quebec, Canadá. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DO LEITE, 1., 1998, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. p. 40-43.

NORO, G. et al. Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, p. 1129-1135, 2006.

OSTRENSKY, A. et al. Fatores de ambiente sobre o escore de células somáticas no leite de vacas da raça Holandesa do Paraná. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000.

PERES JUNIOR, F. et al. Proteína, gordura e lactose em amostras de leite de tanques. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM.

PHILPOT, W. N. Importância da contagem de células somáticas e outros fatores que afetam a qualidade do leite. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DO LEITE, 1, 1998, Curitiba. *Anais...* Curitiba: UFPR, 1997. p. 28-35.

PHILPOT, W. N., NICKERSON, S. C. *Vencendo a luta contra a mastite*. São Paulo: Milkbuzz, 2002. 188p.

RIBAS, N. P. et al. Estudo dos efeitos de meio ambiente sobre características produtivas de vacas da raça Holandesa no Estado do Paraná. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p. 33.

RIBAS, N. P.; ALMEIDA, R.; MARCONDES, E. A. Estudo de alguns fatores de meio sobre as produções de leite, gordura e proteína em vacas da raça Jersey no Estado do Paraná. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SBZ, 1999 p. 159.

RIBAS, N. P. et al. Produção diária de leite, porcentagens de gordura e proteína em vacas da raça Holandesa no Estado do Paraná. *Revista Batavo*, v. 8, p. 26-33, 2001.

RIBAS, N. P.; PAULA, M. C.; ANDRADE, U. V. C. Contagem e escore de células somáticas em amostras de leite de tanques nos Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. *Revista Batavo*, n. 113, p. 31-36, maio 2002.

RIBAS, N. P. et al. Sólidos totais em amostras de leite de tanques nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. In: BRITO, J.R.; PORTUGAL, J. A (Ed.) *Diagnóstico da qualidade do leite, impacto para a indústria e a questão dos resíduos de antibióticos*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. p. 19-26.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. 2º Curso on-line de qualidade do leite. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br>> Acesso em: 20 abr. 2002.

SCHMIDT, G. H. *Biología de la lactación*. Zaragoza: Acribia, 1971. 307p.

SOUZA, M. R. et al. Somatic cell count and physical chemical parameters of individual raw milk from Minas Gerais State – Brazil. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9, 2003, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: World Association Production, 2003. 1 CD-ROM.

STOCK, L. A.; COTTA, R. *Custos do leite no mundo*. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br>>. Acesso em: 25 fev. 2004.

SUTTON, J. D. Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science*, v. 72, p. 2801-2814, 1989.

YAMAGUCHI, L. C. T. et al. Dinâmica da produção de leite no Brasil: período 1990-2004. In: CONGRESSO PANAMERICANO DO LEITE, 9, 2006, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Fepale, 2006. p. 527-530.

ZOCCAL, R.; CHAIB FILHO, H.; CASSALES, F. L. G. Tendências da produção de leite no Brasil. In: CONGRESSO PANAMERICANO DO LEITE, 9, 2006, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Fepale, 2006. p. 51-55.

Apêndice

Tabela 1: Produção e composição do leite com relação à contagem de células somáticas (CCS) em rebanhos da raça Holandesa, no Rio Grande do Sul (Noro et al., 2006)

CCS (mil/mL)	Nº de dados	Produção (L/vaca/dia)	Gordura (%)	Proteína (%)	Lactose (%)
0-17	30.356	21,44 ^a	3,40 ^f	3,00 ⁱ	4,64 ^b
18-34	1.063	20,92 ^b	3,48 ^e	3,08 ^{d,e}	4,69 ^a
35-70	10.702	20,46 ^c	3,49 ^{d,e}	3,06 ^e	4,60 ^c
71-140	30.533	19,55 ^d	3,54 ^{b,c,d}	3,10 ^d	4,57 ^d
141-282	35.321	18,58 ^{f,g}	3,59 ^{a,b}	3,15 ^c	4,51 ^e
283-565	28.115	18,02 ^h	3,61 ^a	3,19 ^b	4,45 ^f
566-1.130	16.426	18,39 ^{g,h}	3,58 ^{a,b,c}	3,20 ^{a,b}	4,39 ^g
1.131-2.262	8.030	19,24 ^{d,e}	3,54 ^{b,c}	3,19 ^b	4,35 ^h
2.263-4.525	3.494	19,21 ^{d,e}	3,52 ^{c,d,e}	3,20 ^b	4,30 ⁱ
>4.525	1.227	18,89 ^{e,f}	3,56 ^{a,b,c}	3,22 ^a	4,23 ^j

Médias com letras diferentes entre linhas têm diferença significativa ($p < 0,05$).

Tabela 2: Produção e composição do leite, com relação ao estágio da lactação, em rebanhos da raça Holandesa no Rio Grande do Sul (Noro et al., 2006)

Estágio da lactação (dias)	Nº de dados	Produção (L/vaca/dia)	Gordura (%)	Proteína (%)	Lactose (%)
< 60	30.332	23,94 ^a	3,42 ^c	2,99 ^c	4,58 ^a
61-120	32.586	21,97 ^b	3,39 ^d	2,95 ^d	4,58 ^a
121-220	51.563	18,68 ^c	3,53 ^b	3,10 ^b	4,51 ^b
>220	50.786	15,63 ^d	3,71 ^a	3,32 ^a	4,45 ^c

Médias com letras diferentes entre estágios têm diferença significativa ($p < 0,05$).

Tabela 3: Produção e composição do leite, nos diferentes meses do ano, em rebanhos da raça Holandesa, no Rio Grande do Sul (Noro et al., 2006)

Mês	Nº de dados	Produção (L/vaca/dia)	Gordura (%)	Proteína (%)	Lactose (%)
Janeiro	13.827	18,48 ^e	3,41 ^{g,h}	3,04 ^e	4,49 ^d
Fevereiro	12.747	18,52 ^e	3,45 ^{f,g}	3,07 ^d	4,47 ^e
Março	13.172	17,86 ^f	3,50 ^d	3,10 ^c	4,46 ^e
Abril	13.240	18,04 ^f	3,62 ^b	3,15 ^b	4,46 ^e
Mai	13.413	18,70 ^{d,e}	3,70 ^a	3,17 ^a	4,50 ^d
Junho	14.369	19,66 ^c	3,68 ^a	3,17 ^a	4,55 ^b
Julho	15.873	20,94 ^b	3,63 ^b	3,17 ^a	4,55 ^b
Agosto	13.338	21,42 ^a	3,56 ^c	3,17 ^a	4,60 ^a
Setembro	13.741	21,02 ^b	3,55 ^c	3,18 ^a	4,55 ^b
Outubro	14.230	19,70 ^c	3,48 ^{d,e}	3,12 ^c	4,54 ^b
Novembro	14.146	18,83 ^d	3,45 ^{e,f}	3,06 ^{d,e}	4,52 ^c
Dezembro	13.171	18,72 ^{d,e}	3,40 ^h	3,02 ^f	4,51 ^c

Médias com letras diferentes entre meses têm diferença significativa ($p < 0,05$).

Tabela 4: Produção e composição do leite, com relação à idade ao parto, em rebanhos da raça Holandesa no Rio Grande do Sul (Noro et al., 2006)

Idade ao parto (meses)	Nº de dados	Produção (L/vaca/dia)	Gordura (%)	Proteína (%)	Lactose (%)
20-32	37.803	18,09 ^f	3,51 ^c	3,10 ^d	4,61 ^a
33-45	36.225	19,28 ^d	3,53 ^b	3,14 ^a	4,54 ^b
46-58	28.566	20,16 ^c	3,53 ^b	3,13 ^b	4,49 ^c
59-71	21.891	20,57 ^a	3,54 ^c	3,12 ^{b,c}	4,47 ^d
72-84	15.212	20,43 ^b	3,55 ^b	3,12 ^c	4,45 ^f
>85	25.570	18,78 ^e	3,58 ^a	3,12 ^{b,c}	4,46 ^e

Médias com letras diferentes entre linhas têm diferença significativa ($p < 0,05$).

C A P Í T U L O 2

Composição do leite: uma perspectiva desde o trópico*

Pastor Ponce Ceballo

O leite como atividade estratégica para os países em desenvolvimento

A produção mundial de leite no ano 2005 foi da ordem de 622 milhões de toneladas. O mercado internacional é apenas 7% desse total, sendo dominado basicamente pela União Europeia e Oceania (Nova Zelândia e Austrália) (Capellini, 2006). Uma caracterização geral da situação atual do setor com ênfase na América Latina e no Caribe pode ser resumida nos seguintes elementos:

- crescimento sustentado em dez anos, embora com forte dependência do mercado internacional;
- produção fracionada com tendência à integração;
- importante peso do mercado marginal e de produtos artesanais com ênfase em queijos;
- concentração, reconversão e modernização da indústria;
- procura de maior valor agregado e novos produtos com propriedades específicas;
- procura de baixo custo de produção sobre sistemas pastoris;

* Tradução de Félix H. D. González, professor Associado da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

- aproveitamento da biomassa para não concorrer com cereais/grãos;
- diminuição de preços ao produtor em países com políticas para exportação;
- diminuição de subsídios;
- liberalização do mercado;
- melhoramento no manejo da ordenha, conservação e coleta do leite vinculado a novas e maiores exigências ao pagamento por qualidade;
- concorrência baseada na produção e qualidade incluindo altos rendimentos de leite e sólidos por hectare;
- sistemas de manejo e genótipos flexíveis a mudanças no mercado leite/carne;
- capacidade de competir em nível local: posicionamento, preços, cultura.

A maior parte dos países situados na faixa tropical do planeta é dependente, em certa medida, do mercado externo e não é autossuficiente. Entretanto, grande parte da população rural e parte da urbana, em zonas agrícolas, dependem da atividade leiteira. Ao considerar o leite como uma atividade sensível em termos socioeconômicos, muitos países desenvolvidos, diferentemente dos menos desenvolvidos, têm realizado políticas de proteção a esse setor, cuja tradução mais clara são os altos subsídios.

Contudo, as condições existentes no trópico, caracterizado por sistemas pastoris com ampla disponibilidade de biomassa durante todo o ano, o desenvolvimento de genótipos adaptados a essas condições e a força de trabalho mais barata fazem com que essas zonas tenham um alto potencial leiteiro (García López, 2003; Vilela; Resende, 2004, Ponce et al., 2006).

A América Latina e o Caribe possuem grandes possibilidades para o desenvolvimento da produção leiteira e, de fato, já existem países que são exportadores ou autossuficientes, como Argentina, Uruguai, Chile, Brasil, Colômbia e Costa Rica, os

três últimos situados totalmente ou em parte em região classificada como trópico. Isso está fundamentado pelas vantagens que oferecem à produção em pastos tropicais com mínimo de insumos e sistemas de manejo simples, o que possibilita à produção a baixo custo, mais que por altos rendimentos por animal (Ponce, 2004; Clausen, 2006). Dessa forma, a qualidade da matéria-prima constitui fator essencial de sucesso de qualquer empresa leiteira. Não se trata apenas de obter leite de alta qualidade higiênico-sanitária, mas também com elevada riqueza nos seus componentes, fundamentalmente proteínas e gordura.

O leite na alimentação humana

O leite continua sendo um dos alimentos mais simples e completo. Contudo, nos países com grande disponibilidade deste produto ocorreram importantes mudanças nos hábitos alimentares, tais como diminuição no consumo de manteiga e leite fluido e aumento nos produtos concentrados e fermentados, seu peso total na dieta tem incrementado. Nesses países, o leite e seus derivados cobrem mais de 20% das necessidades energéticas, 25% de proteínas e mais de 50% de cálcio (Kennelly et al., 1999). Contrariamente, os países subdesenvolvidos registram baixo consumo *per capita* devido, entre outras razões, à pouca disponibilidade de produto, alto custo em relação à capacidade de compra e falta de hábitos alimentares. Nessas regiões existem mais de 20% de pessoas desnutridas com carências básicas de proteínas, vitaminas e minerais, dos quais o leite é fonte importante (Tabela 1). Por isso, a necessidade de desenvolvimento do setor leiteiro nesses países ultrapassa a importância estritamente comercial.

Tabela 1: Composição do leite em diferentes espécies de mamíferos

Espécie e bovinos de diferentes raças	Composição (%)				
	Gordura	Proteína	Lactose	Cinzas	Sólidos totais
Pardo-Suíço	4,0	3,6	5,0	0,7	13,1
Holandês	3,5	3,1	4,9	0,7	13,3
Zebu	4,9	3,9	5,1	0,8	14,7
Jersey	5,5	3,9	4,9	0,7	15,0
Cabra	3,5	4,9	4,6	0,79	12,0
Ovelha	5,3	5,5	4,6	0,9	16,3
Búfala	10,4	5,9	4,3	0,8	21,5
Égua	1,6	2,7	6,1	0,51	11,0
Mulher	4,5	1,1	6,8	0,2	12,6

Fonte: Cervantes (2005), adaptada de Bremel; Jensen (1995).

Embora a lactação tenha indiscutível importância para o recém-nascido e seja ressaltada a importância desta prática para a sua saúde, calculado sobre um aporte similar de energia, o leite de vaca é superior ao da mulher na maior parte dos nutrientes (Tabela 1). Muitas das limitações ao consumo, tais como conteúdo de colesterol na gordura, intolerância digestiva à lactose e problemas alérgicos provocados por algumas proteínas, estão sendo resolvidas pelos próprios avanços tecnológicos da indústria (Bong Jensen, 2006; Berterreche, 2006). A produção de leite fluido com baixa gordura, a hidrólise parcial da lactose com micro-organismos lactofermentadores, o uso industrial de enzimas, a fabricação de leite enriquecido e a presença de novos produtos prebióticos e probióticos que controlam algumas doenças e melhoram a saúde são alguns exemplos.

O valor econômico da composição físico-química do leite

Embora a composição referida em termos de gordura, proteína, carboidratos, minerais e vitaminas não varie muito no leite dos principais mamíferos domésticos, essas pequenas variações têm importante significado econômico para a indústria

láctea. A diminuição em 0,5% nos sólidos totais ou 0,1% no teor de proteína significa uma diferença de 5 t de leite em pó ou 1 t de queijo por milhão de litros processados, respectivamente (Ponce, 2004). No caso dos países que pagam o leite de acordo com o valor em peso de sólidos, como Nova Zelândia, Austrália, Uruguai, Argentina e a maior parte dos países da Europa, o maior valor de todos os componentes é para as proteínas, essencialmente caseína, e para a gordura (Tabela 2).

Apesar de existirem múltiplos relatos da composição média do leite de vaca, do ponto de vista prático devem-se considerar as amplas variações existentes entre raças, ambientes e estado fisiológico dos animais. O conhecimento e manejo desses fatores constituem a base da possível manipulação de alguns dos componentes de maior peso econômico.

Tabela 2: Valor monetário relativo dos componentes lácteos

Componente	Valor relativo (%)
Proteína bruta	66
Proteínas séricas	8
Caseínas	58
Gordura	28
Lactose	5
Minerais	1

Fonte: López-Villalobos; Garrit (2004)

Os estudos de caracterização da composição láctea realizados em países desenvolvidos (Europa, Estados Unidos e Canadá) nas décadas de 1960-90 têm sido utilizados comumente como valores de referência nos países do trópico, mas isso não significa que a resposta deva ser similar em todos os casos e condições. Por isso, é necessário o estudo dos indicadores normativos para cada país e zona, inclusive dentro do mesmo país. O crescimento sustentado do leite em tais áreas impõe a necessidade de aprofundar nesse aspecto.

Na América Latina, a composição do leite ainda não é um fator de considerado quando se remunera por qualidade, exceto naqueles países e empresas líderes no continente. As justificativas para tal são:

- os componentes ainda não constituem elementos básicos nos sistemas de pagamento por qualidade;
- a tecnologia analítica é cara;
- a relação entre o teor de sólidos e seu significado produtivo e econômico é pouco conhecida;
- a existência de rebanhos rústicos e de baixos rendimentos diminui os efeitos visíveis do problema.
- sobre este tema existem múltiplos questionamentos ainda não esclarecidos sobre uma base científica, seja porque não se aborda o tema de maneira integral, seja porque os dados não são representativos de uma zona ou país:
 - Os sistemas de manejo em pastos tropicais garantem uma adequada composição láctea?
 - As raças e cruzamentos com alto nível de rusticidade apresentam elevado conteúdo de sólidos no leite?
 - Relaciona-se a existência de baixos níveis produtivos diretamente com altos níveis de sólidos, basicamente gordura e proteína?
 - É verdade que existem poucas variações nas características físico-químicas do leite nas condições do trópico?
 - Qual raça ou cruzamento combina melhor volume de leite e rendimento em sólidos totais?

O desenvolvimento deste capítulo tem por objetivo uma aproximação a essa problemática, de grande importância prática nas condições de países do trópico e subtropico úmido do continente, com ênfase nas experiências de Cuba e México.

Raças, seleção genética e composição láctea

Geralmente, as raças de maior capacidade produtiva mostram menor concentração nos componentes lácteos. Dentro das raças especializadas *Bos taurus*, as vacas das raças Holandesa e Jersey encontram-se em extremos opostos, sendo o leite da primeira, com menor conteúdo de sólidos, destinado ao consumo como leite fluido, e da segunda, com maior teor de sólidos, à obtenção de manteiga, queijos e outros derivados. Os animais *Bos indicus*, como os zebuínos e outras raças nativas de países tropicais, como o tipo “criollo” (crioulo), têm menor produção, mas alto conteúdo de sólidos (Ponce; Bell, 1986; Cervantes, 2005). A utilização dessas diferenças inter-raciais constitui uma alternativa para melhorar o rendimento e a composição do leite. A utilização da raça Holandesa em cruzamentos com zebuínos em zonas tropicais e com Jersey nas regiões temperadas é exemplo dessas estratégias (Lopez et al., 1990).

Do ponto de vista genético, existe uma contradição biológica entre a seleção direta por volume total de leite e pela sua concentração. Embora a herdabilidade das características relacionadas a concentrações de gordura e proteína seja considerada de média a alta (0,4-0,7), as correlações genéticas e fenotípicas com os rendimentos (em quilos de leite) são negativas. Enquanto a variabilidade da produção é alta, e por isso oferece maiores possibilidades de seleção, a dos componentes é baixa, porém estável. Por isso, aceita-se como mais conveniente selecionar por produção de leite e rendimentos em sólidos do que por seus componentes percentuais. Contudo, a formação de índices de seleção para melhorar os componentes é uma boa alternativa sempre que exista uma justificativa econômica e esteja vinculada com sistemas de pagamento do leite e com interesses da indústria.

O crescente interesse por essa seleção expressa que muitos países de pecuária desenvolvida incluíam esses critérios nos índices de seleção de rebanhos de elite, fundamentalmente em proteínas, gordura e sólidos. Uma tendência crescente é a inclusão do polimorfismo molecular das proteínas lácteas, uma vez que existe associação entre alguns alelos, como da kappa-caseína B, com maior concentração de proteínas e melhor coagulação do leite (Cervantes, 2005; Uffo, 2006).

Nas condições do trópico, existe uma grande indústria artesanal de queijos com interesse em obter maiores rendimentos por quilo de leite. A produção é basicamente sazonal, o que leva a um crescente interesse pela desidratação do excedente em uma parte do ano, e durante os últimos vinte anos têm sido introduzidas raças altamente especializadas, que mudaram o padrão de composição do leite para menor conteúdo de sólidos.

O animal que combina o melhor desempenho bioprodutivo e econômico seria aquele que reúne as seguintes características: boa reprodução, boa saúde produtiva não só em termos de doenças infecciosas, mas também metabólicas e da lactação (mastite), longa vida útil e alto rendimento em quilo de sólidos, basicamente proteínas/litro de leite e total por hectare, para as condições dadas, relacionado com a rentabilidade do sistema.

A estratégia de desenvolvimento genético leiteiro dos últimos quarenta anos em Cuba esteve voltada, de uma parte, à obtenção de animais da raça Holandesa puros e por absorção com Zebu (Holandês tropical) e, de outra, à geração de novos genótipos entre Holandesa e Zebu, considerando as possíveis vantagens da complementação entre ambas. Uma premissa inicial desse programa foi o melhoramento do potencial leiteiro pelo uso de sêmen e fêmeas Holandesas procedentes de Canadá, em finais da década de 1960 e início da de 1970, e a aplicação da infraestrutura tecnológica indispensável para a aplicação do programa (Ponce, 1985; Évora; Guerra, 2005).

Tabela 3: Composição do leite de vacas Holandesas, Zebu e cruzamentos em Cuba*

Indicador	Holandesa	3/4H-1/4Z	5/8H-3/8Z	F ₁ (H – Z)	3/4Z-1/4H	Zebu
Proteína	3,00	3,30	3,42	3,52	3,54	3,83
Gordura	3,32	3,66	4,01	4,00	4,08	4,39
Lactose	4,56	4,62	4,62	4,44	4,50	4,85
Sólidos não gordurosos	8,26	8,62	8,74	8,66	8,76	9,43
Sólidos totais	11,58	12,28	12,75	12,66	12,84	13,82
Cálcio	108,70	117,50	115,2	120,4	118,6	136,00
Fósforo	82,60	90,13	94,80	92,40	90,00	103,00
Magnésio	10,00	11,70	11,60	11,50	13,00	13,84
Sódio	46,00	46,70	46,70	57,70	53,90	55,90
Potássio	166,70	166,10	155,20	137,70	130,40	143,90

* Componentes em g%, exceto minerais em mg%. Dados de 460.800 lactações.

Fonte: Ponce et al. (2001).

Os resultados, até início da década de 1990, indicaram um forte efeito racial sobre os componentes lácteos, ascendente desde a Holandesa, com menores valores percentuais, até o Zebu, com os máximos valores, para os indicadores gordura, proteína e sólidos totais (Tabela 3).

Os cruzamentos apresentaram valores intermediários, conforme a proporção de genes Holandeses na sua composição genética. Entretanto, os rendimentos produtivos foram inversos: o Zebu e o cruzamento 3/4 Zebu tiveram rendimentos abaixo de 2.000 kg/lactação, ao passo que a Holandesa e o Siboney de Cuba apresentaram números variáveis, mas com médias que ultrapassaram 3.500 kg/lactação. Nesse sentido, o cruzamento 5/8H-3/8Z, base do Siboney de Cuba, e esta própria raça estabilizada por cruzamento *inter se* combinaram maior volume e rendimento em sólidos, ao que se somam vantagens no desempenho reprodutivo e sanitário para as condições de manejo em pastos de seca e mínima suplementação.

Com relação ao conteúdo mineral do leite, bastante estável, é mais afetado por fatores fisiológicos ou por transtornos na glândula mamária, quer pela raça, quer pela alimentação.

Contudo, os resultados (Tabela 3) indicam baixa concentração de Ca, P e Mg em vacas Holandesas e menores de K no Zebu e cruzamentos próximos. Embora nos períodos de maior demanda de minerais os próprios depósitos orgânicos supram, se esses são prolongados e existem dificuldades no equilíbrio na dieta e na absorção intestinal, teoricamente isso pode se refletir nesses componentes.

Um estudo comparativo dos componentes lácteos durante trinta anos indica uma depressão nas concentrações de proteína e gordura em vacas Holandesas (Ponce et al., 2006). Considerando que essa comparação foi realizada nas mesmas fazendas, as causas dessa depressão parecem estar relacionadas com a deterioração progressiva nas condições de alimentação e manejo dos animais na última década, com manejo exclusivo com pastos tropicais e ausência de suplementos concentrados. Nesse sentido, na primeira etapa, os rebanhos correspondem a animais importados de alto valor genético ou suas primeiras gerações em Cuba (Holandês) e das populações bases do Siboney (5/8 Holandês) ou Mambí de Cuba (3/4 Holandês), enquanto que, na segunda e terceira etapas, correspondem a animais de várias gerações de cruzamento *inter se* em processo de estabilização genética, cujas produções têm sido geralmente menores que nos cruzamentos bases.

É significativo o fato de que as vacas Holandesas apresentaram concentrações de proteína total abaixo de 3% desde a década de 1980 até hoje, o que não corresponde ao estabelecido para este tipo de animal no trópico nem ao relatado em outras regiões (Rearte, 1993). Uma forma de aumentar a qualidade nutricional do leite em gado especializado tem sido o incremento do grau de rusticidade mediante maior participação de Zebu e Criollo ou por incremento dos rendimentos por seleção destes últimos para produção de leite. Alguns resultados bioprodutivos dos rebanhos Siboney de Cuba são mostrados na Tabela 4, observando-se um bom desempenho integral, uma vez que

combinam rendimentos de 3.000 kg de leite/lactação e adequado comportamento reprodutivo, considerando que são animais em pastos sem suplementação e rendimentos em proteína e gordura de 110 kg e 135 kg, respectivamente, por lactação.

Os estudos realizados nas sete principais bacias leiteiras de Cuba demonstraram claramente que, ao menos para as condições do trópico cubano e referido a sistemas de manejo em seca em gramíneas tropicais sem suplementação de concentrados, a vaca de tipo Holandês e cruzamentos mais próximos apresentam uma composição láctea abaixo do relatado em países temperados para esta raça, sem compensação em rendimentos produtivos e, portanto, em quilos de sólidos por lactação.

Tabela 4: Características do rebanho Siboney de Cuba

Parâmetro	Valor
Incorporação	20,7 meses
Idade ao primeiro parto	28-30 meses
Intervalo entre partos	408 dias
Dias de lactação	263-293
Produção de leite/dia	8,4 kg
Produção de leite total	3.049- 3.502 kg
Produção de leite/vida	17.183 kg
Gordura	4,1% (135 kg)
Proteína	3,2-3,4% (110 kg)

Fonte: García (2003), CENCOP (2003)

Cervantes (2005) relata um estudo de caracterização da composição láctea na região de Veracruz nas condições do trópico mexicano (Tabela 5). Em termos percentuais, encontrou diferenças entre genótipos, menos pronunciados em valores absolutos que os relatados em Cuba e geralmente mais altos para Zebu e Criollo, com menores valores para os animais especializados Holandês e Pardo-Suíço. A relação entre rendimentos no leite e sólidos mostrou comportamento interessante, pois a melhor combinação entre volume de leite e sólidos, com ênfase em pro-

teínas, encontra-se no Pardo-Suíço e nos cruzamentos Holandês x Zebu e Criollo x Pardo-Suíço, e não em nenhum dos extremos (Holandês, Zebu, Criollo).

Os maiores rendimentos em caseína correspondem ao Pardo-Suíço e ao cruzamento HxC. Entretanto, a maior produção de leite foi da Holandesa. Por isso, não parece conveniente para o trópico ter rebanhos muito rústicos como Zebu e Criollo, com altas concentrações de sólidos no leite, mas com rendimentos muito baixos, nem o inverso, ou seja, vacas de alta produção.

Tabela 5: Concentrações médias dos componentes lácteos e produção por raça no México

Raça	G (%)	PB (%)	C (%)	C/PB	L (%)	SNG	ST	Produção (kg/dia)
Holandesa	3,46 ^{c, b}	3,35 ^c	2,45 ^{d, e}	76,50 ^{d, c}	4,54 ^e	8,37 ^d	11,96 ^d	13,49 ^a
Pardo-Suíço	3,43 ^c	3,24 ^d	2,4 ^e	72,85 ^e	4,69 ^b	8,59 ^c	12,00 ^d	8,01 ^b
Zebu	3,45 ^c	3,30 ^c	2,68 ^b	78,35 ^a	4,86 ^a	9,08 ^a	12,98 ^a	4,64 ^e
HC	3,39 ^c	3,20 ^d	2,47 ^d	76,20 ^d	4,64 ^{c, d}	8,56 ^c	12,23 ^c	5,86 ^c
SC	3,53 ^b	3,42 ^b	2,59 ^c	77,42 ^a	4,67 ^{c, b}	8,71 ^b	12,45 ^b	5,14 ^d
CLT	3,86 ^a	3,82 ^a	2,93 ^a	76,68 ^c	4,61 ^d	9,10 ^a	13,04 ^a	3,43 ^f

Fonte: Cervantes (2005).

Médias com a mesma letra por colunas não têm diferença significativa (prova de Duncan). Inclui 3740 lactações. SNG = sólidos não gordurosos. ST = sólidos totais. HC = Holandês x Criollo. SC = Pardo-Suíço x Criollo. CLT = Criollo Leiteiro Tropical. G = gordura, PB = proteína bruta; C = caseína; L = lactose; SNG = sólidos não gordurosos; ST = sólidos totais.

Uma situação ideal seria o incremento do desempenho produtivo desses genótipos rústicos, mantendo uma elevada composição.

A seleção do Zebu com características leiteiras, tais como Sahiwal na Austrália ou Gir leiteiro no Brasil, e cruzamentos como Girolando e Siboney têm se mostrado como uma boa opção para o trópico ao combinar rendimentos e elevada composição do leite (Ponce; Bell, 1986, Teodoro; Verneque, 2002, Da Silva et al., 2004).

Também a seleção de animais tipo Criollo para leite, como o Carora na Venezuela, tem demonstrado alta capacidade para combinar excelente produção e rendimentos em sólidos.

Em resumo, destacam-se dois elementos básicos: por um lado, qualquer análise sobre desempenho produtivo de uma raça ou cruzamento no trópico deve incluir tanto a composição percentual de sólidos como seu rendimento, com ênfase na proteína total, caseína e sólidos totais; por outro, as raças especializadas, como Holandesa, ou rústicas, como Zebu e Criollo, sem seleção genética prévia ou algum melhoramento, não combinam adequadamente produção de leite e rendimento. É conveniente estabelecer os indicadores de referência para cada país e, inclusive, para a zona tropical num mesmo país, pois as diferenças podem ser significativas.

A alimentação: um fator decisivo sobre a composição láctea no trópico

As pastagens e forragens de gramíneas constituem a base da alimentação da vaca leiteira no trópico. Comumente, a baixa densidade de nutrientes e a pouca digestibilidade da fibra limitam o consumo de matéria seca e a capacidade para cobrir todas as necessidades durante o período de lactação. Nessas circunstâncias, reconhece-se que ocorre diminuição na produção leiteira e incremento no conteúdo de gordura, com poucas mudanças nos demais componentes, quando os efeitos não são profundos (Ponce, 1985). Esse comportamento está associado, em parte, à menor produção de precursores gliconeogénicos e ao aumento de acetato ruminal e lipomobilização, que geram maior disponibilidade de substratos para a síntese de gordura. Uma redução no conteúdo de gordura e nos demais sólidos ocorre quando existe uma condição de baixa digestibilidade dos alimentos fibrosos ou quando são utilizados alimentos volumosos de má qualidade, como são algumas silagens de gramíneas e pastos produzidas depois da época de colheita. Há uma diminuição do pH ruminal e alterações nos padrões de fermentação. Nesses casos, observa-

se uma perda importante da condição corporal das vacas leiteiras (Ponce et al., 2006).

Na Tabela 7 apresenta-se um resumo de vários estudos realizados em Cuba sobre a relação entre produção e composição láctea em vacas Holandesas e Siboney submetidas a diferentes sistemas de alimentação com dietas básicas de forragens tropicais em períodos de seca. As diferenças, tanto em produção de leite como em rendimento de sólidos, são significativas a favor dos sistemas de pastos fertilizados, banco de leguminosas e combinação de forragens de qualidade com suplementação de alimentos concentrados. É importante destacar que as baixas produções de leite, entre 4-8 kg/vaca/dia ou menos de 2.000 kg/lactação, não estiveram acompanhadas de altas concentrações de proteína nem de sólidos não gordurosos, pelo contrário. Por isso, os rendimentos em quilo de sólidos também foram muito baixos. Esta guia é apenas um elemento indicativo no caso de Cuba e outros países da região, mas pode ser aplicada a outros sistemas e dietas básicas para cada país e situação específica.

Embora sejam múltiplos os fatores que devem ser considerados para uma análise da relação entre alimentação e composição, na prática os resultados anteriores constituem parte do conhecimento empírico que possuem os produtores e a indústria láctea nas áreas do trópico sobre a resposta das diferentes dietas/sistemas de alimentação.

Um conjunto de pesquisas controladas, realizadas nos últimos vinte anos pelo Centro de Pesquisas para o Controle da Qualidade do Leite e Derivados Lácteos (Cenlac) do Centro de Sanidade Agropecuária (Censa), em colaboração com o Instituto de Ciência Animal (ICA) e a Estação Experimental de Pastos e Forragens Indio Hatuey (Garcia et al. 2001; Simón, 2003; Hernández; Ponce, 2004), enfatiza a influência da alimentação sobre os componentes lácteos.

Os estudos de três genótipos leiteiros – Holandês, mestiços Holandês e Siboney de Cuba – foram comparados em um siste-

ma só de gramíneas, basicamente pasto estrela, e um sistema silvopastoril com a leguminosa arbustiva *Leucaena leucocephala* (leucena), observando-se uma melhor resposta produtiva e em composição láctea para os três genótipos no sistema silvopastoril (Hernández; Ponce, 2004). Isso está relacionado com maior balanço no aporte de proteína e energia e com a disponibilidade de alimentos no sistema silvopastoril, apenas de gramíneas, ao menos quando não se utiliza uma fonte importante de suplementos proteicos e energéticos. É interessante notar que, nessas condições, a raça Siboney de Cuba apresenta resposta superior ao Holandês quanto à composição de sólidos não gordurosos, embora com menor produção. Ponce e Bell (1986) compararam a resposta dos três grupos apenas em pastoreio de gramíneas com suplementação, mas com limitações em disponibilidade de forragens, observando melhores resultados em produção para Holandês, seguido de Siboney de Cuba e de mestiço Holandês (várias proporções).

Tabela 7: Comportamento de diferentes dietas básicas sobre a produção e composição láctea nas condições do trópico

Baixa produção de leite e baixos sólidos	Média produção de leite e altos sólidos
Pastos de seca Cana, bagaço, outros Silagens de gramíneas Sistema com baixo consumo de matéria seca	Pastos fertilizados Banco de leguminosas Silvopastoreio Combinação de forragens e suplementos concentrados
Produção de leite: 4-8 kg/vaca/dia < 2.000 kg/ha Proteína < 3,1%, gordura: 3,3-4,0% SNG: 8,0-8,4% 166 kg de SNG/ha em 2.000 kg	Produção de leite: 8-20 kg/vaca/dia 4.000-10.000 kg/ha Proteína > 3,2%, gordura > 3,7% Lactose > 4,7%, SNG > 8,4% 425 kg de SNG/ha em 5.000 kg 2 vezes a produção e 2,26 vezes sólidos

Nota: os estudos incluíram ao menos 100 vacas durante dois anos contínuos de observações
Fonte: Ponce et al. (1990).

Para avaliar o efeito das limitações em energia metabolizável sobre a composição láctea foi realizado um experimento com vacas Holandesas durante o período de seca, recebendo um grupo uma dieta balanceada a base de forragem e concentrado cobrindo o total dos requerimentos energéticos (102%) e outro grupo, uma dieta similar em composição, mas que só cobriu 71% dos requerimentos, mantendo-se ambos nesse regime durante os primeiros cem dias de lactação. As concentrações de lactose, cálcio e fósforo foram afetadas significativamente pelos baixos níveis de energia, o que também foi expresso em perda de peso corporal de 30 kg e diferenças produtivas próximas de 1,0 kg/dia. Essa situação ocorre de forma comum na maior parte dos rebanhos com vacas de altas necessidades nutricionais durante os períodos de seca, quando não há reservas de forragem nem suplementos concentrados.

Um estudo foi realizado em 120 vacas pertencentes à mesma propriedade, com três categorias, de acordo com a disponibilidade e qualidade dos pastos e demais alimentos, em boa, média e ruim (Tabela 8). Os resultados refletiram um comportamento similar ao descrito anteriormente quanto ao conteúdo de lactose, fósforo e magnésio.

Tabela. 8: Deficiências em energia/proteína sobre a produção/componentes de leite

Categoria	Produção de leite (kg/dia)	Lactose (g%)	Fósforo (mg%)	Magnésio (mg%)
Boa	20,1 ^a	4,8 ^a	87,6 ^a	10,0 ^a
Média	16,4 ^b	4,8 ^a	86,7 ^a	9,8 ^{ab}
Ruim	12,1 ^c	4,6 ^b	80,0 ^b	9,6 ^b

As categorias referem-se a cobrir as necessidades de energia/proteína em 103%, 87% e 70% por seis meses; balanço semanal de alimentação 36, 32 e 41 vacas em cada unidade, pastoreio rotacional e suplementos a partir de 5 kg de leite. Letras diferentes em colunas diferem significativamente ($p < 0,05$) (Villoch et al., 1991).

O rendimento de sólidos totais foi maior no rebanho em categoria boa, independentemente do conteúdo percentual, em virtude das diferenças em volume de leite produzido. As causas primárias das alterações nos componentes lácteos devem estar relacionadas com uma acentuada diminuição no consumo de matéria seca, má qualidade e digestibilidade da fibra e pobre aporte de energia nas dietas, ações que geralmente se invertem na época de chuva ao aumentar a disponibilidade de pastos. Uma expressão disso é a diminuição nas concentrações de lactose. Um estudo na região de Veracruz, no México, referido ao efeito da época, mostrou uma depressão significativa nas concentrações de lactose e sólidos não gordurosos, concordando com os estudos precedentes realizados em Cuba (Cervantes, 2005).

Chama a atenção que em todos os casos nos quais são identificados desbalanceamentos e carências na alimentação, ocorre redução de lactose, um componente altamente estável no leite, mas associado diretamente com as demandas energéticas da lactação (Cant et al., 2002; Vilote, 2002).

As possibilidades de dispor de reservas de alimentos derivadas de pastos (silagem, feno, forragem de corte) e fontes alternativas de alimentos durante a época de seca constituem uma premissa para o desenvolvimento pecuário nas áreas tropicais para tratar de melhorar a qualidade nesses alimentos. No caso de Cuba, os amplos volumes de alimentos derivados da agroindústria açucareira, o desenvolvimento de sistemas de pastoreio que permitam maior qualidade e disponibilidade de alimentos e a utilização de leguminosas mediante um cuidadoso manejo podem contribuir favoravelmente à obtenção de melhores rendimentos no leite com maior qualidade, sem necessidade de adquirir insumos caros no mercado internacional.

Aspectos fisiológicos da lactação no trópico

a. Curvas de lactação sobre produção e composição láctea

O estudo das curvas de lactação nos genótipos que formam parte do programa de desenvolvimento leiteiro de Cuba indica que, desde o cruzamento 5/8 Holandês até o Zebu, apresentam um pequeno pico de lactação característico, geralmente dentro das primeiras três semanas de lactação, bem como uma maior persistência, embora sem estar sempre relacionado com os níveis produtivos. Contudo, as curvas de lactação no Holandês foram mais características da raça e respondem ao volume de produção durante a lactação (Tabela 9).

As condições de alimentação relacionam-se com as características da curva de lactação, uma vez que, quando não são cobertos os requerimentos nutricionais de uma vaca leiteira, há mudanças no padrão de comportamento: diminuem os dias ao pico ou o pico não aparece e a curva é menos ondulada, tendendo à linearidade. Isso é expressão da incapacidade da vaca de cobrir as demandas de produção, o que é mais acentuado em animais de alta produção.

As curvas para os componentes maiores (gordura e proteína) seguem o padrão característico de uma depressão inicial, que se estende durante o primeiro terço da lactação e se eleva posteriormente, mas uma situação inversa ocorre com a lactose (Ponce; Bell, 1986). Entretanto, essas mudanças nunca são tão pronunciadas como ocorre em vacas de alta produção, o que se explica pelas relações inversas entre volume e composição relacionadas nesses animais (Ponce, 1988).

Tabela 9: Efeito do nível de produção de leite sobre a forma da curva de lactação em vacas Holandesas (Ponce, 1988)

Indicador	Menos de 3200 kg/lactação	Entre 3200 a 4500 kg/lactação	Mais de 4500 kg/lactação
a	2,95	2,71	2,59
b	-0,087	0,095	0,218
c	-0,0026	-0,005	-0,0046
Dias ao pico de lactação	13	22	47
Produção diária ao pico de lactação	16,9	18,48	25,44
Produção mínima	4,08	8,5	11,08

Há diferenças significativas em a, b, c entre as curvas. Animais com boa condição corporal e alimentação cobrindo os requerimentos de cada etapa da lactação

Para o caso dos minerais, tanto cálcio como fósforo apresentam-se elevados no início da lactação, diminuindo depois e aumentando ao final (Ponce, 1985, Ponce; Bell, 1986). Todavia, no caso do magnésio podem se encontrar concentrações baixas no primeiro terço da lactação e, posteriormente, um aumento sustentado até o final, pelo qual aparecem relações negativas com a produção láctea, similar ou maior ao observado para proteína e gordura. Isso parece estar relacionado com o importante papel que desempenha este elemento como cofator de diversas reações bioquímicas do metabolismo geral e da glândula mamária em particular.

Estudos recentes mostram diferenças nos parâmetros e na forma da curva de lactação entre genótipos no trópico mexicano, similar ao relatado em países temperados para Holandês, Zebu e cruzamento HxZ, mas não para Pardo-Suíço, Criollo e cruzamento PSxC, que apresentam alta persistência (Cervantes et al., 2006). Esses resultados indicam que a curva de lactação está afetada, em grande parte, pelas características raciais do animal e que o conceito de curva atípica em casos de adequado manejo deveria ser assumido como a expressão fisiológica de

um determinado genótipo no trópico, ao invés de ser interpretado em todos os casos como um problema de subalimentação ou pobre condição corporal. Em condições normais de saúde e alimentação, a capacidade genética para a produção de leite e a capacidade para mobilizar reservas corporais no primeiro terço da lactação são características distintivas entre grupos de animais.

O comportamento dos componentes lácteos para Pardo-Suíço foi publicado por Cervantes et al. (2006). Para as concentrações de proteína, caseína e gordura, observaram-se uma leve diminuição no início da lactação e um pequeno incremento no final, ocorrendo de maneira inversa na lactose. A análise das curvas individuais por genótipos não evidenciou diferenças entre eles. Os relatos mais frequentes indicam uma depressão dos componentes lácteos na primeira etapa da lactação e um aumento no final, concordando com as relações negativas existentes entre os rendimentos no leite e a composição percentual (Lopez-Villalobos; Garrick, 2004; De Groot; Keown, 2004).

De maneira geral, conclui-se que as vacas de raças mais rústicas, como Zebu, Criollo e cruzamentos de Holandês e Zebu, nas condições do trópico, apresentam curvas de lactação para produção e composição menos onduladas e mais persistentes que animais de alta produção de raças especializadas, como a Holandesa, o que pode estar relacionado com uma expressão fisiológica dos primeiros mais ajustada ao potencial produtivo e às condições ambientais. As condições de subalimentação em animais de alto potencial produtivo também alteram a forma da curva de produção láctea.

b. As relações entre os componentes lácteos e a produção de leite

Um aspecto de especial interesse é a procura de indicadores fisiológicos relacionados com mudanças na homeostase nos mecanismos da síntese/secreção do leite, no qual as inter-relações entre os componentes do leite podem ter algum significado. O

aparecimento de relação entre o conteúdo percentual de lactose com o volume de leite, por uma parte, e a relação entre os eletrólitos sódio, potássio, cloreto e destes com lactose associam-se com os mecanismos de regulação energética do tecido epitelial mamário (Smith; Taylor, 1977; Ponce; Bell, 1986).

Também a relação proteína/gordura pode indicar associação com as características da alimentação da vaca leiteira e o balanço de energia/proteína da ração. Os sistemas que cobrem os requerimentos no consumo de matéria seca, proteína e energia em vacas Holandesas (pasto estrela fertilizado combinado com alimento concentrado, pastoreio de gramíneas e banco de proteína com glicínia, sistema de silvopastoreio) apresentam uma relação próxima da unidade e não aparece relação entre o volume de leite e a concentração de lactose (Tabela 10), diferentemente dos sistemas que não cobrem os requerimentos (cana-de-açúcar e forragem como dieta básica, silagem de gramíneas, pastoreio de gramíneas em seca). Uma explicação para esse comportamento pode estar, no primeiro caso, no incremento relativo das concentrações da proteína total nos sistemas mais favorecidos, enquanto que o aparecimento de correlação entre lactose/produção nos sistemas que não cobrem os requerimentos deve ser uma expressão de alterações dos mecanismos de síntese e secreção do leite na glândula mamária.

Tabela 10: Índice proteína/gordura e correlação lactose-produção de leite em vacas submetidas a diferentes sistemas de alimentação como dieta básica

Sistema/índice	Proteína/gordura	Lactose/produção de leite
Estrela fertilizado	0,910	0,22 (não significativo)
Banco de glicínea	0,922	0,18 (não significativo)
Banco de <i>Leucaena</i>	1,022	0,19 (não significativo)
Forragem de cana-de-açúcar	0,855	0,50 (p < 0,0001)
Silagem	0,878	0,37 (p < 0,0001)
Pastoreio de seca	0,898	0,40 (p < 0,0001)

Fonte: Ponce et al. (2000).

É importante considerar que a síntese de lactose consome mais de 60% da glicose circulante na vaca leiteira e que, por sua vez, é o componente osmótico fundamental que regula o volume de leite produzido (Brew; Hill, 1975; Cant et al., 2002; Vilotte, 2004).

Os estudos sobre as relações entre os componentes osmóticos do leite no trópico cubano demonstraram que, em vacas Holandesas, as concentrações de lactose normalizam acima de 4,7%, somente quando as condições de alimentação se ajustam aos requerimentos e também quando diminuem os fatores de estresse por calor (ar condicionado), diferentemente das vacas a temperatura ambiente (32 °C) (Ponce; Bell, 1986). A análise entre as concentrações dos diferentes componentes osmóticos não expressaram correlação em vacas Holandesas puras e cruzamentos $\frac{3}{4}$ Holandesas com produções superiores a 15 litros/dia em épocas de calor e limitações nutricionais, o que ocorreu em vacas Zebu e cruzamentos próximos, com produções baixas (3-7 litros/dia) (Tabela 11). Do ponto de vista fisiológico, espera-se que as relações entre os eletrólitos no leite e entre estes e a lactose ocorram em diferente sentido como expressão da capacidade de regulação da iso-osmolaridade entre o sangue e o leite. Conforme o autor, esse comportamento indica a ocorrência de alterações nos mecanismos de regulação na glândula mamária e com a disponibilidade de energia, seja para a síntese de lactose, seja para o movimento de eletrólitos nos grupos mais sensíveis de vacas, como a Holandesa e o cruzamento $\frac{3}{4}$ Holandesa, cujas produções e demandas energéticas são maiores que no Zebu e cruzamentos.

Tabela 11: Correlações entre os componentes osmóticos do leite em vacas Holandesas, Zebu e cruzamentos

Grupo racial	Lactose-Sódio	Lactose-Potássio	Sódio-Potássio
Holandesa	-0,086 ^{ns}	-0,024 ^{ns}	0,14 ^{ns}
¾ Holandesa	-0,20 ^{ns}	-0,091 ^{ns}	0,15 ^{ns}
½ Holandesa	-0,31 ^{**}	0,02 ^{3*}	-0,25 ^{**}
¼ Holandesa	-0,404 ^{**}	0,162 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
Zebu	-0,68 ^{***}	0,47 ^{***}	-0,46 ^{***}

ns: não significativo, * p < 0,05, **p < 0,01, ***p < 0,001

c. Outros fatores fisiológicos

Com relação ao número de lactações, os dados sobre composição láctea não são consistentes. Geralmente, a primeira e segunda lactações apresentam um valor percentual maior em proteína, gordura e lactose e, conseqüentemente, de sólidos, embora essa tendência não seja clara em animais rústicos e cruzamentos entre *Bos taurus* e *Bos indicus* no trópico, o que pode ocorrer pelas diferenças na resposta produtiva por lactação, os efeitos do ambiente e a avançada idade em que frequentemente acontecem os partos. É comum observar uma diminuição nas concentrações de lactose e potássio e um incremento em sódio, cloretos e proteínas do soro com o avanço da idade das vacas, o que se associa às afecções por mastite e incremento da permeabilidade do tecido secretor.

A frequência e o tipo de ordenha influem sobre a composição físico-química do leite (Stelwagen, 2001; Cervantes, 2005). Geralmente, com a prática de uma única ordenha diária, observa-se maior conteúdo percentual de gordura e proteína que em duas ou mais ordenhas, embora não ocorram mudanças em lactose, minerais e outros componentes menores. Na ordenha manual apresenta-se maior composição que na mecânica, mas o fato se deve mais às diferenças em volume de leite do que a um fator intrínseco do animal. O fator mais importante do ponto de vista prático relaciona-se com as concentrações de gordura e

amamentação, pois o uso do terneiro para “escorrer” a vaca faz com que ele consuma a maior parte da gordura láctea que se encontra na última fração do leite na glândula mamária, o que deve ser considerado quando o pagamento é a base de gordura.

Referências bibliográficas

BANG J.N. Innovations in the production of fermented milks from the perspective of culture ingredients. In: *Industrialização: tendências e avanços do agronegócio do leite nas Américas*. Fepale-Embrapa- AGL. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE LEITE, 9, 2006, Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: FEPALE, 2006.

BERTERRECHE J. Las tendencias mundiales de nuevos productos del mercado de lácteos. In: *Economia e Mercado: tendências e avanços do agronegócio do leite nas Américas*. Fepale-Embrapa- AGL. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE LEITE, 9, 2006, Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: FEPALE, 2006.

BREW K., HILL R. L. Lactose biosynthesis. *Physiol. Biochem. Pharmacol.* v. 72, p. 105-157. 1975.

CANT J. P. et al. Milk synthetic response of the bovine mammary gland to an increase in the local concentration of arterial glucose. *Dairy Science*. v. 85, p. 494-503, 2002.

CAPELLINI, O. R. 2006. El mercado internacional de lacteos, barreras al libre comercio. In: *Economia e Mercado: Tendências e avanços do agronegócio do leite nas Américas*. Fepale-Embrapa- AGL. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE LEITE, 9., 2006, Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: FEPALE, 2006. p. 49-60.

CERVANTES A. P.; FERNANDEZ L.; PONCE P. Caracterización de las curvas de lactancia en producción y componentes mayores de la leche en diferentes razas y cruzamientos en las condiciones del trópico mexicano. *Rev Salud Anim.* 2006. No prelo.

CERVANTES P. Caracterización de la composición y producción láctea en vacas de diferentes genotipos en Veracruz, México. 2005. Tesis (Doctorado en Ciencias Veterinarias). CENSA, La Habana, Cuba. 2005.

CLAUSSEN S. New challenges for milk production-environment, animal confort and food safety. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE LEITE, 9, 2006, Porto Alegre. *Economia e mercado: tendências e avanços do agronegócio do leite nas Américas*. Fepale-Embrapa- AGL. Porto Alegre: Fepale, 2006. p. 95-112.

GARCÍA L. R.; GONZÁLEZ R.; PONCE P. Evaluación de un sistema de producción de leche con vacas Holstein en el trópico. *Cub. de Ciencia Agríc.* v. 35, n. 2, p. 121. 2001.

GARCÍA LÓPEZ R. *Preparándonos para un periodo prolongado de sequías*. Taller Nacional de Lechería, ACPA-Proyecto Cuba-Si, La Habana, Cuba. Libro de memorias. p.41-43. 2003.

HERNÁNDEZ R.R., PONCE P. C. Efecto del silvopastoreo como sistema sostenible de explotación bovina sobre la composición de la leche. *Liv. Res. Rural Dev.* v. 16, p. 6-7. 2004.

KENNELLY J. J.; GLIMM, D.R. ; OZIMEK, L. Milk composition in the cow. In: CORNELL NUTRITION Conference for Feed Manufacturers. 1999. Rochester. *Proceedings*. Rochester, 1999.

LÓPEZ D.; GUTIÉRREZ M.; PÉREZ M. Comportamiento productivo del genotipo Siboney de Cuba. *Memorias ALPA*, Abs. 209. 1990.

LOPEZ-VILLALOBOS N.; GARRICK D. J. Genetic improvement of New Zealand dairy cattle. In: PANAMERICAN DAIRY CONGRESS, 8., Flórida, 2004. *Proceedings*. Florida: Fepale, 2004.

PONCE, P.; CERVANTES, P.; HERNÁNDEZ, R. Influencia del manejo y genotipo sobre las características de la lactancia en las condiciones del trópico. In: Produccion Primaria: Tendências e avanços do agronegócio do leite nas Américas. Fepale-Embrapa- AGL. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE LEITE, 9., 2006, Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: Fepale, 2006.

PONCE P. Estudio de la lactancia en vacas de los cruces 5/8H – 3/8C y 3/4H-1/4C en condiciones de Cuba. 128f. Tesis (Doctorado en Ciências). ISCAH. La Habana, 1985.

PONCE P. Relación entre el nivel de producción láctea y forma de la curva de lactancia. Efecto de factores no genéticos. *Salud Animal*, v. 10, p. 344-350. 1988.

PONCE P. Costos, precios y rentabilidad en la lechería tropical. *Revista ACPA*, v. 2, p. 50-51. 2004.

PONCE P., BELL L. Estudio de la lactancia en vacas de la raza Holstein, Cebú y sus cruces en Cuba. *Salud Anim.* v. 8, n. 1, p. 73-88. 1986.

PONCE P.; HERNÁNDEZ R. Propriedades físico-químicas do leite e sua associação com transtornos metabólicos e alterações na glândula mamária. In: *USO do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

PONCE P. et al. Influencia de varios sistemas de alimentación sobre

la composición láctea: Informe final al programa. *Acad. Ciencias de Cuba*. 1990.

REARTE D. H. *Alimentación y composición de la leche en los sistemas astoriles*. Balcarce, Argentina: CERBAS, INTA, 1993.

SIMÓN L. El silvopastoreo: una opción en la alimentación que incrementa los niveles productivos. Taller Nacional de Lechería, ACPA-Proyecto Cuba-Si. La Habana. In: *Libro de Memorias*. La Habana: ACPA, 2003. p.11-17.

SILVA, VERNEQUE. et al. Pesos econômicos para seleção em gado de leite. *Balde Branco*, Encarte Gir Leiteiro, n. 480 p. 81-82. 2004.

SMITH G.H., TAYLOR D.S. Mammary energy metabolism. In: PEAKER, M. (Ed.) *Comparative aspects of lactation*. London: Academic Press, 1977. p. 95–109.

STELWAGEN K. Effect of milking frequency on mammary functioning and shape of the lactation curve. *JDS E. Suppl.* p. E204-E211, 2001.

TEODORO R. L., VERNEQUE R.S. Resultados zootécnicos de las investigaciones en cruzamientos en los trópicos. In: *TECNOLOGÍAS para la producción de leche en los trópicos*. Fepale/Embrapa/MAPA-Brasil. 2002. p.134-151.

UFFO O. Caracterización genética de seis proteínas lácteas en tres razas bovinas cubanas. *FAO, 2006. (Boletín AGRI, FAO, 39) No prelo*.

VILELA D.; DE RESENDE J. C. Sistemas de produção de leite em clima tropical. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE LA LECHE, 8., 2004, Flórida. *Proceedings...* Flórida: Fepale, 2004.

VILLOCH A.; et al. Influencia de diferentes condiciones de alimentación sobre la producción y composición de la leche. *Salud. Anim.* v. 13, p. 48-55. 1991.

VILOTTE J.L. Lowering the milk lactose contents in vivo: potential interests, strategies and physiological consequences. *Reprod. Nutr. Dev.* v. 42, p. 127-132. 2002.

C A P Í T U L O 3

Caracterização da síndrome do leite anormal (SILA)*

Pastor Ponce Ceballo

Variações anormais na composição e propriedades físico-químicas do leite

A gordura é o componente lácteo mais variável e com mais possibilidades de ser modificado pelo manejo da alimentação e por seleção genética, diferentemente das proteínas e, em menor medida, da lactose e dos minerais, que mostram um comportamento estável. As pastagens e forragens de gramíneas constituem a base da alimentação da vaca leiteira no trópico. Frequentemente, a baixa densidade de nutrientes e a pouca digestibilidade da fibra limitam consideravelmente o consumo de matéria seca e a capacidade para cubrir todas as necessidades durante el período de lactação. Nessas circunstâncias ocorrem uma diminuição na produção leiteira e um aumento no conteúdo de gordura com poucas mudanças no resto dos demais componentes.

Esse comportamento está associado, por uma parte, à menor produção de precursores glicogénicos e, por outra, ao aumento do acetato ruminal e mobilização de reservas corporais, que geram mudanças na disponibilidade de substratos para a síntese de gordura (Barros, 2001). Uma redução no conteúdo de

* Tradução Félix H. D. González. Professor Associado, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

gordura e o resto dos sólidos ocorre quando existe uma pobre digestibilidade dos alimentos fibrosos e são usados alimentos volumosos de má qualidade, como algumas silagens de gramíneas e pastos fora da época de colheita, o que causa uma diminuição do pH ruminal e alterações nos padrões de fermentação. Amplas revisões sobre o tema têm sido publicadas por Rearte (1993), Taberna (2003), Garcia-Lopez et al. (2005) e Cervantes (2005).

Um efeito similar é produzido quando são empregadas dietas com alto nível de cana-de-açúcar, melaço, resíduos de cervejaria e outras fontes com alto conteúdo de carboidratos facilmente fermentáveis e pobres em pastagens, forragens ou feno de boa qualidade (Ponce et al., 1999). Nesses casos, ocorrem pobre digestibilidade da fibra e diminuição da produção de acetato afetando o ecossistema ruminal.

A utilização de dietas com alto teor de concentrado e pobres em fibra produz aumento nos precursores glicogénicos fundamentalmente de ácido propiônico, o que favorece os rendimentos em leite, porém deprime o conteúdo de gordura, fenômeno conhecido como “síndrome de baixa gordura” (Engvall, 1980; Oldaham, 1991). A redução na *síntese de novo* de gordura pela produção de metil-malonato e o efeito estimulador do propionato sobre a secreção de insulina, com o conseqüente efeito lipogénico, são as causas mais prováveis deste fenômeno.

Quanto ao conteúdo de proteínas no leite, só é afetado quando a contribuição de proteína verdadeira na ração é muito baixa ou existe um marcado desequilíbrio energético (Peres, 2001). O aumento do nível de proteína crua desde 12 até 18% produz um leve aumento de proteína no leite, porém níveis superiores apenas elevam o conteúdo de nitrogênio não proteico, fundamentalmente ureia (Emery, 1978). O nível energético da ração tem um efeito mais pronunciado sobre o conteúdo de proteína do leite que sobre o nitrogênio total, tendo um aumento significativo quando o balanço é positivo (Peres, 2001). O balanço energia/proteína explica entre 21 a 43% das variações na relação pro-

teína/gordura, sendo um indicador sensível a essas mudanças. A ureia no leite também pode ser utilizada como indicador da utilização do nitrogênio da dieta em relação à contribuição de energia e sem vínculo ao consumo total de matéria seca.

A lactose é um componente de grande dependência energética, pois é sintetizado totalmente a partir de glicose, não variando significativamente com mudanças na alimentação e muito pouco com a qualidade desta. Uma das razões de sua estabilidade é a capacidade de absorver água e regular a isomolaridade do leite em relação ao plasma (Peaker, 1977). Entretanto, em francos estados de desnutrição e limitada disponibilidade de substratos glicogênicos, pode ocorrer também diminuição associada geralmente com baixas concentrações de proteínas. Nossos estudos indicam que a lactose é um componente moderadamente sensível a mudanças na qualidade e quantidade de alimentos, inclusive em estados de estresse climático, sendo bom indicador de alterações na lactação. As concentrações de sódio, potássio e cloreto e suas inter-relações com a lactose são reguladas por mecanismos energéticos dependentes na membrana da célula epitelial mamária, mantendo a pressão osmótica entre sangue/leite, e apenas afetados por falhas na disponibilidade de ATP ou por alterações na permeabilidade celular (Peaker, 1977; Ponce; Bell, 1986).

Com relação ao conteúdo de minerais, são muito estáveis e mais afetados por efeitos fisiológicos ou transtornos na glândula mamária que pela alimentação (Oldaham, 1991). As carências de minerais são supridas pelos depósitos orgânicos, mas, se forem prolongadas e existirem dificuldades no equilíbrio da dieta ou na absorção intestinal, poderão se refletir levemente em alguns componentes como cálcio, fósforo e magnésio (Oconnor et al., 1988).

Algumas propriedades físico-químicas, como peso específico, ponto crioscópico, pH e acidez titulável, variam apenas dentro de certos limites, o que permite estabelecer parâmetros

específicos para o leite cru. Mudanças fora desses limites ocorrem geralmente por adulterações, doenças como mastite ou alterações fisiológicas, como longas lactações ou período colostrar. Um critério similar pode ser aplicado às características organolépticas como sabor, cheiro e cor.

Síndrome do Leite Anormal (SILA)

O aparecimento de leite que reage positivamente à prova do álcool ou à prova de cocção, sem ter elevada acidez ou provir de vacas com mastite ou leite adulterado, é um problema prático que enfrentam com alguma frequência rebanhos leiteiros nas condições do trópico. É um fenômeno identificado por dificuldades no tratamento térmico e na qualidade dos produtos finais, sendo observado com maior frequência durante a época da seca e naqueles rebanhos com raças leiteiras especializadas.

A denominação de “Síndrome do Leite Anormal” (SILA) foi proposta pelo autor (Ponce et al., 1999, 2001, 2006). De forma geral, a SILA é um conjunto de alterações de diferente natureza e amplitude nos componentes e nas propriedades físico-químicas do leite, que causam transtornos nos processos de elaboração de derivados lácteos, em seus rendimentos e/ou na qualidade final dos produtos. A denominação de leite ou proteína instável ao calor, leite instável à prova do álcool ou leite alcalino, utilizada comumente para caracterizar esta alteração, não envolve o amplo significado e a expressão real do problema. A primeira evidência desse conjunto de alterações no leite foi relatada no ano 1983 até a reprodução do quadro de forma experimental em 2005 (Ponce, 1983; Hernández et al., 2003).

Desde os anos 1960 existem relatos de alterações nas características físico-químicas do leite por causas não totalmente esclarecidas (Ribadeu-Dumas, 1960; Rose, 1962). Recentemente, Negri et al. (2001) realizaram uma extensa revisão sobre o tema, concluindo que mudanças na alimentação, no estado de

lactação ou algumas doenças poderiam explicar as mudanças estacionais na estabilidade térmica do leite e que a prova do álcool poderia ser um bom indicador de problemas quando o pH é menor de 6,6, porém questionável quando for um valor superior.

A ocorrência de transtornos metabólicos como cetose, hipomagnesemia, hipocalcemia, síndrome de baixa gordura, bem como leite proveniente de vacas com lactações prolongadas, recém-paridas ou com mastite, apresenta geralmente alterações nas concentrações de alguns componentes lácteos e/ou nas propriedades físico-químicas ou organolépticas (Barros, 2001, 2006), mas geralmente o efeito é específico sobre alguns indicadores do leite sem alterar os demais.

Alterações dessa natureza têm sido relatadas na literatura, fundamentalmente pelo grupo de Yoshida (1980), referido como “síndrome de Utrecht” por Pecorari et al. (1984) da Universidade de Parma (Itália), ambos na década de 1980, embora não corresponda totalmente à descrição da SILA. Na maior parte dos relatos sobre alterações nas características do leite foram identificadas algumas causas genéticas, como alta frequência do alelo AA da kappa-caseína, associado a defeitos de coagulação e baixos rendimentos em queijo (Macheboeuf et al., 1993; Buchberger e Dovc, 2000). Na presente década, várias pesquisas relatadas por Zanella et al. (2006) e Barros (2006) têm se aprofundado no tema desde diferentes perspectivas e condições, ratificando a importância do problema e considerando que não é apenas um fenômeno relacionado com estados de desnutrição da vaca leiteira, uma vez que tem sido observado em animais em boas condições físicas e de manejo.

Por isso, a ocorrência de alterações múltiplas na composição láctea e em suas características físico-químicas deve ter um tratamento especial e um enfoque mais integral, interpretado como um problema de saúde do rebanho, mais que como uma simples expressão produtiva. A presença de rebanhos aparentemente sadios, cujo leite cru apresentava reação alcalina

e, ao mesmo tempo, positividade à prova do álcool, sem provir de animais com mastite ou lactações prolongadas, é o problema mais visível, visto que nem sempre se conta com condições para uma análise mais integral das propriedades de leite. No caso de Cuba, as condições associadas a essas alterações foram, inicialmente, a alimentação baseada em excesso de forragem de cana-de-açúcar e melaço durante a época da seca, animais da raça Holandesa de alto potencial genético e pobre condição corporal. O problema repetiu-se em outros períodos posteriores, mas nem sempre com as mesmas características, embora sempre prolongando o tempo de coagulação enzimática e por *starter*, características indesejáveis na consistência do coágulo, alta retenção de água, perda de proteína no soro e pobre qualidade nos queijos. A situação levou à realização de um programa de estudos sobre essa problemática (Ponce; Bell, 1986; Ponce et al., 1990), que tem continuado até hoje, abordando diferentes fatores que podem estar associados.

Bases científicas da Síndrome do Leite Anormal

Crítérios para estabelecer a SILA

A conformação do critério da Síndrome do Leite Anormal (SILA) leva em consideração os indicadores e suas variações de qualidade do leite cru estabelecidas em nível internacional, mas basicamente os obtidos nas condições do próprio país (Ponce et al., 1986; López; Ponce, 1992). Também incorpora os resultados derivados da avaliação da composição láctea sob diferentes sistemas de alimentação (Ponce et al., 1990), o que é expressado nos resultados e critérios de SILA que constam na Tabela 1.

Em termos práticos, a SILA não se refere a que um determinado indicador esteja fora do limiar normal estabelecido, mas à presença de alterações generalizadas nas propriedades

físico-químicas do leite cru. Está excluída em todos os casos de suspeita ou confirmação de adulteração por aguado, mastite subclínica (prova CMT com mais de 1+) e condições fisiológicas extremas da lactação (início/final). Para melhor interpretação dos resultados as alterações são classificadas em quatro grupos, estabelecendo os indicadores associados a cada grupo (Tabela 2). Os resultados referidos aos estudos sobre relações entre componentes osmóticos são tratados no capítulo sobre composição láctea nas condições do trópico deste livro.

Tabela 1: Características físico-químicas do leite cru e critérios básicos para considerar um quadro de Síndrome do Leite Anormal*

Indicador	Valor Médio	Variação	Valor com SILA
Acidez (% ácido láctico)	0,145	0,10 - 0,18	< 0,13
pH	6,70	6,63 - 6,85	> 6,74
Prova do álcool (70% v/v)	negativa	negativa - positiva	DP a positiva
Densidade (g/mL)	1,0295	1,026 - 1,032	< 1,029
Proteína bruta (g%)	3,15	2,52 - 3,90	< 2,90
Caseína (g%)	2,44	1,64 - 3,12	< 2,20
Gordura (g%)	3,73	2,70 - 5,90	variável
Lactose (g%)	4,75	3,8 - 5,20	< 4,60
Cálcio (mg%)	114	90 - 150	< 100
Fósforo (mg%)	90	63 - 105	< 81
Magnésio (mg%)	12	8 - 14	< 9,01
NNP (%N)	3,5	2 - 12	> 5,0
Relação caseína/PB (%)	74,5	70 - 82	< 76
Prova CMT	duvidosa	negativa a +++	menor a ++
Uréia (mg%)	20	15-35	< 20
Ponto crioscópico (m°C)	523	505-540	< 510
Cor e odor	típico	variável	tendência azulado, aquoso, inodoro

* Sobre a base de dados de qualidade do leite do CENLAC (1973-2002), referida a mais de um milhão de amostras de animais individuais e mesclas de leite.

A importância fundamental para a indústria láctea são os transtornos que a SILA causa durante o processamento térmico do leite e o baixo rendimento em queijos e perda na quali-

dade do produto final, mas a depressão dos sólidos constitui o evento mais frequente quando o leite é rejeitado por acidificação na prova do álcool realizada após a conclusão da ordenha. Outro aspecto é a penalização no preço do leite aos produtores quando não cumpre com o requisito mínimo de densidade de $1,029 \text{ g/cm}^3$ e/ou de sólidos totais sem existir adulteração por aguado. As baixas concentrações em minerais e os desequilíbrios entre cálcio iônico/cálcio coloidal e de cálcio com fósforo parecem ser expressões das causas de instabilidade térmica e positividade à prova do álcool (Formaggioni et al., 1999; Zanela et al., 2006).

Tabela 2: Classificação das alterações por grupos e indicadores físico-químicos envolvidos

Tipo de alteração	Sinal de alarme
Instabilidade térmica	Acidez titulável < 0,14%. Prova do álcool positiva. pH > 6,70. Prova de cocção duvidosa-positiva. Precipitações anormais no clarificador e /ou pasteurizador. Precipitação de sólidos no leite UHT.
Alteração de sólidos	Proteína bruta < 2,91%. Caseína < 2,21%. Lactose < 4,7%. Densidade entre 1,027-1,029. Ponto crioscópico < 510 m°C. Uréia baixa e NNP alto. Variações anormais em citrato. Relação positiva entre lactose/produção láctea.
Desequilíbrio mineral	Cálcio total com tendência a baixo (< 110 mg%). Desequilíbrio na relação cálcio coloidal/cálcio iônico. Fósforo baixo (< 85 mg%). Magnésio baixo (< 9 mg%). Potássio alto. Sódio baixo. Ausência de relação entre componentes osmóticos.
Aptidão industrial do leite	Leite geralmente não apto para processamento industrial. Aumento no tempo de coagulação, maior retenção de soro. Perda de gordura e caseína durante a coagulação. Separação do soro no preparo de iogurte.

Causas associadas a transtornos metabólicos e ruminais da vaca leiteira

Uma possível hipótese sobre a causa da SILA é que os desequilíbrios nutricionais mantidos ou as mudanças bruscas de alimentação na vaca leiteira provocam alterações em nível ruminal que geram mudanças de pH e do próprio ecossistema da flora microbiana, as quais, por sua vez, expressam-se na glândula mamária com alterações nos processos de síntese/secreção do leite (Tabela 3).

Tabela 3: Resumo das possíveis causas de ocorrência da SILA

Situação	Expressão
Período de seca (trópico)	Baixo consumo de matéria seca, desequilíbrio nutricional mantido. Dieta básica de cana-de-açúcar moída sem fonte de nitrogênio
Mudanças bruscas de alimentação	Mudança de dietas de alta fibra a excesso de concentrado. Incremento brusco no consumo de carboidratos facilmente fermentáveis (melaço, cevada fermentada)
Acesso a pastagem no intervalo seca/chuva	Alto consumo de pastos jovens associados às primeiras chuvas
Silagens de má qualidade <i>ad libitum</i>	Dietas propensas à acidose ruminal ou cetose butírica
Vacas de alta produção no primeiro terço da lactação	Maior demanda de nutrientes. Maiores diferenças entre fornecimento/requerimento
Genótipos	Vacas portadoras de alelos AA/AB de K-caseína

Os animais de raças especializadas e de alto potencial genético seriam os mais sensíveis à ocorrência da síndrome, especialmente durante o primeiro terço da lactação, em razão da maior demanda de nutrientes e do reconhecido desequilíbrio que impõe esse período (Villoch et al., 1991). Isso é mais frequente durante a época da seca, quando os animais perdem condição corporal por escassez e má qualidade dos alimentos; quando iniciam as chuvas de verão e animais famintos ingressam nas pastagens recém-irrigadas e de curto tempo de repouso; quan-

do mudam bruscamente de dietas de alta fibra e conteúdo de matéria seca a alta proporção de carboidratos facilmente fermentáveis (melaço, cevada fermentada), ou quando consomem alta proporção de silagens de má qualidade. O problema é mais frequente em animais de tipo Holandês que em vacas rústicas de cruzamentos ou autóctonas do trópico.

A replicação experimental de um quadro típico da SILA, relatado por Ponce et al. (1999) e por Hernández e Ponce (2004), concorda na sua maior parte com a hipótese anteriormente referida, quanto ao imbalanço mantido em energia/proteína em vacas Holandesas durante o período seco com uso de cana-de-açúcar moída como dieta básica. Outras observações similares têm sido relatadas por Ponce et al. (2001) em vacas subalimentadas que ingressam em pastagem nos primeiros dias das chuvas de verão e consomem brotos tenros, bem como em rebanhos com consumo *ad-libitum* de cevada fermentada proveniente de cervejarias. Múltiplos exemplos práticos e critérios sobre o fenômeno da instabilidade do leite foram apresentados durante a discussão *on-line* realizada pela FAO em 2003 (Dairy Outlook, 2003).

Como é expressa a SILA na glândula mamária?

As alterações nos diversos indicadores da composição láctea que geralmente são reconhecidos como estáveis (proteína total e relação caseína/proteína total, relação gordura/proteína total, lactose e minerais) são a primeira evidência do quadro. Entretanto, também têm sido observados outros elementos de interesse, como a aparição de correlação positiva entre a concentração de lactose e o volume de leite e a ausência de relação entre os componentes osmóticos: lactose-sódio-potássio-cloreto.

A perda da iso-osmolaridade entre sangue/leite pode ser expressão de uma falha energética no mecanismo enzimático de regulação, uma vez que a bomba de sódio-potássio e cloreto que funciona na membrana apical da célula epitelial mamária depende essencialmente do consumo de ATP (Peaker, 1971; Ponce e Bell., 1984). Da mesma forma, as alterações no pH e as baixas concentrações e mudanças nas relações nos minerais devem estar associadas a esse fenômeno.

Uma explicação à significativa diminuição na concentração de lactose e sua relação com o volume de leite pode ser por falha na síntese de alfa-lactalbumina no retículo endoplasmático rugoso e, eventualmente, por diminuição do seu fluxo através do aparelho de Golgi (Ponce e Bell, 1984, 1985), lugar onde é sintetizada a lactose, e/ou pela menor disponibilidade de glicose (Brew; Hill, 1975; Cant et al., 2002). Em ambos os casos a possível causa relaciona-se com falta de substratos energéticos básicos (Vilotte, 2002).

Nesse mesmo sentido, a ocorrência de falhas na síntese de proteínas, que são produzidas, igual à lactose, no aparelho de Golgi da célula epitelial mamária, pode estar associada a mudanças na integração da micela de caseína e à sua capacidade de fosforilação (Brew; Hill, 1975; Cant et al., 2002). Mudanças na relação entre as distintas formas do cálcio solúvel e coloidal, associado diretamente com a estabilidade das proteínas, e falhas energéticas na manutenção deste equilíbrio podem ser explicadas por esta via (Neville et al., 1995). Este último aspecto tem sido estudado com maior profundidade por Barros (2006). A possível relação entre os componentes, a perda da capacidade de regulação osmótica na glândula mamária e falhas na síntese de lactose e de alfa-lactalbumina tinha sido apontada por Pérez-Beato e Ponce (1984) e por Ponce e Bell (1984).

Embora não existam elementos totalmente probatórios da anterior hipótese, o certo é que as alterações no rúmen e no metabolismo geral da vaca leiteira sob a síndrome de leite anormal

têm sua base final nas alterações dos mecanismos de síntese e secreção na glândula mamária, sendo a única explicação possível dentro do estado da arte da fisiologia e a bioquímica.

Apresentação de casos de Síndrome do Leite Anormal

Não existe um padrão idêntico de apresentação de um quadro de SILA, embora geralmente sejam observadas mudanças em, pelo menos, um indicador em cada um dos tipos de alterações descritas na Tabela 2. Os casos a seguir foram tomados das condições práticas de propriedades e não respondem a um desenho experimental, embora no primeiro caso fosse realizado um amplo estudo. Os casos não são apresentados na ordem temporal em que ocorreram.

Primeiro caso: consumo de cana-de-açúcar

O caso corresponde a 36 rebanhos de vacas Holandesas com 32 a 98 animais em ordenha/rebanho, com dupla ordenha mecânica, época de seca correspondente aos meses de janeiro-abril de 1996. A alimentação era feita a base de cana-de-açúcar finamente moída, cobrindo mais de 50% do consumo de matéria seca, pastoreio limitado de gramíneas tropicais fundamentalmente pasto Estrela, fornecimento de forragem verde de má qualidade com melaço adicionado e, aproximadamente, 1 kg/vaca/dia de concentrado. Os cálculos de cobertura das necessidades de energia e proteína foram da ordem de 70%. O leite foi destinado à fabricação de queijos madurados.

A ocorrência de precipitações anormais no clarificador e no pasteurizador da planta foi a primeira evidência do problema, sendo observada uma elevada concentração de proteína crua ($N \times 6,38$) da ordem de 30%, do conteúdo do precipitado em base a matéria úmida, alto conteúdo de cálcio, fósforo e cinzas, e alta

gordura (Tabela 4). A mescla de leite cru originária tinha baixo conteúdo de proteína total e caseína, baixa concentração de cálcio, fósforo e cinzas e alto conteúdo de nitrogênio não proteico.

Tabela 4: Características da mescla de leite cru e de duas frações do precipitado no clarificador

Componente	Mescla de leite	Fração 1	Fração 2
Proteína total, g%	2,85	29,06	30,52
Caseína, g%	1,88	---	---
Gordura, g%	3,65	---	---
SNG, g%	8,04	---	---
Cinzas, g%	0,68	8,43	7,62
Cálcio, g%	0,097	2,44	2,30
Fósforo, g%	0,085	1,85	NA
Umidade, %		51,20	47,32

As relações observadas indicam que a mescla de leite ajusta-se ao critério estabelecido posteriormente de SILA (Ponce et al., 1999) pelo baixo conteúdo de proteína total, caseína e minerais, enquanto que a composição do precipitado foi essencialmente de proteínas, cálcio e fósforo, que em sua relação indicam que estão formados basicamente de caseína, sem descartar outras proteínas do soro. O conteúdo do precipitado no pasteurizador foi analisado em um laboratório internacional, definindo-se que sua composição não se ajustava à conhecida “pedra do leite”, em razão do maior conteúdo de proteínas em comparação com os minerais.

A análise de vacas individuais e mesclas de leite provenientes das propriedades afetadas apresentaram o resultado que consta na Tabela 5.

Tabela 5: Proporção de amostras de leite anormal em mesclas e em vacas individuais*

Indicador	Proporção com SILA (%)
pH	51,0
Acidez titulável, %	43,9
Prova do álcool	31,4
Proteína total, g%	53,3
Lactose, g%	31,9
SNG, g%	36,2
Cálcio, mg%	76,5
Fósforo, mg%	68,1
Magnésio, mg%	100

* Resultado de 137 amostras totais (60 mesclas e 77 vacas individuais)

Uma característica comum observada em todos os casos é a baixa concentração de magnésio, que geralmente se encontra abaixo de 9 mg%. A relação inversa relatada por Ponce e Bell (1986) entre este mineral no leite e os rendimentos produtivos está relacionada diretamente com o papel deste mineral na maior parte dos complexos enzimáticos que intervêm na síntese e secreção dos componentes lácteos do metabolismo general e da glândula mamária em particular (Ponce; Bell, 1986; Oconnor et al., 1988).

Outro elemento de interesse é a alteração no perfil nitrogenado do leite: baixa proteína total, baixa concentração de caseína e baixa relação caseína/proteína, bem como alto nível de nitrogênio não proteico (NNP), o que pode estar relacionado com imbalanços energia/proteína da dieta (Tabela 6).

As concentrações de caseína nessas mesclas foram baixas, oscilando entre 2,02 e 2,15 g%, e a relação caseína/proteína esteve abaixo de 75%. Essas características ajustam-se, por uma parte, aos baixos rendimentos em queijos observados na indústria (6,5-7,5 kg de queijo/100 L de leite), e, por outra, a baixa qualidade do produto final. O elevado conteúdo de NNP tem sido associado a defeitos nos produtos lácteos (queijo e iogurte) devido à inibição no desenvolvimento dos cultivos iniciadores e

da coagulação enzimática. Não foi determinada a concentração de ureia no leite.

Tabela 6: Conteúdo de proteína crua e NNP em mesclas de leite na etapa inicial da SILA

Identificação do laticínio	Proteína bruta (%)*	Nitrogênio não protéico* (%)
21	3,00	4,84
34	2,89	9,46
35	2,83	8,68
36	2,73	11,04
37	2,84	6,88
38	2,31	9,66
40	2,64	6,98
41	3,01	7,41
42	2,95	7,95
45	2,83	6,31
48	2,82	6,93

* Médias de amostras seriadas

A avaliação da condição corporal das vacas que integravam os dois rebanhos escolhidos para o estudo individual foi de 1,5-2,7 pontos na escala de 5 pontos, isto é, tinham uma severa perda no seu estado físico. O perfil hematobioquímico de 69 vacas mostrou baixas concentrações de Ca, P e Mg, bem como alta proporção de anemia, acompanhado de indicações de dano hepático (Tabela 7), o que concorda com a deterioração física e da saúde observada com frequência em rebanhos leiteiros especializados ao finalizar a época da seca, em virtude das limitações na qualidade e quantidade de alimentos disponíveis.

O estudo do líquido ruminal em cinco vacas de um dos rebanhos afetados não mostrou mudanças significativas no número total de bactérias celulolíticas e fungos, porém houve uma concentração deprimida de amônia e de ácidos graxos voláteis, indicativo de dietas com alterações na relação energia/proteína e, portanto, com capacidade limitada para utilizar a fibra (Coppock et al., 1964).

Tabela 7: Concentrações minerais no plasma e proporção de vacas com valores anormais de albumina e fosfatase alcalina (N= 69)

Indicador	Média	Desvio padrão
Cálcio (mmol/L)	2,12	0,17
Fósforo (mmol/L)	2,20	0,56
Magnésio (mmol/L)	0,90	0,10
Relação Ca/P	0,96	-
Albumina	65,22%	valores anormalmente baixos
Fosfatase alcalina	36,2%	valores anormalmente altos

Fonte: Figueredo (1996).

Com o objetivo de favorecer o balanço de alimentos e o ambiente ruminal, foram realizados ajustes na alimentação, consistentes nas seguintes providências:

- redução no consumo de cana-de-açúcar moída a menos de 30% do consumo total de matéria seca;
- aumento de 40% no consumo de forragem verde de melhor qualidade (king-grass) e acesso à pastagem;
- adição de farinha de soja e de girassol;
- aumento no fornecimento de uréia a 150 g/dia/vaca;
- revisão da estrutura do rebanho, secado de vacas e lactações muito longas (> 305 dias).

O balanço geral de nutrientes atingido depois de realizados os ajustes foi positivo ou muito próximo aos requerimentos de energia e minerais, exceto para o consumo total de matéria seca, que ainda foi baixo (90%), por causa da diminuição do consumo de cana-de-açúcar. O consumo de proteína foi um pouco maior que os requerimentos.

A análise dos resultados por etapas mostrou uma evidente recuperação dos principais indicadores de qualidade do leite. Destaca o aumento nas concentrações de proteína e sólidos não gordurosos e da acidez titulável, diminuição do pH e aumento no fósforo e no magnésio com tendência a normalizar as relações. Esses resultados coincidem com as observações realizadas pela planta produtora de queijos, que permitiram reiniciar o

processo produtivo sem alterações nos parâmetros de qualidade e obter aumentos em rendimentos em queijos na ordem de 0,5-1,3 kg /100 L de leite.

Convém ressaltar que a partir da primeira semana de estudos após a identificação da existência da SILA, além da correção da alimentação, foram excluídas algumas vacas com baixa produção e tempo de lactação muito longo e foi revisada a possível influência de mastite. Contudo, os animais excluídos foram mínimos e não constituem uma razão técnica para justificar as alterações observadas.

O estudo de alguns indicadores hematológicos durante a replicação experimental indica que cerca de 40% dos animais apresentaram anemia e que 100% deles apresentavam franca acidose metabólica (Tabela 8).

Uma deterioração física e da saúde é observada com frequência em rebanhos leiteiros especializados ao finalizar a época da seca nas condições do trópico americano, em concordância com limitações na qualidade e a quantidade de alimentos disponíveis, que vem acompanhada por anemia e alterações da homeostase dos animais.

Tabela 8: Indicadores hematológicos e do equilíbrio ácido-básico na replicação experimental da SILA

Indicador	Intervalo normal	% Vacas afectadas	Critério
Hemoglobina	80-150 g/L	40	≤ 80
pH sanguíneo	7,35-7,50	100	≤ 7,35
EB	-2,5 a 2,5 mmol/L	70	≤ -2,5
HCO ₃	24 – 30 mmol/L	92	≤ 24
pCO ₂	45-53 mm Hg	36	≥ 53
pO ₂	29-40 mm Hg	60	≤ 29

EB: excesso de base

Segundo caso: precipitações anormais em uma planta de leite pasteurizadora

Processamento de mesclas de leite provenientes de uma empresa leiteira com gado de cruzamento Holandês-Zebu no mês de maio e final do período de seca do ano 1979.

Animais em pastagem e consumo de bagaço de cana-de-açúcar pré-digerido e melaço em galpões em sombra; condição corporal dos animais entre 1,9-2,5 na escala de 1-5; balanço de nutrientes negativo. As características do leite e de seu processamento foram as seguintes:

- Acidez titulável: entre 0,12-0,13 g% de ácido láctico
- Densidade: entre 1,027-1,029
- pH médio: 6,72
- Proteína bruta (N Kjeldhal x 6,38): 3,07 g%
- Sólidos totais (por dessecação): 11,3 g%
- Pasteurizadores de placas a 73 °C durante 15s.
- Precipitações frequentes nas placas dos pasteurizadores, o que obrigou ao fechamento temporal da planta.

A análise da situação não indicou problemas com mastite e foi considerado como normal o manejo da estrutura do rebanho. Os animais tinham pobre condição corporal, embora não deterioração física. Foi identificada como causa mais provável a entrada das vacas na pastagem após iniciadas as chuvas de verão, quando o pasto estava ainda jovem, em processo de rebrote. As alterações desapareceram totalmente com a época de chuva e a normalização da rotação das pastagens, junto com a eliminação dos derivados de cana-de-açúcar.

Terceiro caso: rejeição de leite por uma indústria devido à prova do álcool positiva

Propriedade com 23 vacas Holandesas de alta produção, dupla ordenha mecânica, estabulação a tempo completo, ano 2001; condição corporal entre 2,5-3,5 na escala de 1-5; fornecimento de forragem verde de alfafa e concentrado entre 2,5-4 kg/

vaca; acesso *ad libitum* de cevada fermentada proveniente de uma cervejaria.

O leite teve reação positiva à prova do álcool a 70% v/v, pelo que foi classificado como “leite ácido” pela indústria e, portanto, rejeitado. O estudo de outros parâmetros indicou que o leite fresco tinha pH de 6,78 e acidez variável, porém baixa, entre 0,11-0,135 g% de ácido láctico, sendo, portanto, *leite alcalino*. Apresentou cor levemente azulada, sem cheiro nem sabor característicos. A prova do California Mastitis Test (CMT) deu negativa a traças.

Como causa fundamental do quadro foi identificado o alto consumo de cevada fermentada, que aportava alto teor de carboidratos facilmente fermentáveis, junto ao baixo fornecimento de fibra e relativamente baixo consumo de matéria seca, embora o balanço de proteína e energia da ração teoricamente cobrisse as necessidades. A diminuição no consumo de cevada e o aumento da forragem verde picada eliminaram o problema dentro dos primeiros dez dias de estabelecida a medida.

Quarto caso: alterações no processo de coagulação do leite proveniente de animais cruzados em pastoreio rotacional

Animais Siboney de Cuba (5/8 Holandês-3/8 Zebu), em pastoreio rotacional sobre pastos artificiais; não consumiam cana-de-açúcar, melaço nem outro suplemento. Não foi medida a condição corporal, mas visualmente não havia deterioração física. Dupla ordenha mecânica; período de seca do ano 1999. O balanço qualitativo dos alimentos indicava deficiências no consumo de matéria seca e baixo fornecimento de proteínas. Foi observado alongamento no tempo de coagulação do leite destinado à fabricação de queijo, coágulo quebradiço e perdas de sólidos no soro com baixos rendimentos. Foi descartada baixa concentração e potência do coalho, bem como dificuldades no processamento. As análises do leite mostraram uma tendência a acidez baixa e leve aumento do pH, baixa densidade com mé-

dia de 1,0287, baixa proteína para a raça, com média de 3,05, baixa relação caseína/proteína total, com média de 71,3%. Foi descartada presença de mastite subclínica.

O quadro foi eliminado em duas semanas com aumento no consumo de matéria seca em base a forragem picada de boa qualidade e aumento no fornecimento de alimentos concentrados (0,5 kg/vaca) a partir do terceiro litro produzido, juntamente com a adição de uma formulação contendo substâncias tampo-nantes e reguladoras do rúmen.

Quinto caso: rejeição do leite pela indústria devido a baixa densidade e baixos sólidos

Animais Holandês x Jersey com dupla ordenha mecânica; condição de manejo em semiestabulação, associado a baixa disponibilidade de pastagem; período de seca do ano 2005. No caso das vacas Holandesas, a condição corporal era maior de 2 pontos e, nas vacas Jersey, considerou-se menor de 2. Os animais recebiam forragem picada nos galpões de sombra e suplementos concentrados na quantidade de 0,5 kg a partir do terceiro litro de leite produzido.

A rejeição do leite iniciou devido ao aparecimento de baixa densidade ($< 1,029$) e baixo conteúdo de gordura com ênfase nas Holandesas. Os resultados da análise de acidez titulável indicavam tendência a baixar (0,12-0,14 g% de ácido láctico) e positividade à prova do álcool a 68% v/v em 15% das amostras analisadas. A análise da composição láctea indicou baixo conteúdo de proteína bruta, gordura, lactose e sólidos não gordurosos. Foi detectada mastite subclínica (traças a uma cruz) na prova de CMT.

As medidas de correção foram as seguintes:

- eliminação de algumas vacas com lactações longas;
- secado de animais com baixa produção;
- melhoramento da qualidade e quantidade de forragem nos cochos;
- fornecimento de 100-150 g/vaca de três formulações corretoras de SILA.

A recuperação dos sólidos e das características físico-químicas do leite ocorreu entre 14-21 dias depois de aplicadas as medidas.

Critérios para o diagnóstico de transtornos associados à SILA

Tanto para a análise da composição láctea como para os estudos metabólicos existem múltiplas provas e equipamentos automatizados. Os ensaios mais simples e sistemáticos para pesquisar a qualidade do leite nos países menos desenvolvidos são a densidade, a acidez titulável e a prova do álcool. A prova mais simples para diagnosticar a mastite subclínica é a conhecida como California Mastitis Test (CMT).

Um primeiro problema é que poucos laboratórios contam com equipamentos automáticos infravermelhos, como o tipo Milko-Scan ou contadores eletrônicos de células somáticas. Inclusive nem sempre se dispõe de um colorímetro, nem, menos ainda, de um equipamento para determinar equilíbrio ácido-base ou de um espectrófotometro de absorção atômica para a análise mineral. Por outra parte, a extração de amostras de sangue é um problema para a manipulação dos animais e a conservação, transporte e processamento dessa amostra, sendo mais simples no caso do leite. As mudanças na composição e propriedades físico-químicas do leite são, por sua vez, uma ferramenta de grande utilidade para avaliar o estado metabólico e possíveis doenças dos rebanhos (González, 2000; Eicher, 2004).

O esquema de estudo proposto para a análise da SILA pode ser um modelo para diferentes transtornos da saúde e de deficiências nutricionais da vaca leiteira, tal como é discutido nas seções precedentes.

Bateria de provas de campo de seis

indicadores

- Prova do álcool a 70% em placa de Petri ou tubo de ensaio
- Prova de cocção em tubo de ensaio
- Acidez titulável em tubo de ensaio
- Indicador de pH com tira reativa: mudança de cor a 6,75 ou mais
- Densidade com lactodensímetro de Quevenne com ajuste da temperatura
- Prova de mastitis mediante CMT ou equivalente

Interpretação

EXCLUDENTE:

CMT positivo com 2+ ou mais: exclui por mastite

Densidade < 1,0270: exclui por adulteração por aguado

POSITIVO A SILA:

Prova do álcool positiva e acidez < 0,13g%

Prova de cocção positiva, sempre que acidez < 0,13%

pH alto e acidez titulável < 0,13g%

Prova do álcool positiva e pH elevado

DUVIDOSO:

Quando apenas uma das três provas básicas (álcool, acidez titulável, pH) for positiva

NEGATIVO: Nenhuma prova positiva

Para a interpretação deste simples sistema é conveniente descartar antes que não existe mastite ou outra condição que aumente o número de células somáticas, pois nessas condições a tendência é ter pH alto, acidez baixa e prova do álcool positi-

va. Também descartar que não exista adulteração por aguado, porque diminui a acidez e a densidade, embora não afete sensivelmente a prova do álcool nem da cocção. Considerar que, se a prova do álcool for positiva, esta condição se relaciona com alta acidez titulável ou alto conteúdo de sólidos em vacas recém-ordenhadas. Porém, se a acidez titulável for baixa, o leite não é ácido e tende à alcalinidade. Se o pH for elevado e a acidez titulável baixa, existe a mesma interpretação. Uma condição similar ocorre quando a prova do álcool é positiva

Resumo geral

- A SILA caracteriza-se por instabilidade térmica do leite, alterações nos sólidos, desequilíbrio mineral e perda da aptidão para o processamento industrial do leite. Essas categorias de alterações correspondem a indicadores da composição e das características físico-químicas do leite estabelecidas em cada país ou incluso em regiões.
- As causas de SILA podem ser diversas, mas na sua maior parte associam-se com falha no balanço alimentar da vaca leiteira, mudanças bruscas na dieta, qualidade e tipo de alimentos, com ênfase naqueles que aportam altos níveis de carboidratos facilmente fermentáveis e acidóticos, diferenças entre o potencial genético de um animal em função de cobrir suas necessidades em energia/proteína e também pode existir certa predisposição genética, devido à predominância de alelos AA e AB da K-caseína em animais do rebanho.
- As situações de estresse nutricional podem provocar alterações em nível ruminal e do metabolismo geral, expressadas nos processos de síntese e secreção dos componentes lácteos na glândula mamária. As limitações de compostos energéticos como glicose podem alterar as relações de controle homeostático entre os componentes, a síntese de lactose e a integração da micela de caseína.

- No caso do trópico americano, a SILA pode estar associada à carência de alimentos durante o período seco, potencializado em alguns casos em vacas de alto potencial genético, cujas condições de manejo e alimentação não correspondem com sua demanda de nutrientes em quantidade e qualidade.
- A síndrome do leite anormal não deve ser interpretada como um simples fato de instabilidade térmica das proteínas ou positividade à prova do álcool, tampouco ser vinculada em todos os casos a vacas com pobre condição corporal ou desnutridas. Sua ocorrência aumenta e é mais frequente que o relatado.
- A combinação de provas simples de campo de tipo qualitativas, como a acidez titulável, prova del álcool, prova de cocção, pH em tiras, densidade e prova de mastite, permite identificar se é um caso de SILA ou de outros problemas relacionados com mastite ou com adulteração com água ou outras substâncias.
- A combinação de medidas de manejo da alimentação e formulações corretoras do ambiente ruminal podem corrigir o quadro em curto período de tempo, de 7 a 21 dias.

Bibliografia consultada

BARROS, L. Transtornos metabólicos que afetam a qualidade do leite. In: *Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001. p. 44-57.

BREW K., HILL R. L. Lactose biosynthesis. *Physiol. Biochem. Pharmacol.*, v. 72, p. 105-157. 1975.

CANT J. P. et al. Milk synthetic response of the bovine mammary gland to an increase in the local concentration of arterial glucose. *Dairy Science*. v. 85, p. 494-503, 2002.

CERVANTES P. *Caracterización de la composición y producción láctea en vacas de diferentes genotipos en Veracruz, México*. 2005. Tesis (Doctorado en Ciencias Veterinarias). CENSA, La Habana, Cuba. 2005.

COPPOCK C. E. et al. Relationship between end products of rumen fermentation and utilization of metabolisable energy for milk production. *J Dairy Science*, v. 47, p. 1359-1364, 1964.

EICHER R. Evaluation of the metabolic and nutritional situation in dairy herds: Diagnostic use of milk components. In: 23º CONGRESO MUNDIAL DE BUIATRÍA, 23. Quebec, Canada. 2004

FORMAGGIONI P. et al. Milk with abnormal acidity. VI. The role of phosphorus content and the rennet-coagulation properties of Italian Friesian herd milks *Ann. Fac. Med. Vet.*, Univ. Parma, v. 19, p. 261-268, 1999.

GARCÍA L. R.; GONZÁLEZ R.; PONCE P. Evaluación de un sistema de producción de leche con vacas Holstein en el trópico. *Rev. Cub. de Ciencia Agríc.*, v. 35, p. 121, 2001.

GONZÁLEZ, F.H.D. Uso do perfil metabólico no diagnóstico de doenças metabólicas e nutricionais em ruminantes. In: GONZALEZ, F. H. et al. *Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2000. p. 89.

HERNANDÉZ, R. et al. Replicación del SILA en condiciones experimentales. Boletín Exopol, mayo/2003. Disponível em: <http://www.exopol.com/default.html>.

HORNE D.S.; MUIR D.D. Alcohol and heat stability of milk protein. *J. Dairy Science*, v. 73, p. 3613-3626, 1990.

LÓPEZ M.G.; PONCE P. 1992. Caracterización de la composición de la leche de vaca en Cuba. In: TALLER INTERNACIONAL SOBRE CALIDAD DE LA LECHE, I. UAM/CENSA mayo 26-29 La Habana, p. 135-146. 1992.

MACHEBOEUF D.; COULON J. B.; D'HOUE P. Effect of breed, protein genetic variants and feeding on cows milk coagulation properties. *J. Dairy Research*, v. 60, p. 43-54. 1993.

NEGRI M.L.; TAVERNA A.M.; CHAVEZ S.M.. Factores que afectan la estabilidad térmica de la leche. *Industria Lechera*, v. 726, p. 8-19. 2001

OCONNOR A. M.; BEEDE D. K.; WILCOX C. J. Lactation responses to dietary magnesium, potassium and sodium during winter in Florida. *J. Dairy Science*, v. 71, p. 971-981, 1988

OLDAHAM. J. D. Magnitud and implication of changes in milk composition through manipulation of nutrition, management and physiology. In: INTERNACIONAL DAIRY CONGRESS. *Anais...* p. 714-721. 1991

PEAKER, M.. Mechanism of milk secretion: milk composition in relation to potential difference across the mammary epithelium. *J. of Physiology*, v. 270, p. 489-505, 1977.

PECORARI M. et al. Milk with abnormal coagulation: acidity, chemical composition and observation on the metabolic profile of the cow. *Sci. Tec. Latt. Cas.*, v. 35, p. 4:263-278, 1984.

PEREZ BEATO O., PONCE P. Concentraciones de lactosa, sodio y potasio en leche de vacas Cebú cubano y su relación con los genotipos del locus alfa-lactoalbumina. *Rev. Salud Anim.*, v. 6, p. 211-215, 1984.

PONCE P. Precipitaciones anormales en placas de pasteurizadores en una planta procesadora de leche durante el período de transición seca-primavera. *Informe final de Servicio Empresa Lácteas*, Habana-CENSA. Junio/1983. 1983.

PONCE P.; BELL L. Componentes osmóticos de la leche y sus interrelaciones en vacas Hostein Friesian, Cebú y sus cruces. *Rev. Salud Anim.*, v. 6, p. 435-445, 1984.

PONCE P., BELL L. Composición de la leche en vacas Holstein-Friesian en diferentes condiciones de explotación. *Rvta. Cub. Cienc. Vet.*, v. 16, p. 265-270, 1985.

PONCE P., BELL L. Estudio de la lactancia en vacas de la raza Holstein, Cebú y sus cruces en Cuba. *Rev. Salud Anim.*, v. 8, p. 73-88, 1986.

PONCE P. GARCIA LOPEZ, RIVERO R., CAPDEVILA J. Influencia de varios sistemas de alimentación sobre la composición láctea: Sistema en base a caña como forraje. *Informe final al programa*. Acad. Ciencias de Cuba/ marzo/1990.

PONCE, P.; HERNÁNDEZ, R. Propriedades físico-químicas do leite e sua associação com transtornos metabólicos e alterações na glândula mamária. In: *Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 58-68.

PONCE P., LARANJA F. Characterization of the abnormal milk syndrome: An approach of its probable causes and its corrections. *J Dairy Science*, v. 82, p. 195. 94th Annual Meeting ADSA. 1999.

PONCE, P. Caracterização da Síndrome do Leite Anormal: Um enfoque das suas possíveis causas e correção. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE, 4., 1999, Caxambu. *Anais...* Caxambu: Instituto Fernando Costa, 1999. p. 61-76.

PONCE P. Ambiente, genética y características de la leche. Mesa Redonda sobre Leche Inestable al Calor. Faculdade de Veterinária, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 19 de Junio/2006.

REARTE, D. H. *Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles*. EEA, Edit. CERBAS, INTA, Balcarce, Argentina. 1993

ROSE D. Factors affecting the heat stability of milk. *J. Dairy Science*, v. 45, p. 1305-1311, 1962.

TABERNA A. M. Composición química de la leche en Argentina: Fortalezas, debilidades y oportunidades. In: Mercolacteo/2003. INTA Rafaela, mayo 10/2003.

VILLOCHA.etal.1991.Influenciadediferentescondicionesdealimentaciónsobrelaproducciónycomposicióndelaleche.*Rev.Salud.Anim.*, v. 13, p. 48-55, 1991.

YOSHIDA S. Studies in the Utrecht abnormality of milk in the Miyuki Dairy. *Farm. J. Jap. Appl. Biol. Sci. Hir. Univ.*, v. 19, p. 39-54, 1980.

ZANELA M.B. et al. Leite instável não ácido e composição do leite de vacas Jersey sob restrição alimentar. *Pesq. Agrop. Bras.*, v. 41, p. 835-840, 2006.

C A P Í T U L O 4

Relações entre a composição do leite e do sangue

Rómulo Campos Gaona

Introdução

O leite é um produto especial, secretado na glândula mamária sob um rigoroso controle hormonal a partir da filtração sanguínea. O leite é sintetizado nas células secretoras que constituem o epitélio do tecido mamário. Diferentes hormônios que participam em processos únicos e específicos do metabolismo animal têm atividades específicas na glândula mamária. Além dos estrógenos e da progesterona, que realizam o controle e a regulação do crescimento, a insulina estimula a divisão celular, os corticoides estão envolvidos no metabolismo destinado à síntese do leite e a prolactina é necessária para o início e a manutenção da lactação. Outros hormônios, como os tireoidianos e a somatotropina, participam nas regulações homeotásicas necessárias à produção do leite.

Em geral, os precursores dos diferentes compostos químicos chegam às células secretoras mamárias através das mais variadas redes circulatórias. Essas células estão dispostas em torno dos alvéolos. Os precursores chegam à zona basal pela circulação sanguínea e o leite é secretado pela zona apical no lúmen do alvéolo. Este último está rodeado de células mioepiteliais, que são estimuladas pela ocitocina para sua contração, forçando, assim, o leite a passar para os condutos (Walstra; Jenness, 1986).

A maior parte dos componentes do leite é sintetizada na glândula mamária, como a lactose e as principais proteínas do leite, que são sintetizadas exclusivamente por células da glândula. Na Tabela 1 são apresentados os principais componentes do leite e a sua relação com os seus precursores sanguíneos.

No leite e no sangue, a água é o componente principal e constitui a fase contínua desses fluidos; por isso, as propriedades do leite e do sangue correspondem às de sistemas aquosos. As substâncias polares dissolvem-se muito bem no leite e a sua baixa viscosidade permite sua mistura em gradientes térmicos relativamente baixos. Pelo fato de os elementos estruturais estarem reduzidos, a difusão no sentido interno ou externo é excessivamente rápida, o que provoca um rápido equilíbrio entre os diferentes componentes do leite, principalmente nas micelas da caseína (Walstra; Jennes, 1986).

Tabela 1: Comparação entre os componentes do leite e os seus precursores sanguíneos

Componentes do leite	Conteúdo (g/kg)	Precursos no plasma sanguíneo	Conteúdo (g/kg)
Água	860	Água	910
Lactose	46	Glicose	0,5
<i>Proteínas</i>			
Caseína	26		
β -Lactoglobulina	3,2	Aminoácidos	0,4
α -Lactoglobulina	1,2		
Lactoferrina	0,1		
Soroalbumina	0,4	Soroalbumina	32
Imunoglobulinas	0,7	Imunoglobulinas	15
Gordura	38	Acetato	0,1
Fosfolipídeos	1,6	β -hidroxibutirato	0,06
		Lipídeos	2
Ca	1,3	Ca	0,1
P	0,9	P	0,1
Na	0,4	Na	3,4
K	1,5	K	0,3
Cl	1,1	Cl	3,5
Citrato	9,2	Citrato	traços

(Adaptada de Walstra; Jennes, 1986).

Síntese do leite

O leite bovino é um fluido composto por nutrientes sintetizados pela glândula mamária, a partir de precursores derivados da alimentação e do metabolismo. Os principais componentes incluem: água, glicídeos, gordura, proteínas, minerais e vitaminas. O leite é composto por mais de 100.000 tipos diferentes de moléculas, cada uma com função específica, proporcionando nutrientes ou proteção imunológica para o neonato. O leite constitui um dos alimentos mais completos conhecidos e oferece grandes possibilidades de processamento industrial para obtenção de diversos produtos para a alimentação humana (Bachman, 1992; Collier, 1995).

A síntese do leite demanda grande trabalho metabólico, requerendo a passagem dentre 450 a 500 litros de sangue pela glândula mamária para que seja sintetizado um litro de leite. O leite é secretado como uma mistura de diferentes componentes cujas propriedades são mais complexas que a soma de seus componentes, individuais (González, 2001). O conteúdo de água no leite (87% na vaca) depende da síntese de lactose. A quantidade de água presente no leite gera modificações no ponto de congelamento, que podem ser determinadas através do ponto crioscópico.

A lactose é o principal glicídeo do leite. É um dissacarídeo composto pelos monossacarídeos D-glicose e D-galactose, ligados por ponte glicosídica -1,4. A lactose tem importante papel na síntese do leite. É o principal fator osmótico no leite, responsável por 50% desta variável, e no processo de síntese do leite puxa água para as células epiteliais mamárias. Em razão da estreita relação entre a síntese de lactose e a quantidade de água drenada para o leite, o conteúdo de lactose é o componente que tem menos variação. Outros glicídeos podem ser encontrados no leite, porém em concentrações baixas, tais como galactose, amino-açúcares, açúcar-fosfatos, oligossacarídeos e açúcares nucleotídeos (González, 2001).

O componente lipídico do leite é formado principalmente por triglicerídeos (98%). Esses são compostos por três ácidos graxos em ligação covalente a uma molécula de glicerol por pontes éster. A gordura do leite é secretada das células epiteliais mamárias na forma de glóbulos gordurosos, principalmente compostos de triglicerídeos rodeados de uma dupla camada lipídica similar à membrana apical das células epiteliais. Esta membrana ajuda a estabilizar o glóbulo de gordura, formando uma emulsão dentro da fase aquosa do leite. Por estarem suspensos na água e por apresentarem uma densidade inferior à da água, os glóbulos de gordura irão se concentrar na camada superior da massa de leite resfriado, sendo necessário homogeneizar constantemente (Dürr, 2002).

A quantidade e a composição dos triglicerídeos do leite variam muito entre as espécies. Nos ruminantes, a proporção de ácidos graxos de cadeia curta e insaturados é bem maior que nos monogástricos. Os precursores dos ácidos graxos sintetizados no tecido mamário incluem glicose, acetato e β -hidroxibutirato (BHB). Entretanto, alguns ácidos graxos provenientes da dieta ou do metabolismo ruminal e intestinal são incorporados à glândula mamária a partir do sangue. Aproximadamente 25% dos ácidos graxos do leite são derivados da dieta e 50% do plasma sanguíneo. O restante é elaborado na glândula mamária a partir de precursores, principalmente de acetato. Os ruminantes sintetizam quantidades pequenas de ácidos graxos a partir de glicose, devido à falta de atividade da enzima citrato-liase. Os ácidos graxos de cadeia média (8-12 carbonos) são característicos do leite, não sendo possível encontrá-los em outros tecidos. Os ácidos graxos de cadeia curta (menos de 12 carbonos) são sintetizados na glândula mamária, com participação do acetato e, provavelmente, do β -hidroxibutirato (BHB). Os ácidos graxos de 18 átomos de carbono e alguns dos de 16 átomos de carbono derivam, quase que na totalidade, do sangue, aparecendo livres em quantidades muito baixas no leite. O acetil-CoA utilizado

pela glândula mamária dos ruminantes para a síntese da gordura do leite forma-se, fundamentalmente, a partir do acetato proveniente do sangue, que, por sua vez, provém do acetato absorvido no rúmen (González, 2001).

A composição proteica total do leite reúne várias proteínas específicas. A caseína é a proteína mais importante do leite (85% das proteínas lácteas). Existem vários tipos identificados de caseínas: α , β , γ e κ , que possuem estruturas similares, porém diferente importância para a qualidade do leite. As caseínas se agregam formando grânulos insolúveis chamados “micelas”. As demais proteínas do leite estão em forma solúvel. As proteínas do soro do leite variam com a espécie animal, o estágio de lactação e a presença de inflamações intramamárias. As principais proteínas do soro do leite de vaca são a β -lactoglobulina e a α -lactoalbumina, esta última correspondendo a 2-5% do total de proteínas e funcionando como uma das subunidades da enzima lactose-sintetase.

Os principais minerais encontrados no leite são cálcio e fósforo, que estão basicamente associados com a estrutura das micelas de caseína. Assim, o soro do leite tem relativamente pouco cálcio e fósforo se comparado com o leite integral. O leite também contém pequenas quantidades dos demais minerais encontrados no organismo animal. O cálcio e o magnésio insolúveis encontram-se física ou quimicamente combinados com caseinato, citrato ou fosfato; conseqüentemente, o leite tem um mecanismo que lhe permite acumular uma concentração alta de cálcio, ao mesmo tempo em que mantém o equilíbrio osmótico com o sangue (González, 2001).

O leite contém todas as principais vitaminas, embora a glândula mamária não possa sintetizá-las. Portanto, para sua secreção no leite depende do aporte sanguíneo. Também há a presença de leucócitos, cuja quantidade varia com a espécie e com o estado de saúde da glândula mamária. O leite contém enzimas como a peroxidase e a catalase, as quais aumentam nos processos inflamatórios.

Relação entre o aporte energético e a produção de leite

Os precursores sanguíneos independem do tipo de alimentação recebida pelos animais. O alimento sofre profundas modificações dentro do rúmen, no intestino delgado e no fígado. A necessidade de mobilizar perto de quinhentos volumes de sangue para fornecer os precursores dos componentes de um volume de leite obriga a manter grandes esforços metabólicos na vaca em lactação. Nem sempre esse esforço é compensado; logo, o equilíbrio nem sempre é obtido, levando à perda da homeostase principalmente durante a fase de maior secreção láctea, período conhecido como “pico de lactação”. Essa situação gera em vacas um balanço energético negativo, que afeta a qualidade do leite, a saúde do animal e a eficiência reprodutiva (Campos, 2006).

O conteúdo energético do leite é próximo de 2,7 kJ/g e a energia liberada é de 4,5 kJ/g de tecido. A eficiência energética bruta (energia do leite/energia digestível do alimento) é de 35% nas vacas leiteiras, podendo chegar, em alguns casos, até 48%. As vacas leiteiras requerem uma energia metabolizável de manutenção por dia de 500 kJ.g^{-0,75}. Para a produção de leite são necessários 1,5 kJ de energia metabolizável por kJ de energia secretada. Assim, uma vaca de 500 kg com uma produção diária de 25 kg de leite precisa de 50 MJ para manutenção e 100 MJ para produção de leite.

A glicose é o único precursor da lactose e do citrato e constitui a fonte de glicerol para a síntese dos lipídeos. A porção restante da molécula de lipídeos vem dos triglicerídeos. O acetato, o β -hidroxibutirato e os triglicerídeos são as fontes principais de ácidos graxos para a gordura láctea. Os aminoácidos essenciais e alguns dos não essenciais provêm do sangue. O ATP necessário como fonte de energia para os diferentes processos celulares é produzido por oxidação da glicose e do acetato no ciclo do ácido

cítrico e da cadeia de elétrons associada. O poder redutor (NADPH) requerido para a síntese de ácidos graxos vem da glicose através da rota das pentoses-fosfato e por oxidação do isocitrato.

Relações entre sangue e leite

O tecido mamário sadio previne a passagem direta de substâncias entre as células. Em episódios de mastite, quando há ruptura das células epiteliais, pode haver contaminação da secreção láctea por albumina sérica, lipoproteínas, plasmina, leucócitos, sódio e cloro.

A relação molar de K/Na é de 0,05 no sangue e de 2,20 no leite. Essa diferença de concentração revela a existência de uma bomba Na/K na membrana basal das células mamárias, mas não na membrana apical. Esta bomba precisa do controle interno do sódio e do controle externo do potássio regulada pelo ATP-Mg interno. A membrana apical das células é permeável ao cloro, mas a concentração de cloro é maior na célula do que no leite, desequilíbrio ainda não esclarecido.

O leite e o sangue são iso-osmóticos. Os dois líquidos apresentam uma soma das concentrações de seus solutos próxima a 0,3 mol/kg de água. Os principais contribuintes da pressão osmótica do sangue são os íons sódio e cloro, enquanto que no leite são a lactose, o potássio, o sódio e o cloro, sendo a lactose o principal regulador do conteúdo aquoso do leite (Walstra; Jenness, 1986).

O ponto de fusão da gordura láctea é controlado pela síntese de ácidos graxos de cadeia curta, dessaturação dos ácidos C18:0 que vêm do rúmen e a colocação assimétrica dos ácidos na molécula de glicerol efetuada na síntese. A gordura do leite não pode superar a temperatura fisiológica de 37-40 C, sendo este o ponto final de fusão da gordura do leite.

A predição da composição do leite tem sido uma constante fonte de pesquisa. Sem dúvida alguma, deve-se conhecer a com-

posição sanguínea como ponto de partida para o conhecimento da composição do leite. Assim, a determinação da concentração dos metabólitos do sangue constitui uma fonte de informação útil para esse propósito.

A composição bioquímica do sangue reflete de maneira confiável o equilíbrio entre o ingresso, o egresso e a metabolização dos nutrientes nos tecidos animais. O grau de equilíbrio chama-se “homeostase”, processo em que estão envolvidos complexos mecanismos metabólico-hormonais. A interpretação dos componentes químicos do sangue, conhecido como “perfil metabólico”, pode ser útil para diagnosticar diferentes desequilíbrios no animal (González, 1997).

Segundo Wittwer (1995), o perfil metabólico pode identificar os diferentes metabólitos potenciais precursores do leite, os quais podem ser agrupados para testar o metabolismo protéico (hemoglobina, ureia, proteínas totais, albumina, globulinas), o metabolismo energético (glicose, corpos cetônicos, β -hidroxibutirato, ácidos graxos não esterificados, triglicerídeos, colesterol), o metabolismo mineral (cálcio, fósforo inorgânico, magnésio, sódio, potássio, cobre, zinco, selênio) e a função hepática (enzimas AST, FA, ALT, GGT).

Com o uso do perfil metabólico é possível estudar e corrigir doenças metabólico-nutricionais, monitorar a adaptação metabólica e diagnosticar desequilíbrios da homeostase de nutrientes (González, 2000). Cote e Hoff (1991) propuseram a interpretação rotineira do perfil metabólico como uma importante ferramenta no estudo de problemas na produção leiteira. Atualmente, o uso do perfil no diagnóstico da produção de leite é uma prática normal nos rebanhos leiteiros dos países desenvolvidos (Oetzel, 2001).

A composição final do leite pode, por sua vez, ser usada nos estudos do metabolismo, já que reflete os processos preliminares à síntese, gerando informações sobre a digestão e o metabolismo necessário à produção de leite (Corassin et al., 2004).

Existe um equilíbrio isotônico entre o sangue e o leite, embora não exista o mesmo equilíbrio entre os componentes individuais nesses fluidos. A glândula mamária obtém do sangue 80% dos compostos primários para a síntese do leite. Dentro da dinâmica dos fluidos corporais, o leite apresenta um excelente meio para conhecer estados metabólico-nutricionais nas vacas, uma vez que se trata de uma secreção obtida por filtração sanguínea. Muitos metabólitos são secretados no leite e outros utilizam essa via como rota de excreção, de forma que sua medição pode indicar o grau de trabalho metabólico feito (González; Campos, 2003).

A nutrição, base fundamental da produção, pode ser monitorada de diversas formas. O acompanhamento da condição corporal dos animais e o perfil metabólico do rebanho, por exemplo, são indicadores da adequação nutricional. Existe, porém, uma forma de monitoramento nutricional do rebanho ainda pouco explorada, qual seja, a composição do leite (Collier, 1995).

O uso de terapias específicas com o uso de somatotropina, visando a uma melhor produção ou mudanças na composição dos sólidos do leite, tem sido pesquisado. Além da melhoria na produção de leite, existem evidências de mudanças na homeostasia e na composição do sangue dos animais submetidos aos desafios com este hormônio. É possível que a alteração no destino dos nutrientes procurando preencher os requisitos da glândula mamária origine desequilíbrios na dinâmica sanguínea, em especial dos hormônios relacionados com o crescimento e o balanço energético (Rose et al., 2005).

Referências bibliográficas

- BACHMAN, K. C. Managing milk composition. In: VAN HORN, H., WILCOX, C. (Ed.). *Large dairy herd management*. Champaign: Dairy Science Association, American, Dairy Science Association. 1992. p. 336-346.
- CAMPOS, R. *Modelagem da composição química do leite através de indicadores metabólicos em vacas leiteiras de alta produção*. 2006. 114f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- COLLIER, J. R. Nutritional, metabolic and environmental aspects of lactation. In: LARSON, B. *Lactation*. 2. ed. Urbana: The Iowa State University, 1995. p. 80-127.
- CORASSIN, C. H. et al. Avaliação de ferramentas utilizadas no balanceamento de dietas completas para vacas em lactação. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 26, p. 241-249, 2004.
- COTE, J. F.; HOFF, B. Interpretation of blood profiles in problem dairy herds. *The Bovine Practitioner*, v. 26, p. 7-11, 1991.
- DÜRR, J.W. Segurança alimentar e qualidade do leite. In: DUARTE V. et al. (Ed.). *O agronegócio do leite e políticas públicas para o seu desenvolvimento sustentável*. Juiz de Fora: Embrapa, 2002. p. 539-546.
- GONZÁLEZ, F. D. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: GONZÁLEZ, F. D.; DÜRR, J. W.; FONTANELI, R. S. (Ed.). *Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre: UFRGS, 2001. p. 5-21.
- GONZÁLEZ, F. H. D. O perfil metabólico no estudo de doenças da produção em vacas leiteiras. *Arquivos da Faculdade de Veterinária da UFRGS*, v. 25, p. 13-33, 1997.
- GONZÁLEZ, F. H. D.; CAMPOS, R. O leite como indicador metabólico-nutricional em vacas. *A Hora Veterinária*, v. 131, p. 36-39, 2003.
- OETZEL, G. R. Herd-based biological testing for metabolic disorders. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF BOVINE PRACTITIONERS, 34, DAIRY HERD PROBLEMS INVESTIGATION SEMINAR, 2001, Vancouver. *Proceedings...* Vancouver: American Association of Bovine Practitioners, 2001. 12p.
- ROSE, M. T.; WEEKES, T. E. C.; ROWLINSON, P. Correlation of blood and milk components with the milk yield response to bovine somatotropin in dairy cows. *Domestic Animal Endocrinology*, v. 28, p. 296-303, 2005.
- WASTRA, P.; JENNESS, R. *Química y física lactológica*. Zaragoza: Acribía, 1986. 423p.
- WITTEWER, F. Empleo de los perfiles metabólicos en el diagnóstico de desbalances metabólico nutricionales en el ganado. *Buiatria*, v. 2, p. 16-20, 1995.

C A P Í T U L O 5

Modelagem da composição do leite

Rómulo Campos Gaona

Introdução

Antes de descrever os modelos que estudam de forma específica a síntese e composição do leite, é preciso conhecer e descrever algumas ideias sobre os princípios da modelagem e os fatores que devem ser levados em consideração quando se trabalha em modelos biológicos.

Cada indivíduo usa, implicitamente, modelos dentro de uma exploração permanente e, às vezes, automática do meio ambiente. Cada um de nós tem uma necessidade de lógica e de métodos em suas relações com o mundo. A modelagem é, portanto, muito mais presente e real do que imaginamos no cotidiano. No entanto, a modelagem com objetivos acadêmicos e de pesquisa nas áreas agrárias é relativamente recente. Na verdade, foram os estudos de Fischer na década de 1930 que indicaram a possibilidade de integrar num mesmo modelo analítico diferentes fatores de variação. A consequência disso foi a integração da análise de variância na rotina experimental. Esta técnica matemática ajudou a esclarecer e a compreender as fontes de variação e conseguiu um grande avanço na qualidade da pesquisa agrícola. Porém, foram os modernos computadores e o desenvolvimento da informática que permitiram a multidisciplinaridade na concepção e no uso dos modelos.

O desenvolvimento de sistemas de modelos pressupõe sistematização do conhecimento e atenção a critérios específicos.

O uso de modelos nos sistemas pecuários permite a integração dos aspectos sociais, econômicos, vegetal e animal. A modelagem aplicada à agricultura pode ser utilizada como uma ferramenta para melhor compreender e otimizar a performance e/ou a veracidade dos sistemas. A simulação pode também ser usada para verificar as áreas onde o conhecimento é escasso ou mesmo inexistente (Lovatto; Sauvart, 2002).

A compreensão das relações entre os componentes bióticos, abióticos, econômicos e sociais requer um balanço entre o conhecimento dessa complexidade e a sua integração por meio dos distintos níveis hierárquicos de organização do sistema. O desenvolvimento de modelos de simulação e a sua implementação em programas para computador têm sido a maneira mais adequada de obter uma ferramenta útil para o estudo das relações entre os fatores associados a um campo específico do sistema em estudo (Cangiano et al., 2002).

O conceito de “sistema” carrega consigo as problemáticas inerentes aos sistemas, que têm como premissa cinco grandes áreas de estudo:

- as relações com o meio ambiente;
- a organização interna, com suas hierarquias funcionais e estruturais, e das características constitutivas ou somáticas;
- a noção de conservação, que implica o estado do sistema e de sua homeostasia;
- a necessidade de variação, que, por sua vez, é função da finalidade u objetivo único;
- a evolução do sistema no tempo.

Características dos modelos

O desenvolvimento de um modelo segue etapas sucessivas e lógicas e inclui:

1. Formulação clara de objetivos para fixar e descrever os limites dentro dos quais se desenvolverá o trabalho. As qualidades do modelo e da simulação estão fortemente relacionadas à simplicidade dos objetivos.
2. Escolha do sistema, o qual leva implícita a hierarquização das informações e a relação do conhecimento com o seu nível de agregação ou de explicação.
3. Formulação de hipóteses quantitativas, passo que permite a interação no tempo e no espaço com o modelador. Usualmente, nesta fase se elabora o chamado “diagrama de Forrester”, o qual é uma representação da anatomia do modelo, onde as relações e hierarquias entre os componentes ficam representadas graficamente.
4. A formulação de hipóteses qualitativas, que representam a maneira como são definidas as relações matemáticas dentro do modelo. Geralmente, os modelos biológicos são feitos a partir do conceito de compartimento, e a regra básica neles é que a variação da massa de uma variável de estado durante um determinado tempo seja a diferença entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída. O desenvolvimento das hipóteses quantitativas precisa da ajuda das equações diferenciais, isto é, uma construção matemática dos processos.
5. A determinação dos parâmetros ou fase de parametrização. Um parâmetro pode ser definido dentro da modelagem como um elemento numérico que, multiplicado pela variável de estado, produz um fluxo de troca. Os parâmetros são obtidos a partir de três métodos fundamentais: experimentação, pesquisa de opinião ou análise bibliográfica, esta última de especial importância pela revisão

e conhecimento do estado da arte na área de estudo. A fase final corresponde à avaliação do modelo, que poderá ser interna ou externa. A avaliação interna testa a coerência interna do modelo, isto é, se os princípios levados em conta na escolha das hipóteses qualitativas e quantitativas se expressam na forma esperada no momento da simulação. A avaliação externa tenta estabelecer se o modelo reproduz de forma coerente situações diferentes (Lovatto; Sauvart, 2002).

Tipos de modelos

Segundo Fialho (1999), os modelos podem ser classificados em três grupos: físicos, conceituais ou teóricos e matemáticos. Os modelos físicos são uma representação geralmente em menor escala da realidade, como, por exemplo, as maquetas de edifícios ou de usinas. Os modelos teóricos ou conceituais descrevem o sistema ou seu comportamento por meio de teorias ou gráficos. Os modelos matemáticos descrevem o sistema mediante equações matemáticas, para o que são necessários dados como entrada e saída do modelo.

Os modelos matemáticos, por sua vez, podem ser classificados como modelos “lineares” ou “não lineares”, de acordo com o tipo de equações que constituem. Também podem ser classificados em “empíricos” ou em “mecanicistas”, segundo o grau de explicação dos fenômenos que descrevem ou estimam. Igualmente, os modelos matemáticos podem ser classificados como “estáticos” ou “dinâmicos”, de acordo com o modo como trabalham com relação ao tempo. Finalmente, os modelos matemáticos podem ser “estocásticos” ou “determinísticos”, de acordo com o tratamento probabilístico dado a suas variáveis e seus parâmetros (Sainz; Baldwin, 2002).

Os modelos lineares têm natureza normativa e são utilizados em situações que permitem a linearização do problema.

Para que um sistema possa ser considerado linear, deve respeitar algumas considerações, algumas delas básicas a todos os procedimentos do delineamento experimental (Danfaer, 1991). Entre essas condições estão: simplicidade, alto grau de precisão, ausência de erro sistêmico, amplo intervalo de validade das conclusões e levar implícito o cálculo do grau de incerteza. Outras condições, pelo contrário, são inerentes à própria técnica de análise matemática da regressão linear, tais como: o objetivo do problema deve ser único e visa otimizar (maximizar ou minimizar) a solução deste; a função objetivo deve ser especificada e conter todas as alternativas disponíveis, chamadas “variáveis de decisão”; todas as variáveis devem estar sujeitas a restrições e limites, devem possuir expoente 1 e contribuição proporcional e aditiva na função objetivo.

Os sistemas lineares permitem a simplificação da estrutura matemática, reduzindo a necessidade de recursos computacionais de alto porte (*software e hardware*) para a sua resolução. Infelizmente, vários componentes e fenômenos que ocorrem no interior dos sistemas agropecuários não têm comportamento linear. Nas funções ou sistemas não lineares pelo menos uma das variáveis apresenta expoente diferente de 1, o que não permite a linearidade e/ou a aditividade das contribuições na função objetivo (Ragsdale, 1997).

Os modelos dinâmicos têm dentro de suas bases conceituais a variação de um fator em função do tempo, quase sempre registrado como:

$$\Delta x \Delta t^{-1}$$

onde, Δx = variação da atividade do fator em estudo e Δt = tempo no qual o fator acontece.

Na prática matemática, isso é conhecido e estudado dentro das equações diferenciais (na situação apresentada é de primeiro caso). A definição mais simples de equação diferencial é uma equação que contém derivadas, de grande utilidade nos estudos

de fluidos, dissipação de calor, mudança de peso e aumento ou diminuição de populações, entre outras. As equações diferenciais podem ser simples ou com uma única variável, e nas equações parciais entram duas ou mais variáveis independentes. As soluções das equações diferenciais não são únicas, levando como solução um conjunto matemático conhecido como “sistema de equações”. Atualmente, existem pacotes computacionais que, por meio de algoritmos especiais (Euler, Runge-Kutta), fazem a solução dessas equações num processo relativamente amigável, quase sempre mediante o uso das integrais matemáticas (Sainz; Baldwin, 2002).

Os modelos que incluem em seu objetivo de estudo variáveis aleatórias são definidos como modelos estocásticos. Até há pouco tempo, esses modelos foram estudados a partir dos tradicionais ajustes alcançados mediante a teoria dos mínimos quadrados (mais conhecida como “método frequentista”). Esses métodos não conseguiram um alto grau de aproximação para o controle das incertezas, colocando-os como pouco capazes de prever com segurança. Nos últimos anos, apareceu um novo enfoque sobre a abordagem probabilística, surgida a partir da possibilidade computacional de aplicação do teorema de Bayes. Os atuais modelos que usam o método bayesiano têm tido grande sucesso porque todos os parâmetros podem ser usados dentro do modelo como variáveis aleatórias, o que requer um menor número de dados, pois os conceitos probabilísticos envolvidos diminuem a dependência do ajuste do modelo em relação ao número de dados utilizados (Silva et al., 2005).

O método bayesiano de probabilidade permite a obtenção imediata de intervalos de credibilidade, levando em conta a incerteza existente nos parâmetros simultaneamente; portanto, a estimação por intervalo é geralmente mais precisa em relação àquela apresentada no método frequentista de ajuste. O método bayesiano é útil em estudos epidemiológicos, no estudo de curvas de lactação, de estudos dose-resposta, já que possui in-

formações *a priori* a respeito dos parâmetros de uma função de verossimilhança dos dados e do cálculo de distribuição de probabilidade *a posteriori*. Normalmente, são usadas ferramentas como simulação de Monte Carlo ou algoritmos interativos tipo “Gibbs Sampler”, por meio dos quais se melhoram a informação externa ao estudo e os próprios parâmetros do modelo observado, estimando uma distribuição de probabilidade para a magnitude do fenômeno pesquisado (Silva et al., 2005).

Metabolismo e modelagem

Os organismos animais são sistemas biológicos cujas características são a alta complexidade e o alto grau de controle interno. Trata-se de sistemas operativos constituídos por compartimentos hierárquicos e vias conexas que agem sobre o transporte de substâncias ou sobre os processos metabólicos. Também existem os sistemas reguladores, principalmente compostos pelo sistema endócrino (Baldwin; Donovan, 2000).

O avanço no estudo dos sistemas tem sido muito maior sobre os sistemas operativos que sobre os sistemas reguladores, embora seja necessário mais trabalho de pesquisa nesta área, principalmente porque o metabolismo dos animais superiores tem processos aditivos, porém independentes entre eles, mediante os quais é garantida a sobrevivência (regulação na procura da homeostasia) ou a perpetuação da espécie (homeorrese) (Sauvant, 1994). No estado atual do conhecimento, só é possível o uso de modelos matemáticos empíricos, muitos deles obtidos mediante regressão linear. A complexidade das reações enzimáticas, o alto grau de controle necessário, a cinética enzimática e as interações entre órgãos e tecidos tornam difícil o uso de modelos não lineares. Os modelos empíricos também são chamados de “caixa preta”, porque não fazem interações entre os sistemas e o seu grau de agregação é mínimo, procurando estimar a resposta (saída) em função dos dados de entrada, sem

explicar como se dá o funcionamento do sistema (Lovatto; Sauvont, 2001). Nesses modelos, os parâmetros das equações são determinados pela análise de regressão linear, quando possível, e não linear, quando necessário, como é o caso dos modelos matemáticos das curvas de produção (Medeiros, 2003).

Sem dúvida, seria muito melhor modelar os sistemas biológicos desde a ótica dos modelos mecanicistas, já que integram relações de causa-efeito e mais de um nível de organização. Desse modo, permitem estimar e explicar as mudanças ocorridas no sistema em resposta a alterações nas variáveis, das equações e as relações de troca entre os componentes do modelo (Woodward, 1997). Contudo, seria melhor usar modelos dinâmicos, porque como o uso destes é possível simular com maior segurança as mudanças no sistema decorrentes da variável tempo toda vez que os seres vivos mudam seu comportamento no tempo. Assim, podem-se usar modelos dinâmicos para analisar, por exemplo, o efeito da lactação no comportamento de alguma variável de interesse. Para os sistemas de produção do leite no Brasil, uma primeira aproximação ao uso deste tipo de modelo foi o trabalho de Assis e France (1983).

Selecionar um modelo útil nos sistemas biológicos não é uma tarefa simples. Muitas vezes seria desejável o uso de determinado modelo pelas vantagens teóricas que possa oferecer. No entanto, nem sempre isso pode ser feito por causa do tipo de informações (dados) com que se conta no momento de fazer o modelo. O uso atual dos modelos na pesquisa agropecuária não é uma grande área de trabalho, mas num futuro com certeza o será, levando em conta as frequentes restrições no uso de animais em experimentação invasiva, as polêmicas críticas dos ambientalistas, o alto custo das pesquisas e a marcada redução nas fontes de financiamento.

Alguns usos de modelos em animais

Desde a metade do século XIX foram conhecidos os estudos de Gompertz sobre o crescimento, os quais foram a base conceitual de todos os estudos sobre o crescimento que levaram à formulação das equações exponencial, logística e de Richards, todas baseadas no peso como avaliador da taxa de crescimento. A maioria de equações que representam a dinâmica fisiológica de crescimento dos organismos superiores tem um formato sigmóide, com um ponto de máximo crescimento e um ponto de inflexão que pode variar em relação às taxas de aceleração positiva ou negativa que se apresentem. O ponto de inflexão geralmente corresponde a 30% do peso maduro.

Na produção do leite, esse conceito é útil nas considerações sobre desenvolvimento das novilhas e comportamento ao primeiro parto. Aos conceitos iniciais sobre o crescimento foram se agregando inúmeras condições que descreviam melhor o processo de crescimento; assim, foi surgindo o conceito de proteína e maturidade, que deu origem à aplicação dentro dos modelos dos estados nutricionais, conceito básico nos cálculos de requerimentos nutricionais durante a lactação. Os modelos de crescimento têm premissas similares a todas as espécies, mas os parâmetros são individuais, já que cada espécie tem um potencial específico de assimilação de proteína e de expressão de seus fatores de crescimento. Assim, por exemplo, um modelo de crescimento para aves requer parâmetros diferentes para frangos ou para perus (Sainz; Baldwin, 2002).

A incorporação de variáveis nutricionais para a análise do crescimento e lactação levou a estudos sobre requerimentos, efetividade de resposta, cálculos de quantidades ótimas de alimento que mudaram completamente a nutrição moderna, cujo objetivo principal é maximizar o uso dos nutrientes (energia, proteína), visando à otimização dos processos de produção. Dessa forma, foram gerados modelos específicos para nutrição, nos

quais cada dia se incorporam maior número de parâmetros, fazendo desses modelos verdadeiros sistemas de integração biológica e econômica, visto que muitos dos pacotes, além de otimizar o valor biológico de uma ração, trabalham procurando o custo mínimo, pelas pressões de competitividade. Exemplos especiais de modelos para sistemas de nutrição são o CNCPS (Cornell Net Carbohydrate Protein System), que otimiza o uso de energia metabolizável em relação a diferentes condições fisiológicas e do ecossistema de produção. Os sistemas do NRC (National Research Council, EUA) para gado de leite ou corte ou o sistema ARC (Animal Research Center, UK) de nutrição geralmente são baseados em cálculos feitos sobre os nutrientes digestíveis totais, mas ajustam fatores como densidade energética do alimento, raça, sexo, atividade física, temperatura, estado nutricional prévio etc. Esses sistemas, por meio de sofisticadas equações empíricas, geram modelos estáticos e fatoriais que implicam um grande número de parâmetros de entrada e produzem saídas de alto valor teórico e de manejo. Mediante o uso de modelos de este tipo, foi padronizado o peso metabólico dos animais como sendo a potência 0,75 do peso do animal ($W^{0,75}$), fator este de máxima importância nos estudos farmacológicos, de nutrição e de bioenergética.

O avanço atual da nutrição de ruminantes é devido, em grande parte, aos estudos feitos sobre modelos biodinâmicos do ambiente ruminal. O conhecimento de taxas de fermentação, taxas de passagem, liberação de amônia, metano, dióxido de carbono e gases voláteis foi produto da pesquisa feita com modelos matemáticos de simulação. Muitos desses conceitos foram usados na geração de técnicas, hoje de uso rotineiro, tais como FDN, FDA e digestão *in vitro*, entre outras (Van Soest, 1994).

Uma visão moderna sobre o crescimento é formulada com base nos conceitos moleculares e histológicos, para os quais foi preciso desenvolver modelos mecanicistas, levando em conta as condições particulares dos diferentes órgãos e sua situação en-

dócrina. Produto final do anterior conceito são os atuais estudos sobre composição da carcaça, crescimento diferencial, adaptações de tecidos de reserva, adaptação, proliferação celular e apoptose. Esses estudos levam em consideração as determinantes genéticas de cada espécie (quantidade de DNA), expressão genética em cada um dos tecidos e atividade enzimática responsável por essa expressão (Sainz; Baldwin, 2002).

Outra grande área de abrangência dos modelos para ruminantes são as curvas de lactação. Para o pessoal envolvido nos sistemas de produção leiteira, o conhecimento da curva de lactação é fundamental para o desenvolvimento de programas de nutrição, alimentação, seleção genética, estimação de produção, manejo reprodutivo e delineamento da estrutura populacional do rebanho, entre outras atividades. A curva de lactação típica foi proposta por Wood em 1967, na qual foram definidos como os principais parâmetros a taxa de produção do leite e três tempos fixos: pico de produção, início do declínio da produção e semanas totais de lactação. Com esses poucos parâmetros, podem-se estimar outros parâmetros derivados, como persistência, tempo para atingir o pico de produção e produção total do leite em cada fase da lactação.

Diferentes modelos têm sido propostos visando ao melhoramento das estimativas sobre a curva de lactação. Assim, os modelos propostos por Morant e Gnanasakthy e por Jenkins e Ferrell podem ser mais precisos, contudo precisam de um número maior de parâmetros, informação nem sempre disponível (Sainz; Baldwin, 2002).

Os novos modelos de curvas de lactação procuram ser dinâmicos e mecanicistas, substituindo os modelos empíricos, estáticos e fatoriais antigamente usados. A partir dos trabalhos de Baldwin nos finais da década de 1980, crescentes e sofisticados modelos de estimação têm sido propostos. Muitos desses modelos trabalham a compartimentação dos nutrientes, o custo energético da síntese e secreção do leite, os requerimentos específicos de

acordo com a composição química do leite, a dinâmica celular da glândula mamária, a influência de fatores ambientais e não ambientais sobre a curva de lactação, a raça e o número da lactação (Pollott, 2004; Balwin; Donovan, 2000). Uma grande limitante ainda não resolvida é o tipo de equações necessárias para identificar os processos de síntese e secreção dos diferentes compostos no alvéolo mamário, já que nem sempre todos seguem a clássica equação de Michaelis-Menten com seu tipo exponencial com *plateau*. De muitos compostos secretados ou sintetizados ainda não se conhece a velocidade máxima da reação.

Na Figura 1 é apresentada a figura representativa da curva de lactação para bovinos, na qual é possível reconhecer as diferentes fases encontradas na lactação. A curva mais usada é a proposta por Wood, que responde à seguinte equação:

$$Y_n = a.n^b . e^{c.n}$$

onde Y_n é a taxa de produção do leite no tempo; os parâmetros n , a , b e c são fixos e têm a ver com o percurso da lactação. Da fórmula inicial é possível derivar o pico da lactação, a duração total e a persistência da lactação.

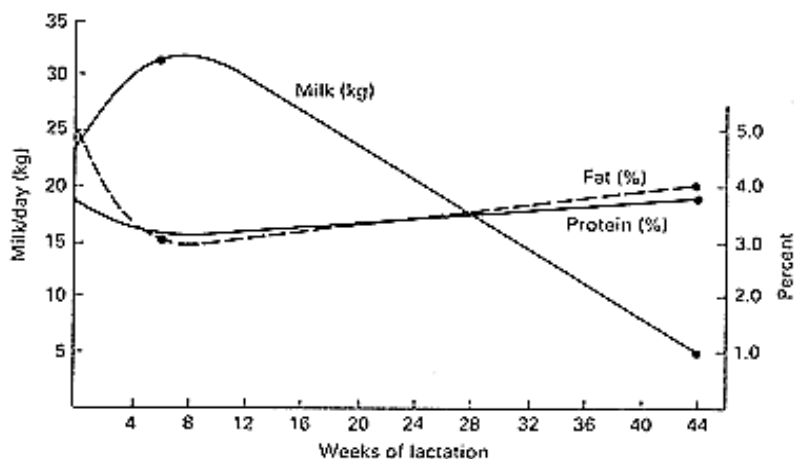


Figura 1: Modelo de curva de lactação em bovinos: produção esperada de leite e de seus principais componentes químicos (LSU, 2005)

Todavia, existem áreas de alta complexidade nos sistemas agrícolas, dentre as quais a de produção de leite é uma das mais complexas. Diversos trabalhos sobre a lactação têm sido desenvolvidos através de modelos abrangentes, como a proposta de Baldwin sobre o metabolismo da lactação (Boston et al., 2000; Knight et al., 1994; Beever et al., 1991; Baldwin et al., 1987). Para esses trabalhos ainda existe ausência de parâmetros metabólicos para serem associados aos modelos metabólicos. Nesta fase do desenvolvimento, diferentes pesquisadores aportam informação sobre indicadores metabólicos, efeitos diretos de ambiente ruminal sobre o metabolismo (por exemplo, o aumento da amônia circulante e sua relação com os custos energéticos da lactação) e informações sobre os mecanismos de controle endócrino e sobre a transformação endógena de nutrientes. Os modelos mecanicistas sobre a lactação têm permitido um grande desenvolvimento no conhecimento do metabolismo intermediário e dos processos bioquímicos que ocorrem na síntese do leite.

Análises da modelagem da composição do leite

A composição típica do leite não tem mudado grandemente no percurso do tempo e os constituintes sólidos básicos continuam próximos a 11-14%. A água é o maior componente do leite e, por isso, grande parte dos modelos feitos para prever a composição do leite avalia o volume de produção numa estimativa de simular a totalidade do processo. Sem dúvida, isso é uma grande possibilidade, mas nem sempre é possível gerar modelos dinâmicos a partir apenas das rotas metabólicas; é necessário contar com informações de alto nível sobre a composição total da dieta, a determinação do consumo de matéria seca e água, as informações ambientais externas ao local de pastejo, o curral e a sala de ordenha, as variáveis climáticas, o nível de estresse,

além daquelas variáveis base, tais como raça, idade, número de lactação, estado fisiológico de lactação e gestação e peso corporal, entre outras (Cant, 2001; Bachman, 1992)

Na década de 1980, os pesquisadores em produção do leite devotaram amplo interesse na procura de técnicas apropriadas para um melhor conhecimento e compreensão dos fatores quantitativos de tipo genético, metabólico, nutricional e fisiológico que participavam na distribuição de nutrientes durante a lactação. Esses estudos aportaram valiosas informações sobre os parâmetros cinéticos *in vitro* da lactação. O primeiro modelo mecanicista nessa área apresentou as bases das análises para o entendimento dos custos energéticos, o transporte de íons e a partição bioquímica de que a síntese do leite precisava, assim como informações sobre o efeito do balanço energético negativo originado pelo incremento na produção do leite (Baldwin et al., 1987).

Na Figura 2 apresenta-se um diagrama do modelo mecanicista do metabolismo na síntese do leite. Para a geração desse gráfico os autores (Baldwin e col.) levaram em conta a cinética enzimática de Michaelis-Menten e/ou o balance da equação segundo a lei de ação de massas. A equação padrão para este tipo de análise foi:

$$U = V_{\max} (1 + K/[S])^{-1}$$

onde: U: taxa de utilização do substrato; $V_{\max}$: velocidade máxima; K: constante de Michaelis-Menten, [S]: concentração do substrato.

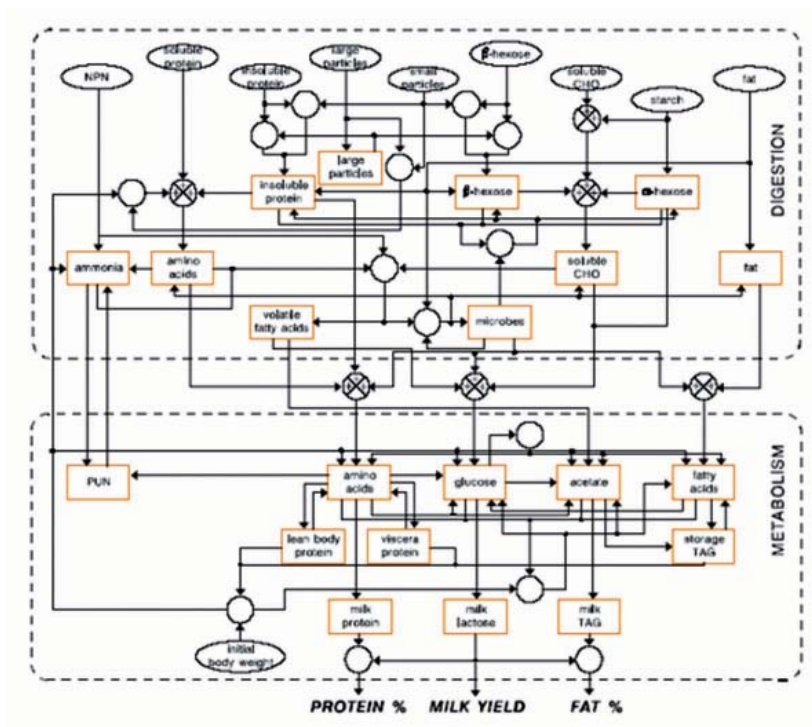


Figura 2: Diagrama integral da modelagem da composição química do leite (Cant, 2001)

A maioria de equações responde a uma construção lineal, embora algumas delas, por exemplo, na lipólise, possam exibir comportamento sigmoide. Porém, nem todas as reações obedecem à cinética enzimática de tipo Michaelis-Menten. Assim, na síntese de proteínas do leite assume-se a lei de ação de massas da seguinte forma:

$$U = k [S]$$

onde k é a taxa constante e $[S]$ concentração do substrato.

O modelo mecanicista de Baldwin e colaboradores rapidamente apresentou limitantes originadas da carência de informações sobre a absorção de nutrientes, para o que foi necessário criar um modelo que pudesse proporcionar com segurança parâ-

metros sobre absorção e metabolismo no sistema digestivo. Em posterior trabalho, a equipe de Baldwin construiu um modelo dinâmico, assumindo um processo de alimentação constante. Nesse nível foi necessário incorporar recursos computacionais que permitiram a integração numérica de quarta ordem através do procedimento de Runge-Kutta. O modelo considerou o comprimento da partícula de fibra oferecida no alimento, os *pools* de matéria não digestível e os produtos intermediários da fermentação ruminal, bem como os produtos finais da digestão.

Esses dois modelos iniciais foram testados e validados para mudanças no tipo de dieta e frequências das medições (dia vs. lactação total). As simulações geradas consideravam o fluxo de nutrientes e as mudanças na concentração de metabólitos no sangue em resposta ao tipo de alimentação. Com essa metodologia foi possível conhecer os efeitos da troca de dieta sobre a composição na gordura do leite, as mudanças na partição protéica e os efeitos do balanço da energia em fases críticas da lactação.

Ainda que o modelo de Baldwin seja dinâmico, existem dificuldades para simular períodos prolongados pelo efeito de retenção de alimento no rúmen e pela homeostase de alguns dos metabólitos. Para superar esse obstáculo, que impede uma validação experimental apropriada, trabalha-se comparando dietas de lento e rápido trânsito digestivo (fibra e concentrados, respectivamente). Na medida em que apareceram partículas usadas como marcadores da digestibilidade (óxido crômico, polímeros inertes etc.), sem as limitações impostas pelos antigos marcadores radiativos, tem sido mais fácil determinar as taxas de passagem, em especial quando os animais possuem dietas baseadas em pastejo (consumo voluntário), e, assim, formular modelos mais exatos e úteis. Os clássicos estudos de Roseler e colaboradores nos finais dos 1990 geraram importantes equações para a estimação do consumo, passo que permitiu uma melhor parametrização nos modelos de predição para produção e composição do leite. Essas informações modificaram as formu-

lações e as predições do NRC e do CNCPS da Universidade de Cornell (Roseler et al., 1997).

Diferentes trabalhos têm sido feitos tendo como objetivo gerar informações básicas (parâmetros) para a construção de modelos. Talvez esse processo seja o mais importante na modelagem. A maior parte dos estudos tem a ver com as informações de tipo nutricional, seja essa informação útil para a predição do metabolismo energético, proteico ou mineral. Exemplos desses trabalhos são o estudo sobre a digestibilidade do amido (Nocek; Tamminga, 1991), compostos nitrogenados (Jonker et al., 1999), metabolismo dos aminoácidos (Hanigan et al., 2001), metabolismo dos lipídeos (McNamara; Baldwin, 2000) e sobre as interações metabólicas da lactação (Doepel et al., 2002; Reynolds et al., 2003) e sobre o controle endócrino da lactação (Busato et al., 2002).

Duas grandes áreas de trabalho na modelagem da composição do leite existem na atualidade: num grupo estão todos aqueles modelos nos quais, pela regressão linear simples, tenta-se prever a composição química do leite a partir de variáveis originadas na composição dos alimentos e/ou de alguns produtos da fermentação ruminal. Neste caso são requeridos parâmetros sólidos de entrada, tais como consumo e composição da dieta e outras variáveis derivadas do animal, como peso e condição corporal, volume de leite produzido e teor de gordura na secreção. As equações de regressão procuram a melhor predição na composição de proteína, gordura e lactose no leite. Um exemplo típico desta análise é apresentado na Tabela 1. A precisão da predição dependerá da qualidade das informações de entrada.

Tabela 1: Coeficientes de regressão linear em modelos para prever os principais componentes do leite a partir de variáveis específicas

Variável	Gordura	Proteína	Lactose
Constante	- 0,04	- 0,02	0,80
Silagem DMI (kg/d)	0,0652	-	0,0569
Concentrado DMI (kg/d)	0,0329	-	0,0407
Total DMI (kg/d)	-	0,047	-
Peso vivo (kg)	-	-	- 0,00043
Número de lactação	0,0248	-	0,0318
Silagem N (g/kg)	- 0,0041	-	0,0088
Silagem FDN (g/kg)	0,00042	- 0,00044	-
Silagem digestibilidade MO	-	0,00041	- 0,00077
Silagem pH	0,066	0,032	-
Silagem DM (g/kg cinzas)	-	-	0,00087
Concentrado FDN (g/kg)	- 0,00079	-	- 0,00076
R ²	0,383	0,520	0,345

Este tipo de modelos predictivos e de adaptação aos requerimentos de nutrientes, basicamente de energia, responde com a equação:

$$\text{Energia para lactação (\%)} = Y_1 \text{ gordura (\%)} + Y_2 \text{ proteína (\%)} + Y_3 \text{ lactose (\%)}$$

onde Y_1 , Y_2 , Y_3 são parâmetros dependentes da fase da lactação (tempo), usualmente corrigidos para séries temporais através de filtros matemáticos como o algoritmo de Kalman (Cant, 2001).

O coeficiente de determinação (R^2) é moderado, para os componentes gordura e lactose, e médio, para a proteína. Contudo, é claro que o melhor predictor é mais relacionado com o consumo de matéria seca do que o consumo de energia (avaliado como FDN). Na predição de proteína, a variável “nitrogênio na silagem” não tem valor na predição direta da proteína láctea, uma vez que esta é produto da síntese feita dentro da glândula mamária, não somente um processo de filtração.

A relativa exatidão e limitada precisão para prever sólidos no leite a partir da entrega de nutrientes fez necessário desenvolver modelos dinâmicos mecanicistas, como a proposta

de Baldwin, mas a grande limitação é a parametrização dos metabólitos que possam refletir a complexidade das rotas bioquímicas envolvidas na síntese e secreção dos componentes químicos do leite. Na procura desses parâmetros atualmente são desenvolvidos trabalhos específicos (Campos, 2006; Busato et al., 2002) que possibilitam o aprofundamento no conhecimento dos valores das variáveis de origem endócrinas e metabólicas que participam diretamente na síntese do leite.

Na Tabela 2 apresentam-se alguns indicadores de tipo metabólico e endócrino que foram incluídos na regressão linear algoritmo Stepwise, para prever a composição do leite em vacas de alta produção na região Sul do Brasil.

No estudo entraram 25 variáveis que provinham de indicadores metabólicos, cinco variáveis de controle endócrino, três variáveis indicativas do funcionamento ruminal, seis variáveis relacionadas com a dinâmica hemática e quatro variáveis de origem ambiental. Ainda que os coeficientes de determinação fossem baixos, foi possível prever a composição química do leite. Os valores apresentados permitem conhecer parâmetros de integração e de avaliação da relação alimentação: metabolismo.

A proteína é o componente em cuja predição participa um maior número de variáveis; ao contrário, para a lactose e a gordura somente participam cinco do total de variáveis inseridas no estudo. Para a predição de Sólidos Não Gordurosos (SNG), o coeficiente de determinação é alto (0,67), o qual indica a dificuldade de prever com exatidão a gordura do leite. De fato, para este componente foi determinado o menor coeficiente de determinação (0,19). Esses achados corroboram o fato conhecido de que a gordura do leite é o componente de maior oscilação e maior dificuldade de prever, tanto por sua origem nutricional como pela síntese específica de gordura pela glândula mamária.

Tabela 2: Coeficientes para a regressão linear algoritmo Stepwise na predição dos componentes químicos do leite para vacas leiteiras de alta produção no sul do Brasil

Variável	Lactose	Gordura	Proteína	ST	SNG
Constante	4,35645	1,76506	1,98633	9,96273	9,1468
AST	- 0,00163	-	-	-	-
Magnésio	0,11571	-	-	-	-
Albumina	0,00707	-	-	-	0,01517
Leucócitos totais	- 0,000007	-	-	-	-0,0000117
Log CCS	- 0,02873	-	-	-	-
Época	-	0,40451	-	-	-0,51136
TG	-	0,01325	-	0,02031	-
NEFA	-	0,81826	-	0,52795	-
Log cortisol	-	- 0,07448	-0,03197	-	-
Hemoglobina	-	0,06184	0,03824	0,12876	-
Glicose	-	-	- 0,0033	-	-
BHB	-	-	0,13916	-	- 0,237
Colesterol	-	-	-0,0009208	-	-
Fósforo inorgânico	-	-	0,06334	0,23373	0,18405
BUN	-	-	- 0,02937	-	-
pH rúmen	-	-	0,12619	-	-
Log TRAM	-	-	-	-	-
Hematócrito	-	-	-	-0,0357	-
Globulinas	-	-	-	-	-
R ²	0,27	0,19	0,33	0,29	0,67

TG= triglicerídeos, NEFA= ácidos graxos não esterificados, BHB = beta-hidroxibutirato, BUN = nitrogênio ureico no sangue, TRAM = tempo de redução do azul de metileno, ST = sólidos totais, SNG = sólidos não gordurosos (Campos, 2006)

Perspectivas dos modelos em produção animal

Lovatto e Souvant (2002) relatam os principais argumentos para o uso da modelagem aplicada. Assim, citam, entre outros benefícios, que a modelagem é uma ferramenta de alta *performance* e baixo custo. Os modelos são representações da realidade e constituem apoio para inúmeras áreas do ensino, da pesquisa e da extensão. A modelagem pode ser utilizada como ferramenta para melhor compreender e otimizar a *performance* e a veracidade dos sistemas. A simulação por meio de modelos pode ser usada para verificar as áreas da ciência onde o conhecimento é escasso ou inexistente. A simulação é a execução do

modelo, representada por um programa computacional que dá informação sobre o sistema que está sendo investigado. A simulação é, portanto, um método de pesquisa oposto ao método analítico, que é meramente teórico. A simulação é mais flexível. Finalmente, o desenvolvimento e uso de sistemas de modelagem e simulação exige trabalho multidisciplinar, permite a formação de equipes de trabalho conformadas por pessoal de áreas diferentes que se juntam para o um objetivo comum, discutem e geram óticas de análise desde a perspectiva da multidisciplinariedade e da construção de coletivos.

No final da década de 1990 surgiram ajudas computacionais ainda não usadas em forma adequada. As últimas gerações de computadores permitem o trabalho com grandes bancos de dados. Assim, é possível processar arquivos com milhões de dados, de forma rápida, o que permitiu o surgimento de novas técnicas na geração de modelos como Data Mining, cuja melhor tradução poderia ser agrupamento e comparação de dados sem lógica aparente. Com essa ferramenta é possível procurar relações entre os componentes biológicos e não biológicos que nunca foram consideradas. Outra ferramenta de uso crescente são as redes neurais computacionais, conhecidas como ANN (*Artificial Neural Network*). Essas redes são baseadas em inteligência artificial e, mediante estruturas derivadas das sinapses neurais, conseguem desenvolver complexas equações de relacionamento respeitando bases estatísticas. Até hoje essa é a melhor ferramenta para solucionar o problema das equações não lineares, ainda não resolvido convenientemente e cuja importância no trabalho biológico é máxima (Heald et al., 2000).

O uso de ANN para analisar os grandes bancos de dados que atualmente existem nos controles leiteiros do Brasil, criados para a garantia da qualidade do leite através da Rede Brasileira de Laboratórios de Qualidade de Leite, será, sem dúvida, uma grande área de trabalho em modelagem e na procura de pontos de melhoramento da cadeia produtiva do leite.

Referências bibliográficas

- ASSIS, A. G.; FRANCE, J. Modelling dairy cattle feeding in the South-East region of Brazil. *Agricultural Systems*, v. 12, p. 129-170, 1983.
- BACHMAN, K.C. Managing milk composition. In: VAN HORN, H., WILCOX, C. (Ed.). *Large dairy herd management*. Champaign: Dairy Science Association, American, Dairy Science Association, 1992. p. 336-346.
- BALDWIN, R. L.; DONOVAN, K. C. Modelling the lactating dairy cow. In: THEODOROU M. K.; FRANCE J. *Feeding systems and feed evaluation models*, Wallingford: CAB International. 2000. c. 14, p. 323-342.
- BALDWIN, R. L. et al. Metabolism of the lactating cow. In. Animal elements of a mechanistic model. *Journal Dairy Research*, v. 54, p. 77-87, 1987.
- BEEVER, D.E. et al. A review of empirical and mechanistic models of lactational performance in the dairy cows. *Livestock Production Science*, v. 29, p. 115-130, 1991.
- BOSTON, R. C. et al. The conversion of a scientific model describing dairy cow nutrition and production to an industry tool. In: McNAMARA, J. P; FRANCE, J.; BEEVER, D. E. (Ed.). *The CPM dairy project modeling nutrient utilization in farm animals*. Wallingford, UK: CAB International, 2000. 377p.
- BUSATO A. et al. Body condition scores in dairy cows: associations with metabolic and endocrine changes in healthy dairy cows. *Journal Veterinary Medicine Series A*, v. 49, p. 455-460. 2002.
- CAMPOS, R. *Modelagem da composição química do leite através de indicadores metabólicos em vacas leiteiras de alta produção*. 2006. 114f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Porto Alegre, 2006.
- CANGIANO, C.A. et al. Conpast 3.0: programa de computación para la estimación del consumo en bovinos en pastoreo. Una aplicación en sistemas lecheros. In: EVERLING, D.M. et al. (Ed). *Modelos para a tomada de decisões na produção de bovinos e ovinos*. Santa Maria: UFSM, 2002. p. 69-91.
- CANT, J. P. *Modeling milk composition*. Ontario University of Guelph, Department of Animal and Poultry Science, 2001.
- DANFAER, A. Mathematical modelling of metabolic regulation and growth. *Livestock Production Science*, v. 27. p. 1-18, 1991.

DOEPEL, L. et al. Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake. *Journal of Dairy Science*, v. 85, p. 2315-2334, 2002.

FIALHO, F.B. Sistemas de apoio à decisão de produção de suínos e aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. *Anais SBZ*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p. 307-317.

HANIGAN, M. D., et al. Modeling mammary aminoacid metabolism. *Livestock Production Science*, v. 70, p. 63-78, 2001

HEALD, C. W. et al. Computerized mastitis decision aid using farm-based records: an artificial neural network approach. *Journal of Dairy Science*, v. 83, p. 711-720, 2000.

JONKER, J. S. et al. Milk urea nitrogen target concentrations for lactating dairy cows fed according to national research council recommendations. *Journal of Dairy Science*, v. 82, p. 1261-1273, 1999.

KNIGHT, C.H. et al. Nutrient metabolism and utilization in the mammary gland. *Livestock Production Science*, v. 39, p. 29-137, 1994.

LOVATTO, P. A; SAUVANT, D. Modelagem aplicada aos processos digestivos e metabólicos do suíno. *Ciência Rural*, v. 31, p. 663-670, 2001.

LOVATTO, P. A; SAUVANT, D. Premissas básicas para o desenvolvimento de modelos na agricultura. In: EVERLING, D. M. et al (Ed.). *Modelos para a tomada de decisões na produção de bovinos e ovinos*. Santa Maria: UFSM, 2002. p. 9-33.

McNAMARA, J. P.; BALDWIN, R. L. Estimation of parameters describing lipids metabolism in lactation: Change of existing knowledge described in model of metabolism. *Journal of Dairy Science*, v. 83, p. 128-143, 2000.

MEDEIROS, H. R. *Avaliação de modelos matemáticos desenvolvidos para auxiliar a tomada de decisão em sistemas de produção de ruminantes em pastagens*. 2003. 112f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

NOCEK, J.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 3598-3629, 1991.

POLLOTT, G. E. Deconstructing milk yield and composition during lactation using biologically based lactation models. *Journal of Dairy Science*, v. 87, p. 2375-2387, 2004.

RAGSDALE, C. T. *Spreadsheet modelling and decision analysis: a practical introduction to management science*. Cincinnati, OH: South Western College, 1997. 730p.

REYNOLDS, C. K., et al. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. *Journal of Dairy Science*, v. 86, p. 1201-1217, 2003

ROSELER, D. K., et al. Development and evaluations of equations from prediction of feed intake for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 80, p. 878-893, 1997

SAINZ, R. D.; BALDWIN, R. L. Models of growth, lactation and digestion in cattle. In: EVERLING, D.M. et al. (Ed.). *Modelos para a tomada de decisões na produção de bovinos e ovinos*. Santa Maria: UFSM, 2002. p. 149-176.

SAUVANT, D. Modelling homeostatic and homeorhetic regulation in lactating animals. *Livestock Production Science*, v. 39, p. 105-113, 1994.

SILVA, F. F. et al. Abordagem Bayesiana da curva de lactação de cabras Saanen de primeira e segunda ordem de parto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, p. 27-33, 2005.

VAN SOEST P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Salem, OR: O e B Books. 1994. 485p.

WOODWARD, S. J. R. Formulate for predicting animals' daily intake of pasture and grazing from bite weight and composition. *Livestock Production Science*, v. 52, p. 1-10, 1997.

C A P Í T U L O 6

Desenvolvimento de SILA em condições experimentais*

Robier Hernández Rodríguez

Introdução

A análise dos componentes sanguíneos tem sido a forma mais frequente para conhecer e interpretar o estado de saúde da vaca leiteira, basicamente no que se refere a seu estado metabólico (Alvarez, 1999).

Salvo o caso da mastite, que é diagnosticada quimicamente por alterações no leite, as doenças metabólicas, tais como acidose metabólica, alcalose, cetose, hipocalcemia, hipomagnesemia, transtornos ruminais e outras, são definidas pela análise do perfil metabólico sanguíneo, de dados do equilíbrio ácido-básico, do líquido ruminal e de biópsias de ossos e fígado.

Embora bem conhecidos os efeitos de diferentes sistemas e tipos de alimentação, raça, época do ano, fatores fisiológicos e outros sobre a composição láctea, poucos desses indicadores são utilizados realmente para diagnosticar alterações no estado de saúde da vaca leiteira e, na prática, apenas a determinação de uréia no leite é considerada como elemento efetivo para avaliar possíveis desequilíbrios de energia/proteína na ração (Wittwer, 2000). Indicadores como a concentração de lactose, minerais e proteína láctea são considerados pouco variáveis dentro de uma

* Tradução de Félix Diaz González, Professor Associado da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

raça com um determinado estado fisiológico, porém na prática nem sempre é assim.

A alta especialização produtiva atingida pelos rebanhos leiteiros nos últimos anos gera uma maior demanda de nutrientes, pelo qual, mudanças relativamente pequenas nas condições ótimas de manejo e alimentação produzem alterações sensíveis na saúde (González, 2001; Hernández; Ponce, 2003). A produção leiteira em ambientes que não se ajustam a seu potencial genético, como é o caso da raça Holandesa e de outras altamente especializadas sob condições tropicais, associam-se em ocasiões com baixa resposta reprodutiva e alterações na produção e na composição láctea.

Diretamente vinculada a essas alterações, é relatada a existência de síndromes como a de má nutrição energética e/ou proteica (González-Stagnaro et al., 1998) e, mais recentemente, a síndrome do leite anormal (Ponce; Hernández, 2001; Hernández; Ponce, 2003; Hernández; Ponce, 2006), onde se apresentam situações produtivas negativas, associadas a etiologias multifatoriais em que estão envolvidas a nutrição, o potencial genético, a saúde e a produtividade dos rebanhos.

A maior parte dos transtornos metabólicos e fisiológicos conhecidos, tais como a síndrome de baixa gordura, cetose, hipocalcemia, febre do leite, início e final da lactação, gera alterações específicas nas características físico-químicas e pode ser tratada com manejo e uso de substâncias que regulam o ambiente ruminal, o metabolismo em geral ou ambos. Geralmente se reconhecem alterações no conteúdo de gordura láctea, sólidos totais e menores em proteína bruta e caseína, mas não em lactose, minerais, peso específico, pH, acidez titulável nas relações entre eles, exceto quando se trata de mastite, cujas mudanças também são identificadas com alterações específicas (Contreras, 1998; 2000).

Alguns relatos isolados indicam a ocorrência de alterações que implicam mudanças na estabilidade térmica, capacidade tamponante e no equilíbrio mineral, além da composição

(Fossa et al., 1984; Mariani et al., 1991), que não possibilita a classificação no quadro conhecido de alterações metabólicas e da lactação, excluindo a presença de mastite e adulteração de qualquer natureza. No caso de Cuba, tem sido relatada durante vários anos a depressão nas concentrações dos componentes maiores do leite, incluindo lactose, alterações nos componentes osmóticos e suas relações, bem como no peso específico e a acidez (Ponce et al., 1996; Ponce, 1999), associado a rebanhos da raça Holandesa e cruzamentos e às condições de restrição nutricional e de manejo no período de seca. Similar situação ocorre em outros países, sem que existam diagnóstico e solução integral a esse problema científico e prático.

Por outra parte, os aditivos alimentares utilizados, geralmente, como parte integral dos concentrados, mel, blocos multinutricionais, em menor medida têm sido dirigidos a prevenir ou corrigir uma doença metabólica determinada. A pesquisa pecuária ainda não encontrou um aditivo capaz, por si só, de conseguir os seguintes efeitos: aumentos na produção de leite, melhora do comportamento reprodutivo, incrementos na composição do leite e efeito benéfico sobre a saúde animal. Por isso, existe um grupo de aditivos alimentares com efeitos benéficos sobre problemas metabólicos específicos (Le Ruyet; Tucker, 1992; Staples; Lough, 1999). Entretanto, o enfoque mais promissor é o emprego combinado desses compostos, o que pode permitir obter uma resposta mais efetiva e ampla que o obtido com o uso de uma dessas substâncias.

Replicação experimental da SILA em condições controladas

Os estudos das doenças da produção e sua relação com as características do leite devem se sustentar no conhecimento e na avaliação prévia do comportamento dos múltiplos indicadores e dos fatores fundamentais associados a sua variação (Hoffman;

Wattiaux, 2000). Por isso, nem sempre a análise das características físico-químicas do leite é comparável entre regiões, ainda mais se considerarmos que menos de 20% das propriedades estão associadas a sistemas especializados de produção (González-Stagnaro et al., 1998). O desenvolvimento de pesquisas que permitam estabelecer critérios de padrões nacionais e regionais dentro de um país é uma necessidade técnica que permite o estabelecimento de regulações e normas nacionais, aplicar corretamente os sistemas de pagamento, orientar o trabalho genético, melhorar o manejo dos rebanhos, organizar e orientar a projeção da indústria láctea entre outros (Hernández, 2000).

Contudo, em ocasiões, a partir dos resultados das pesquisas, consegue-se identificar novas situações ainda não descritas ou esclarecidas completamente em relação a uma problemática. Sob essa premissa, desde alguns anos conseguiu-se a identificação de um quadro de alterações que, conforme Ponce (1999), foram classificadas como síndrome de leite anormal (SILA) (Tabela 1). É interessante notar que, em termos de alterações no leite, esse problema não se ajusta a nenhum dos quadros descritos diante de outros transtornos metabólicos, como cetose, acidose, hipocalcemia, hipomagnesemia, baixa gordura e mastite, onde ocorrem mudanças apreciáveis, mas em componentes e propriedades específicas.

Um elemento de interesse frente ao leite anormal é a alteração no perfil nitrogenado do leite: baixa proteína bruta, baixa concentração de caseína e da relação caseína/proteína bruta, o que está relacionado com desequilíbrios da relação energia/proteína da dieta.

Existe uma depressão marcada nos níveis de fósforo e cálcio no leite, condicionado pela pobre aporte da dieta e pela demanda que os minerais têm durante o pico de produção de leite. Essa situação é respaldada cientificamente quando vemos a expressão refletida da caseína, a qual é altamente dependente dos níveis de cálcio e fósforo na célula epitelial mamária, pois neste caso há um efeito direto no seu comportamento.

Tabela 1: Componentes maiores e propriedades físico-químicas do leite cru, intervalo de variação para Cuba e comportamento do leite “anormal”

Indicador	Média	Variação	Leite “anormal”
Proteína bruta (g%)	3,05	2,85 - 3,30	< 2,90
Caseína (g%)	2,44	2,11 – 2,90	< 2,10
Lactose (g%)	4,75	4,50 – 4,85	< 4,60
Relação caseína/PB (%)	75	73 – 77	< 75
Acidez titulável (g%)	0,15	0,13 – 0,17	< 0,13
pH	6,70	6,60 – 6,75	>6,75
Densidade (g/mL)	1.030	1.029 – 1.032	< 1.029
Prova de ebulição	negativo	positivo – negativo	positivo
Prova do álcool 68%	negativo	positivo – negativo	positivo
Cálcio (mg%)	120	80 – 150	< 110
Fósforo (mg%)	90	65 – 105	< 80
Magnésio (mg%)	10	7,9 – 14	< 9,0

Fonte: Ponce (1999).

Para o caso de Cuba, onde a seleção genética tem estado baseada apenas para a produção de leite, condiciona a prevalecer a variante genética AA das proteínas lácteas, as quais são propensas a mostrar menor concentração proteica no leite. A relação caseína/proteína bruta encontra-se abaixo de 75%. Devemos também levar em conta que a lactose é o maior componente osmoticamente ativo sintetizado pela glândula mamária, o que permite regular a saída de água e o volume de leite secretado. A lactose mostra no quadro uma franca depressão, resultando no primeiro relato desse comportamento, se levado em conta que é um dos invariáveis no leite. Isso também está relacionado com uma baixa concentração de magnésio, que geralmente se encontra abaixo de 9 mg%. A relação inversa relatada entre este mineral no leite e os rendimentos produtivos está relacionada diretamente com o papel do magnésio na maior parte dos complexos enzimáticos de síntese e secreção dos componentes lácteos na glândula mamária, sobretudo para a lactose. Entretanto, já existem relatos em Cuba (Ponce, 1984) de que, no caso da raça Holandesa, diante de condições desfavoráveis apresenta-se uma depressão acentuada das concentrações de magnésio

em torno do pico de lactação, bem como a impossibilidade desta raça de manter os níveis normais das concentrações de cálcio e magnésio durante essa etapa da lactação.

O equilíbrio ácido-básico do leite está determinado pela presença de caseína e dos grupos fosfatos e citratos. Existindo uma depressão neles, o leite manifesta baixo poder tamponante, o que se traduz em baixo nível de acidez titulável e elevado pH referido à síndrome de leite anormal (SILA). A interação que têm os grupos fosfatos e citratos com a micela de caseína define sua estabilidade, a qual evidencia seu estado por meio da prova de ebulição e do álcool, fato que confirma que, diminuindo essas concentrações no leite, condiciona a que não possua aptidão para o processamento industrial a que possa ser submetida.

Entretanto, considerava-se necessário que o achado em condições de produção fosse corroborado em um estrito desenho experimental que reproduzisse em condições controladas a situação descrita nos rebanhos afetados. Para isso foram conformados três grupos experimentais, onde os animais foram selecionados ao acaso em grupos de dez cada. Um grupo recebeu 50% do consumo diário com base de matéria seca de cana-de-açúcar integral moída (*Saccharum officinarum*) e bagaço, além de forragem verde (*Pennisetum sp.*), pastagem (*Cynodon mlenfluensis*) sem fertilização e concentrado comercial (Grupo 50%). Este grupo recebeu os requerimentos de manutenção e lactação em matéria seca da energia metabolizável (EM) e foi provocado um déficit de proteína digestível no intestino (PDI) de 20%, sendo o aporte líquido médio de 933,88 g PDI/dia.

O segundo grupo recebeu cana-de-açúcar integral moída (*Saccharum officinarum*) e bagaço cobrindo até 80% do consumo de matéria seca da dieta, sendo o restante ocupado por forragem verde (*Pennisetum sp.*), pastagem (*Cynodon mlenfluensis*) sem fertilização e concentrado comercial (Grupo 80%). Este grupo recebeu teve uma diminuição de 25% dos requerimentos de PDI, o qual foi calculado em 875,51g PDI/dia.

O terceiro grupo serviu de controle, consumindo uma dieta formada por pastos (*Cynodon mlenfluensis*) sem fertilização, forragem (*Pennisetum sp.*), concentrado e mistura mineral, cobrindo em 100% os requerimentos para manutenção e lactação. Para isso, levou-se em conta um peso vivo médio para os grupos de 450 ± 5 kg, com nível de produção médio de 15 litros diários e 3,80% de gordura láctea, conforme o NRC (2001).

Em primeiro lugar, foi provocado um desequilíbrio na relação proteína e energia da ração nos grupos em que se modificou a dieta, o que causou sérias implicações no desempenho produtivo ao não cumprir com a recomendação do NRC (2001) de conseguir uma relação proteína bruta / energia metabolizável de 17,4:1 (g:MJ) para a produção de leite.

A condição corporal, similar entre os grupos no início do trabalho, teve variações significativas no final entre o grupo controle e os grupos 50% e 80% (2,7 para o grupo controle vs. 2,1 e 1,9, respectivamente, $p \leq 0,01$). A condição corporal da vaca leiteira permite avaliar de forma quantitativa o grau de depósito ou perda de gordura corporal, ou seja, de suas reservas energéticas. Wittwer (2000) refere que no início da lactação a vaca leiteira oscila entre 2,5 e 3,0 pontos de condição corporal. Os resultados indicam que, neste caso, essa situação levou a que os animais, do final do experimento, tivessem uma drástica diminuição da condição corporal em níveis que fisiologicamente não permitem sustentar a lactação.

Em termos produtivos (Tabela 2), o grupo controle não teve variação significativa. Entretanto, os grupos 50 e 80% manifestaram uma diminuição na produção de leite. Wittwer (2000) refere que, do início da lactação até o pico de máxima produção, a condição corporal diminui de 3,5 a 2,5 pontos. Sobre o tema consideramos que também em rebanhos leiteiros de médio potencial e onde os requerimentos nutricionais não são elevados é possível uma diminuição na produção de leite. Esse parâmetro em vacas com déficit de proteínas na dieta se reduz significa-

tivamente, bem como o conteúdo de SNG, especificamente de proteínas lácteas (Kalscheur et al., 1999). Quando os aportes da dieta são deficitários, os nutrientes são distribuídos na economia animal de forma que os requerimentos para manutenção recebem prioridade, deprimindo a produção e a reprodução. (González-Stagnaro et al., 1998).

Martín (1997) demonstrou que, durante a utilização de cana-de-açúcar sem adição de ureia ou outra suplementação, os animais perdem peso, concluindo que o principal limitante para o animal consumir alimento e sustentar uma elevada produção de leite é o baixo conteúdo de nitrogênio. O conteúdo de proteína na dieta é outro aspecto fundamental no início da lactação. Comparada com a energia, a quantidade de proteína que pode ser mobilizada das reservas corporais é limitada (145 g/dia). Por isso, resulta importante conseguir o total aporte dos requerimentos neste nutriente, uma vez que a dieta constitui a única via para obtê-lo. Entretanto, uma fração da proteína da dieta deve, em certa medida, ser resistente à sua degradação no rúmen para, assim, conseguir um fluxo direto de aminoácidos à glândula mamária (Álvarez, 1999).

Com relação à composição do leite, são mostrados os níveis de proteína láctea e caseína (Tabela 3). No transcurso do experimento, os valores de proteína no leite caíram significativamente nos grupos 50 e 80%. Durante a mudança de colostro a leite, o conteúdo de proteína láctea decai rapidamente, para continuar até sua expressão mais baixa por volta dos setenta dias pós-parto, isto é, no pico de lactação (Dürr et al., 2000). Contudo, esse comportamento dos grupos 50% e 80% é reflexo do déficit de proteína na alimentação, que compromete tanto a produção como o conteúdo em sólidos do leite. Os valores de caseínas no leite descrevem a mesma situação que as proteínas no leite, e a relação entre elas cai drasticamente abaixo de 75% nos casos dos grupos que tiveram ajuste da dieta, correspondendo ambos os valores aos estabelecidos para um quadro de SILA.

Tabela 2: Efeitos da replicação experimental de SILA sobre a produção de leite (kg/dia)

Grupo	Início (média ± EP)	Final (média ± EP)
Controle	15,4 ^a ± 0,20	15,3 ^a ± 0,24
50%	15,7 ^a ± 0,23	21,0 ^b ± 0,26
80%	15,5 ^a ± 0,25	24,2 ^b ± 0,27

Letras diferentes por colunas possuem diferenças significativas ($p < 0,05$); EP= erro padrão.

Tabela 3: Comportamento da proteína bruta e a caseína durante o experimento

Grupo	Proteína (%)		Caseína (%)	
	Início média ± EP	Final média ± EP	Início média ± EP	Final média ± EP
Controle	3,06 ± 0,010 ^a	3,01 ± 0,014 ^a	2,41 ± 0,010 ^a	2,31 ± 0,011 ^a
50 %	3,08 ± 0,013 ^a	2,82 ± 0,008 ^b	2,40 ± 0,015 ^a	2,11 ± 0,013 ^b
80 %	3,03 ± 0,009 ^a	2,80 ± 0,011 ^b	2,37 ± 0,012 ^a	2,04 ± 0,014 ^b

Letras diferentes por colunas possuem diferenças significativas ($p < 0,05$); EP= erro padrão.

Esses resultados confirmam o proposto por Ponce e Hernández (2001) e Hernández e Ponce (2002a), de que a alimentação básica com cana-de-açúcar na forma de forragem e mel em mais de 50% do consumo total de matéria seca é um fator de consideração na apresentação de alterações. Esses autores, analisando uma situação apresentada em rebanhos altamente especializados na época da seca, onde o consumo de cana e seus derivados foi maior de 50% sobre a base de matéria seca, relataram valores normais de gordura (3,53%), porém com depressão de proteína (2,87%) e uma relação proteína bruta – caseína abaixo de 75%, correspondendo aos nossos resultados.

Hernández e Ponce (2002b) e Hernández e Ponce (2003) referem que, em Cuba, a alimentação da vaca leiteira é o principal fator que incide na baixa concentração de sólidos no leite, principalmente pelo insuficiente conteúdo de proteína verdadeira fornecida na ração. São manifestadas concentrações médias deprimidas para proteína láctea com relação ao valor mínimo

estabelecido. Tais autores afirmam que existem evidências de baixa porcentagem de caseína, sendo anormal a relação que deve existir entre esta e a proteína láctea total, com impacto na fabricação de queijo e derivados.

O conteúdo de lactose esteve abaixo de 4,60%, estabelecido como critério de manifestação de SILA, para o caso dos grupos tratados, com diferenças significativas frente ao controle (Tabela 4). A gordura láctea manifestou um comportamento similar para todos os grupos.

Tabela 4: Concentração de gordura e lactose durante o experimento

Grupo	Gordura (%)		Lactose (%)	
	Início média ± EP	Final média ± EP	Início média ± EP	Final média ± EP
Controle	3,58 ± 0,017 ^a	3,42 ± 0,019 ^a	4,67 ± 0,009 ^a	4,62 ± 0,010 ^a
50%	3,61 ± 0,020 ^a	3,36 ± 0,016 ^a	4,64 ± 0,011 ^a	4,53 ± 0,008 ^b
80%	3,64 ± 0,015 ^a	3,35 ± 0,018 ^a	4,69 ± 0,006 ^a	4,56 ± 0,009 ^b

Letras diferentes por colunas possuem diferenças significativas ($p < 0,01$); EP = erro padrão.

Alonso e Senra (1992) referem que, aplicando consumos de forragem de cana-de-açúcar entre 5–10 kg MS/vaca/dia (55% da dieta), houve diminuição de lactose e gordura, bem como de SNG e ST. Neste caso existe um comprometimento da capacidade de síntese da glândula mamária por alterações fisiológicas dos animais. Dürr (2000) e Hurley (2000) referem que a glicose presente no sangue do animal é utilizada em 79% para a síntese de lactose e o restante é usada na síntese de glicerol ou para gerar energia no organismo. Por isso, a disponibilidade de glicose sanguínea é um fator altamente limitante para a síntese de lactose e a produtividade da vaca leiteira.

No caso dos grupos tratados, o déficit alimentar e as consequências metabólicas que implica em nível de glândula mamária afetam as concentrações de proteína e lactose para níveis abaixo dos fisiologicamente relatados, o que resulta em valores deprimidos de sólidos não gordurosos (SNG) com relação ao grupo controle.

Alonso e Senra (1992), durante a utilização de cana-de-açúcar na alimentação de vacas leiteiras na seca, concluíram que resulta imprescindível fornecer suplementos nitrogenados, sais minerais e outros alimentos à cana-de-açúcar para conseguir uma adequada relação PB:EM na dieta e obter boa produção de leite e níveis aceitáveis de sólidos. Nisso coincidem Aranda et al. (2001), os quais consideram que a cana-de-açúcar é um bom alimento sempre que combinado com pasto de boa qualidade, ureia ou um suplemento proteico.

Com relação às propriedades físico-químicas do leite, a Tabela 5 mostra o comportamento no rebanho em estudo.

Tabela 5: Propriedades físico-químicas do leite no início da indução de SILA

Parâmetro	Controle	50%	80%
Acidez (g%)	0,14 ± 0,006 ^a	0,14 ± 0,004 ^a	0,13 ± 0,009 ^a
Densidade (g/cm ³)	1,029 ± 0,0002 ^a	1,030 ± 0,0001 ^a	1,029 ± 0,0002 ^a
Prova do álcool 68%	Negativa	Negativa	Negativa
Prova de ebulição	Negativa	Negativa	Negativa
Ponto crioscópico (m°C)	517 ± 0,029 ^a	519 ± 0,023 ^a	518 ± 0,025 ^a

Letras desiguais por fileira têm diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Valores em média ± EP.

Como se observa, as propriedades físico-químicas no início do experimento flutuam acima dos limites mínimos permissíveis para leite cru estabelecidos em Cuba. Entretanto, na síndrome os animais dos grupos tratados apresentam diferenças significativas com relação ao grupo controle (Tabela 6).

As modificações significativas nos grupos 50% e 80% confirmam a existência de mudanças nas propriedades físico-químicas do leite. Consideramos que a diminuição na densidade do leite é reflexo direto da diminuição dos componentes lácteos, sobretudo de proteína e sólidos não gordurosos. No caso da acidez titulável e densidade, tem sido relatada uma alta porcentagem de valores de densidade abaixo de 1,029 g/cm³ e de acidez menor de 0,13 g% de ácido láctico (Hernández; Ponce, 2002a). No mesmo sentido, diversos autores referem diferenças entre

as épocas de seca/chuva para ambos os indicadores, com maior frequência de valores deprimidos durante o período seco (Ponce; Hernández, 2001).

Tabela 6: Propriedades físico-químicas do leite na fase final de indução de SILA

Parâmetro	Controle	50%	80%
Acidez (g%)	0,13 ± 0,006 ^a	0,12 ± 0,007 ^a	0,11 ± 0,005 ^b
Densidade (g/cm ³)	1,029 ± 0,0004 ^a	1,028 ± 0,0001 ^{ab}	1,028 ± 0,0002 ^b
Prova do álcool 68%	Negativa	Positiva	Positiva
Prova de ebulição	Negativa	Negativa	Negativa
Ponto crioscópico (m°C)	519 ± 0,024 ^a	510 ± 0,021 ^b	511 ± 0,027 ^b

Letras desiguais por fileira têm diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Valores em média ± EP.

No caso das provas de ebulição e de álcool, transitam da negatividade ao positivo nos grupos tratados. A positividade às duas provas associa-se ao baixo conteúdo de caseínatos e fosfatos, os quais mantêm uma adequada capacidade tamponante quando estão em níveis normais no leite. Isso coincide com relatos de Barros (2001), Hernández e Ponce (2002a) e Hernández e Ponce (2006).

Neste caso, existindo um pH elevado no leite e uma concentração diminuída de cálcio, apresenta-se uma diminuição na concentração de citrato na sua forma solúvel, situação demonstrada neste experimento, pois não foi possível encontrar níveis fisiológicos deste íon sob condições desfavoráveis do metabolismo e a glândula mamária. Negri et al. (2001) relatam que encontraram maior influência de problemas de estabilidade térmica do leite produzido no inverno e associaram esse efeito a uma menor concentração de ácido cítrico devido à menor utilização das pastagens. A permeabilidade da membrana mitocondrial para alguns ânions (malato, citrato, aspartato, glutamato) em detrimento de outros pode variar em graus diversos sobre o controle do metabolismo celular. Uma função da mitocôndria é fornecer átomos de carbono para a síntese de aminoácidos não essenciais na forma de citrato (Hurley, 2000). Diminuindo a

concentração desse íon, o mecanismo de síntese de aminoácidos não essenciais é afetado e, como consequência, afeta a síntese de lactose e de proteína láctea. Além disso, cálcio e citrato normalmente formam um complexo solúvel estável no leite quando o pH do leite é menor de 6,7 e existe uma alta concentração de íon cálcio (Negri et al., 2001).

Quanto aos minerais (Tabela 7), podemos apreciar que, no caso do fósforo e do magnésio, resultam significativamente diferentes os grupos tratados e, para o cálcio, é evidente um comportamento similar dos grupos tratados com o controle. O grupo controle mantém-se sem mudanças apreciáveis para esses minerais.

Tabela 7: Concentração de minerais no leite (mg%) durante o estudo

Grupo	Fósforo		Cálcio		Magnésio	
	Início	Final	Início	Final	Início	Final
Controle	94,5 ± 0,30 ^a	92,5 ± 0,32 ^a	114,2 ± 0,42 ^a	113,7 ± 0,47 ^a	9,89 ± 0,05 ^a	9,19 ± 0,04 ^a
50%	97,4 ± 0,37 ^a	79,4 ± 0,33 ^b	117,5 ± 0,44 ^a	101,1 ± 0,43 ^b	9,72 ± 0,07 ^a	8,24 ± 0,08 ^b
80%	96,8 ± 0,42 ^a	76,6 ± 0,35 ^b	115,3 ± 0,48 ^a	95,5 ± 0,40 ^b	9,77 ± 0,06 ^a	8,26 ± 0,09 ^b

Letras desiguais por componente têm diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

Valores em média ± EP.

Nos grupos tratados, os níveis de fósforo estão abaixo de 80 mg%, ressaltando que a dieta aplicada era deficitária em fósforo. Fisiologicamente, sua disponibilidade é baixa, o que leva a que também o seja em nível da glândula mamária. Isso faz com que diminua a concentração de cálcio e fósforo solúveis no leite, levando à diminuição proporcional do fosfato cálcico micelar (Negri et al., 2001). O anterior se traduz em diminuição da síntese de caseína. Também estão deprimidos os níveis de cálcio e de magnésio.

A relação inversa relatada por Hernández e Ponce (2002a) entre o magnésio no leite e a produção está diretamente relacionada com o papel que tem este mineral na maior parte dos complexos enzimáticos, especialmente na síntese e secreção láctea.

González (2001) refere que a vaca leiteira depende de adequadas concentrações de fósforo no organismo. Em primeiro lugar, resulta necessário no rúmen para a atividade normal da microflora e, portanto, para ter uma digestão adequada. As deficiências de fósforo não têm efeitos imediatos como no caso do cálcio, mas no longo prazo pode causar uma osteoporose progressiva, infertilidade e diminuição da produção de leite. Geralmente, os rebanhos alimentados a base de pastos e forragem têm maior disponibilidade de cálcio que de fósforo, acontecendo uma deficiência relativa de fósforo.

As vacas de alta produção (superior a 30 kg/dia) perdem por essa via cerca de 36 g de cálcio, isto é, mais de quatro vezes a quantidade de cálcio sanguíneo. Alvarez (1999) e González (2001), em estudos recentes, mencionam que entre os principais fatores que afetam a absorção de cálcio no intestino está a deficiência de proteína na dieta. No nosso caso esse fator foi decisivo na diminuição deste elemento no leite, sendo esse processo progressivo durante o experimento.

Spears (1999) define que, entre os macroelementos, o magnésio é um cofator de mais de trezentas enzimas do organismo animal, além de ser um constituinte fundamental dos ossos e da atividade neuro muscular. Sobre esse mineral não existe um controle homeostático específico; portanto, sua concentração sanguínea é reflexo direto de seu aporte na dieta. No nosso caso, existe uma diminuição progressiva de magnésio desde o início até o fim do experimento, estando relacionada com a diminuição da produção de leite nas vacas. Deve-se ressaltar o fato de que esses componentes são muito estáveis e não existem relatos de sua alteração no leite; por isso, pode-se reafirmar a existência de desequilíbrio mineral como expressão do metabolismo animal com efeito direto sobre a glândula mamária.

O estudo de alguns indicadores hematológicos e do equilíbrio ácido-básico no início do experimento demonstra que os animais estavam em adequada homeostase (Tabela 8).

Tabela 8: Indicadores hematológicos e do equilíbrio ácido-básico no início do experimento

Indicador	Intervalo de referência	Controle	50%	80%
Hemoglobina	80-150 g/L	86,6 ± 0,05 ^a	86,6 ± 0,09 ^a	86,8 ± 0,06 ^a
pH sanguíneo	7,35-7,50	7,36 ± 0,04 ^a	7,39 ± 0,05 ^a	7,35 ± 0,03 ^a
Excesso de base	-2,5 a 2,5 mmol/L	1,85 ± 0,12 ^a	2,3 ± 0,11 ^a	1,13 ± 0,14 ^a
HCO ₃ ⁻	24-30 mmol/L	26,7 ± 0,09 ^a	26,9 ± 0,10 ^a	26,1 ± 0,08 ^a

Letras desiguais por fileiras têm diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Valores em média ± EP.

Contudo, no momento da aparição da SILA os animais apresentaram anemia e 100% deles mostravam franca acidose metabólica, pois os níveis de pH sanguíneo estavam abaixo do limite mínimo (Tabela 9). A deterioração física e de saúde observada com frequência em rebanhos leiteiros especializados no fim da época seca, em concordância com as limitações na qualidade e quantidade de alimentos disponíveis, tem sido acompanhada por anemia e alterações da homeostase dos animais (Hernández; Ponce (2002a). Estudos do metabolismo indicaram a existência de acidose vinculada a alterações ruminais naqueles animais que tiveram desequilíbrio alimentar.

A suplementação com alimentos ricos em carboidratos de fácil digestão constituindo mais de 50% do consumo diário determina uma marcada proliferação de micro-organismos amilolíticos, o que leva a elevada produção de lactato ruminal e, quando essa situação perdura, produz uma queda brusca do pH e redução dramática da flora ruminal, comprometendo a fisiologia do animal, aparecendo um quadro de acidose metabólica (González, 2001; Hernández; Ponce, 2002a; Barros, 2001; Ponce; Hernández, 2001). Entretanto, esse comportamento não se ajusta exatamente aos clássicos quadros de acidose metabólica produzido por excesso de ácido láctico ruminal, mas a um desequilíbrio generalizado do controle metabólico provocado pela dieta utilizada no modelo experimental.

Tabela 9: Indicadores hematológicos e do equilíbrio ácido-básico na fase final do estudo.

Indicador	Intervalo de referência	Controle	50%	80%
Hemoglobina	80-150 g/L	86,6 ± 0,06 ^a	74,6 ± 0,09 ^b	72,4 ± 0,08 ^b
pH sanguíneo	7,35-7,50	7,36 ± 0,02 ^a	7,31 ± 0,05 ^b	7,30 ± 0,03 ^b
Excesso de base	-2,5 a 2,5 mmol/L	1,85 ± 0,10 ^a	-2,6 ± 0,09 ^b	-2,75 ± 0,14 ^b
HCO ₃ ⁻	24-30 mmol/L	26,7 ± 0,07 ^a	23,7 ± 0,09 ^b	23,1 ± 0,06 ^b

Letras desiguais por fileiras têm diferenças significativas ($p \leq 0,05$). Valores em média ± EP.

Em conclusão, existe uma estreita relação entre os desequilíbrios nutricionais e os estados de subalimentação dos animais estudados, com o aparecimento de alterações metabólicas e da SILA. Esta síndrome apresenta alterações múltiplas na composição láctea e nas características físico-químicas, sendo relevante notar que, em termos de alterações no leite, esse problema não se ajusta a nenhum dos quadros clássicos de transtornos metabólicos da vaca leiteira. Situações desse tipo devem ter um tratamento especial e um enfoque mais integral, que englobe os estudos do leite, raça e alimentação, manejo e época do ano, bem como os possíveis transtornos do metabolismo em geral e da glândula mamária em particular.

Utilização de formulações para a correção da SILA em condições experimentais

Obtida a replicação experimental e tendo como antecedentes as experiências descritas em Cuba e outros países relativas à utilização de aditivos na correção de alguns transtornos ruminal-metabólicos (Xu et al., 1994; Staples; Lough, 1999; Mejías et al., 1991; García et al., 1992), abordamos a avaliação do efeito de várias combinações de substâncias ou formulações corretivas sobre a composição, as propriedades físico-químicas do leite e o metabolismo geral, considerando seu uso como tratamento frente à síndrome de leite anormal.

Foram formados aleatoriamente cinco grupos experimentais (Grupos I a V) em um rebanho afetado por SILA. A cada grupo foi aplicada uma formulação reguladora ou corretiva do ambiente ruminal, exceto ao grupo V, que serviu como controle. As formulações eram fornecidas diariamente misturadas no concentrado, sempre na ordenha da tarde, estando constituídas por substâncias com diversas propriedades para obter efeitos combinados. Um período de sete dias foi destinado à adaptação dos animais a formulações. Os componentes, quantidades e efeitos esperados da combinação das diferentes substâncias presentes em cada formulação são descritos na Tabela 10.

Os resultados das formulações sobre a produção láctea (Tabela 11) evidenciam uma recuperação na produção de leite em todos os casos, sendo as formulações B e D as de melhor recuperação. Consideramos que, além do carbonato de cálcio (alcalinizante) e do fosfato bicálcico (portador de sais minerais), a inclusão de spirulina incrementa a disponibilidade de aminoácidos e vitaminas no rúmen, sendo um ativador da microflora ruminal, o que deve facilitar a presença de precursores que favorecem a produção de leite. Mejías et al. (1991) obtiveram efeitos benéficos com fosfato bicálcico sobre a produção láctea. A diferença em produção de leite entre o grupo controle e os que receberam fosfato bicálcico superou 1 kg de leite ($p \leq 0,01$).

Galindo et al. (1990) referem que a população ruminal de bactérias celulolíticas incrementa-se com a inclusão de zeolitas em torno de 1% da dieta (base úmida). Neste caso, as bactérias requerem íons como K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} para sua reprodução e para a atividade específica do complexo de enzimas celulasas, melhorando o equilíbrio bacteriano no rúmen e, portanto, os indicadores do ambiente ruminal.

Os mesmos autores relatam um incremento no pH ruminal com melhora no ecossistema deste órgão quando se utilizam zeolitas. A zeolita, amplamente estudada, por seus efeitos benéficos sobre o trato gastrointestinal de ruminantes e monogástri-

cos devido a sua capacidade de intercâmbio iônico, onde prevalecem cátions como magnésio, cálcio, sódio e potássio, tem mostrado efeitos na regulação do consumo voluntário de alimentos (Galindo et al., 1990).

Tabela 10: Composição e propriedades das formulações utilizadas

Formulação	Componentes	Efeito esperado
Formulação A (Grupo I)	bicarbonato de sódio ¹ fosfato bicálcico ²	tamponante portador de sais minerais
Formulação B (Grupo II)	fosfato bicálcico carbonato de cálcio ³ zeolita ⁴	portador de sais minerais alcalinizante intercambiador
Formulação C (Grupo III)	zeolita uréia ⁵	intercambiador aporte de NNP
Formulação D (Grupo IV)	spirulina ⁶ fosfato bicálcico carbonato de cálcio	ativador da flora ruminal portador de sais minerais alcalinizante

¹ Bicarbonato de sódio qualidade alimentar, com 98% de pureza

² Fosfato bicálcico contendo 242 g/kg de cálcio e 204 g/kg de fósforo, com destino a consumo animal

³ Carbonato de cálcio de 98% de pureza particulado grau I

⁴ Zeolita tipo Heulandita – Clinoptilolita + Modenita tipo I com 70% de pureza, (jazida Tasajera), com capacidade de intercâmbio catiônico de mais de 125 meq/100 g

⁵ Ureia contendo 45% de nitrogênio

⁶ Spirulina grau consumo animal, com 60% de proteína bruta e digestibilidade de 76-89%

Tabela 11: Efeito das formulações sobre a produção diária de leite

Grupo	Produção de leite (kg ⁻¹)	
	Início	Final
I	3,02 ^a	15,35 ^b
II	3,00 ^a	15,6 ^b
III	3,01 ^a	15,4 ^b
IV	2,8 ^a	15,7 ^b
V	2,9 ^a	3,3 ^a

Letras desiguais possuem diferença significativa ($p \leq 0,01$).

A Tabela 12 mostra o comportamento dos níveis de proteína e SNG nos grupos experimentais, evidenciando um incremento de proteína para todos os grupos, menos o controle ($p \leq 0,05$). Similar comportamento tiveram os SNG, os quais manifestaram em geral uma tendência a superar os níveis estabelecidos

para a raça em Cuba. A relação proteína bruta/caseína, que no início do experimento flutuava abaixo de 75%, normalizou-se e atingiu entre 78 e 80%. O grupo controle manteve deprimidos esses indicadores.

Tabela 12: Conteúdo de proteína e SNG no leite dos grupos estudados

Grupo	Proteína (g%)		SNG (g%)	
	Início	Final	Início	Final
I	2,88 ^a	3,29 ^b	8,11 ^a	8,65 ^b
II	2,81 ^a	3,16 ^b	8,04 ^a	8,42 ^b
III	2,81 ^a	3,06 ^b	8,08 ^a	8,37 ^b
IV	2,86 ^a	3,06 ^b	8,11 ^a	8,42 ^b
V	2,85 ^a	2,87 ^a	8,11 ^a	8,16 ^a

Letras desiguais por fileiras diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Experimentos realizados em vacas em pastejo com dietas com alto nível de concentrado que incluíram bicarbonato de sódio ou zeolita (Delaquis; Block, 1995) relataram em ambos os casos um incremento de gordura e de sólidos do leite e melhora nas propriedades para industrialização, o que reflete o efeito benéfico desses reguladores sobre o pH e o ambiente ruminal. Le Ruyet e Tucker (1992) afirmam que o uso de bicarbonato na dieta de vacas leiteiras eleva o pH ruminal, aumenta a relação acetato/propionato no rúmen e incrementa a digestibilidade da fibra detergente ácido. Staples e Lough (1999), utilizando dietas atípicas para a vaca leiteira (80-90% de concentrados sobre base do consumo diário e aplicando uma quantidade de bicarbonato de sódio de 2,6 a 4,6% sobre a matéria seca), mantiveram o *status* fisiológico dos animais tratados, além de incrementar o nível de produção e o conteúdo de gordura no leite.

A utilização de fosfato bicálcico como aditivo alimentar em concentrações de 20 a 50 g diários em vacas com dietas de pastos/concentrados produziu incremento na produção de leite (Mejías et al., 1991). Esse efeito benéfico associa-se, por uma parte, à maior disponibilidade de fósforo e cálcio no rúmen, que

melhora a atividade dos micro-organismos e o ambiente ruminal em geral, e, por outra, à maior utilização desses minerais na síntese/secreção dos componentes lácteos. A spirulina, além de possuir elevada porcentagem de proteínas, tem quantidades consideráveis de vitaminas e microelementos (Prado Aragón et al., 1999), contribuindo para a ativação da microflora e microfauna ruminal.

No caso da lactose, foram observadas variações no tempo, com maior concentração nos grupos I e IV, e variações significativas entre início e final ($p \leq 0,05$). Convém destacar que este componente teve uma tendência a aumentar com relação ao controle (Figura 1).

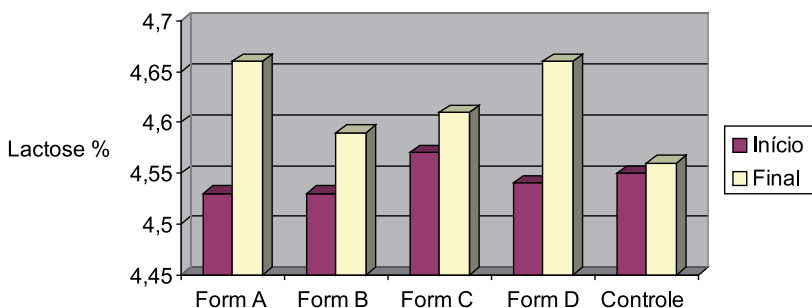


Figura 1: Conteúdo de lactose (%) durante a aplicação das formulações. Letras diferentes diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Estudos de diversos autores (Xu et al., 1994; Staples e Lough, 1999) assinalam que a utilização de bicarbonato de sódio em dietas extremas para vacas leiteiras consegue incremento médio de 0,8 kg de leite e 0,16% de gordura láctea com relação ao controle. Entretanto, não existem relatos sobre o efeito desses produtos sobre os níveis de lactose.

Na Tabela 13 mostram-se os níveis de acidez, que aumentaram após o tratamento, normalizando o pH, o que também ocorreu com os níveis de densidade e ponto crioscópico, significando melhora na estabilidade do leite. Os efeitos da SILA

relacionam-se com baixos sólidos e diminuição da capacidade tamponante. No caso da caracterização de ambos os indicadores durante a SILA, tem sido relatado um alto percentual de valores de densidade abaixo de 1,029 g/cm³ e de acidez menor de 0,13 g% de ácido láctico. Uma observação comum a esses resultados é que os componentes lácteos, depois de restabelecidos, levam à recuperação dos parâmetros físico-químicos do leite. Substâncias como a spirulina, o bicarbonato de sódio, a zeolita e o carbonato de cálcio, por ter um efeito direto sobre o ambiente ruminal e restabelecer o pH e os processos fisiológicos, implicam a recuperação do equilíbrio metabólico, sobretudo ácido-básico, a níveis normais, tendo um efeito decisivo sobre a síntese e secreção láctea (Bigner et al., 1997). Todos os parâmetros manifestaram diferenças entre o início e o final para os grupos A a D, enquanto que o grupo controle não mostrou essa modificação.

Tabela 13: Efeito da aplicação das formulações sobre as propriedades físico-químicas do leite

Grupo	Densidade (g/cm ³)		Acidez (g%)		Ponto crioscópico (m°C)		pH	
	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final
I	1,028 ^a	1,030 ^b	0,12 ^a	0,14 ^b	511 ^a	520 ^b	6,77 ^a	6,66 ^b
II	1,028 ^a	1,029 ^b	0,11 ^a	0,14 ^b	512 ^a	519 ^b	6,76 ^a	6,65 ^b
III	1,028 ^a	1,029 ^b	0,12 ^a	0,14 ^b	511 ^a	518 ^b	6,77 ^a	6,64 ^b
IV	1,028 ^a	1,030 ^b	0,11 ^a	0,14 ^b	510 ^a	519 ^b	6,75 ^a	6,65 ^b
V	1,028 ^a	1,029 ^a	0,12 ^a	0,13 ^a	511 ^a	513 ^a	6,78 ^a	6,74 ^a

Letras diferentes possuem diferenças significativas ($p \leq 0,01$).

No caso dos minerais, observam-se variações significativas para o cálcio, o magnésio e o fósforo (Tabela 14). García et al. (1992) usando zeolita em vacas leiteiras e avaliando seu efeito sobre a produção de leite, descrevem uma resposta produtiva favorável, bem como um efeito positivo sobre a composição do leite. O fosfato bicálcico tem conseguido um benefício no funcionamento do rúmen e a produtividade de vacas leiteiras (Mejías et al., 1991). Os resultados obtidos demonstram o restabelecimento do equilíbrio mineral e a normalização no conteúdo de proteínas e sólidos do leite.

O estudo dos indicadores hematológicos indicou no início do experimento que em torno de 40% dos animais apresentavam anemia e que 100% apresentavam uma franca acidose metabólica, uma vez que os níveis de pH sanguíneo estavam abaixo do limite mínimo, da mesma forma que os demais indicadores (Tabela 15).

Entretanto, a aplicação das formulações corretivas conseguiu o restabelecimento de todos os parâmetros a níveis normais em três semanas em todos os grupos tratados com relação ao grupo controle. Xu et al. (1994) afirmam que o uso de substâncias tamponantes no rúmen consegue, além de controlar o pH e o ecossistema do órgão, melhorar as propriedades físico-químicas do leite como consequência do restabelecimento do equilíbrio metabólico.

Tabela 14: Efeito das formulações sobre a concentração dos minerais no leite

Grupo	Fósforo (mg%)		Cálcio (mg%)		Magnésio (mg%)	
	Início	Final	Início	Final	Início	Final
I	75,4 ^a	98,3 ^b	95,1 ^a	112,2 ^b	8,24 ^a	9,72 ^b
II	76,9 ^a	98,5 ^b	95,2 ^a	112,3 ^b	8,26 ^a	9,77 ^b
III	76,2 ^a	93,6 ^b	95,8 ^a	110,7 ^b	8,26 ^a	9,77 ^b
IV	75,7 ^a	98,8 ^b	95,5 ^a	112,1 ^b	8,26 ^a	9,77 ^b
V	76,2 ^a	77,1 ^a	95,7 ^a	97,2 ^a	8,89 ^a	8,91 ^a

Letras desiguais diferem significativamente ($p \leq 0,05$).

Tabela 15: Comportamento dos indicadores do equilíbrio ácido-básico em vacas sob efeito das formulações

Grupo	Hemoglobina (80-150 g/L)		pH sanguíneo (7,35-7,45)		HCO ₃ (23-30 mmol/L)		EBS (- 2,5 a 2,5 mmol/L)	
	Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final
I	82,1 ^a	92,8 ^b	7,30 ^a	7,42 ^b	22,16 ^a	26,0 ^b	- 3,94 ^a	1,20 ^b
II	80,5 ^a	93,2 ^b	7,32 ^a	7,39 ^b	22,54 ^a	25,8 ^b	- 3,97 ^a	1,23 ^b
III	81,3 ^a	94,2 ^b	7,29 ^a	7,41 ^b	22,37 ^a	26,1 ^b	- 3,85 ^a	1,29 ^b
IV	81,7 ^a	94,1 ^b	7,31 ^a	7,40 ^b	21,98 ^a	26,3 ^b	- 3,91 ^a	1,24 ^b
V	82,2 ^a	87,3 ^a	7,29 ^a	7,35 ^a	22,05 ^a	23,1 ^a	- 3,95 ^a	- 1,02 ^a

Letras desiguais possuem diferenças significativas ($p \leq 0,05$).

A deterioração física observada com frequência em rebanhos leiteiros especializados no fim da época de seca em consequência da limitação em qualidade e quantidade de alimentos disponíveis tem sido acompanhada por alto grau de anemia e alterações da homeostasia dos animais (Ponce et al., 2000). Entretanto, o uso de dietas balanceadas e de substâncias reguladoras do ambiente ruminal consegue recuperar a fisiologia desse órgão e a recuperação dos transtornos metabólicos concomitantes (Sommer, 1995).

Em resumo, todas as formulações avaliadas mostraram efeitos benéficos na recuperação dos sólidos do leite e das propriedades físico-químicas, como consequência da correção dos transtornos metabólicos da vaca leiteira, com melhores resultados no caso das formulações A e D. Resulta significativo o fato de que o grupo controle não mostra recuperação nos indicadores sanguíneos e lácteos, independentemente dos ajustes da dieta realizados no início do experimento. Conclui-se que o uso de formulações corretivas combinando substâncias tamponantes e alcalinizantes, intercambiadoras de íons e ativadoras do ambiente ruminal, corrige o quadro denominado síndrome de leite anormal em 21 dias de aplicação contínua, restabelecendo os parâmetros físico-químicos e de composição láctea.

Referências bibliográficas

ALONSO, R.; SENRA, A. Sistema de producción con vacas lecheras en condiciones de secano con forraje de caña de azúcar entera en el período seco. Producción y composición de la leche y comportamiento del peso vivo. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.*, v. 26, p. 125. 1992.

ÁLVAREZ, J. L. *Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico*. La Habana: Ediciones CENSA, 1999. p. 15-34.

ARANDA, E.; et al. Growth of heifers grazing stargrass complemented with sugar cane, urea and protein supplement. *Livestock Production Science*, v. 71, p. 201-206, 2001.

BARROS, L. Transtornos metabólicos que afetam a qualidade do leite. In: *Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001. p. 44-57.

BIGNER, D. R. et al. Comparison of oral sodium compounds for the correction of acidosis. *J. Dairy Sci.*, v. 80, p. 2162-2166, 1997.

DELAQUIS M. A.; BLOCK E. Dietary cation-anion difference, acid-base status, mineral metabolism, renal function and milk production of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 78, p. 2259-2284, 1995.

DÜRR, W.; FONTANELI, S.; BURCHARD, F. Fatores que afetam a composição do leite. In: CURSO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PARA GADO DE LEITE BASEADO EM PASTAGENS SOB PLANTIO DIRETO. 2000. Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: EMBRAPA. Trigo, 2000.

GALINDO, J. et al. Efecto de la zeolita en algunos grupos fisiológicos de bacterias ruminales en vacas que consumen ensilaje en pastoreo controlado. *Rev. Cubana Ciencias Agríc.*, v. 24, n. 2, p. 179, 1990.

GARCÍA, L. R.; ELIAS, A.; MENCHACA, M. Uso de la zeolita en vacas lecheras. II. Efectos en la producción de leche. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.*, v. 26, p. 133, 1992.

GONZÁLEZ, F. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: *Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 5-21.

GONZÁLES-STAGNARO, C.; MADRID-BURY, N.; SOTO-BELLOSO, E. *Mejora de la ganadería mestiza de doble propósito*. Maracaibo: Universidad del Zulia, Venezuela. 1998, p. 181-211.

HERNÁNDEZ, R.; PONCE, P. *Replicación del Síndrome de Leche Anormal en condiciones experimentales*. Disponível em: <www.exopol.com/general/circulares/142.htm>. Acesso em: 2002.

HERNÁNDEZ, R.; PONCE, P. Estudio de la composición de la leche en las condiciones actuales del trópico en Cuba. *Rev. Salud Anim.*, v. 24, n. 2, p. 111-114, 2002b.

HERNÁNDEZ, R.; PONCE, P. Caracterización de la composición láctea en Cuba y factores asociados a su variación. *Revista Electrónica de Veterinaria – REDVET*. v. 4, n. 11. Disponível em: <www.veterinaria.org/revistas/redvet.html>. Acesso em: 1 nov. 2003.

HERNÁNDEZ, R.; PONCE, P. Relación entre desbalances nutricionales, el metabolismo y la composición de la leche en vacas Holstein Friesian. *Rev. Salud Anim.*, v. 28, n. 1, p. 13-20, 2006.

HURLEY, W. *Lactation biology*. Urbana – Champaign: University Press, University of Illinois, 2000.

KALSCHEUR, K. et al. Effects of dietary crude protein concentration and degradability on milk production responses of early, mid, and late lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 82, p. 545-554. 1999.

LE RUYET, P.; TUCKER, W. B. Ruminant buffers: temporal effects on buffering capacity and pH on ruminal fluid from cows fed high concentrate diet. *J. Dairy Sci.*, v. 75, p. 1069-1077, 1992.

MARTÍN, P. Forraje de caña en la alimentación del ganado vacuno. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.*, v. 31, p. 237-247. 1997.

MEJÍAS, R.; GARCÍA, L. R.; HERRERA, J. Niveles de suplementación con calcio y fósforo en vacas de primer parto en pastoreo. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.*, v. 25, p. 261, 1991.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient Requirements of Domestic Animals*. 6th ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001.

NEGRI, L.; TAVERNA, M.; CHÁVEZ, M. Factores que afectan la estabilidad térmica de la leche. *Industria Lechera*, v. 726, p. 8-19. 2001.

PONCE, P. Caracterização da síndrome do leite anormal: um enfoque das suas possíveis causas e correção. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE, 4., 1999, Caxambu. *Anais...* Caxambu: Instituto Fernando Costa, 1999. p. 61-76.

PONCE, P.; HERNÁNDEZ, R. Propriedades físico-químicas do leite e sua associação com transtornos metabólicos e alterações na glândula mamária. In: *Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 58-68.

PRADO ARAGÓN, M. et al. *Parámetros poblacionales en el cultivo de Spirulina platensis en las condiciones climáticas de Cuba*. Tesis (Grado en Biología) - Universidad de la Habana, Facultad de Biología, Habana, 1999.

SPEARS, J. Reevaluation of the metabolic essentiality of the minerals: review. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.*, v. 12, p. 1002-1008, 1999.

STAPLES, C. R.; LOUGH, D. S. Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactating dairy cows. A review. *Animal Feed Science and Technology*, v. 23, p. 277-303, 1999.

SUMMER, A. et al. Effects of the hot-humid climate on rennet-coagulation properties of milk produced during summer months of 1998 and

relationships with the housing systems in the rearing of italian friesian cows. *Ann. Fac. Med. Vet., Univ. Parma*, v. 19, p. 277-289, 1998.

WITTWER, F. Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. In: GONZALEZ, F. H. et al. *Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2000. p. 53-62.

XU, S. et al. Effect of buffer adition to high grain total mixed rations on rumen pH, feed intake, milk production and milk composition. *J. Dairy Sci.*, v. 77, p. 782-788, 1994.

C A P Í T U L O 7

Prevalência, indução e tratamento do leite instável não ácido (LINA) no sul do Brasil

Vivian Fischer

Maira Balbinotti Zanela

Maria Edi Rocha Ribeiro

Lúcia Treptow Marques

Waldyr Stumpf Jr.

Luis Eduardo Barros Vidal

Introdução

Na região Sul do Brasil, a cadeia produtiva do leite é social e economicamente expressiva. A produção total de leite é da ordem de 3,3 bilhões de litros ao ano e há necessidade de abastecimento de 25 milhões de habitantes (Vilela et al., 2001). A atividade leiteira envolve cerca de 180 mil produtores diretamente vinculados às empresas de laticínios e cooperativas. No Rio Grande do Sul, 66,6% dos produtores produzem até 50 litros de leite/dia, equivalente a 30,2% da produção, e os restantes 34,4% que estão acima de 50 litros/dia produzem 69,8% do total (Bitencourt et al., 2000). Os principais fatores que limitam a eficiência dos sistemas de produção da região Sul estão relacionados ao manejo da alimentação, da reprodução e da sanidade dos rebanhos, bem como à qualidade do leite.

Desde 2005, com a implementação da instrução normativa 51 do Ministério da Agricultura (Brasil, 2002), oficializou-se a implantação de um programa para controlar e padronizar a qualidade do leite. Os padrões mínimos estabelecidos para o recebimento industrial do leite com relação à composição química são: 3,0% de gordura, 2,9% de proteína e 8,4% de extrato seco desengordurado. O número máximo de células somáticas por mililitro de leite e a contagem bacteriana total variam conforme a região e o ano de avaliação, sendo para a região Sul entre 2005 e 2008, de 1.000.000 células/mL de leite e 1.000.000 bactérias/mL, respectivamente. Com relação à caracterização física, o leite deve apresentar acidez titulável de 14 a 18°D e deve ser estável ao álcool ou alizarol a 72%.

A prova de estabilidade no teste do álcool ou alizarol 72% (v/v) é realizada nas propriedades rurais antes do recebimento do leite pelo transportador e novamente é realizada na plataforma de recebimento do leite nas indústrias. Segundo a legislação, o leite que precipita nesse teste não deve ser transportado para a indústria. Esse teste é usado para estimar a estabilidade térmica do leite, e o leite que precipita é considerado instável, embora alguns estudos, como os de Negri (2004), questionem essa relação entre instabilidade na prova do álcool e térmica. Erroneamente, o leite instável na prova do álcool é interpretado como ácido, o que contribui para mal-entendidos entre a indústria e os produtores, pois grande parte das amostras de leite que precipita nesse teste apresenta resultados normais de acidez nos testes que a avaliam diretamente (pH ou acidez titulável).

A avaliação rápida, de baixo custo e confiável do leite cru nas propriedades rurais e na plataforma de recebimento do leite nas indústrias é necessária em função do elevado número de produtores rurais em cada linha de coleta do leite, da ampla variação na qualidade do leite e do seu impacto sobre o processamento nas indústrias e a qualidade dos derivados lácteos. A indústria necessita descartar amostras com problemas de aci-

dez elevada e conhecer a estabilidade térmica do leite recebido na plataforma, a fim de possibilitar a escolha do destino da matéria-prima recebida sem causar prejuízos ao processamento.

Leite instável não ácido (LINA)

O LINA é um complexo cujas causas ainda não estão definidas. Essa situação está associada a alterações generalizadas nas propriedades físico-químicas do leite com a diminuição dos sólidos totais e redução da qualidade nutricional. Ocorre a perda da estabilidade da caseína, resultando em sua precipitação na prova do álcool sem, entretanto, haver acidez elevada do leite (Figura 1). Os falsos resultados de acidez do leite causam prejuízos ao produtor sem que este possa identificar o que acontece no rebanho, com reflexos negativos em toda a cadeia produtiva.

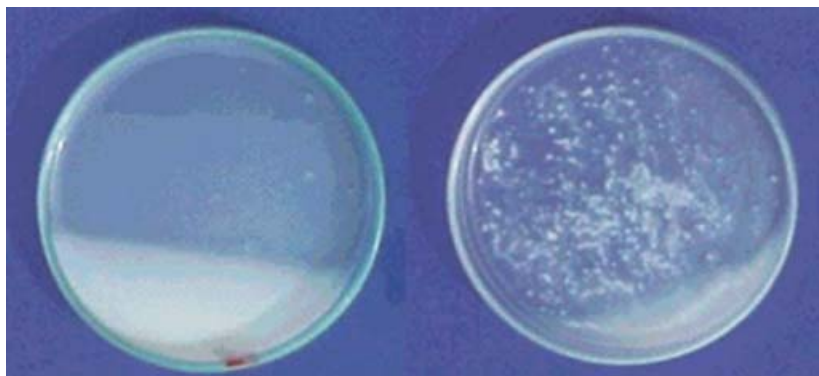


Figura 1: Reação negativa (esquerda) e positiva (direita) ao teste do álcool

O presente capítulo vem apresentar alguns resultados de trabalhos realizados pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em conjunto com a Embrapa Clima Temperado e a Universidade Federal de Pelotas, no sul do Brasil, com o objetivo de identificar a ocorrência do LINA e caracterizar os sistemas de produção afetados, além de trabalhos experimentais visando induzir e tratar animais com LINA.

Prevalência do LINA

Alterações na estabilidade do leite na prova do álcool foram relatadas pela literatura em diferentes regiões do mundo, como no Japão, na Itália (Ponce Ceballo; Hernández, 2001), no Irã (Sobhani et al., 1998), em Cuba (Ponce; Hernandez, 2001), no Uruguai (Barros, 2001) e no Brasil (Marques, 2004; Zanela, 2004).

No sul do Brasil, na bacia leiteira de Pelotas, RS, foram analisadas 26.032 amostras de leite (cerca de 730 amostras mensais), provenientes de unidades de produção leiteira, nos meses de abril de 2002 a março de 2005 (Fischer, 2005). As amostras avaliadas foram coletadas a partir daquelas encaminhadas para avaliação da composição do leite para bonificação por qualidade. Não foram incluídas amostras do leite “deixado” na propriedade por serem consideradas “positivas ao álcool” pelo transportador. Das amostras analisadas, foram selecionadas para análise estatística aquelas oriundas das rotas com menos de 28% de amostras ácidas. Dessa forma, totalizaram 18.662 amostras de leite, sendo 8.230 (44,1%) positivas ao LINA (Tabela 1 e Figura 2).

Tabela 1: Classificação das amostras de acordo com a acidez titulável e a estabilidade ao teste do álcool 76%

Classes	Proporção de amostras (%)
Alcalina (< 14 °D e estável ao álcool)	1,0
Normal (14-18 °D e estável ao álcool)	21,1
LINA (< 18 °D e instável ao álcool)	44,1
Ácidas (> 18 °D e instável ao álcool)	27,0
Outras (> 18 °D e estável ao álcool)	7,6

A prevalência de LINA teve valor máximo em março de 2004 com mais de 82% e mínimo em janeiro de 2004 com 33%, com uma amplitude de 49 unidades percentuais. Verificou-se que o LINA foi mais prevalente nos produtores que entregaram menores quantidades de leite (Tabela 2).

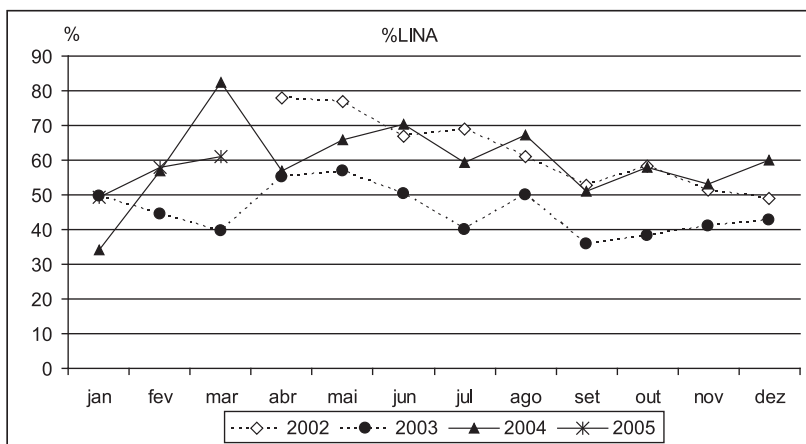


Figura 2: Prevalência (porcentagem do total de amostras válidas analisadas) do LINA na região Sul do RS, nos meses de abril de 2002 a março de 2005

Tabela 2: Percentual de amostras de leite normais ou LINA conforme a produção média mensal dos produtores

Grupo por produção de leite (L/mês)	Amostras normais (%)	Lina (%)
< 600	29,02	70,98
600 a 1.500	33,06	66,94
1.500 a 3.000	41,29	58,71
3.000 a 9.000	52,51	47,49
9.000 a 15.000	76,79	23,21
> 15.000	52,83	47,17

Na bacia leiteira de Panambi, RS, a prevalência do LINA no período de setembro de 2002 a agosto de 2003 foi de 55% (sendo avaliadas 2.396 amostras), com mais 37% de amostras normais, 6% de amostras alcalinas e 2% de amostras ácidas (Figura 3) (Zanela, 2004).

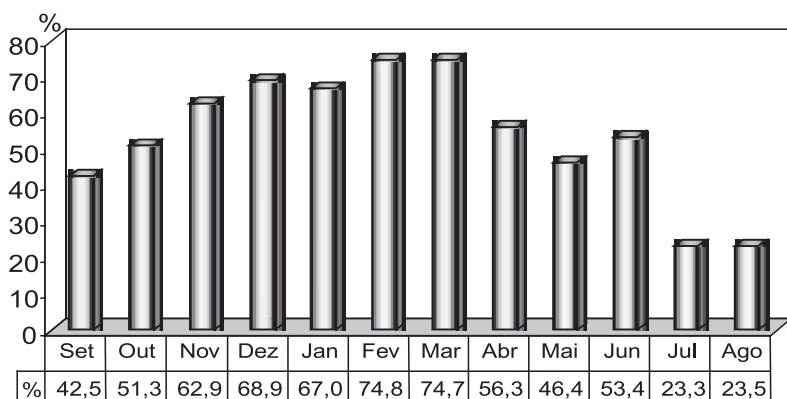


Figura 3: Prevalência do LINA na região noroeste do RS, nos meses de setembro de 2002 a agosto de 2003

De forma semelhante ao constatado na bacia leiteira de Pelotas, verificou-se que, à medida que o volume de produção médio de leite da propriedade aumentou, diminuiu a incidência de LINA, especialmente nos produtores que entregaram mais de 150L de leite/dia (Figura 4).

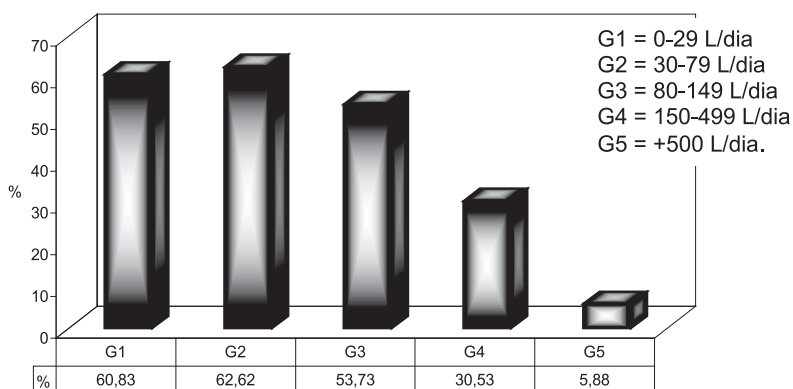


Figura 4: Ocorrência de LINA de acordo com os grupos de produção de leite na região Noroeste do RS

Quando se compararam os dados de incidência de LINA nas duas regiões: Pelotas (sudeste do Rio Grande do Sul) e Panambi (noroeste do Rio Grande do Sul), verificaram-se diferenças quanto aos meses de maior e menor incidência durante o período considerado (Figura 5).

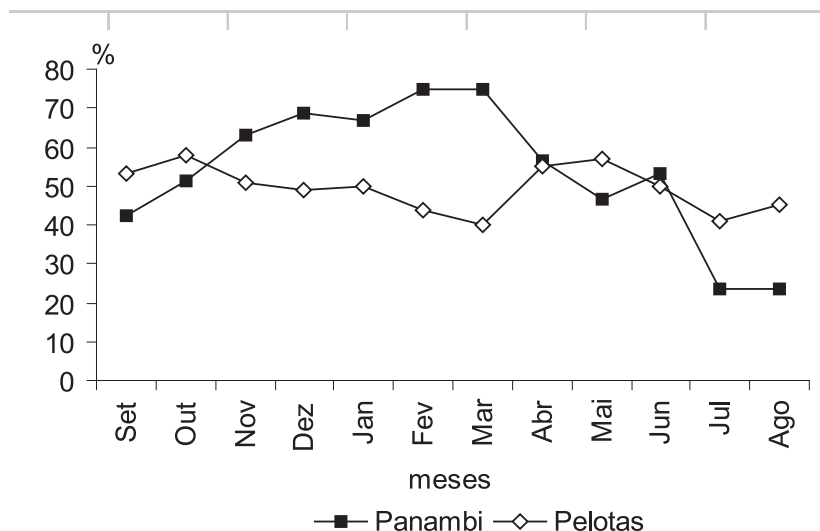


Figura 5: Comparação da ocorrência do LINA no período de setembro de 2002 a agosto de 2003, na bacia leiteira de Panambi e Pelotas (Marques, 2004)

Pode-se observar na Figura 5 que os períodos críticos de ocorrência do LINA diferem entre as duas regiões apresentadas. Esse fato pode ser explicado pelos diferentes sistemas de produção das regiões. Na bacia leiteira de Pelotas, a frequência maior de LINA nos meses de outono está associada à escassez de alimentos nesse período. Esse fato se deve ao final de ciclo das pastagens de verão associado à falta de pastagens de inverno (que ainda não se encontram aptas para utilização). Já na região de Panambi, a cultura da soja é bastante difundida e seu desenvolvimento ocorre no verão. Dessa forma, durante esse período, as

vacas leiteiras ficam restritas às zonas marginais das unidades de produção de leite, ocorrendo diminuição da disponibilidade de alimento, o que pode acarretar no aumento da ocorrência de LINA. No período de outono/inverno, aumenta a utilização das pastagens de azevém anual (*Lolium multiflorum*) e aveia preta (*Avena strigosa*), as quais são costumeiramente plantadas na restevas das lavouras de soja, levando à maior disponibilidade de forragem para as vacas em lactação, possivelmente reduzindo a ocorrência de LINA.

Foram analisadas cerca de 3.100 amostras de leite, para composição química, na bacia leiteira de Pelotas, de abril de 2002 até março de 2005 (Fischer, 2005). Podem-se constatar diferenças estatísticas quanto aos teores de gordura e lactose entre o leite normal e LINA, o qual apresentou maior teor de gordura, mas menor teor de lactose (Tabela 3).

Tabela 3: Valores médios para o leite normal e o LINA na bacia leiteira de Pelotas, quanto aos aspectos físico-químicos e microbiológicos

Componentes	Leite normal	LINA	P = F
Gordura (%)	3,48	3,60	0,0001
Proteína bruta (%)	3,03	3,04	NS*
Lactose (%)	4,39	4,28	0,0001
EST (%)	10,90	10,93	NS
Crioscopia (°H)	-0,544	-0,544	NS
Redutase (classif., 1, 2 e 3)	1,08	1,12	NS
CCS (cél/mL x 1.000)	425	454	NS

*NS: não significativo.

Em relação ao trabalho realizado em Panambi, foram analisadas 2.205 amostras para composição química (Zanela, 2004). A porcentagem de gordura não apresentou variação significativa entre o leite normal e o LINA, entretanto os teores de proteína bruta, lactose, sólidos totais e sólidos desengordurados foram inferiores no LINA (Tabela 4).

Tabela 4: Porcentagem dos componentes químicos de amostras de leite normal e LINA, provenientes da bacia leiteira de Panambi

Componentes	Normal	LINA	P = F
Gordura (%)	3,39	3,43	0,0723
Proteína (%)	3,05	3,01	0,0001
Lactose (%)	4,39	4,29	0,0001
Sólidos Totais (%)	11,78	11,65	0,0001
Sólidos Desengordurados (%)	8,39	8,23	0,0001

Indução experimental do LINA

Foi realizada uma série de estudos sobre o efeito da subnutrição sobre a produção, composição e estabilidade do leite, visando conhecer os fatores causais do LINA. Nesses experimentos foram selecionados animais cujo leite apresentava reação negativa ao teste do álcool 76% e buscou-se induzir o LINA de forma experimental.

O primeiro estudo com animais confinados foi um experimento piloto realizado de 07/02 a 27/03 de 2003 (Zanela et al., 2006a). Foram comparadas duas dietas: uma (T100) foi formulada para atender a 100% das exigências nutricionais segundo o NRC (2001), e a outra (T60) foi formulada para atender a 60% das exigências dos animais experimentais (restrição de 40%). Foram utilizadas oito vacas em lactação, da raça Jersey, em sistema confinado. No início do experimento, a produção média de leite diária das vacas foi de 13L; o estágio médio de lactação, de 162 dias; o peso vivo dos animais, de 393 kg e a condição corporal média foi de 3,0.

Nesse experimento o LINA foi classificado em subclasses de acordo com a intensidade da precipitação à prova do álcool 76%. A subclasse 1 corresponde ao leite normal e as demais encontram-se na Figura 6.



Figura 6: Subclasses de LINA de acordo com a intensidade da reação ao álcool. Da esquerda para a direita: 2 (precipitação fraca, areia); 3 (precipitação média); 4 (precipitação intensa) e 5 (precipitação muito intensa)

Nesse estudo, houve uma redução média de 26,5% na produção de leite durante a restrição alimentar, resultando também na maior ocorrência de LINA. Os resultados demonstraram que existe uma relação entre subnutrição e instabilidade do leite ao álcool (Tabela 5). Entretanto, uma das vacas não apresentou leite instável ao álcool 76%, mesmo recebendo a dieta T100 durante todo o experimento, o que sugere que a instabilidade esteja associada também a fatores genéticos.

Não se alteraram os teores dos componentes químicos do leite, porém, como a produção de leite decresceu, a produção dos componentes sólidos do leite também diminuiu.

O segundo estudo, com animais confinados, foi realizado de 18/11/2003 a 18/02/2004 (Zanela et al., 2006b). Foram utilizadas 12 vacas Jersey com produção média de leite diária de 14,5L, estágio médio de lactação de 36,7 dias, peso vivo médio 369kg e condição corporal média de 3,2. Nesse experimento foram comparadas duas dietas: controle (formulada para atender a 100% das exigências nutricionais dos animais experimentais e que consistia de feno de alfafa e concentrado, na proporção de 55:45) e dieta restrição (somente com forragem, sem o concentrado). A restrição resultou no aumento da ocorrência do LINA e na alteração da composição do leite (Tabelas 6 e 7).

Tabela 5: Médias da composição química do leite, características físicas e contagem de células somáticas do tratamento controle (T100) e da restrição alimentar (T60)

Componentes	T100	T60	P = F
% Gordura	5,49	5,25	NS
% Proteína bruta	4,02	3,88	NS
% Caseína	2,96	2,88	NS
% Lactose	4,43	4,45	NS
% Sólidos Desengordurados	9,43	9,30	NS
% Sólidos Totais	15,14	14,71	NS
CCS (x 1.000 células/mL leite)	259	446	NS
LINA (1- Lina, 0 – normal)	0,06	0,42	0,0365
Álcool (76%) (reação 1 a 5)	1,16	1,81	0,0709
Acidez titulável (°D)	19,71	18,38	0,0449
pH	6,66	6,68	0,0363
Crioscopia (°H)	-0,541	-0,543	NS

* CCS = contagem de células somáticas

NS = não significativo.

Tabela 6: Características físicas do leite dos animais submetidos à restrição alimentar (somente forragem) e do grupo controle (T100)

Variáveis	T100	Forragem	P = F
Acidez Titulável (°Dornic)	19,56	18,23	0,0006
pH	6,66	6,69	0,0159
Álcool 76% (1 a 5)	1,47	2,13	0,0434
LINA (1 = Lina , 0 – normal)	0,25	0,54	0,0078
Crioscopia (°H)	-0,541	-0,543	NS
Densidade	1.029,53	1.029,48	NS

Tabela 7: Média da composição química do leite, energia líquida e contagem de células somáticas do tratamento controle (T100) e da restrição alimentar (somente forragem)

Componentes	T100	Forragem	P = F
Gordura (%)	4,17	3,84	NS
Proteína Bruta (%)	3,40	3,06	0,0001
Lactose (%)	4,67	4,52	0,0007
Sólidos Totais (%)	13,30	12,46	0,0017
Uréia (mg/dL)	12,65	23,93	0,0001
CCS* (x 1000 cel/mL leite)	319	480	NS

* CCS = contagem de células somáticas

NS = não significativo.

Houve uma redução média de 35,6% na produção de leite dos animais durante a restrição alimentar. Com relação aos componentes do leite, a restrição alimentar causou redução nos teores de proteína bruta, lactose e sólidos totais do leite, não houve variação nos teores de gordura e houve aumento dos níveis de uréia (Tabela 7).

Foram realizados três estudos de indução com as vacas em pastejo. O primeiro foi realizado de 03/09 a 27/10 de 2004, com 10 vacas Jersey em pastejo (Zanela et al., 2006c). No início do experimento, a produção média de leite diária das vacas foi de 17,8 L; o estágio médio de lactação, de 75 dias; o peso vivo dos animais, de 376 kg e a condição corporal média foi de 2,6. Os animais foram mantidos em uma pastagem de azevém (*Lolium multiflorum*), aveia preta (*Avena strigosa*), trevo branco (*Trifolium repens*) e cornichão (*Lotus corniculatus*) e, à noite, receberam concentrado, feno alfafa e silagem de milho (dieta controle), na proporção volumoso:concentrado de 66:32. As vacas que sofreram restrição alimentar receberam somente pastagem e os volumosos conservados. O não fornecimento de concentrado exerceu efeitos moderados sobre a produção e composição do leite, pois durante o dia as vacas puderam compensar consumindo mais pastagem (Tabela 8).

O segundo estudo com vacas em pastejo foi realizado de 30/12/2005 a 24/02/2006 (Fruscalso, 2007). Foram utilizadas 10 vacas Holandesas e compararam-se duas dietas, formuladas para atender a 100% (alta oferta de dieta) e 60% (baixa oferta da dieta) das exigências nutricionais dos animais. As vacas com T100 receberam oferta de 8 kg MS de pastagem de Tifton/100 kg PV/dia (*Cynodon dactylon*), 7 a 5 kg/dia de concentrado (67,6% milho grão, 29,0% cevada grão, 2% sal mineral e 1,4% calcário calcítico) e 2,5 kg/dia de feno de tifton, enquanto aquelas com T60 receberam 60% dessas quantidades. Pode-se verificar na Tabela 9 que a restrição da oferta da dieta alterou a estabilidade do leite, aumentando a ocorrência do LINA e di-

minuindo a concentração de etanol necessária para precipitar o leite na prova do álcool. As vacas encontravam-se entre a 6 e 38ª semana de lactação; apresentavam, em média, 500 kg ao início do experimento, 2,9 de condição corporal (escala de 1 a 5, onde 1 = magra e 5 = gorda), e produziram 17 L de leite corrigido para 4% de gordura.

Tabela 8: Média da composição química do leite e contagem de células somáticas do tratamento controle (TC) e da restrição alimentar (TR)

Componentes	TC	TR	P = F
Instabilidade ao etanol (%)**	80,60	78,20	0,0221
LINA	0	0,35	0,0023
Produção de leite (L/vaca/dia)	17,2	15,1	0,0726
Gordura (%)	4,35	3,85	NS
Proteína Bruta (%)	3,49	3,30	0,0298
Lactose (%)	4,69	4,66	NS
Sólidos Totais (%)	13,57	13,34	0,0505
Uréia (mg/dL)	13,02	13,34	NS
CCS* (x 1000 cel/mL leite)	306	163	NS

*CCS = contagem de células somáticas NS = não significativo

** concentração de etanol capaz de induzir a precipitação no teste do álcool

O terceiro estudo de indução do LINA foi realizado de julho a outubro de 2005 (Marques et al., 2006a). Ministrou-se uma dieta formulada para atender a 100% das exigências nutricionais dos animais, mas que também continha sal aniônico, para verificar se o estado de acidose metabólica moderado poderia contribuir para modificar o equilíbrio iônico e salino do leite e, dessa forma, induzir a ocorrência do LINA. Foram usadas 20 vacas Jersey em lactação, com peso inicial médio de 346 kg, produção de leite inicial média de 15,12 kg/dia, condição corporal inicial média de 2,77 e número de dias em lactação médio de 250. As vacas do rebanho estavam em pastagem cultivada de azevém anual e aveia preta.

Tabela 9: Média da composição química do leite e contagem de células somáticas do tratamento alta oferta de dieta (T100) e da restrição alimentar (T60)

Componentes	T100	T60	P = F
Instabilidade ao etanol (%)**	77,71	71,42	0,0017
LINA	0,41	0,91	0,0046
Produção de leite (L/vaca/dia)	16,84	12,37	0,0032
Produção de leite corrigido 4% gordura (L/vaca/dia)	16,23	12,58	0,0100
Gordura (%)	3,69	3,68	NS
Proteína Bruta (%)	2,90	2,85	NS
Lactose (%)	4,61	4,51	NS
Acidez titulável (□D)	16,80	15,26	0,0153
Crioscopia (□H)	-0,547	-0,536	0,0002
CCS* (x 1000 cel/mL leite)	142	140	NS

* CCS = contagem de células somáticas NS = não significativo

** concentração de etanol capaz de induzir a precipitação no teste do álcool

Pode-se verificar que a adição de sal aniônico reduziu o pH do leite, alterando a sua estabilidade ao teste do álcool e alguns componentes químicos como a gordura, proteína e cálcio iônico (Tabela 10).

Todavia, foram constatadas associações significativas entre a concentração mínima de etanol para induzir a precipitação e algumas das proteínas do leite (Tabela 12). O balanço de cargas da dieta, mesmo numa situação de pleno atendimento das exigências nutricionais, pode influenciar a composição do leite e sua estabilidade.

As frações protéicas do leite não diferiram entre os tratamentos, mas se situam dentro da faixa normal de valores (Tabela 11).

Tabela 10: Valores médios da composição física, química e microbiológica do leite de acordo com as dietas. C: controle e A: tratamento com sal aniônico

Componentes	C	A	P > F
Instabilidade ao etanol (%)**	78,47	76,00	0,0001
Densidade (mg/L)	1.030,7	1.028,6	0,0001
Acidez titulável (□D)	17,39	16,75	NS
pH	6,65	6,61	0,0226
Gordura (%)	5,73	5,16	0,0465
Proteína bruta (%)	3,88	3,53	0,0007
Lactose (%)	4,40	4,20	0,0263
Sólidos totais (%)	15,30	14,09	0,0009
Sólidos desengordurados	9,57	8,93	0,0002
Uréia (mg/dL)	11,50	13,71	NS
Cálcio iônico (g/L)	0,07	0,08	0,0002
CCS *(x 1000/mL)	338	163	NS

* CCS = contagem de células somáticas

NS = não significativo

** concentração de etanol capaz de induzir a precipitação no teste do álcool

Tabela 11: Proteínas do leite de acordo com as dietas: controle (C) e tratamento (A) com sal aniônico (valores como percentuais das leituras das bandas)

Componentes	C	A	P > F
Lactoferrina (%)	7,14	6,25	NS
Albumina sérica bovina (%)	2,54	2,40	NS
Imunoglobulinas (%)	2,25 a	1,3 b	0,0405
Alfa S2 caseína	5,58	5,32	NS
Alfa S1 caseína	16,85	19,07	NS
Beta caseína	26,60	25,06	NS
Kappa caseína	4,95	2,36	NS
Lactoglobulina	4,63	8,16	0,0213

Tabela 12: Valores dos coeficientes de correlação linear entre a instabilidade ao álcool e os componentes protéicos do leite determinados por eletroforese

Componentes vs Instabilidade	r	P > t	N
Lactoferrina (%)	0,54	0,0005	38
Albumina sérica bovina (%)	0,54	0,0005	38
Alfa S1 caseína	-0,44	0,0054	38

Pode-se verificar nos experimentos de indução que a restrição alimentar aumentou a ocorrência do LINA, a intensidade de precipitação na prova do álcool e reduziu a concentração de etanol necessária para causar a coagulação do leite na prova do álcool. Da mesma forma, a restrição alimentar diminuiu a produção leiteira. O efeito mais consistente na composição do leite foi a redução da porcentagem de proteína, seguido da redução do percentual de lactose. A CCS não variou entre os níveis de alimentação, assim como a crioscopia e a acidez titulável.

Tratamento do LINA

Outra série de estudos foi realizada visando tratar os animais com LINA e avaliar o efeito da nutrição sobre a qualidade do leite. Nesses experimentos foram selecionados animais cujo leite apresentava reação positiva ao teste do álcool.

O primeiro experimento de tratamento do LINA foi realizado no Colégio Agrícola Visconde da Graça (CAVG), da UFPEL, em Pelotas, RS. O trabalho teve início em outubro e estendeu-se até dezembro de 2004 (Marques et al., 2006b). Foram selecionadas 12 vacas em lactação da raça Holandesa que apresentavam LINA. No início do experimento os animais apresentavam, em média, 515 kg de peso vivo, condição corporal 3,5, com produção de leite de 13 L/vaca/dia e encontravam-se com, aproximadamente, 345 dias de lactação.

O grupo controle continuou recebendo a dieta normal que era oferecida aos animais e que consistia em pastejo em campo nativo com baixa disponibilidade e 2,6 kg de ração com 20% proteína bruta (PB) por dia.

Tabela 13: Médias do peso vivo, da produção de leite, produção de leite corrigida para 4% de gordura, e valores da composição química do leite, energia líquida e contagem de células somáticas do tratamento controle (TC) e da dieta 100% (T100)

Componentes	TC	T100	P = F
Produção de leite (kg/d)	10,4	15,7	0,0039
Produção de leite corrigida (kg/d)	9,2	15,1	0,0015
Gordura (%)	3,18	3,76	0,0186
Proteína bruta (%)	3,11	3,27	NS
Lactose (%)	4,45	4,42	NS
Sólidos totais (%)	11,78	12,45	0,0275
Sólidos desengordurados (%)	8,59	8,68	NS
Uréia (mg/dl leite)	16,34	15,32	NS
CCS (x 1000 cel/mL leite) *	62,5	134,25	NS
Instabilidade ao etanol **	71	73,33	NS

* CCS = contagem de células somáticas NS = não significativo

** concentração de etanol capaz de induzir a precipitação no teste do álcool

Para o outro grupo (tratamento) foi calculada uma dieta que atendesse 100% das necessidades nutricionais dos animais experimentais (segundo o NRC gado de leite, 2001), sendo fornecida no cocho, logo após a ordenha dos animais. Os resultados encontram-se na Tabela 13.

As análises de correlação entre o número de dias em lactação e a intensidade da reação de precipitação do leite na prova do álcool 76% e do número de dias com a instabilidade ao álcool (ou seja, a graduação de álcool que induziu a precipitação) mostraram coeficientes de correlação de 0,35 ($P = 0,0066$) e -0,42 ($P = 0,0008$). Esses resultados indicam que, quanto maior o número de dias em lactação, maior a intensidade de precipitação do leite na prova do álcool a uma concentração fixa de etanol (76%) e menor a concentração de etanol no álcool necessária para induzir a precipitação do leite. Pode-se inferir que, com vacas em estágio de lactação avançado, a correção nutricional da dieta não foi suficiente para reduzir a instabilidade do leite, possivelmente pelas modificações que ocorrem no leite com o avanço da lactação, quais sejam, aumento da força iônica do leite e au-

mento do teor de cálcio iônico, o que promove uma atração maior entre as moléculas de caseína, favorecendo a sua agregação e consequente precipitação, quando desidratadas pelo etanol.

O segundo estudo sobre o tratamento do LINA foi realizado entre março e junho de 2005 (Marques et al., 2006c). Foram utilizadas 24 vacas Jersey em lactação, com peso inicial médio de 382,6 kg, produção de leite inicial média de 10,67 L/dia, produção de leite corrigida para 4% de gordura: 11,79 kg/dia, condição corporal inicial média de 3,15 e número de dias em lactação médio de inferior a 180 dias. Foi testado o efeito de três dietas: C (controle), PB (atendimento de 100% das exigências em proteína e 70% das exigências em energia) e NDT (atendimento de 70% das exigências em proteína e 100% das exigências em energia) sobre a produção, composição do leite e a estabilidade do leite. As dietas constaram de: C - dieta controle (pasto nativo e 4 kg de concentrado comercial); PB - dieta proteica (pasto nativo, 4,5 kg feno de alfafa, 2,8 kg milho, 1,7 farelo de soja, 0,11 fosfato bicálcico, 0,16 kg de uréia e sal comum a vontade); NDT- dieta energética (campo nativo, 4,5 kg feno de alfafa, 5,1 kg de milho, 3,9 kg casca de soja e 0,15 kg de fosfato bicálcico). Os resultados encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14: Valores médios das características químicas, físicas e microbiológicas do leite de acordo com as dietas: C (controle), PB (atendimento de 100% das exigências em PB, mas 70% de NDT) e NDT (atendimento de 100% das exigências em NDT, mas 70% de PB)

Componentes	Controle	PB	NDT	P < F
Gordura (%)	4,76 b	5,41 a	4,76 b	0,0305
Proteína (%)	3,93	3,95	3,86	NS
Lactose (%)	4,03 c	4,34 b	4,56 a	0,0001
Sólidos desengordurados (%)	8,58 b	9,03 ab	9,38 a	0,0001
Sólidos totais (%)	13,34 b	14,44 a	14,14 ab	0,0006
Instabilidade ao etanol (%) **	69,16 b	70,75 b	74,87 a	0,0001
Densidade (g/L)	1029,1 b	1029,5 b	1030,6 a	0,0062
Acidez titulável (□D)	18,27 b	19,62 ab	20,98 a	0,0057
Crioscopia (□H)	-0,539 b	-0,544 ab	-0,553 a	0,0172
CCS (x 1000/mL) *	255 a	40 b	95 a	0,0002

* CCS = contagem de células somáticas NS = não significativo

** concentração de etanol capaz de induzir a precipitação no teste do álcool

Neste estudo, pode-se verificar que o efeito da restrição energética é muito mais pronunciado que o da restrição proteica e que a adequação das necessidades energéticas já permitiu a estabilização do leite.

Os estudos desenvolvidos até então permitiram ampliar o conhecimento a respeito do LINA, com importante integração entre produtores, cooperativas e pesquisadores. Entretanto, muitas dúvidas ainda não foram esclarecidas. Novos trabalhos estão sendo conduzidos de forma a permitir a consolidação e a geração de novos conhecimentos sobre o LINO e auxiliar no desenvolvimento da cadeia produtiva do leite.

Referências bibliográficas

- BARROS, L.. Transtornos metabólicos que afetam a qualidade do leite. In: GONZÁLEZ, F. H. D. et al. (Ed.). *Uso do leite para monitorar a nutrição e metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre, 2001. p. 44-57
- BITENCOURT, D. et al. *Sistemas de pecuária de leite: uma visão na região de clima temperado*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 195p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº51 de 18 de setembro de 2002. Aprova e oficializa o Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru e refrigerado. *Diário Oficial* (da República Federativa do Brasil), Brasília, 2002.
- FISCHER, V. Incidência, caracterização, quadro experimental e tratamento do leite instável não ácido (Lina) no Rio Grande do Sul. In: RELATÓRIO técnico final das atividades desenvolvidas relativas ao projeto 474974/2003-0. 2005. 70 p.
- FRUSCALS, V. *Influência da oferta da dieta, ordem e estágio de lactação sobre as propriedades físico-químicas e microbiológicas do leite bovino e a ocorrência do Leite Instável Não Ácido*. Porto Alegre, 2007. 134p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia- Produção Animal) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- MARQUES, L. T. *Ocorrência do leite instável não ácido (LINA) e seu efeito sobre a composição química e aspectos físicos*. Pelotas, 2004. 68p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia- Produção Animal) – Universidade Federal de Pelotas, 2004.

MARQUES, L. T. et al. Efeito da dieta aniônica sobre a ocorrência do Leite Instável Não Ácido (LINA). In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE LEITE, 9., 2006, Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: FEPALE, 2006.

MARQUES, L. T. et al. Tratamento do Leite Instável Não Ácido (LINA) através de dieta balanceada para vacas da raça holandês. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE LEITE, 9, 2006, Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: Fepale, 2006.

MARQUES, L. T. et al. Influência da dieta sobre as propriedades físico-químicas do leite e a ocorrência de Leite Instável Não Ácido (LINA). In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE LEITE, 9., 2006, Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: Fepale, 2006.

NEGRI, L. et al. *Factores que afectan la estabilidad térmica y la prueba de alcohol en leche cruda de calidad higiénica adecuada*. Informe técnico final Del proyecto. INTA EEA / Rafaela - INTI CITIL Rafaela, 2001.

PONCE CEBALLO, P.; HERNÁNDEZ, R. Propriedades físico-químicas do leite e sua associação com transtornos metabólicos e alterações na glândula mamária. In: GONZÁLEZ F. H. D. et al. (Ed.). *Uso do leite para monitorar a nutrição e metabolismo de vacas leiteiras*, Porto Alegre, 2001. p. 61-72.

SOBHANI, S; VALIZADEH, R.; NASERIAN, A. Alcohol stability of milk and its relation to milk and blood composition in Holstein dairy cows. *Dairy Science*. v. 85, Supl. 1, 1998.

VILELA, D.; BRESSAN, M.; CUNHA, A. S. *Cadeia de lácteos no Brasil: restrições ao seu desenvolvimento*. Brasília: MCT/CNPq, Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. 484p.

ZANELA, M. B. *Caracterização do leite produzido no Rio Grande do Sul, ocorrência e indução experimental do Leite Instável Não Ácido (LINA)*. 2004. 143f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.

ZANELA, M. B. et al. Leite Instável Não Ácido e composição do leite de vacas Jersey sob restrição alimentar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 835-840, 2006a.

ZANELA, M. B. et al. Indução e reversão do Leite Instável Não Ácido (LINA). In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE LEITE, 9., 2006, Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: Fepale, 2006.

ZANELA, M. B. et al. Indução experimental do Leite Instável Não Ácido (LINA) em vacas Jersey com sistema de produção a pasto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE, 2, 2006, Goiânia. *Anais...*, Goiânia: CBQL, 2006c.

C A P Í T U L O 8

Fatores que afetam a estabilidade do leite ao álcool

Maira Balbinotti Zanela

Vivian Fischer

Introdução

Testes de estabilidade do leite, baseados na adição de álcool ou no aquecimento do leite, têm sido usados há mais de um século. Em torno de 1930, o teste do álcool foi aceito como um indicador de leite ácido, leite proveniente de mistura com colostro ou contaminado com leite de vacas com mastite. Mesmo com a diminuição da necessidade do uso desses testes em razão da melhora na qualidade bacteriana do leite, os problemas de estabilidade associados com a estação do ano, dieta e estágio da lactação tornaram-se conhecidos. O tradicional teste do álcool provou não ser indicador confiável dos problemas de estabilidade (excluindo os causados por acidez) e, em particular, da detecção de leite apropriado para o processamento industrial (Horne; Muir, 1990).

Segundo Barros (2001), a prova do álcool é empregada para medir a estabilidade física do leite, determinando o aceite ou a rejeição por parte da indústria no momento da recepção do leite. Além disso, essa prova é utilizada para medir indiretamente a estabilidade do leite ao tratamento térmico. Inicialmente, a prova do álcool foi utilizada pela indústria para medir o pH natural do leite, pela relação que existe entre ambos os parâmetros: a

acidez elevada leva à perda da estabilidade, provocando a floculação das caseínas. Esse capítulo apresenta uma breve revisão a respeito dos fatores que afetam a estabilidade do leite ao teste do álcool ou alizarol.

Caseína

A caseína é a proteína mais importante do leite e compreende cerca de 85% das proteínas lácteas. As caseínas agregam-se formando grânulos insolúveis chamados micelas. A estrutura granular multimolecular das micelas de caseína está composta de várias proteínas similares, mais água e minerais (principalmente cálcio e fósforo). Algumas enzimas também estão associadas às micelas de caseína. As moléculas individuais de caseína não são muito solúveis no ambiente aquoso do leite. No entanto, os grânulos da micela de caseína mantêm uma suspensão coloidal no leite. Se a estrutura micelar se perde, as micelas se dissolvem e a caseína fica insolúvel (González, 2001).

As micelas de caseína apresentam diâmetro que pode variar de 20 a 300nm. Sua composição média apresenta 65% de água. Os constituintes proteicos (com base em matéria seca) são: α_{s1} -caseína 33%; α_{s2} -caseína 11%; β -caseína 33%; κ -caseína 11%; γ -caseína 4% e constituintes minerais: Ca 2,9%; Mg 0,1%; fosfatos 4,3% e citratos 0,5%. As caseínas α_s e β estão situadas no centro das micelas em associação com o fosfato de cálcio coloidal. A κ -caseína está localizada principalmente na superfície da micela (Cheftel et al., 1989).

Alguns fatores podem afetar a estabilidade das micelas de caseína no meio, entre os quais pH e o desequilíbrio iônico. A estabilidade pode ser avaliada com relação ao teste do etanol e à estabilidade térmica. Segundo Cheftel et al. (1989), existe uma ligação das caseínas com cátions bivalentes (principalmente Ca^{++}), a qual depende do número de sítios de fixação (varia conforme o tipo de caseína, sendo a κ -caseína mais estável), concentração de Ca^{++} no meio, temperatura, pH e força iônica.

Polimorfismo genético das proteínas do leite

Nos bovinos leiteiros, as variações genéticas de proteínas do leite são mais frequentemente encontradas para α_{s1} -caseína, β -caseína, κ -caseína e β -lactoglobulina. A frequência de distribuição das variações genéticas varia de acordo com a raça dos animais. A seleção genética de vacas com um gen específico poderia aumentar a produção de leite, alterar a composição química e melhorar as características físico-químicas do leite (Ng-Kwai-Hang, 1998). Com relação à κ -caseína, a variante B está associada a maiores porcentagens de gordura, proteína, caseína e κ -caseína do que a variante A. O leite dos animais com a variante B da κ -caseína e da variante A da β -lactoglobulina está associado com melhores propriedades de coagulação e maior firmeza do coágulo, levando ao maior rendimento e melhor qualidade de queijos. Foi observado que a frequência da variante B para a κ -caseína era mais elevada em vacas da raça Jersey se comparadas com vacas da raça Holandesa (McLean et al., 1984).

Robitaille et al. (2001) estudaram o efeito da expressão dos alelos de κ -caseína na estabilidade ao etanol de vacas da raça Holandês. O leite das vacas que apresentaram uma expressão do alelo B maior do que do alelo A do gen da κ -caseína necessitou de maior concentração de etanol para ocorrer a precipitação do que o grupo que apresentou a mesma expressão dos dois alelos.

Outras espécies

O leite de cabra apresenta menor estabilidade ao etanol do que o leite bovino, mas caracteriza-se também por apresentar um perfil sigmoide da curva de pH. Segundo Horne e Parker (1982), a menor estabilidade ao etanol deve-se às diferenças nas proporções de caseínas individuais presentes, em particular à falta da homóloga α_{s1} -caseína no leite caprino.

Acidez do leite

Segundo Pereira et al. (2001), os testes para avaliação da acidez do leite são o pH e a acidez titulável em graus Dornic (°D). O teste da acidez titulável tem por objetivo detectar aumentos na concentração de ácido láctico, uma vez que esse ácido é formado pela fermentação da lactose por bactérias mesófilas e, consequentemente, pode indicar qualidade microbiológica inadequada da matéria-prima (Fonseca; Santos, 2000).

O leite, logo após a sua obtenção, apresenta uma reação ligeiramente ácida devido a alguns de seus componentes. Essa acidez, chamada de natural ou aparente, é causada pela albumina (1 °D), pelos citratos (1 °D), pelo dióxido de carbono (1 °D), pelas caseínas (5 a 6 °D) e pelos fosfatos (5 °D). Esses componentes normais do leite respondem por uma acidez de 13 a 14 °D (Velloso, 1998).

A acidez adquirida, desenvolvida, ou real, consiste na soma da acidez natural com os ácidos resultantes da fermentação da lactose (ácido láctico, acético, fórmico, butírico etc.). Eleva-se rapidamente quando o leite é obtido sob más condições de higiene e é mantido sob temperaturas elevadas o suficiente para permitir a multiplicação dos micro-organismos da flora natural do leite e dos micro-organismos resultantes da contaminação (Velloso, 1998). Segundo Fonseca e Santos (2000), a falta de higiene resulta na proliferação de bactérias mesófilas dos gêneros *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* e algumas enterobactérias que fermentam a lactose, produzindo ácido láctico e baixando o pH do leite. A acidificação acarreta uma desestruturação das micelas de caseína e formação de coágulo. Esse é um dos problemas detectados com maior frequência na plataforma das indústrias de laticínios.

O teste do álcool é utilizado para avaliar a estabilidade do leite frente ao etanol. Consiste da mistura de partes iguais de leite e álcool (cuja concentração pode variar) e o resultado pode

ser positivo (se ocorrer precipitação) ou negativo (sem precipitação). O leite com elevada acidez coagula no teste porque o álcool possui ação desidratante no leite ácido. As partículas de caseína tornam-se instáveis pela perda de cálcio, coagulando-se pela desidratação causada pelo álcool (Velloso, 1998).

Segundo Velloso (1998), leite “anormal” por outras causas que não a acidez elevada também pode coagular frente à prova do álcool, como, por exemplo, o leite de animais com mastite, o colostro, o leite obtido durante períodos prolongados de lactação ou com elevados teores de albumina e de sais. Esse autor cita que não há correlação entre a acidez natural e a prova do álcool/alizarol. Ressalte-se que, em certos casos, a prova do álcool/alizarol não consegue indicar leite impróprio ao tratamento térmico da esterilização comercial.

Ocorrência do LINA (Leite Instável Não Ácido)

O Leite Instável Não Ácido (LINA) caracteriza-se por apresentar instabilidade (precipitação) ao teste do álcool sem haver acidez titulável acima de 18^ºD. Alterações dessa natureza foram relatadas pela literatura em diferentes regiões do mundo, como no Japão, na Itália (Ponce Ceballo; Hernández, 2001), no Irã (Sobhani et al., 1998), em Cuba (Ponce, 2000), no Uruguai (Barros et al., 1999), na Argentina (Negri et al., 2001) e no Brasil (Conceição et al., 2001; Donatele et al., 2001; Marques, 2004; Zanela, 2004).

Donatele et al. (2001), analisando leite *in natura* de 513 quartos de 130 vacas do município de Campos dos Goytacazes no Rio de Janeiro, concluíram que amostras de leite apresentando-se coaguladas na prova do alizarol 72% não apresentaram acidez detectável pela mensuração do pH e titulação em graus Dornic, sendo que 89,76% das amostras instáveis ao álcool demonstraram acidez titulável abaixo de 18 ^ºD.

Os mesmos autores avaliaram o leite de quartos individuais de vacas mestiças no período de junho de 2000 a março de 2001, encontrando 33,88% de amostras positivas ao teste do alizarol 72%, sem acidez elevada, num total de 847 quartos marmários (Donatele et al., 2003).

Na região Sul do Rio Grande do Sul, Conceição et al. (2001) relataram que 39% das amostras de leite com acidez titulável dentro dos parâmetros normais obtiveram respostas positivas em três concentrações alcoólicas testadas: 72%, 74% e 76%.

Na bacia leiteira de Pelotas, RS, a avaliação de 18.662 amostras de leite nos meses de abril de 2002 a março de 2005 resultou numa ocorrência média de LINA de 44,1% (Fischer, 2005), sendo utilizada a concentração de álcool de 76%.

Na bacia leiteira de Panambi, a prevalência do LINA no período de setembro de 2002 a agosto de 2003 foi de 55% (sendo avaliadas 2.396 amostras, no álcool 76%) (Zanela, 2004).

Os experimentos de ocorrência do LINA e alterações na composição do leite encontram-se descritos no capítulo: “Prevalência, indução e tratamento do Leite Instável Não Ácido (LINA) no sul do Brasil”.

Síndrome do Leite Instável (SILA)

Ponce e Hernandez (2001) denominaram a Síndrome do Leite Anormal (SILA) ao conjunto de alterações nas propriedades físico-químicas do leite que causam transtornos nos processos de elaboração de derivados lácteos, no seu rendimento e/ou na qualidade final, os quais estão associados a transtornos fisiológicos metabólicos e/ou nutricionais com implicações nos mecanismos de síntese e secreção láctea.

Para estabelecer um caso de SILA, segundo Ponce e Hernandez (2001), a prova do álcool deve ser positiva e a acidez titulável deve ser menor do que 13 °Dornic, ou o pH deve ser elevado.

O estudo específico de um caso, em Cuba, foi realizado a partir do leite proveniente de 37 rebanhos, que apresentou transtornos durante o processamento industrial, na parte final do período seco (maio-abril), com 2.000 vacas da raça Holandês. Foram selecionados dez rebanhos, dos quais se identificaram os sistemas de alimentação e os fatores associados com o baixo conteúdo de sólidos do leite. Os autores constataram que o SILA ocorreu em vacas de raças especializadas, épocas de seca, desbalanço de energia/proteína na ração, resultando em alterações ruminais e metabólicas associadas a mudanças nas características desfavoráveis do leite, bem como em alterações na síntese/secreção do tecido epitelial mamário afetando a composição láctea (Ponce, 2000).

Concentração do álcool

A prova do álcool é utilizada na indústria de laticínios como prova de recepção do leite a fim de estimar a estabilidade térmica do mesmo. Sua concentração de etanol recomendada inicialmente foi de 68%. As indústrias aumentaram até 78%, o que poderia levar a descarte de leite de forma injustificada (Molina et al., 2001).

O aumento da concentração do álcool na solução provoca um estreitamento da faixa de normalidade da acidez do leite, ou seja, poderá indicar alterações justamente por exercer mais drasticamente sua ação desidratante. Desse modo, a proteína que resistiria a uma concentração de 68% de álcool poderia não suportar uma concentração de 72 ou 74% em um nível de acidez titulável de 18 °D ou um pouco menos (Velloso, 1998).

Segundo Lin et al. (2003), a estabilidade ao etanol na concentração de 75% é considerada o limiar da estabilidade do leite durante o tratamento UHT.

Molina et al. (2001) realizaram um estudo para determinar a correlação entre os parâmetros do teste do álcool e a estabilidade

de térmica do leite, utilizando concentrações de etanol de 70, 75, 80 e 85%. Com uma concentração de 75% de etanol foram obtidos valores de estabilidade térmica de 60 a 70 segundos a 135 °C. Esse tempo foi considerado suficiente para elaboração do leite UHT (135 a 140 °C por 2 a 4s). Dessa forma, segundo os autores, não existe uma razão justificada para utilizar concentrações acima de 75% de etanol. O aumento da concentração ao etanol não apresentou correlação significativa com a estabilidade térmica.

Esse valor de titulação do álcool é o determinado pela legislação, porém que alguns estabelecimentos leiteiros estão aumentando, chegando até titulações de 80% v/v, com a intenção de determinar leite com maior estabilidade térmica ao processamento, como o caso do chamado leite UHT (*ultra high temperature*) como é descrito por Molina et al. (2001).

No Brasil, segundo a Instrução Normativa 51 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2002), a concentração mínima de álcool para avaliação da qualidade do leite cru refrigerado na propriedade rural é de 72%.

Raça e estágio de lactação

Ponce e Hernadez (2001) descrevem que o quadro de SILA ocorre em animais de alta produção e de raças mais especializadas, nesse caso em vacas Holandês.

Alderson (2000) relata que o problema de estabilidade ao etanol não está associado a uma raça definida, visto que já houve casos em animais da raça Crioula, Zebu ou Holandês na Bolívia.

Com relação ao estágio da lactação, o colostro possui valores mais elevados de cálcio iônico, inferiores de pH e positividade ao teste do álcool (Barros et al., 2000). Segundo Velloso (1998), resultados positivos ao teste do álcool podem ser obtidos com o leite de animais no início da lactação. Vacas em estágio avançado de lactação ou vacas velhas podem produzir leite positivo (Ponce, 2000).

Okadao et al. (2001), no Japão, analisaram o leite de vacas até o 17º dia pós-parto. No quarto dia, tanto as vacas de menor como as de maior produção obtiveram escore máximo da reação do leite para o etanol. Porém, as vacas mais produtoras continuaram com o escore alto por mais tempo e no leite das vacas menos produtoras houve diminuição abrupta da reação.

Coleta do leite e tempo entre coleta e análise

Podem-se observar variações de resposta ao teste em leite de diferentes quartos do mesmo úbere (Velloso, 1998).

Marques et al. (2003) realizaram um estudo avaliando a ocorrência do LINA em diferentes porções de ordenha (leite de início, final e leite do total da ordenha). A porção de ordenha não apresentou diferença significativa quanto à precipitação ao álcool, acidez titulável e LINA, entretanto os autores acreditam que o resultado foi influenciado pelo pequeno número de amostras.

É recomendável determinar a acidez titulável do leite somente depois de decorrido certo tempo após a ordenha, de modo a permitir a volatilização da maior parte de dióxido de carbono (CO_2) incorporado ao leite no momento da ordenha. Esse gás forma ácido carbônico e eleva a acidez em 1ºD ou mais (Velloso, 1998). Em condições práticas o teste do álcool pode ser positivo imediatamente após a ordenha (Sobhani et al., 2003).

Alimentação

Há indicações de que silagens pobres, assim como excesso de concentrados proteicos, ou fatores capazes de alterar o equilíbrio cálcio-magnésio, dos citratos e dos fosfatos podem ocasionar reações positivas na prova do álcool (Velloso, 1998).

Segundo Barros (2001), as variações da estabilidade do leite têm sido relacionadas com dietas ou pastos ricos em cálcio, com deficiências ou desequilíbrios minerais (Ca, P, Mg) e com mudanças bruscas da dieta, sendo inconstante a resposta à suplementação com minerais.

Nos quadros de SILA, as limitações de energia disponível no tecido epitelial mamário afetam a síntese e secreção dos componentes lácteos, fundamentalmente de caseína, lactose, e os principais macrominerais implicados nesses processos, basicamente fósforo e magnésio. É provável que esse fenômeno possa ser potencializado por causas genéticas associadas aos tipos de κ -caseínas e outras proteínas lácteas (Ponce; Hernandez, 2001).

Ponce e Hernandez (2001) realizaram um estudo em 227 propriedades leiteiras da província de Havana em 1993. A maior parte dos rebanhos apresentou baixa condição corporal dos animais, sendo que a alimentação dos animais atendia cerca de 50 a 70% das necessidades básicas. Acima de 50% das amostras de leite resultaram em positividade ao teste do álcool, com acidez titulável inferior a 13° Dornic e baixa densidade.

Os mesmos autores observaram situação similar no ano de 1996, com animais cruzados 5/8 Holandês e 3/8 Zebuínos, sendo que, nesse trabalho, verificaram também a baixa nos valores de crioscopia.

O quadro de SILA foi replicado de forma experimental, com vacas da raça Holandês, utilizando-se uma dieta com elevado conteúdo de carboidratos facilmente fermentáveis e com baixo conteúdo de nitrogênio. As dietas utilizadas cobriam as exigências dos animais em 100, 80 e 50% com relação a matéria seca, energia e proteína. Houve redução na produção leiteira dos grupos que sofreram restrição de 44 e 31%, respectivamente, com relação aos animais da dieta controle. As vacas com SILA apresentaram redução nos teores de proteína bruta, caseína e lactose. A porcentagem de gordura não apresentou variação significativa, embora apresentasse redução numérica (Ponce; Hernandez, 2001).

Em outro experimento, esses autores utilizaram três formulações para corrigir a acidose em um rebanho de 24 vacas diagnosticadas com SILA. As formulações continham diferentes concentrações de bicarbonato de sódio, zeolita, fosfato de cálcio, carbonato de cálcio e ureia. As dietas foram ajustadas de modo a manter um balanço adequado e cobrir as exigências diárias na base de pastagem, forragem fresca e cana-de-açúcar. Houve recuperação na produção de leite, aumento dos teores de proteína e sólidos não gordurosos, aumento da acidez (de 12,5 °D para 14,5 °D), aumento da densidade e negatividade na prova do álcool (Ponce; Hernadez, 2001).

Okadao et al. (2001) avaliaram a estabilidade ao etanol do leite de vacas Pretas Japonesas e concluíram que resultados positivos estão associados à insuficiência de nutrientes digestíveis totais.

Na Bolívia, Alderson (2000) encontrou uma melhoria na estabilidade do leite ao etanol através de ajustes na dieta dos rebanhos leiteiros, porém não descobriu a causa dessa instabilidade. O autor acredita que possa haver associação com estresse causado por mudanças climáticas.

No Brasil, trabalhos realizados por Fischer et al. (2006a), submetendo animais a restrição alimentar, resultaram em maior instabilidade do leite ao álcool, menores teores de proteína e lactose e maior concentração de nitrogênio ureico no leite. Com relação aos componentes sanguíneos, a subnutrição provocou alterações nos teores de fósforo, cálcio e ureia (Fischer et al., 2006b).

pH

O perfil típico da estabilidade ao etanol de acordo com o pH do leite de animais individuais caracteriza-se por apresentar uma curva sigmoide que apresenta quatro parâmetros: os dois braços da curva sigmoide, estabelecidos pelos valores da mínima estabilidade a baixo pH (S_{min}) e pela máxima estabilidade a alto pH

($S_{\text{máx.}}$); um valor de pK que denota a posição do perfil ao longo do eixo de pH e um gradiente ou parâmetro de inclinação (b) (Horne; Parker, 1981a). Esse perfil pode ser visualizado na Figura 1.

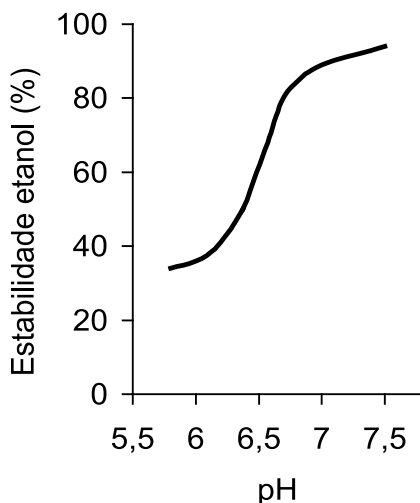


Figura 1: Perfil da estabilidade do leite ao etanol de acordo com o pH (Horne; Parker, 1981a)

Donatele et al. (2003) avaliaram 287 amostras de leite positivas ao teste do alizarol 72%, das quais 26,8% tiveram acidez titulável menor que 15 °Dornic; 59,6% estavam entre 15 a 18 °D e 13,6% entre 18 e 20 °D. Com relação ao pH , 89,55% das amostras positivas tiveram pH entre 6,4 a 6,8; em 10,45% o pH foi maior que 6,8 e nenhuma amostra apresentou pH inferior a 6,4.

Variações individuais e diluição do leite

Existem diferenças individuais entre o leite dos animais com relação à estabilidade ao etanol. O perfil da curva de estabilidade ao etanol de acordo com o pH de duas vacas individuais apresenta a mesma forma sigmoide; entretanto, frequentemente,

te as curvas apresentam-se deslocadas uma da outra ao longo do eixo do pH. A mistura de duas amostras de leite com perfis diferentes irá resultar num perfil semelhante ao da amostra que apresentar maior volume de leite. A posição do perfil de estabilidade ao etanol ao longo do eixo de pH é fixada pelos fatores da fase do soro (Horne; Parker, 1981a).

Cálcio iônico

O conteúdo total de cálcio no leite bovino é de cerca de 30 mM. Cerca de 70% do cálcio está na fase coloidal, que é o fosfato de cálcio ligado nas micelas de caseína. Os outros 30% encontram-se ligados a citratos e fosfatos e como forma de íons livres. A concentração de cálcio iônico é de cerca de 6 a 10% do cálcio total, ou seja, em torno de 2 mM. O equilíbrio entre as três fases de cálcio no leite – coloidal, solúvel e iônica – é muito importante para a estabilidade do leite (Lin et al., 2003).

Esses autores realizaram um estudo sobre o efeito do pH no movimento do cálcio entre as fases coloidal e iônica. Encontraram que, na faixa de pH de 6,5 a 7,05, as amostras de leite com maiores valores de pH tiveram menor concentração de cálcio iônico. Diminuindo o pH do leite até valores de 5,01, houve um aumento na concentração de cálcio iônico. Dessa forma, conforme o pH diminuiu, o cálcio coloidal moveu-se para a fase solúvel, aumentando a concentração de cálcio iônico no leite. Entretanto, ao tentar se elevar o pH aos níveis iniciais, a concentração de cálcio iônico não reverteu ao seu valor original.

No Uruguai, Barros et al. (1999) relacionaram a perda da estabilidade da fração proteica do leite com o teor de cálcio iônico do mesmo. Houve variação significativa entre o leite normal e o leite instável com relação aos valores de cálcio iônico, sendo a média de cálcio iônico de 0,110 g/L para o leite instável e 0,094 g/L para o leite normal. Foi identificada uma relação inversa entre o pH e o teor de cálcio iônico do leite.

Existem variações significativas nas leituras de cálcio iônico em função do tempo entre a coleta do leite e a análise. Há um aumento de 30% no cálcio iônico quando comparadas as leituras realizadas no momento da coleta e oito horas após, aumento que permaneceu estável nas próximas 24 horas. Os autores sugerem que a determinação do cálcio iônico deve ser feita imediatamente após a coleta do leite. Além disso, existem variações nos teores de cálcio iônico conforme o estágio de lactação dos animais. Os valores de cálcio iônico encontram-se mais elevados no colostro, no leite de vacas com mastite e no início e final de lactação (Barros et al., 1999).

Efeito dos componentes do soro

Horne e Parker (1981a) realizaram diversos testes adicionando e retirando componentes do soro de forma a estabelecer sua importância no processo de estabilização ao teste do álcool. O teste do álcool utilizado compreendeu a mistura de um volume de leite e dois volumes de solução de etanol.

Com relação às proteínas do soro, os autores concluíram que essas não possuem nenhuma ação importante no processo de coagulação. A adição de lactose ou ureia em dobro da concentração natural não apresentou efeito no perfil de estabilidade do etanol.

A adição de cálcio no leite não altera a forma da curva sigmoide que descreve o perfil da estabilidade ao etanol de acordo com o pH; entretanto, há uma mudança progressiva no perfil para o pH mais alcalino conforme aumenta a concentração de cálcio total no leite, ou seja, num determinado pH, a adição de íons de cálcio diminui a estabilidade do leite. A intensidade dessa diminuição depende do pH. De acordo com Horne e Parker (1981a), o cálcio solúvel é o mais importante fator isolado que controla a posição do perfil de estabilidade ao etanol ao longo do eixo de pH.

A adição de íons magnésio demonstrou comportamento similar ao efeito do cálcio. O enriquecimento do leite com fosfato não apresentou efeito sobre o perfil de estabilidade ao etanol. Entretanto, a inclusão de fosfato em um leite previamente desestabilizado pela adição de cálcio torna o leite mais estável ao etanol, mas não restaura a estabilidade inicial. A adição de citrato muda de forma mais sensível o perfil da curva de estabilidade, pois o citrato é um sequestrador de cálcio mais potente do que o fosfato, tornando o leite um pouco mais estável (Horne; Parker, 1981a).

A adição de EDTA reduz o cálcio total disponível no leite. Com o aumento da concentração de EDTA, o perfil de estabilidade do etanol, desvia a curva para pH mais baixo, ou seja, aumenta a estabilidade do leite (Horne; Parker, 1981a).

Em outra série de experimentos, Horne e Parker (1981b) fixaram o pH da solução em 6,5 e adicionaram cálcio e EDTA à solução. O aumento dos níveis de cálcio diminuiu a estabilidade ao etanol, como era esperado, até atingir um nível mínimo de estabilidade. De forma oposta, o aumento da concentração de EDTA diminuiu o cálcio livre, aumentando a estabilidade até atingir um limite máximo.

Ao substituir o fosfato por malato, o perfil da curva manteve-se inalterado. A retirada completa do fosfato ou malato do soro altera o perfil de estabilidade ao etanol, desfazendo a curva sigmoide e mostrando um leve aumento linear de estabilidade conforme o aumento de pH do leite. Uma nova reposição de fosfato retorna ao comportamento inicial da curva sigmoide (Horne; Parker, 1981b).

A concentração do leite também produz marcadas mudanças na estabilidade ao etanol. Em pH elevado, a estabilidade diminui progressivamente conforme o leite é concentrado. No pH natural do leite e no lado ácido da curva, o perfil de estabilidade não é afetado pela concentração (Horne; Parker, 1983).

Ação da temperatura

O pré-aquecimento do leite aumenta a estabilidade ao etanol na metade da faixa de pH, deslocando o perfil lateralmente para o pH mais ácido, e não apresenta efeito nos valores máximos e mínimos de estabilidade. A estabilidade do leite é alterada principalmente na faixa de pH entre 6,4 a 6,8, o que se deve possivelmente à alteração no balanço iônico do sistema pela precipitação do fosfato de cálcio induzida pela temperatura (Horne; Parker, 1981c). Com relação à temperatura de pré-aquecimento, foi realizado um experimento no qual o leite foi aquecido durante 30 minutos com temperaturas variando de 45 a 90 °C. Houve variação no valor do pK das curvas de estabilidade do leite, sendo que a variação significativa ocorreu aos 75 °C. Os autores suspeitam que exista variação sazonal na resposta ao pré-aquecimento, mas ainda não existem dados conclusivos. Com relação ao tempo de pré-aquecimento, o leite foi aquecido durante 60min à temperatura de 90 °C. Cerca de 90% da mudança de perfil ocorreu aos 30min de aquecimento.

O resfriamento provoca alterações nos constituintes do leite. Ao longo da manutenção do leite sob refrigeração, parte das caseínas deixa as micelas e se dispersa. Enquanto a 20 °C a caseína micelar representa de 93 a 95% da caseína total, a 2 °C passa a não constituir mais de 80 a 85%. Isso provoca alteração no equilíbrio entre as caseínas, com direção à fase solúvel e uma diminuição no diâmetro médio das micelas. O grau de hidratação das micelas aumenta, consideravelmente, no leite refrigerado. A quantidade de água retida após 48 h de conservação a 3-4 °C é de 30 a 40% superior aos valores iniciais registrados a 20 °C (Mathiev, 1985 citado por Silva; Abreu, 2003).

Com relação aos minerais, o resfriamento afeta o sistema micelar, que se empobrece de elementos minerais, à medida que a fase hídrica se enriquece em cálcio e fosfatos, tornados solúveis pelo abaixamento da temperatura. A solubilização do fosfa-

to de cálcio com o frio provoca elevação no pH do leite (Mathiev, 1985 citado por Silva; Abreu, 2003).

Variação sazonal

Segundo Donatele et al. (2003), a porcentagem de vacas positivas ao teste do alizarol 72% realizado em animais mestiços na região norte do Rio de Janeiro, no período de junho de 2000 a março de 2001, apresentou variação nos meses em estudo. A maior porcentagem foi de 65% no mês de março de 2001 e a menor foi em junho de 2000, sendo de 18,75%.

Segundo Barros et al. (2001), as alterações na estabilidade do leite são mais frequentes nos meses de outono, nas mudanças de estação de inverno para primavera e nos períodos de seca.

Segundo Ponce e Hernandez (2001), as alterações foram verificadas no mês de março-abril, que coincide com a maior escassez de alimento e baixa condição corporal dos animais.

Marques (2004) encontrou variações na ocorrência de LINA nos meses em estudo. Foram analisadas cerca de 700 amostras mensais de leite no período de abril de 2002 a setembro de 2003. A ocorrência de LINA foi maior nos meses de abril de 2002 e menor em setembro de 2003, concentrando a maior ocorrência nos meses de outono.

Teoria da instabilidade proposta por Horne e Parker (1981b)

As micelas de caseína são carregadas negativamente na faixa de pH normal do leite. Esta carga é controlada grandemente pela quantidade de cálcio ligado à proteína e, consequentemente, pelo equilíbrio entre este e o nível de cálcio livre no sistema. Aumentando o nível de cálcio, aumenta o cálcio ligado e diminui a carga negativa líquida da micela, consequentemen-

te diminuindo a barreira energética à coagulação; ao contrário, diminuindo o nível de cálcio, aumenta a carga negativa e a precipitação se torna mais difícil.

A força da barreira energética também pode ser controlada variando a força elétrica do meio no qual as micelas se encontram. Este é o papel do etanol. A baixo pH, a barreira energética é suficientemente baixa para a coagulação ocorrer com a presença de certa quantidade de etanol, chegando a uma concentração final de 20%. Conforme o pH aumenta, o nível de cálcio diminui, pois ocorre um sequestro do cálcio pelos íons fosfatos. O cálcio iônico diminui, a barreira energética tende a aumentar e maior porcentagem de etanol deve ser introduzida no sistema para induzir a precipitação.

Relação da estabilidade ao etanol com células somáticas do leite

Um trabalho realizado por Donatele et al. (2003) sugere não haver relação entre a positividade do leite ao teste do alizarol 72% e o número de células somáticas. No referido trabalho, 61,67% das amostras positivas ao alizarol apresentaram células somáticas inferior a 300 mil cel/mL de leite.

Relação da estabilidade com crescimento microbiano

Segundo Donatele et al. (2003), não houve envolvimento de bactérias na causa da instabilidade do leite *in natura* no teste do alizarol 72%. Esses autores estudaram 287 amostras de leite positivas ao teste do alizarol, das quais 69,34% não apresentaram nenhum tipo de crescimento microbiano. As demais amostras apresentaram *Staphylococcus* coagulase positiva (17,8%) e *Staphylococcus* coagulase negativa (12,86%).

Segundo Velloso (1998), a obtenção de um resultado correspondente à coloração normal ao alizarol, mas com constatação de coágulo ou formação de grumos em geral, indica forte contaminação do leite com *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus* e outros bacilos abundantes em palha e forragem seca em geral.

Resistência térmica

Donatele et al. (2003) submeteram amostras de leite provenientes de quartos individuais positivos ao teste do alizarol 72% ao teste da fervura e verificaram que nenhuma amostra apresentou coagulação nesse teste. Os autores concluíram que as amostras positivas ao alizarol apresentam resistência térmica.

Segundo Ponce e Hernandez (2001), as amostras com SILA apresentam resultado positivo ao teste da ebulição.

Alterações no leite

Barros et al. (2000) compararam o leite de animais positivos e negativos ao álcool 70% e encontraram diferenças significativas na composição do leite quanto a: teor de gordura, proteína, lactose, cálcio iônico e nas frações proteicas do leite, utilizando a técnica de eletroforese. Os teores de gordura e proteína foram mais elevados no leite instável e a porcentagem de lactose foi inferior. Não houve variação no teor de sólidos desengordurados, nem no ponto crioscópico do leite. Não houve variações nas análises sanguíneas de proteínas, albumina, lipídios, cálcio, fósforo, globulinas e relação Ca/P.

Dentre as principais alterações nas características físico-químicas do SILA estão: instabilidade térmica à prova do álcool com determinação de acidez titulável inferior a 13º Dornic, densidade baixa devido à diminuição do extrato seco desengordurado, lactose, proteína bruta, proteína verdadeira, caseína, baixa relação caseína/proteína bruta (abaixo de 75%), alteração

no equilíbrio mineral com baixo cálcio, fósforo e magnésio (abaixo de 9 mg%); com elevação do nitrogênio não proteico (Ponce; Hernandez, 2001).

Sobhani et al.(1998) avaliaram vinte vacas da raça Holandês, sendo que 10 animais apresentavam reação positiva ao teste do álcool e 10 animais reação negativa. Encontraram diferenças significativas no leite desses dois grupos quanto a pH, lactose, cálcio solúvel, magnésio, fósforo, citrato e potássio. Nas amostras de sangue, as diferenças foram com relação a pH, cloro, potássio e glicose. Não houve diferença quanto aos animais positivos e negativos em relação a teor de proteína, gordura, sólidos desengordurados, sódio, cloro, e uréia no leite. Também não foram detectadas diferenças nas amostras de sangue com relação a cálcio, magnésio, fósforo, sódio, e uréia. Em uma segunda etapa, as dez vacas positivas ao teste do álcool foram acompanhadas até que o leite apresentasse reação negativa ao teste do álcool, sendo o leite e o sangue desses animais comparado com relação aos dois períodos citados. O pH, a porcentagem de lactose, cálcio solúvel, magnésio, sódio e potássio do leite dos animais apresentaram diferenças significativas entre os dois períodos, além da glicose e do pH do sangue. Esses autores acreditam que os baixos níveis de glicose sanguínea possam ser a causa do problema de instabilidade.

Para provar essa hipótese, esses autores realizaram um novo experimento com quatro vacas Holandesas, produzindo 35 litros leite/dia. Foi colocado um cateter venoso na jugular de cada vaca, e os tratamentos utilizados foram 100 e 200 g/dia de glicose por dois dias. Não houve diferença significativa entre os teores de gordura, proteína, lactose e caseína, mas houve aumento no conteúdo de sólidos totais e na glicose sanguínea conforme aumentou o nível de glicose. A estabilidade ao etanol diminuiu com o aumento dos níveis de glicose. Os autores acreditam que o aumento dos níveis de glicose sanguínea, o estresse causado pela aplicação dos tratamentos e a redução no consu-

mo dos animais tenham afetado esse resultado (Sobhani et al., 2003).

Negri et al. (2001), na Argentina, analisaram 85 amostras de leite provenientes de unidades de produção leiteira no período de março a novembro de 2000. As amostras foram classificadas em dois grupos: negativas (não apresentavam precipitação ao teste do álcool 78%) e positivas (apresentavam precipitação ao álcool 72%). A composição do leite das amostras positivas diferiu das amostras negativas, com o leite positivo apresentando menor teor de sólidos desengordurados, menor teor de caseína, valores mais baixos de crioscopia, maior conteúdo de cloro, sódio e potássio e menor CCS do que o leite negativo. Não foram detectadas diferenças significativas na acidez titulável, pH, porcentagem de gordura, lactose, sólidos totais, nitrogênio total, nitrogênio não proteico, proteínas do soro, uréia, conteúdo de fósforo, citrato, cálcio total e iônico, magnésio e na contagem bacteriana total.

Marques (2004) analisou cerca de 1.300 amostras de leite de unidades de produção da bacia leiteira de Pelotas, RS, encontrando variação significativa na composição do LINA em relação ao leite normal. Os teores de gordura foram mais elevados no LINA, e as porcentagens de proteína bruta e lactose foram inferiores. Não houve variação nos teores de sólidos totais. A Tabela 1 apresenta um resumo das alterações no leite apresentadas em diversos trabalhos relacionados ao leite instável.

Alterações na indústria

Segundo Ponce (2000), o SILA está associado a deposições anormais nos pasteurizadores de indústrias e a alterações na fabricação de derivados lácteos. Essas alterações são o aumento no tempo de coagulação, surgimento de características indesejáveis no coágulo, alta retenção de água, perda de proteínas no soro e pobre qualidade nos queijos.

Tabela 1: Resultados comparativos, de acordo com trabalhos realizados por diversos autores, referentes à diferença de composição química do Leite Instável ao etanol em relação ao Leite Normal. As amostras de leite foram obtidas a partir de animais individuais (Vaca) ou a partir da mistura de leite do rebanho (Rebanho)

Característica	Zanela (2004)	Marques (2004)	Negri et al (2001)	Barros (2001)	Sobhani et al. (1998)**	Ponce & Hernandez (2001)
Amostra	Rebanho	Rebanho	Rebanho	Vaca	Vaca	Vaca
% G	SD	A	SD	A	SD	SD
% PB	D	D	SD	A	SD	D
% Cas	-	-	D	-	-	D
% Lac	D	D	SD	D	D	D
% ST	D	SD	SD	A	SD	D
% SD	D	-	D	A	SD	D
% álcool	76	76	78 e 72*	70	-	75

G = gordura; PB = proteína bruta; Cás = caseína; Lac = lactose; ST = sólidos totais; SD = sólidos desengordurados. D = diminui; SD = sem diferença; A = aumentou

** Esses autores consideraram como Leite Instável amostras com precipitação ao álcool 72% e, como leite normal, amostras sem precipitação ao álcool 78%.

Estabilidade térmica do leite

Inicialmente, Miller e Sommer (1940) definiram a estabilidade térmica como a temperatura a que uma amostra de leite de pH ajustado tem de ser aquecida para induzir coagulação instantânea, ou seja, dentro de dois minutos.

Existem similaridades entre a estabilidade ao etanol e este método de medir a estabilidade térmica. Os testes apresentam uma resposta similar ao ajuste de pH e respondem, pelo menos qualitativamente, da mesma maneira ao aumento ou diminuição do cálcio disponível (Horne; Muir, 1990).

Atualmente, a definição aceita como estabilidade térmica é o tempo necessário para ocorrer a coagulação em condições de temperatura padrão, usualmente 140 °C (Horne; Muir, 1990).

Fox (1981) reviu as mudanças no leite induzidas pelo calor, que precedem a coagulação, e classificou-as em cinco grupos: desenvolvimento ácido, precipitação do fosfato de cálcio, reação de

Maillard, modificação da caseína e interação de grupos sulfidril, o último incluindo proteínas do soro ou ureia.

Rose (1961) descobriu que a curva de pH de acordo com o tempo de coagulação apresenta-se de duas formas: o tipo A, que possui um mínimo pronunciado na faixa de pH natural do leite; e o tipo B, com um aumento progressivo no tempo de coagulação conforme aumenta o pH (Figura 2). As duas apresentam características diferentes do comportamento sigmóide encontrado por Miller; Sommer (1940).

Revisão realizada por Horne e Muir (1990) indica que as frequências de ocorrência dos dois tipos de perfis variam conforme a região. Na Escócia, todo o leite de tanque é tipo A, e para vacas individuais, de 1 a 3%, é Tipo B. Essa situação é similar à que ocorre na Austrália e na Irlanda; por outro lado, no Japão, aproximadamente 70% do leite bovino é tipo B.

O leite que apresenta característica Tipo A pode ser convertido em Tipo B, e vice-versa. Na Tabela 2 encontram-se os métodos citados na revisão de Horne e Muir (1990). Entretanto, vários fatores citados são controversos entre os autores.

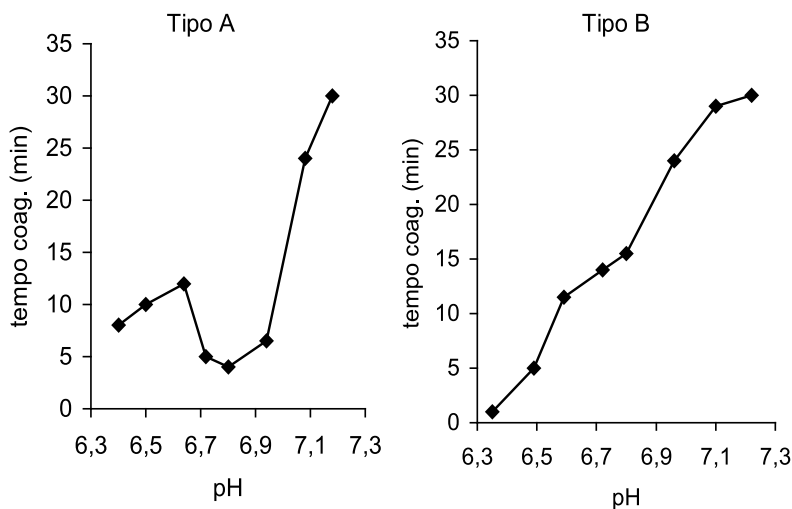


Figura 2: Relação entre o tempo de coagulação e o pH que caracterizam as curvas de estabilidade térmica Tipo A e Tipo B, segundo Rose (1961)

Negri et al. (2001) estabeleceram correlações entre a estabilidade térmica do leite e a sua fração nitrogenada e mineral. A concentração de cálcio iônico, cálcio total e potássio foi negativamente correlacionada com o tempo de coagulação ($r = -0,57$; $-0,35$ e $-0,24$, respectivamente). A concentração de ureia, proteínas soro e pH do leite se correlacionou-se positivamente com a estabilidade térmica ($r = 0,38$; $0,34$; e $0,26$, respectivamente).

Tabela 2: Métodos de conversão na forma do perfil de estabilidade térmica

Conversão do Tipo A em Tipo B	Conversão Tipo B em Tipo A
Diminuição da temperatura de 150 para 120 °C	Aumento temperatura 130 para 150 °C
Adição de κ -caseína	Pré-aquecimento a 80 °C por 30 min.
Remoção do fosfato de cálcio coloidal	Adição de β -lactoglobulina
Substituição do fosfato por outro anion	Adição de cátions bivalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+})
Díálise de leite Tipo A contra um excesso de leite Tipo B	Díálise de leite Tipo B contra um excesso de leite Tipo A

* Fonte Horne e Muir, 1990.

Segundo Silva e Almeida (2004), as principais variáveis que influenciam na estabilidade térmica do leite são: pH, equilíbrio salino, teor natural de ureia, estabilidade das micelas de caseína, período de lactação, alimentação deficiente do gado e mamite. Esses autores acreditam que a estimativa da estabilidade térmica por meio do teste do álcool ou alizarol seja um procedimento útil para verificar a aptidão do leite para o processamento.

Segundo Negri et al. (2001), amostras de leite estáveis ao álcool 78% apresentaram tempo de coagulação superior ao das amostras de leite instáveis ao álcool 72%.

O mecanismo postulado para a indução da coagulação pelo etanol é dominado por interações físicas. A esse respeito, o teste do etanol e a estabilidade térmica diferem fundamentalmente, pois o aquecimento prolongado causado pelo teste de estabilidade térmica permite que ocorra um grande número de reações químicas, algumas vantajosas, como a ureia; outras deletérias,

como a reação com as proteínas do soro. Essas reações prosseguem a taxas dependentes de temperatura, que, se forem a uma faixa mais estreita, permitem um comportamento similar à estabilidade ao etanol (Horne; Muir, 1990).

Negri et al. (2001) estudaram a variação do tempo de coagulação para leite estável e instável ao álcool 72%, de acordo com as variações de pH e o comportamento das amostras às trocas de graduação de álcool (Figura 3).

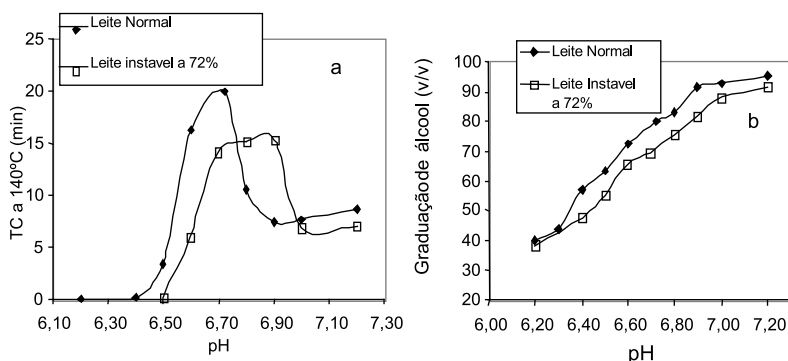


Figura 3: Evolução do tempo de coagulação (TC) de acordo com a mudança de pH (a) e da graduação de álcool necessária para provocar coagulação de acordo com as mudanças de pH (b) segundo Negri et al. (2001)

O comportamento do tempo de coagulação em função do pH coincidiu com a curva Tipo A descrita por Rose (1961), apresentando tempos de coagulação mínimos e máximos, sendo que a curva das amostras de leite instável aparece deslocada para pH mais alcalino. Entretanto, existem variações entre os tempos máximos e mínimos com relação ao pH das amostras. A figura mostra ainda que os leites estável e instável ao álcool aumentaram sua estabilidade ao álcool de forma paralela conforme aumentou o pH, sendo que, para o leite instável, a concentração de álcool necessária para precipitação é mais baixa num mesmo pH (Negri et al. 2001).

Esses autores salientam, entretanto, que as variações entre o tempo de coagulação e a estabilidade ao álcool foram projetadas dentro de uma faixa ampla de pH. O efeito que seria visualizado na faixa normal de pH encontra-se na Figura 4.

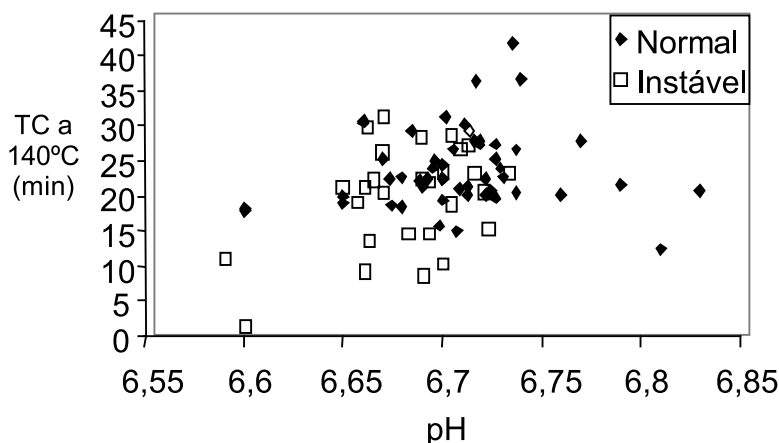


Figura 4: Relação entre o tempo de coagulação (TC) a 140 °C e o pH natural das amostras normais e instáveis ao álcool 72%, segundo Negri et al (2001)

Segundo Negri et al. (2001), de acordo com os resultados obtidos, a prova do álcool não pode ser considerada como uma metodologia adequada para estimar o comportamento térmico de amostras de leite com qualidade higiênico sanitária aceitável. Da mesma forma, a prova do álcool não é um critério correto para estabelecer o aceite ou o descarte de leite de boa qualidade higiênico-sanitária e sem acidez elevada em nível de propriedade.

Existem divergências entre os autores com relação à utilidade do teste do álcool como prova de avaliação da estabilidade térmica do leite e seu uso como prova de rotina, determinando o aceite do leite pela indústria. Os resultados obtidos por Zanela (2004) demonstram que o teste do álcool não é um indicador confiável de acidez do leite. Entretanto, são necessários maiores estudos para avaliar a sua utilização como indicador de estabilidade térmica.

Referências bibliográficas

- ALDERSON, E. *Small scale milk collection and processing in developing countries*. FAO 2000. Disponível em: <www.fao.org/ag/aga/agap/lps/dairy/ecs/proceedings> Acesso em: fev. 2004. E-mail conference.
- BARROS, L. et al. Prueba del alcohol em leche y relación con calcio iônico. *Prácticas Veterinarias*, v. 9, 315p. 1999.
- BARROS, L. et al. Variaciones de la leche y prueba del alcohol. In: WORLD BUIATRICS CONGRESS, 21., 2000, Punta del Este. *Resumos...* Punta del Este: Worls Association for Buiatrics, 2000. 577p.
- BARROS, L.. Transtornos metabólicos que afetam a qualidade do leite. In: GONZÁLEZ, F. H. D. et al (Ed.). *Uso do leite para monitorar a nutrição e metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre, 2001. p. 44-57
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº51 de 18 de setembro de 2002. Aprova e oficializa o Regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru e refrigerado. *Diário Oficial* (da República Federativa do Brasil), Brasília, 2002.
- CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. *Proteínas alimentarias*. Zaragoza: Acribia, 1989.
- CONCEIÇÃO, R. C. S. et al. Correlação entre as provas do álcool e da acidez titulável para amostras de leite com Síndrome do leite anormal (SILA). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10, 2001, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2001.
- DONATELE, D. M. et al. Estudo da relação da prova do álcool 72% (v/v) com pH, grau Dornic e contagem de células somáticas do leite de vacas do município de campos do Goytacazes, RJ In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 28., 2001, Brasília. *Anais....* Brasília: CONBRAVET, 2001.
- DONATELE, D. M.; VIEIRA, L. F. P.; FOLLY, M. M. Relação do teste de Alizarol a 72% (v/v) em leite “in natura” de vaca com acidez e contagem de células somáticas: análise microbiológica. *Higiene Alimentar*, v. 17, 2003.
- FISCHER, V. Incidência, caracterização, quadro experimental e tratamento do leite instável não ácido (Lina) no Rio Grande do Sul. In: *RELATÓRIO* técnico final das atividades desenvolvidas relativas ao projeto 474974/2003-0. 2005. 70 p.
- FISCHER, V. et al. Chemical composition of unstable non-acid milk. *Ciências Veterinárias*, v. 4, p. 52, 2006a.

FISCHER, V. et al. Blood chemical composition of cows producing unstable non-acid milk. *Ciências Veterinárias*, v. 4, p. 53, 2006b.

FONSECA, L. F. L., SANTOS, M. V. *Qualidade do leite e controle da mastite*. São Paulo: Lemos, 2000. 175p.

FOX, P.F. Heat induced changes in milk preceding coagulation. *Journal of Dairy Science*, v. 64, p. 2127, 1981.

GONZALEZ, F. H. D. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; DÚRR, J. W.; FONTANELLI, R. S. (Ed.). *Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre, 2001. p. 5-21.

HORNE, D.S.; PARKER, T.G. Factors affecting the ethanol stability of bovine milk. I. Effect of serum phase components. *Journal of Dairy Research*, v. 48, p. 273-284, 1981a.

HORNE, D.S.; PARKER, T.G. Factors affecting the ethanol stability of bovine milk. II. The origin of the pH transition. *Journal of Dairy Research*, v. 48, p. 285-291, 1981b.

HORNE, D.S.; PARKER, T.G. Factors affecting the ethanol stability of bovine milk. IV. Effect of forewarming. *Journal of Dairy Research*, v. 48, p. 405-415, 1981c.

HORNE, D.S.; PARKER, T.G. Some aspects of the ethanol stability of caprine milk. *Journal of Dairy Research*, v. 49, p. 459-468, 1982.

HORNE, D.S.; PARKER, T.G. Factors affecting the ethanol stability of bovine skim-milk. VI. Effect of concentration. *Journal of Dairy Research*, v. 50, p. 425-432, 1983.

HORNE, D.S.; MUIR, D.D. Alcohol and heat stability of milk protein. *Journal of Dairy Science*. v. 73, p. 3613-3626, 1990.

LIN, M. J.; LEWIS, M. J.; GRANDISON, A. G. Effect of pH on the calcium movement in milk between colloidal and ionic phases. In: CONFERENCE IN ANIMAL PRODUCTION, 9., 2003, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: World Association on Animal Production, 2003.

MARQUES, L. T. et al. Ocorrência do leite instável não ácido (LINA) conforme a porção da ordenha de vacas submetidas a restrição alimentar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBZ, 2003.

MARQUES, L. T. *Ocorrência do leite instável não ácido (LINA) e seu efeito sobre a composição química e aspectos físicos*. Pelotas, 2004. 68f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia- Produção Animal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.

MATHIEV, J. Comportamiento físico-químico de la leche mantenida a baja temperatura. Española de Lacheria, p. 33-37, jan/fev. 1985. In: SILVA, P. H. F; ABREU, L. R. *Influência da refrigeração sobre a qualidade físico-química e a aptidão do leite para processamento: diagnóstico da qualidade do leite, impacto para a indústria e a questão dos antibióticos*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, Epamig/CT/ILCT, 2003. p. 9-17.

MCLEAN, D. M.; BRUCE GRAHAM, E. R.; PONZONI, R. W. Effects of milk protein genetic variants on milk yield and composition. *Journal of Dairy Research*, v. 51, p. 531. 1984.

MILLER, P. G.; SOMMER, H.H. The coagulation temperature of milk as affected by pH, salts, evaporation and previous heat treatment. *Journal of Dairy Science*, v. 23 p. 405-415, 1940.

MOLINA, L. H. et al. Correlation between heat stability and alcohol test of milks at a milk collection center. *Archivos de Medicina Veterinaria*, v. 2. 2001.

NEGRI, L. et al. *Fatores que afetam la estabilidad térmica y la prueba de alcohol en leche cruda de calidad higiénica adecuada*. Informe técnico final Del proyecto. INTA EEA / Rafaela - INTI CITIL Rafaela, 2001.

NG-KWAI-HANG, K. F. Genetic polymorphism of milk proteins: Relationships with production traits, milk composition and technological properties. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 78, supplement, p. 131-147. 1998.

OKADAO, K. et al. Changes in Quantity, Components and Properties of Postpartum Milk in Japanese Black Cows – *Journal Japanese – Veterinarian Association*, 54. p. 185-190, 2001. Disponível em: <http://group.lin.go.jp/nichiju/nag/05403/02_5.htm> Acesso em: fev. 2004.

PEREIRA, D. B. C. et al. *Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos*. 2. ed. Juiz de Fora: Epamig, 2001.

PONCE CEBALLO, P. *Síndrome do leite anormal e qualidade do leite*. 1º Curso on line sobre qualidade do leite do Instituto Fernando Costa. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br>>. Acesso em: nov. 2000.

PONCE CEBALLO, P.; HERNÁNDEZ, R. Propriedades físico-químicas do leite e sua associação com transtornos metabólicos e alterações na glândula mamária In: GONZÁLEZ F. H. D. et al. (Ed.). *Uso do leite para monitorar a nutrição e metabolismo de vacas leiteiras*, Porto Alegre, 2001. p. 44-47.

ROBITAILLE, G.; BRITTEN, M.; PETITCLERC, D. Effect of a differential allelic expression of kappa-casein gene on ethanol stability of bovine milk. *Journal of Dairy Research*, p. 154-149, 2001.

ROSE, D. Factors affecting de pH sensitivity of the heat stability of milk from individual cows. *Journal of Dairy Science*, v. 44, p. 1405, 1961.

SILVA, P. H. F.; ALMEIDA, M. C. F. *Estabilidade térmica do leite*. EPAMIG: Instituto de Laticínios Cândido Tostes. Disponível em: <<http://www.atruius.com.br>>. Acesso em: jan. 2004.

SOBHANI, S.; VALIZADEH, R.; NASERIAN, A. Alcohol stability of milk and its relation to milk and blood composition in Holstein dairy cows. *Dairy Science*, v. 85, Suppl. 1, 1998.

SOBHANI, S.; VALIZADEH, R.; NASERIAN, A. *The effect of intravenous infusion of glucose on etanol stability of milk in Holstein dairy cows*. Disponível em: <<http://www.bsas.org.uk/meetings/annlproc/pdf2003/132.pdf>>. Acesso em: jun. 2003.

VELLOSO, C. R. V. Noções básicas da acidez In: BRITO, J.R.F.; DIAS, J.C. (Ed.) *A qualidade do leite*. Embrapa, São Paulo: Tortuga, 1998. p. 91-98.