

AValiação DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO MELHORAMENTO GENÉTICO PARA QUALIDADE DA PROTEÍNA DO LEITE NO BRASIL

Gerson Barreto Mourão¹, Aline Zampar, Mary Ana Petersen Rodriguez e Mayara Salvian

¹ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP (gbmourao@usp.br)

O leite e seus constituintes

O leite bovino, sem outra especificação, é o produto normal, fresco, integral, oriundo da ordenha completa ininterrupta sob condições higiênicas de vacas saudáveis; é uma combinação de diversos elementos sólidos em água, entre eles glicídios (basicamente lactose), gorduras, proteínas (principalmente caseína), minerais e vitaminas em diferentes estados de dispersão.

O leite e seus derivados são produtos importantes por fazerem parte da dieta humana, principalmente por apresentarem alto valor nutritivo, fornecendo muitos nutrientes em quantidades consideráveis (Claeys et al., 2002). Ainda por isso, o mercado consumidor tem se tornado exigente com relação à qualidade do leite, em especial quanto à sua composição e como seus componentes podem atuar sobre a saúde humana.

Dentre os constitutivos a gordura, a proteína, a lactose e os minerais podem ser manipulados ambientalmente ou geneticamente. Além disso, mudanças na composição do leite são de grande interesse para os laticínios e indústrias, pois isso pode alterar o valor deste alimento como matéria-prima para elaboração de derivados, impulsionando assim, a melhoria da qualidade do leite no Brasil.

O leite *in natura* fornece, em média, de 3g a 3,5g de proteínas por 100g de leite. De acordo com a legislação nacional com a Instrução Normativa 51 (IN51) do Ministério da Agricultura, o teor mínimo de proteína deve ser 2,9% para que o leite seja passível de comercialização entre produtor e indústria (MAPA, 2002). Com isso, intensificaram-se as pesquisas sobre a produção de proteína láctea, assim como, acerca dos fatores responsáveis por alterar seu teor no leite.

No Brasil, com o monitoramento da qualidade do leite mais eficiente obtida com a entrada em vigor da Instrução Normativa 51, em 2005 (BRASIL, 2002), pela qual o leite passa por análises laboratoriais sistemáticas, para verificação de sua composição e alterações sanitárias, espera-se atingir níveis qualitativos mais adequados.

A partir desta normativa, os teores de gordura e de proteína do leite, devem atender a padrões mínimos (**Tabela 1**). Isto porque sem a composição mínima, o rendimento industrial de produtos lácteos fica comprometido, acarretando prejuízos na cadeia agroindustrial. Sob este contexto o produtor, por sua vez, pode ser penalizado pela indústria, quando esta atribuir remuneração associada à qualidade do leite.

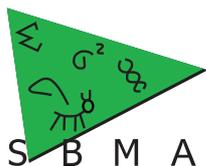


Tabela 1. Requisitos estabelecidos pela Instrução Normativa 51 de 2002

Requisitos	Limites
Teor de Gordura (g/100g)	Teor Original, com o mínimo de 3,0
Extrato seco desengordurado (g/100g)	mín. 8,4
Proteínas (g/100g)	mín. 2,9
Densidade relativa A 15/15 ^o C (g/mL)	1,028 a 1,034
Acidez titulável (g ácido láctico/100 mL)	0,14 a 0,18
Índice Crioscópico máximo	- 0,530 ^o H (equivalente a -0,512 ^o C)

Fonte: BRASIL, 2002

Tais exigências surgiram para garantir qualidades mínimas. Por ser um alimento muito utilizado como matéria-prima pelas indústrias e laticínios, além de compor a dieta básica de humanos, o controle de qualidade adequado é essencial (Donatele et al., 2003). Uma sucinta revisão sobre o assunto pode ser encontrada em Madalena (2008). Paralelamente, o crescente volume das exportações brasileiras de lácteos e a busca por leite de melhor padrão, contribuirão para aumentar a demanda por maior qualidade acompanhada por bonificações.

A qualidade do leite está diretamente relacionada à saúde, alimentação e manejo dos animais, com a qualificação da mão-de-obra, higiene dos equipamentos e utensílios utilizados durante a ordenha, bem como o transporte adequado até a indústria. Tais fatores influenciam a sua composição original e, conseqüentemente, as características de sabor, cor, cheiro e viscosidade (Pinna e Lizieire, 2000).

Mudanças na composição do leite podem alterar o seu valor como matéria-prima para fabricação de derivados. Por exemplo, a diminuição de 0,5% de sólidos totais ou 0,1% em proteínas pode significar perda de até 5 toneladas de leite em pó ou 1 tonelada de queijo, respectivamente, para cada milhão de litros de leite processados (Santos e Fonseca, 2007). A composição média do leite de vacas varia de acordo com as diferentes raças leiteiras (**Tabela 2**).

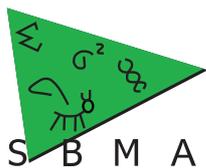
Tabela 2. Composição do leite de vacas de diferentes raças especializadas de regiões temperadas.

Componentes	Colostro*	Holandesa	Jersey	Pardo-suíço	Ayrshire	Guersey
Proteína (%)	14,30	3,29	3,98	3,64	3,48	3,75
Gordura (%)	3,60	3,54	5,13	3,99	3,95	4,72
Cinzas (%)	5,20	0,72	0,77	0,74	0,72	0,76
Lactose (%)	3,10	4,68	4,83	4,94	4,60	4,71
EST* (%)	22,10	12,16	14,42	13,08	12,77	14,43

* Extrato seco total; ** Adaptado de Roy, 1980;

A composição do leite bovino também varia de acordo com fatores como o rebanho, a região, estação, período de conservação da amostra, escore de células somáticas, raça, período de ordenha e estágio de lactação (González et al., 2001; Ribas et al., 2004), que refletem variações de manejo, clima, composição do rebanho e variabilidade genética.

É fundamental ressaltar que a composição da proteína do leite bovino, com média de 3,5%, varia com a estação, estágio de lactação, alimentação e estado de saúde da vaca, sendo fortemente



determinada por fatores genéticos (Bobe et al., 1999). Dentre a fração proteica, as caseínas correspondem a 80%, sendo chamadas α , β e κ -caseínas; os 20% restantes correspondem às proteínas do soro, denominadas α e β -lactoalbuminas, albumina sérica, imunoglobulinas e peptona-proteose (**Tabela 3**).

Tabela 3. Composição proteica do leite.

Proteína	% da proteína no leite desnatado
α -caseína	45-55
β -caseína	25-35
κ -caseína	8-15
γ -caseína	3-7
α -lactoalbumina	2-5
β -lactoalbumina	7-12
Soro-albumina	0,-1,3
Lactoferrina	0,2-0,8
IgG ₁	1-2
IgG ₂	0,2-0,5
IgM	0,1-0,2
IgA	0,05-0,10
Fragmento (peptona-proteose)	2-6

Fonte: Adaptado de Giannoni, 1987

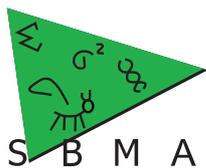
As caseínas são proteínas formadas por micelas, instáveis à determinadas temperaturas, acidez e desidratação. Por possuírem alta digestibilidade, fazem com que o leite tenha importância para o ser humano; as proteínas do soro estão relacionadas com a concentração de lactose (α -lactoalbumina) e com atividade imunológica (imunoglobulinas).

A alta qualidade das proteínas lácteas é marcada pela presença, em várias quantidades, de todos os aminoácidos essenciais, o que confere às proteínas do leite elevado valor biológico; além disso, o padrão de distribuição desses aminoácidos nas proteínas lácteas assemelha-se ao que se julga ser necessário ao ser humano. Este nutriente é essencial para a formação, crescimento e manutenção de músculos, ossos, pele, vasos sanguíneos e órgãos, além da importância na formação de anticorpos e de hormônios.

A facilidade com que o leite pode ser convertido em uma extensa variedade de diferentes e atrativos produtos é, provavelmente, a sua mais importante característica do ponto de vista industrial. A fabricação de queijos, iogurtes, leite em pó, entre outros, depende de algumas propriedades únicas das proteínas do leite, que vêm recebendo uma atenção considerável da pesquisa (Fos e Mcsweeney, 2003).

Mudanças no teor de proteína do leite são possíveis pela manipulação da nutrição, mas numa magnitude bem inferior às alterações possíveis no teor de gordura, por uma série de razões. Em primeiro lugar, porque a variação natural possível é bem menor, e também porque os fatores dietéticos que influenciam essa variável não são completamente conhecidos (Pereira, 2012).

Diversos autores relatam que o aumento da quantidade de suplementação concentrada poderia elevar a porcentagem de proteína do leite (Valentine et al., 2000; Bargo et al., 2003). Dietas



com baixa concentração de proteína resultam em menores teores de proteína no leite. No entanto, o fornecimento de proteína em excesso, além das exigências da vaca, não aumenta o teor de proteína do leite. É preciso fornecer quantidades adequadas de proteína degradável no rúmen (PDR) e de proteína não degradável (Pedroso, 2012).

Tanto a produção de leite como a de proteína do leite serão maximizadas se a quantidade de PDR na ração ficar em torno de 12% da MS total, valor considerado ótimo para a síntese de proteína microbiana, desde que o suprimento energético também seja adequado (NRC, 2001).

Relações entre fatores genéticos e valores econômicos no Brasil e no mundo

A cada três meses o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) publica novas avaliações genéticas para touros e vacas. Nessa avaliação, são consideradas principalmente as características de leite, gordura, proteína e rendimento, tempo de vida produtiva e escore de células somáticas como indicador de sensibilidade à mastite.

Os procedimentos para essa avaliação combinam as informações dos parentes conhecidos do sexo feminino do animal avaliado e do próprio animal, no caso de vacas. Na raça Holandesa, as características de tipo são avaliadas pela Holstein Association e o USDA se encarrega das avaliações genéticas das outras raças.

Sabe-se que os preços e os custos dos componentes do leite deveriam determinar o seu valor econômico, o qual é necessário para a elaboração de índices de seleção, para combinar os componentes de forma a maximizar o ganho genético econômico (Hazel, 1943). Ainda que sob situação favorável, é um verdadeiro desafio desenvolver índices para se selecionar os touros que irão produzir as filhas potencialmente mais rentáveis, diante da dificuldade de graduar várias características com algum impacto econômico. A ferramenta deve combinar essas informações em um único número ou índice e ser capaz de refletir o valor econômico global do animal.

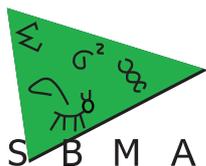
Há duas ou três décadas, a maioria dos países se utilizou de índices de seleção que focavam o aumento da produção de leite, porém, houve mudança expressiva há certo tempo para aumento da ênfase em qualidade do leite produzido, sobretudo com relação aos componentes, como proteína e gordura (Miglior et al., 2005).

No entanto, esta tendência ainda é pouco acentuada no Brasil, ainda que vários autores tenham evidenciado que o sistema de pagamento pela composição do leite constitui uma poderosa ferramenta para direcionar mudanças genéticas (Madalena, 1999). Em parte pela escassez e limitações dos programas brasileiros de avaliação genética para bovinos leiteiros.

Adiciona-se que a maior parte do leite comercializado é processada por laticínios, sendo estes, e não o consumidor, os que diretamente determinam a valorização das características do leite, através do que por elas pagam aos produtores (Madalena, 2012).

Logo fica claro que no Brasil, não existe uma política bem estabelecida de pagamento diferenciado pela qualidade do leite, e sim padrões mínimos a serem atendidos tanto em relação à composição, quanto aos aspectos de sanidade que, caso não sejam atendidos, ocasionam penalizações no valor pago ao produtor (Cardoso et al., 2004).

Apesar disso, o crescente volume das exportações brasileiras de lácteos e a busca por leite de melhor padrão, podem ser úteis para aumentar a demanda por maior qualidade acompanhada por bonificações. Nesta situação, existem muitos produtores que vislumbram a necessidade de se



produzir leite com grandes quantidades de sólidos e melhor qualidade, ainda que em geral não haja bônus por isso e o mesmo enfrente com maior custo com a produção de leite.

Independente disto, baseando-se nas exigências do mercado lácteo e no sistema de produção adotado pelo produtor, o melhoramento genético pode apoiar não apenas o aumento do volume de produção, mas também o aumento dos sólidos do leite.

Para tanto, é relativamente bem conhecido, que as produções e/ou porcentagens de gordura, de proteína e de lactose são características herdáveis e com herdabilidades medianas (0,20 a 0,45) e que, portanto, podem ser melhoradas por meio de seleção, ou seja, a escolha de pais de alto valor genético pode gerar progênie de alto potencial produtivo para tais variáveis. Portanto, é possível alterar estes componentes através da seleção de reprodutores e escolha de matrizes, valendo-se da diferença dentro e entre raças.

O valor do leite brasileiro

Tratando-se da parte da cadeia produtiva que cabe ao produtor rural, a introdução de novos fenótipos em avaliações genéticas depende da importância econômica da característica em questão, da disponibilidade de informações e índices genéticos.

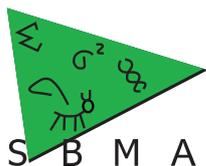
No Brasil, as avaliações econômicas ainda são raras, e ainda mais com estudos enfocando melhoramento animal, talvez pelo fato da qualidade dos produtos de origem animal ainda não ser tão bonificada quanto o veículo destes produtos. A expectativa é que essa realidade mude no curto ou médio prazo, devido ao contínuo aumento das exigências dos consumidores (Lobo et al. 2010).

O fato de o sistema de pagamento do leite em algumas regiões do Brasil remunerar pouco ou negativamente a proteína e a gordura, resultando em pesos econômicos negativos, ou muito baixos para esses dois componentes, faz com que os índices de seleção daí decorrentes priorizem o veículo (leite sem gordura e sem proteína), ao contrário da tendência mundial. Dessa forma, a seleção utilizando valores econômicos negativos para gordura e proteína resultaria numa diminuição do teor destes componentes, o que seria prejudicial caso o Brasil viesse a adotar o mesmo sistema de pagamento dos países desenvolvidos, o que gera para os criadores o dilema de selecionar para o mercado presente ou para o futuro (Madalena, 1999).

A não bonificação pela proteína e gordura no leite implica em remunerar estes produtos ao mesmo preço que pela água, lactose e minerais, sendo que os requerimentos nutricionais dos animais, para se produzir os dois primeiros componentes são muito maiores. A energia necessária para se produzir um kg de gordura é 56 vezes maior que para um kg de água, lactose e minerais, e a de um kg de proteína 28 vezes maior, de forma que, em não havendo o pagamento adequado, é antieconômico para o produtor produzir gordura e proteína, sendo preferível, pelo contrário, produzir leite o mais aguado possível (Madalena, 2000).

Em razão de a gordura e a proteína serem os componentes do leite de maior valor econômico para os laticínios (Madalena, 1986), o sistema de pagamento deveria remunerá-los adequadamente, como vem sendo feito há mais de duas décadas nos países mais desenvolvidos, onde, inclusive, o leite sem proteína e gordura (chamado de “veículo”), muitas vezes, provoca desconto no preço, em decorrência dos maiores custos de transporte e processamento.

Para o produtor, o valor econômico de cada componente decorre da diferença entre o preço por ele recebido e seu custo de produção. No Brasil, a proteína é remunerada somente na Cooperativa Castrolanda e alguns laticínios do Paraná, que também remuneram adequadamente a



gordura, enquanto que no resto do País, em geral, a proteína é ignorada e a gordura recebe preços insignificantes, de forma que o que se paga é a água com açúcar.

Nos países desenvolvidos o valor econômico da proteína é maior, seguido pela gordura, enquanto que a água tem um valor muito baixo ou negativo. Na Cooperativa Castrolanda, o valor econômico da proteína é alto, e também o da gordura, maior até que no primeiro mundo. Já na principal cooperativa central de Minas Gerais e no resto do Brasil, o valor econômico da proteína é negativo, uma vez que ela é paga ao preço da água, sendo que tem um custo de produção muito maior, o mesmo acontecendo, em menor grau, com a gordura (Madalena, 2000).

Martins et al. (2003), Cardoso et al. (2004) e Bueno et al. (2004) verificaram que os valores econômicos para os componentes do leite são negativos se a remuneração não bonificar tais componentes. Seno et al. (2007) também encontraram valores econômicos negativos para as produções de gordura e proteína quando o objetivo era apenas a venda do leite de búfalas.

Valores econômicos para produção de leite (“veículo”), gordura e proteína, levando em consideração dois sistemas de pagamento de leite no Paraná e Minas Gerais foram calculados em estudo realizado por Madalena (2000). Para o sistema de pagamento do Paraná, que contempla o teor de gordura e proteína na composição do preço do leite, o valor econômico dos três componentes foram positivos, sendo similares para gordura e proteína e ambos mais altos que o valor do “veículo”, enquanto para o sistema de pagamento de Minas Gerais, somente o valor do “veículo” foi positivo.

Nesse cenário, para outro laticínio em Minas Gerais, não seria vantajoso produzir gordura e proteína a mais, dando ênfase apenas para o leite produzido independente de seus componentes (Vercessi Filho et al., 2000).

Bueno et al. (2002) verificaram que os índices de seleção com valores econômicos para o Rio Grande do Sul, irão favorecer os animais que produzirem menores teores de gordura e de proteína, devido os coeficientes negativos para estes componentes.

Com o intuito de identificar características relevantes a serem incluídas em objetivos de seleção, mediante a derivação de valores econômicos, Cardoso et al., 2004 encontraram valores econômicos de US\$ 0,15; -US\$ 0,48 e -US\$ 0,31 por kg de leite para veículo, gordura e proteína, respectivamente. Desta forma verificaram que o aumento da produção de gordura e proteína por meio de seleção resultaria na redução do lucro da fazenda. O aumento na produção dos componentes do leite, em especial da gordura, acarretaria aumento nos requisitos nutricionais e, consequentemente, nos custos com alimentação.

Com o objetivo de estudar a influência do fator econômico sobre os objetivos de seleção dos animais, Bueno et al. (2004) observaram os valores econômicos para os componentes do leites (**Tabela 4**). Estes valores foram obtidos a partir da função de lucro para cada unidade do componente, neste caso, um litro.

Quando o sistema de pagamento do leite não remunera a gordura e a proteína, como neste estudo, o valor econômico destes componentes é negativo, visto que seu custo de produção é muito maior que o do veículo, tornando antieconômica sua seleção (Martins et al., 2003).

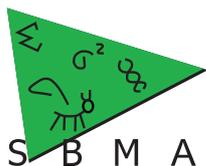


Tabela 4. Determinação dos valores econômicos para cada unidade dos componentes do leite de acordo com os níveis de produção.

Componente	Nível 1 [*]	Nível 2 ^{**}	Nível 3 ^{***}
Gordura	-0,429	-0,191	-0,377
Proteína	-0,062	0,084	-0,019
Veículo	0,196	0,209	0,221

* 1500 l/mês; ** 1501 a 3000 l/mês; *** 3000 l/mês; adaptado de Bueno et al., 2004

O nível 2 de produção foi o que apresentou melhores resultados para todos os componentes, em virtude do menor custo de produção dos mesmos, mas tende a apresentar redução dos teores de gordura, em razão do seu valor negativo.

O veículo apresentou valor econômico positivo em todos os níveis de produção e sempre superior ao valor econômico dos outros componentes. Estes resultados estimulam o aumento da produção de volume de leite e diminuição dos sólidos, no caso gordura e proteína, nos níveis 1 e 3, posto que a produção destes componentes gera prejuízo ao produtor. No nível 2, o valor negativo para gordura estimula sua redução e, para a proteína, embora com valor positivo, é inferior ao do veículo. Dessa forma, o componente de maior importância econômica nesta análise foi o veículo.

O sistema de pagamento estudado neste trabalho não está cobrindo os custos de produção dos componentes sólidos do leite, levando à tendência de redução na produção de gordura e de proteína, em decorrência da baixa remuneração. Esta tendência provocará prejuízos também à indústria que depende dos teores dos sólidos para produção dos derivados lácteos.

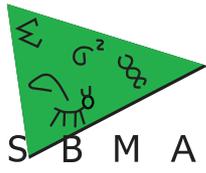
Seleção para produção de proteína no Brasil e no Mundo

A proteína é atualmente o componente do leite mais valorizado na maioria dos países. A valorização da proteína em detrimento da gordura tem se tornado uma tendência, uma vez que muitos consumidores estão mais conscientes dos valores nutricionais e calóricos dos alimentos e sua relação com a saúde (Santos e Fonseca, 2007).

Apesar de se configurar uma oportunidade, a qualidade do leite tem sido valorizada e bonificada por poucas empresas captadoras/processadoras, exigindo mais das qualidades higiênicas do que propriamente sobre os seus componentes; apesar de componentes como a proteína determinar o rendimento de produtos lácteos, como iogurtes, queijos, manteiga, entre outros.

Porém, antes de selecionar para altas porcentagens de proteína, deve-se ficar atento ao rebanho, observando se o mesmo atingiu os patamares desejados em volume de produção, pois a produção de leite tem correlação genética alta, negativa e desfavorável com o teor deste componente, chegando a magnitudes de -0,70, havendo dificuldades em se obter melhoria simultânea nas características. Por isso é importante ficar atento ao quesito teor nos programas de seleção. Apesar dos esforços na Suécia serem para aumentar a produção de leite sem diminuir os teores dos componentes, os estudos não mostraram sucesso para este objetivo (Glantz et al., 2009).

Assim sendo, seguindo a tendência mundial de maior valorização dos sólidos do leite, como nos EUA, Nova Zelândia, Holanda e Dinamarca, algumas indústrias e cooperativas brasileiras também incluem em seus programas de pagamento, os teores de proteína. Tais programas têm sido utilizados para satisfazer às exigências e à tendência de um mercado consumidor mais exigente e



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

9th Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

ávido por melhor qualidade nutricional. Cabe ao melhoramento genético, dessa maneira, auxiliar nas estratégias para identificação, escolha e uso de animais que favoreçam a melhoria da qualidade dos produtos.

Muitos estudos têm sido realizados em função das qualidades de coagulação do leite. Países como Nova Zelândia, Itália e Holanda, por exemplo, optam por vacas com este perfil, pois o foco está na produção de leite para fabricação de derivados, especialmente queijos. A composição da proteína do leite determina o valor nutricional e as propriedades tecnológicas do leite. A produção de queijo, por exemplo, é aumentada com o acréscimo da concentração de caseína, e propriedades do queijo, como tempo de coagulação do leite e a consistência da coalhada, dependem da composição da caseína (Wedholm et al., 2006).

Na Nova Zelândia, por exemplo, a indústria de laticínios atribui importância a cinco principais características de interesse econômico: volume de leite, % gordura, % proteína, peso corporal e sobrevivência. Vale lembrar, que a indústria Neozelandesa exporta de quase 90% dos sólidos do leite produzidos, daí a importância na seleção enfatizando tais características. O sistema de pagamento ao produtor adotado pelas empresas do país também colabora com a busca por melhoria, uma vez que estes recebem de acordo com o valor de mercado dos componentes, ajustados para os gastos de processamento e comercialização (Spelman & Garrick, 1997).

Na Suécia, o objetivo dos programas de melhoramento é obter vacas saudáveis, com grandes produções de leite e proteína, assim como grandes teores de proteína e gordura no leite (Glantz et al., 2009). Os mesmos autores comentam ainda que em uma fazenda sob programa de melhoramento genético há algum tempo, as vacas produzem mais leite, gordura e proteína, respectivamente 31, 19 e 35% que a média das vacas da Europa.

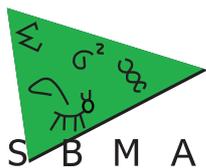
Essa importância atribuída aos componentes deve-se ao melhor rendimento no processamento da matéria-prima. Os efeitos genéticos aditivos têm sido observados em características de produção de leite, com altas herdabilidades para teores de gordura (0,52), proteína (0,60) e de lactose (0,64) e de moderada herdabilidades para produção de leite (0,44), produção de gordura (0,37), de proteína (0,34) e de lactose (0,47), indicando que a composição do leite pode ser modificada mais eficientemente por meio da seleção de animais com o perfil desejado (Glantz et al., 2009).

Além disso, existe relação entre o polimorfismo genético das proteínas do leite e as propriedades de coagulação do leite (Wedholm et al., 2006b; Hallén et al., 2007) com a produção de queijo (Wedholm et al., 2006b), que tem indicado que variações genéticas das proteínas do leite afetam as propriedades de fabricação de queijos (Glantz et al., 2009).

A habilidade de se fazer queijo do leite, na Itália, constitui-se em uma característica de grande importância, uma vez que a indústria de laticínios utiliza cerca de 70% da produção de leite para esse fim. No processo de fabricação de queijos, a coagulação do leite torna-se o principal fator, pois é o primeiro passo da fabricação e este afetará o restante do processo (Cominet et al., 2008).

A busca por melhorar as características de coagulação do leite, embora possa ser efetuada de forma direta, é prejudicada pela deficiência em equipamentos que determinem e armazenem tais informações. As estimativas de herdabilidades para as características de coagulação do leite de 15 a 40% (Ikonen et al., 1999a; Ikonen et al., 2004; Cassandro et al., 2008).

Como alternativa, pode-se realizar seleção indireta, por meio do aumento da frequência de alelos que atuam sobre a determinação de proteínas do leite que são associadas à melhor coagulação. Para tal os polimorfismos de caseína são conhecidos como fatores que afetam a



composição do leite, devido às variações qualitativas e quantitativas, relativos às diferenças alélicas que afetam a síntese de proteínas.

Sabe-se que os locos envolvidos com o complexo da caseína demonstram que α_{S1} -caseína (CSN1S1) e α_{S2} -caseína (CSN1S2) influenciam no teor de proteína, enquanto a κ -caseína (CSN3) afeta os teores de caseína, de proteína e a produção de queijo. Ainda, a β -caseína foi associada (CSN2) à porcentagem de gordura, a produção de gordura e proteína (Penasa et al., 2010).

A frequência dos alelos na população de vacas da raça Holandesa mudou nos últimos 16 anos na Holanda (**Tabela 5**). Variações genéticas e haplótipos de caseína são as fontes de maior impacto na composição das proteínas do leite, fato importante quando se leva em consideração que mais de 50% do leite produzido é destinado à produção de queijos. O genótipo da β -lactoglobulina foi associado com concentrações de β -lactoglobulina e de α -lactoalbumina, α_{S1} -caseína, α_{S2} -caseína, β -caseína, e κ -caseína, mas não com qualquer característica produtiva.

O genótipo da β -caseína foi associado com concentrações relativas de β -caseína e α_{S2} -caseína e de α_{S1} -Caseína e κ -Caseína e com produção de proteína (Hecket al., 2009). Nas seis principais proteínas do leite, mudanças nos aminoácidos têm sido detectadas e são causadas por polimorfismos nos genes correspondentes (Farrell et al., 2004). Variações genéticas e haplótipos de caseína têm efeitos principais na composição das proteínas do leite e explicam parte considerável da variação genética na composição proteica. Essas mudanças nas frequências podem afetar a composição e aspectos tecnológicos das proteínas do leite (Heck et al., 2009).

Tabela 5. Mudanças ocorridas nas frequências de alelos de proteína do leite de vacas holandesas entre os anos de 1989 e 2005.

Proteína	Alelo	Frequência em 1989	Frequência em 2005
α -lactoalbumina	B	Fixado	Fixado
B-lactoglobulina	A	0,425	0,583
	B	0,575	0,417
α_{S1} - caseína	B	0,950	0,997
	C	0,050	0,003
α_{S2} - caseína	A	Fixado	Fixado
B-caseína	A ¹	0,462	0,285
	A ²	0,498	0,692
	A ³	0,014	0,001
	B	0,026	0,022
K-caseína	A	0,847	0,599
	B	0,153	0,309
	E	-	0,092

Adaptada de Hecket al., 2009

Um exemplo importante sobre o uso de ferramentas moleculares para a melhoria genética, com aplicação direta para componentes do leite, foi apresentada por Grisart et al. (2002) (**Tabela 6**), que estimou efeito aditivo do alelo favorável do gene DGAT em 0,08% sobre o teor de proteína do leite.

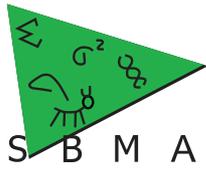


Tabela 6. Efeito da mutação K232A do gene DGAT sobre a produção e proteína do leite.

	a ⁽¹⁾	r ² _{QTL} ⁽²⁾	r ² _{poligênico}
Utilizando valor genético dos touros			
Leite (kg)	-158*	0,18	0,49
Proteína (kg)	-2,82*	0,08	0,65
Proteína (%)	0,04*	0,14	0,66
Utilizando valor genotípico das vacas			
Leite (kg)	-144*	0,03	0,54
Proteína (kg)	-2,34*	0,01	0,37
Proteína (%)	0,08*	0,04	0,72

⁽¹⁾Efeito aditivo ou de substituição alélica; ⁽²⁾proporção da variação fenotípica explicada pelo gene DGAT; *P<0,001; Adaptado de Grisart et al. 2002.

Em trabalho realizado pela Universidade de Minnesota, com rebanho sob seleção para produção de leite e seus componentes a partir de 1964, com manutenção de um rebanho controle, mostrou que após 34 anos (1964-1998), vacas das linhagens selecionadas obtiveram vantagens produtivas, quando comparadas com as linhagens controle, de 4500 kg de leite, 150 kg de gordura e 135 kg de proteína. Além disso, foram verificadas as porcentagens de gordura e proteína, e estas não diferiram entre as linhagens, mostrando que apesar da correlação genética entre produção de leite e porcentagem de gordura e proteína serem negativas, isto não influenciou no resultado (**Tabela 7**; Hansen, 2000).

Tabela 7. Médias para vacas controle e sob seleção.

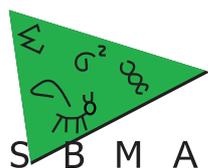
Linhagem	Leite (kg)	% Gordura	Gordura (kg)	% Proteína	Proteína (kg)
Seleção	10.959	3,6	389	3,1	345
Controle	6.454	3,7	241	3,3	211
Ganho	4505	-0.1	148	-0.2	134

Adaptada de Hansen, 2000.

Os índices de seleção, que conjugam variáveis biológicas e/ou valores econômicos, utilizados por alguns países (**Tabela 8**), confirmam que grande ênfase tem sido dada aos componentes do leite, em virtude do valor econômico atribuído a eles.

Dentro da produção dos componentes, o índice japonês (NTP) tem a maior ênfase para produção de proteína (55%), seguido pelo israelense PD01 (51%), e o britânico PLI (49%). Menores ênfases à produção de proteína são observadas para o índice dinamarquês (20,4%), alemão (26%) e suíço (27%). Vale ressaltar que o índice espanhol (ICO) é uma exceção com pesos positivos tanto para produção de leite quanto para porcentagem de proteína.

Na aplicação dos objetivos econômicos, deve haver interação completa entre os pesquisadores e a cadeia produtiva agropecuária (laticínios, criadores, produtores e outros) para que todos os aspectos do processo como cenário futuro, reescalonamento da produção e forma de pagamento utilizada pela indústria sejam compatíveis com a forma de expressar as características e



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

9th Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

permitam que os princípios científicos sejam usados para obtenção de um ótimo econômico (Dekkers & Gibson, 1998). Conforme Goddard (1998), o objetivo de seleção é utilizado geralmente para o incremento do lucro da cadeia produtiva ou da sociedade que está investindo em um programa de melhoramento.

Tabela 8. Índices de seleção nacionais para alguns países estudados.

País	Índice	Leite (kg)	Gordura (kg)	Proteína(kg)	Gordura (%)	Proteína (%)
Austrália	APR	-18,6	12,0	36,3	-	-
Canadá	LPI	-	14,3	42,7	-	-
Suíça	ISEL	-	14,0	27,0	3,0	9,0
Alemanha	RZG	-	9,0	26,0	5,0	1,0
Dinamarca	S-Index	-3,4	1,2	2,4	-	-
Espanha	ICO	12,0	12,0	32,0	-	3,0
França	ISU	-	9,5	35,5	2,5	2,5
Grã-Bretanha	PLI	-16,4	9,5	49,1	-	-
Grã-Bretanha	TOP	-1,9	6,3	32,8	-	-
Irlanda	EBI	-19,0	8	42,0	-	-
Israel	PD01	-11,0	18,0	51,0	-	-
Itália	PFT	-	12,0	42,0	2,0	3,0
Japão	NTP	-	2,3	54,7	-	-
Holanda	DPS	-17,0	7,0	34,0	-	-
Nova Zelândia	BW	-17,0	8,0	41,0	-	-
EUA	NM	-	22,0	33,0	-	-
EUA	TPI	-	18,0	36,0	-	-

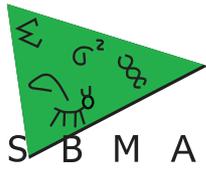
NM=mérito lucro; adaptada de Miglioret al. (2008)

O reflexo adequado às considerações anteriores é bem utilizado pelo programa de melhoramento de bovinos leiteiros dos EUA, com evolução do índice (**Tabela 9**) em consonância entre as partes envolvidas.

Tabela 9. Pesos econômicos relativos, no índice de mérito para lucro, utilizados nos EUA.

Característica	Ano de Implantação							
	1971	1976	1984	1994	2000	2003	2006	2010
Leite (kg)	52	27	-2	6	5	0	5	0
Gordura (kg)	48	46	45	25	21	22	23	19
Proteína (kg)		27	53	43	36	33	20	16
Demais	0	0	0	26	38	45	52	65

Adaptado: USDA, 2010



Considerações Finais

- Os sistemas de pagamentos que consideram exclusivamente o volume de leite não apresentam benefício econômico que estimule a seleção para melhoria dos componentes do leite como o teor de proteína.
- Consequências danosas, para a seleção, com a diminuição do conteúdo em proteína e gordura no leite, em caminho contrário à tendência mundial de aumentar esses teores.
- É possível que, em determinadas regiões, os laticínios não se interessem em pagar mais pela proteína e gordura, pois o teor destas é adequado, sem necessidade de fomentar seu aumento, como também é possível que isto ocorra apenas por desinformação dos produtores (Madalena, 2000).
- Devem se incluir variáveis de composição do leite tanto no arranjo dos índices de seleção quanto no portfólio de pagamento do leite, valorizando as produções de sólidos, como a proteína.
- A remuneração ou bonificação direcionada para a qualidade é o artifício potencialmente efetivo para a busca por leite de melhor qualidade e com componentes sólidos, economicamente viáveis à cadeia do leite.
- É fundamental a discussão aberta dos diversos setores da cadeia produtiva do leite, visando estabelecer objetivos harmônicos e efetivos, para a produção de componentes do leite, para a seleção com vistas às tendências e necessidades do mercado.

Referências Bibliográficas Consultadas

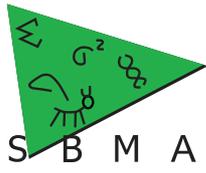
[MAPA] MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Instrução Normativa n.51 de 18 de setembro de 2002**. Disponível em <http://pucrs.campus2.br/~thompson/InstrucaoNormativa51.pdf> Acesso em: 18 maio 2012.

[MAPA] MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Brasília, MA, 1980.

BARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited Review: Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 1-42, 2003.

BOBE, G., BEITZ, D.C., FREEMAN, A.E., LINDBERG, G.L. Effect of milk protein genotypes on milk protein composition and its genetic parameter estimates. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2797–2804, 1999.

BRASIL. Instrução Normativa n. 51, de 18 de setembro de 2002. Estabelece o regulamento fixar os requisitos mínimos que devem ser observados para a produção, a identidade e a qualidade do leite. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, 8 p., 14 dez. 2006.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

9th Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

BUENO, P.R.B., RORATO, P.R.N., DÜRR, J.W., KRUG, E.E.B. Valor econômico para componentes do leite no estado do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Zootec.**, 33: 2256-2265, 2004.

BUENO, P.R.B.; RORATO, P.R.N.; DÜRR, J.W. et al. Determinação de índices de seleção para características de qualidade do leite para o rebanho leiteiro do estado do rio grande do sul. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 4., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2002 (CD-ROM).

CARDOSO, V.L., NOGUEIRA, J.R., VERCESI FILHO, A.E., EL FARO, L., LIMA, N.C. Objetivos de Seleção e Valores Econômicos de Características de Importância Econômica para um Sistema de Produção de Leite a Pasto na Região Sudeste. **R. Bras. Zootec.**, 33:320-327, 2004.

CASSANDRO, M., A. COMIN, M. OJALA, R. DAL ZOTTO, M. DE MARCHI, L. GALLO, P. CARNIER, AND G. BITTANTE. Genetic parameters of milk coagulation properties and their relationships with milk yield and quality traits in Italian Holstein cows, **Journal of Dairy Science**, v.91, p.371–376, 2008.

CLAEYS, W.L.; LOEY, A. M.V.; HENDRICKX, M.E. Intrinsic time temperature integrators for heat treatment of milk. **Trends in Food Science & Technology**. V. 13, p. 293-311, 2002.

COMIN, A., CASSANDRO, M., CHESSA, S., OJALA, M., DAL ZOTTO, R., DE MARCHI, M., CARNIER, P., GALLO, L., PAGNACCO, G., BITTANTE, G. Effects of Composite β - and κ -Casein Genotypes on Milk Coagulation, Quality, and Yield Traits in Italian Holstein Cows. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.4022–4027, 2008.

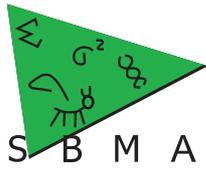
DEKKERS, J.C.M.; GIBSON, J.P. Applying breeding objectives to dairy cattle improvement. In: SYMPOSIUM IN HONOR OF PROF. C. SMITH. **Journal of Dairy Science**, v.81, supl. 2, p.19-35, 1998.

DONATELE, D.; VIEIRA, L.; FOLLY, 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**, São Paulo, v. 17, p. 95-100, 2003.

FOX, P. F., O’CONNOR, T. P.; MCSWEENEY, P. L.H. **Advanced dairy chemistry – Proteins part A**, 3.ed. Cork, Ireland: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. 603p.

GLANTZ, M., LINDMARK MÅNSSON, H., STÅLHAMMAR, H., BÅRSTRÖM, L.O., FRÖJELIN, M., KNUTSSON, A., Teluk, C., Paulsson, M. Effects of animal selection on milk composition and processability. **J. Dairy Sci.** 92 :4589–4603, 2009.

GODDARD, M.E. Consensus and debate in the definition of breeding objectives. In: SYMPOSIUM IN HONOR OF PROF. C. SMITH. **Journal of Dairy Science**, v.81, supl 2, p.6-18, 1998.



GONZÁLEZ, F.H.D.; DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S. et al. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Porto Alegre: Gráfica UFRGS, 2001. 77p.

GRISART, B.; COPPIETERS, W.; FARNIR, F. et al. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition. **Genome Res.**, v. 12, p. 222-231, 2002.

HANSEN, L.B. Symposium: selection for milk yield - Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1145–1150, 2000.

HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, 28:476-490, 1943.

HECK, J.M.L., SCHENNINK, A., VAN VALENBERG, H.J.F., BOVENHUIS, H., VISKER, M.H.P.W., VAN ARENDONK, J.A.M., VAN HOOIJDONK, A.C.M. Effects of milk protein variants on the protein composition of bovine milk. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.1192–1202, 2009.

IKONEN, T., K. AHLFORS, R. KEMPE, M. OJALA, O. RUOTTINEN. Genetic parameters for the milk coagulation properties and prevalence of noncoagulating milk in Finnish dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.205–214, 1999.

IKONEN, T., S. MORRI, A.-M. TYRISEVÄ, O. RUOTTINEN, AND M. OJALA. Genetic and phenotypic correlations between milk coagulation properties, milk production traits, somatic cell count, casein content, and pH of milk. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.458–467, 2004.

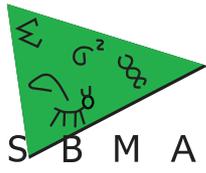
MADALENA, F. E. Consequências econômicas da seleção para gordura e proteína do leite no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.685-692, 1999.

MADALENA, F. E. Estratégias de uso de recursos genéticos visando melhorar a qualidade do leite e derivados In: SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 7., 2008, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2008 (CD-ROM).

MADALENA, F. E. Valores econômicos para a seleção de gordura e proteína no leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 678-684, 2000.

MADALENA, F.E. Economic evaluation of breeding objectives for milk and beef production in tropical environments. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK PRODUCTION, 3, 1986, Lincoln, NA. **Proceedings ...** Lincoln, WCGALP, 1986, v.9, p.33-43.

MARTINS, G.A.; MADALENA, F. E.; BRUSCHI, J.H. COSTA, J.L., MONTEIRO, J.B.N. Objetivos econômicos de seleção de bovinos de leite para fazenda demonstrativa na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32:304-314, 2003.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

9th Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

MIGLIOR, F., MUIR, B.L., VAN DOORMAAL, B.J. Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.1255–1263, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th. ed. Washington: National Academia Press, 2001.

OLIVEIRA, S.G.; SIMAS, J.M.C.; SANTOS, F.A.P. Principais aspectos relacionados às alterações no perfil de ácidos graxos na gordura do leite de ruminantes. **Archives of Veterinary Science**, v.9, p.73-80, 2004.

PEDROSO, A. M. Como a nutrição afeta a proteína do leite. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/nutricao/como-a-nutricao-afeta-a-proteina-do-leite-parte-1-30027n.aspx> Acesso em 16/05/2012.

PENASA, M., CASSANDRO, M., PRETTO, D., DE MARCHI, M., COMIN, A., CHESSA, S., DAL ZOTTO, R., BITTANTE, G. Short communication: Influence of composite casein genotypes on additive genetic variation of milk production traits and coagulation properties in Holstein-Friesian cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.3346–3349, 2010.

PEREIRA, M.N. **Energia como determinante da excreção de proteína no leite**. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/nutricao/energia-como-determinante-da-excrecao-de-proteina-no-leite-21367n.aspx> Acesso em: 18/05/2012.

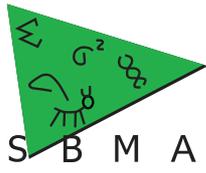
PINNA, M. H.; LIZIEIRE, R. S. Leite de Qualidade. **Revista do Conselho Federal de medicina Veterinária**, Brasília, v. 21, p. 47-51, 2000.

RIBAS, N.P.; HARTMANN, W.; MONARDES, H.G. et al. Sólidos totais do leite em amostras de tanque nos estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2343-2350, 2004.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Estratégias para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite**. 1.ed. Barueri: Manole, 2007.

SENO, L.O.; CARDOSO, V.L.; TONHATI, H. Valores econômicos para as características de produção de leite de búfalas no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2016-2022, 2007.

SPELMAN, R.J.; GARRICK, D.J. Effect of Live Weight and Differing Economic Values on Responses to Selection for Milk Fat, Protein, Volume, and Live Weight. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.2557–2562. 1997.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL – SBMA
IX Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal
20-22 de junho de 2012, João Pessoa, PB, Brasil

9th Biennial Symposium of the Brazilian Society of Animal Breeding
June 20-22, 2012, João Pessoa, Paraíba, Brazil

VALENTINE, S.C.; CLAYTON, E.H.; HUDSON, G.J.; ROWE, J.B. Effect of virginiamycin and sodium bicarbonate on milk production, milk composition and metabolism of dairy cows fed high levels of concentrates. **Australian Journal Experience Agriculture**. Sidney, v. 40, p. 773-781, 2000.

VERCESI FILHO, A.E., MADALENA, F.E., FERREIRA, J.J. et al.. Pesos econômicos para seleção de gado de leite. **Rev. Bras. Zootec.**, 29(1):145-152, 2000.

ZANELA, M.B.; FISCHER, V.; RIBEIRO, M.E.R. et al. Qualidade do leite em sistemas de produção na região Sul do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.153-159, jan. 2006.