

INDICADORES DO METABOLISMO ENERGÉTICO NO PÓS-PARTO DE VACAS LEITEIRAS DE ALTA PRODUÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A COMPOSIÇÃO DO LEITE¹

RÓMULO CAMPOS,^{2,3*} FÉLIX GONZÁLEZ,³ ARLEI COLDEBELLA⁴ E LUCIANA LACERDA³

1. Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq, contrato 470897-2003

2. Universidade Nacional da Colômbia, Palmira.

3. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, LACVet,

4. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

* Autor para contato: e-mail: romulo.campos@ufrgs.br

RESUMO

A síntese do leite representa um desafio para o metabolismo energético pois a lactação exige precursores gliconeogênicos em grande quantidade para a síntese da lactose. Na primeira fase da lactação os animais diminuem a ingestão de matéria seca e nesta situação desencadeia-se o balanço energético negativo (BEN) caracterizado pela mobilização de reservas corporais. O objetivo do presente trabalho foi monitorar os indicadores bioquímicos do metabolismo energético durante o pós-parto em vacas leiteiras de alta produção e avaliar a possível incidência destes sobre a composição do leite. O estudo foi feito em 110 vacas da raça Holandesa, múltiparas, alimentadas de forma controlada com forragem, feno, silagem, concentrado e suplemento mineral. O período pós-parto foi avaliado por grupos cor-

respondentes às semanas 2, 5, 8 e 11, o mesmo número e grupo de animais foi avaliado durante o inverno e o verão. Em cada período foram coletadas amostras de sangue e de leite, em sete animais, de cinco rebanhos diferentes. Mediante colorimetria foram analisados ácidos graxos livres (NEFA), beta-hidroxi-butarato (BHB), glicose, triglicerídeos, fructosamina e colesterol. A determinação da composição do leite foi feita mediante análise de proteína, lactose e gordura mediante a espectrometria do infravermelho próximo (NIRS). As análises estatísticas incluíram provas de correlação, análise de variância e provas de comparação de médias. Não foi achada relação significativa entre a composição do leite e os metabólitos energéticos.

PALAVRAS-CHAVES: Balanço energético, composição do leite, indicadores metabólicos, vacas leiteiras.

ABSTRACT

BIOCHEMICAL ENERGY INDICATORS DURING POST-PARTUM PERIOD IN HIGH-YIELDING DAIRY COWS AND THEIR RELATION WITH MILK COMPOSITION

Milk synthesis is a challenge for energy metabolism as lactation process requires a great quantity of gluconeogenic precursors for lactose synthesis. In early lactation period dairy cows reduce dry matter ingestion and this situation may lead to a negative energy balance (BEN) which is characterized by mobilization of lipid reserves. The main objective of this work was to monitor biochemical energy indicators during postpartum period in high-yielding dairy

cows and to evaluate possible relations of those metabolites with milk composition. The study was done with 110 multiparous Holstein Friesian dairy cows fed forage, hay, silage, concentrate and mineral supplement. Balancing of the diet was made through commercial software. The postpartum period that was evaluated by groups corresponded to 2, 5, 8 and 11 weeks of lactation, the same group and number of animals were evaluated during the winter and the summer.

In the each period blood and milk samples were collected from seven animals group in five different herds. Non-esterified fatty acids (NEFA), beta-hydroxybutirate (BHB), glucose, triglycerides and cholesterol were determined through colorimetric technique. Milk composition was

determined by near infrared spectrophotometry (NIRS). Statistical analyses included correlation test, analysis of variance and Tukey's means test. It was concluded that there is no statistical association between milk composition and energetic indicators.

KEY-WORDS: Dairy cows, energetic metabolism, energy balance, milk composition.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um considerável aumento na média de produção do leite por lactação. Simultaneamente com a elevação da produção, relataram-se, em forma crescente, transtornos metabólicos, algumas vezes descritos como doenças metabólicas (HERDT, 2000). No período pós-parto, em especial nas primeiras semanas de lactação, a ingestão de alimento é insuficiente para preencher os requerimentos basais e de produção. Nesse período, as vacas leiteiras apresentam uma alta mobilização de reservas lipídicas e esta é associada ao balanço energético negativo (BEN). O grau de BEN nas primeiras semanas do pós-parto pode ocasionar doenças metabólicas, perdas na produção e pobres comportamentos reprodutivos (INGVARTSEN et al., 2003).

A estimação do adequado balanço energético apresenta dificuldades ao ajustar a predição teórica da dieta e na avaliação do consumo, isto é, existe um desequilíbrio entre a formulação teórica da dieta e o verdadeiro estado nutricional. Isso acontece principalmente em decorrência de fatores associados à determinação do consumo efetivo, ao conhecimento do conteúdo nutricional do alimento, à variação nas condições climáticas e a outros fatores inerentes ao manejo do alimento, sua conservação e fornecimento. Esses fatores têm impacto sobre a composição do leite, uma vez que suas principais alterações são derivadas de manipulações nutricionais (SUTTON, 1989; FREEDEN, 1996).

Diversos indicadores do estado metabólico têm sido pesquisados nas vacas de alta produção. Os principais metabólitos associados ao balanço energético são ácidos graxos não esterificados (NEFA), β -hidroxibutirato (BHB), glicose, colesterol e triglicerídeos (AEGERHARD et al.,

2001; KIDA, 2003; LAGO et al., 2004). Com menor intensidade, tem sido estudada a fructosamina, proteína glicosilada útil na determinação do estado energético nas semanas anteriores da situação que se pretende avaliar (ENEMARK et al., 2004).

O objetivo do presente trabalho foi monitorar os metabólitos indicadores do metabolismo energético em vacas leiteiras de alta produção e determinar a possível relação destes sobre a composição do leite.

MATERIAIS E MÉTODOS

Avaliou-se, no presente estudo, um total de 140 vacas multíparas de raça Holandesa, com produções superiores a 25 kg/dia. Após o exame clínico e a verificação das condições exigidas para o trabalho, consideraram-se 110 animais. A alimentação consistiu em silagem de milho e azevém, sorgo, forragem verde Tifton (*Cynodon nlemfuensis*), concentrado e suplemento mineral. Para o cálculo do valor nutricional do alimento, observaram-se as recomendações do National Research Council (NRC, 2001). Para o cálculo da ração, usou-se o programa Spartan Ration Evaluator (Michigan State University).

O ecossistema geográfico de localização dos rebanhos correspondeu ao planalto médio do estado do Rio Grande do Sul (Brasil). Os animais provinham de núcleos comerciais com práticas controladas de alimentação e manejo de sistemas semiconfinados. Avaliaram-se dois períodos climáticos considerados extremos para a zona temperada, inverno (dois rebanhos) e verão (três rebanhos). Dividiram-se os animais para as coletas em quatro grupos, correspondentes às semanas 2, 5, 8, e 11 da lactação. Realizaram-se as coletas nos mesmos grupos com o mesmo

número de animais no verão e no inverno. Em cada rebanho coletaram-se amostras de sangue e de leite de sete animais.

Um exame clínico prévio a cada colheita de sangue foi efetuado para descartar animais com sinais evidentes de enfermidade (problemas podais, gastrintestinais ou endometrite). Após a verificação dos registros, constatou-se o período de pós-parto e registrou-se a produção do leite nos dias prévios e do dia da coleta.

Coletaram-se as amostras de sangue mediante punção venosa coccígea em tubos com vácuo, sem anticoagulante e com heparina sódica. As amostras foram mantidas sob refrigeração e transportadas até o laboratório para sua centrifugação (3000 rpm por 15 minutos) para a obtenção de soro e plasma, os quais foram divididos em frações, identificados e congelados a -20 °C até o momento das correspondentes determinações.

Coletaram-se as amostras de leite mediante sistemas acionados do tanque individual, sempre na ordenha da tarde. Elas foram conservadas em recipientes adicionados de bronopol (2-bromo,2-nitro-1,3 propanediol) como conservante e enviadas antes de 24 horas para o Serviço de Análises de Rebanhos Leiteiros (SARLE) da Universidade de Passo Fundo (RS), onde, através de citometria de fluxo, determinou-se a contagem de células somáticas (CCS) e, por espectrometria do infravermelho próximo (NIRS), a percentagem de gordura, proteína, lactose e sólidos totais.

Ácidos graxos não-esterificados (NEFA), β -hidoxibutirato (BHB), glicose, colesterol, triglicerídeos e fructosamina foram analisados através de provas enzimáticas colorimétricas, utilizando equipamento semi-automático (Mettrolab 1600, Argentina) e reagentes comerciais (Randox, Natrim, Reino Unido, para os dois primeiros, e Labtest, Lagoa Santa, Brasil, para os quatro finais).

As análises estatísticas incluíram análise de variância, para conhecimento do efeito do período, provas de T, para amostras não pareadas, visando ao estudo do efeito da época, e análise de correlação de Pearson, para análise do grau de relação entre os indicadores do metabolismo energético e os componentes do leite. Todas as

análises estatísticas foram realizadas através do pacote SAS (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição do leite

Na Tabela 1 são apresentadas informações correspondentes à composição do leite. Em nenhum dos parâmetros se encontrou efeito estatístico do período pós-parto sobre as variáveis estudadas. A variável época (inverno ou verão) apresentou efeito significativo sobre os parâmetros produção do leite, sólidos totais e sólidos não gordurosos. Os valores encontrados correspondem ao informado pela literatura para a raça Holandesa sob condições controladas de produção (WASTRA & JENNESS, 1986; AEBERHARD et al., 2001). Os resultados mostram que os rebanhos selecionados dentro do chamado “sistema especializado de produção” atingem um produto similar e dentro dos padrões exigidos por normativas estatais (IN 51, MAPA, Brasil), exceto para o indicador sólidos não-gordurosos (SNG) cuja exigência mínima de 8,4% não foi atingida em nenhum dos períodos analisados.

Os valores encontrados para os principais componentes do leite comprovam que, sob condições controladas de nutrição e manejo, a composição do leite não varia significativamente, sendo esta uma das características exigidas dentro do comércio internacional do leite (IBARRA, 2004). Diversos fatores têm sido associados a mudanças na composição láctea (SUTTON, 1989; FREDDEN, 1996). Nos últimos anos, em consequência da seleção genética, a produção individual das vacas leiteiras ultrapassou os nove mil quilos por lactação, o que tem motivado a pesquisa sobre as possíveis variações individuais associadas aos distúrbios metabólicos (KIDA, 2003). Um dos fatores responsáveis, tanto pela produção em si como pela homeostase do animal, tem sido o aporte de energia na ração (BAUMAN & GRIINARI, 2003). Portanto, os desequilíbrios energéticos são responsáveis em grande parte pelas chamadas “enfermidades da produção” (ENJALBERT et al., 2001; EDWARDS & TOZER, 2004), as quais afetam a qualidade do leite.

TABELA 1. Média, erro-padrão e valor de p para a análise de variância, entre períodos da composição do leite e os principais indicadores de qualidade do leite em vacas de alta produção.

Componente	Semana de lactação				Andeva	p > F
	2	5	8	11		
Gordura (%)	3,62 ± 0,10	3,77 ± 0,12	3,59 ± 0,09	3,55 ± 0,09	0,4445	
Proteína (%)	2,95 ± 0,04	2,84 ± 0,04	2,86 ± 0,05	2,91 ± 0,04	0,2892	
Lactose (%)	4,56 ± 0,03	4,56 ± 0,04	4,58 ± 0,05	4,65 ± 0,03	0,2745	
STOTAL ¹ (%)	11,66 ± 0,13	11,57 ± 0,14	11,47 ± 0,12	11,58 ± 0,12	0,8049	
SNG ² (%)	8,03 ± 0,10	7,79 ± 0,11	7,88 ± 0,10	8,03 ± 0,11	0,2940	
IPG ³	0,84 ± 0,02	0,78 ± 0,03	0,82 ± 0,03	0,80 ± 0,02	0,3492	
NUL ⁴	3,49 ± 0,28	3,74 ± 0,30	3,26 ± 0,34	3,42 ± 0,39	0,7923	
Produção ⁵	32,6 ± 1,3	34,8 ± 2,11	34,13 ± 1,65	29,85 ± 1,58	0,1808	
CCS ⁶	296 ± 70,18	521 ± 139,7	271 ± 90,34	411 ± 114,0	0,3223	

¹ STOTAL= sólidos totais, ² SNG = sólidos não gordurosos, ³ IPG= índice proteína gordura, ⁴ NUL= nitrogênio uréico no leite, em mmol/l, ⁵ produção = média individual diária em (L). ⁶ CCS = contagem de células somáticas em (10³ células/mL), Andeva = análise de variância.

Os sólidos totais refletem os principais aspectos da síntese do leite. De um lado, a lactose é considerada o “marcapasso” da produção láctea (WASTRA & JENNESS, 1986) e, por outro lado, a proteína e a gordura são fundamentais para as características nutricionais da secreção e, além disso, constituem um determinante crítico nas políticas de pagamento do produto (IBARRA, 2004).

Diferentes autores têm investigado a composição do leite e sua relação com indicadores metabólicos ou de saúde do animal (MOTRAM, 1997; AEBERHARD et al., 2001). Em geral, todos concordam que a associação direta entre os indicadores da nutrição, os parâmetros metabólicos (balanço energético) e a composição do leite não são fatores simples de associar. Na literatura existem exemplos de esforços para criar modelos que relacionem a síntese e a secreção do leite (SAUVANT, 1994; MCNAMARA & BALDWIN, 2000). Nesses e em outros trabalhos de modelagem se apresentam associações matemáticas que nem sempre conseguem ser explicadas com sentido biológico. Talvez esta seja a mais complexa tarefa dos modelos futuros, nos quais numa ótica mecanicista possa ser explicada a interação biológica entre os metabólitos, os componentes fracionados da nutrição e a composição do leite.

No presente trabalho, se apresentam os valores da relação matemática entre os componentes do leite e os indicadores do metabolismo energético (Tabela 2). Com as informações obtidas permite-se observar que, em conjunto, os indicadores metabólicos não apresentariam relação com a composição do leite, em razão dos baixos coeficientes de correlação. A dinâmica própria das células da glândula mamária para a síntese e secreção dos componentes do leite impedem uma relação única e linear entre cada metabólito e a soma dos sólidos, já que cada um dos componentes segue um padrão particular. Por essa razão, atualmente podem ser encontrados modelos únicos que estudam a composição de gordura, de proteína ou a síntese de lactose (HEUER et al., 2000; KIDA, 2003). No presente trabalho, se apresentam relações básicas, com o intuito de encontrar o indicador do metabolismo energético mais confiável para predizer a composição do leite. De acordo com os resultados obtidos, não seria possível indicar um metabólito a partir do qual se possa estimar os diferentes componentes, com exceção dos triglicerídeos e sua relação com os sólidos totais do leite. Fracas correlações de Pearson foram observadas entre glicose e fructosamina com a proteína do leite, igualmente entre gordura do leite e NEFA e entre colesterol com proteína e lactose do leite (Tabela 2).

TABELA 2. Coeficientes de correlação entre gordura, proteína, lactose e sólidos totais do leite e os indicadores do metabolismo energético em vacas de alta produção

	NEFA	Colesterol	BHB	TGD [°]	FTA ^{°°}	Glicose
Gordura	0,24298*	0,08621 ^{ns}	-0,05847 ^{ns}	-0,11622 ^{ns}	0,03466 ^{ns}	-0,13750 ^{ns}
Proteína	-0,07982 ^{ns}	-0,19197*	-0,015381 ^{ns}	-0,15242 ^{ns}	0,19012*	-0,29346*
Lactose	-0,02608 ^{ns}	0,19902*	-0,07177 ^{ns}	0,09547 ^{ns}	0,01334 ^{ns}	0,17189 ^{ns}
S. Totais	0,06724 ^{ns}	-0,10983 ^{ns}	-0,01972 ^{ns}	0,44182**	0,15094 ^{ns}	0,16369 ^{ns}

ns= p>0,05; * p<0,05. ** p< 0,01

[°] Triglicerídeos, ^{°°} Fructosamina.

Indicadores do metabolismo energético

A procura de indicadores da bioquímica sanguínea para avaliar o estado nutricional de vacas de alta produção tem sido uma constante (MOTRAM, 1997; HERDT, 2000; AEBERHARD et al., 2001; KIDA, 2003; LAGO et al., 2004). Parece existir um consenso de que a glicose não é o melhor indicador do metabolismo energético, pois ela tem um rigoroso controle hormonal. HERDT (2000) considera que os metabólitos mais úteis nas avaliações metabólicas seriam aqueles que apresentam maiores intervalos de valores, já que a dispersão do valor fisiológico poderia dever-se a alterações nutricionais ou homeostáticas. Em ruminantes, é comum usar BHB e NEFA como indicadores metabólicos (AEBERHARD et al., 2001; KIDA, 2003). A fructosamina tem sido pouco utilizada em ruminantes, pois suas características químicas não oferecem vantagens para uso rotineiro em estudos de metabolismo, sendo mais adequado seu uso em estudos de patologias do metabolismo dos carboidratos, como na diabetes *mellitus* em animais de estimação. Os triglicerídeos e principalmente o colesterol têm sido usados em estudos do metabolismo de lipídios (AEBERHARD et al., 2001; REIST et al., 2002).

No presente experimento, foram quantificados seis metabólitos considerados como os indicadores básicos do metabolismo energético. As alterações sobre esse metabolismo definem o BEN, fator que por sua vez gera desequilíbrios que incidem sobre a saúde produtiva e a composição do leite. Os valores encontrados nos diferentes períodos analisados (Tabela 3) são similares aos

apresentados por outros investigadores (AEBERHARD et al., 2001; KIDA, 2003).

Os valores de glicose encontrados estão no limite inferior dos valores relatados por KANEKO (1997) e KIDA (2003) e apresentam relação com outras observações realizadas no Brasil (ROSSATO et al., 1999; LAGO et al., 2004). O valores baixos de glicose podem ser explicados pelo fato de que amostras de soro ou plasma (sem a presença de um inibidor da glicólise), uma vez não separadas rapidamente das células, podem apresentar como artefato concentrações baixas de glicose, em razão do consumo e metabolismo contínuo de glicose pelas células *in vitro*. Em amostra de sangue humano, a concentração de glicose decresce *in vitro* em uma taxa de 6 a 10 mg/dL por hora a 25°C (CHRISTOPHER & O'NEIL, 2000).

O menor valor foi observado na segunda semana de lactação, correspondendo com o início da demanda de glicose para a síntese de lactose e o BEN, concordando com AEBERHARD et al. (2001), BUSATO et al. (2002) e HOLTENIUS et al. (2004). A relação entre glicose e triglicerídeos mostrou ser moderada e significativa ($r=0,487$; $p<0,01$). Essa relação é útil em futuros trabalhos, já que os triglicerídeos foram os únicos metabólitos a apresentar associação com os sólidos totais do leite. A concentração sérica de NEFA depende do grau de mobilização do tecido adiposo em resposta ao BEN. Os NEFA são usados como fonte de energia pelo fígado e por outros tecidos e sua oxidação celular faz parte dos sinais fisiológicas de saciedade (VAN SAUN, 2000). GRUMMER (2002) indica os NEFA como bons

indicadores do metabolismo energético. O maior valor de NEFA se apresentou na segunda semana de lactação e posteriormente seus valores caíram na medida em que o BEN foi compensado (Tabela 3). Os valores obtidos no presente trabalho são similares aos referidos por outros investigadores (VAN SAUN, 2000; AEBERHARD et al., 2001; BUSATO et al., 2002; KIDA, 2003; LAGO et al., 2004). Quando foram comparados os valores de glicose e de NEFA no mesmo período, observou-

se uma relação inversa entre os metabólitos, isto é, a menor nível de glicose, maior nível de NEFA, como era de esperar. Todavia, nas análises de correlação não se encontrou significância estatística. Situação similar se apresentou entre os NEFA e outros indicadores do balanço energético como colesterol ($r = -0,019$, $p > 0,05$), BHB ($r = 0,043$, $p > 0,05$) e triglicerídeos ($r = -0,123$, $p > 0,05$). Foi observada uma baixa correlação entre os NEFA e a fructosamina ($r = -0,207$; $p < 0,05$).

TABELA 3. Valores médios ajustados e erro-padrão para os indicadores do metabolismo energético e o valor de p para a análise de variância durante o pós-parto de vacas leiteiras de alta produção.

Indicador bioquímico (mmol/L)	Semanas pós-parto				Andeva p>F
	2	5	8	11	
NEFA	0,39 ^b ±0,05	0,29 ^b ±0,03	0,24 ^a ±0,03	0,22 ^a ±0,02	0,0016
BHB	0,58 ^a ±0,04	0,74 ^{a,b} ±0,07	0,78 ^b ±0,06	0,69 ^{a,b} ±0,06	0,0620
Fructosamina	1,69 ^a ±0,05	1,69 ^a ±0,07	1,66 ^a ±0,06	1,77 ^a ±0,05	0,6396
Colesterol	3,18 ^a ±0,16	4,45 ^b ±0,25	4,79 ^c ±0,35	5,62 ^c ±0,41	<0,001
Glicose	2,19 ^a ±0,15	2,27 ^{a,b} ±0,19	2,79 ^{a,c} ±0,24	2,98 ^c ±0,21	0,0081
Triglicerídios	0,25 ^a ±0,02	0,23 ^a ±0,02	0,26 ^a ±0,03	0,28 ^a ±0,02	0,8006

Colunas com letras diferentes diferem estatisticamente ($p < 0,05$)

O BHB é importante em ruminantes como indicador de cetose subclínica, patologia derivada da mobilização de gordura como resposta ao BEN (ENJALBERT et al., 2001). Fisiologicamente, no rúmen se produz BHB, sendo um dos chamados “corpos cetônicos”. No entanto, sob condições de balanço energético, seus valores no soro são baixos. No presente experimento, o BHB mostrou menor significância entre períodos, como era de se esperar ($p > 0,062$). Os valores séricos de BHB tiveram o comportamento esperado, com elevação crescente nas primeiras semanas de lactação e declínio ao final do período em estudo, concordando com outras observações (AEBERHARD et al., 2001; BUSATO et al., 2002). Os maiores valores de BHB aconteceram na oitava semana da lactação (0,78 mmol/L), de modo similar aos resultados referidos por ENJALBERT et al. (2001). Os valores encontrados no presente trabalho são mais elevados que os informados por LAGO et

al. (2004). O uso de BHB como indicador único do balanço energético tem sido questionado, pelo fato de que a síntese normal de corpos cetônicos, que depende do tipo de alimento ingerido pelo animal (em especial aqueles que induzem fermentação butírica), pode alterar os valores (VAN SAUN, 2000; OETZEL, 2001). Sob tais condições, é provável que o melhor uso do BHB seja como indicador de cetose e não como parâmetro metabólico no balanço energético.

A fructosamina é uma proteína glicosilada de recente uso em patologia clínica veterinária, útil no diagnóstico de problemas de hiperglicemia e de insuficiência renal em animais de estimação (THORENSEN & BREDAL, 1999). Recentemente foram informados valores de fructosamina em bovinos (ENEMARK, 2004). Os resultados encontrados para fructosamina no presente estudo não mostraram variação durante os períodos analisados (Tabela 3). Os valores apresentam um

estreito intervalo, o que, segundo HERDT (2000), o tornaria um indicador de escassa utilidade. Foi observada correlação fraca e negativa entre a fructosamina e colesterol ($r=-0,207$; $p<0,05$). Esta relação inversa entre a fructosamina e outros indicadores do balanço energético poderia dever-se ao fato de que a fructosamina reflete estados de glicemia pelo menos de três semanas anteriores ao momento da sua determinação. Nesse contexto, os valores de fructosamina das semanas 5 e 8, que refletem o estado energético das semanas com maior BEN (2 e 5, respectivamente), não se mostraram diferentes aos de outros períodos, razão pela qual não foi comprovada a hipótese de que em bovinos leiteiros a fructosamina possa ser um indicador para avaliar retrospectivas do balanço energético.

O colesterol mostrou ampla variação nos períodos analisados ($p> 0,001$), sendo o maior valor na semana 11 e o menor na segunda semana de lactação, cujos valores se encontram dentro dos valores aceitos como referência (KANeko, 1997). Similares observações realizaram AEBERHARD et al. (2001) e BUSATO et al. (2002), que discutem que o aumento nos níveis de colesterol sérico durante o pós-parto está associado à acumulação de tecido adiposo. O aumento crescente do colesterol durante o pós-parto está relacionado com a necessidade de precursores para a síntese de hormônios esteroidais, os quais aumentam com o restabelecimento da atividade reprodutiva (HOLTENIUS et al., 2003).

Os triglicerídeos são uma fonte importante de ácidos graxos para a síntese da gordura no leite (AEBERHARD et al., 2001). Teoricamente, durante a lactação os níveis de triglicerídeos variam de acordo com o BEN. No presente estudo, isto não foi observado, provavelmente porque a densidade energética da ração impediu um BEN mais severo, coincidindo com outros trabalhos nos quais o objetivo específico foi determinar variações nos triglicerídeos de acordo com o aporte de energia na dieta (REIST et al., 2002). Os valores de triglicerídeos encontrados correspondem aos observados por outros investigadores. Encontrou-se uma correlação moderada e significativa entre triglicerídeos e glicose

($r=0,487$; $p<0,01$) que poderia estar relacionada com a maior síntese de precursores energéticos no fígado durante o BEN. Como esperado, se encontrou relação inversa entre triglicerídeos e o colesterol ($r=-0,223$, $p<0,05$) e com NEFA ($r=-0,123$, $p>0,05$). Sugere-se que a determinação de triglicerídeos poderia ser uma alternativa na avaliação rápida da lipidose hepática, enfermidade metabólica de grandes perdas na produção leiteira. Nesse mesmo sentido, OETZEL (2001) considera oportuna nesse diagnóstico a determinação de triglicerídeos e NEFA.

CONCLUSÕES

A relação matemática estudada entre os indicadores do metabolismo energético e os componentes do leite, lactose, gordura, proteína e sólidos totais do leite não permitem inferir que exista um indicador único que possa relacionar os parâmetros analisados. Correlações importantes entre componentes lácteos e metabólitos sanguíneos foram estabelecidas. Os ácidos graxos não esterificados e o beta-hidroxibutirato constituem bons indicadores do balanço energético negativo.

REFERÊNCIAS

- AEBERHARD, K.; BRUCKMAIER R. M.; BLUM, J. Metabolic, enzymatic and endocrine status in high-yielding dairy cows. Part 2. **Journal of Veterinary Medicine**, v. 48, p. 11-127, 2001.
- BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review Nutrition**, v. 23, p. 203-227, 2003.
- BUSATO, A.; FAISSLER, D.; KÜPFER, U.; BLUM, J. Body condition scores in dairy cows: associations with metabolic and endocrine changes in healthy dairy cows. **Journal of Veterinary Medicine**, v. 49, p. 455-460, 2002.
- CHRISTOPHER, M. M.; O'NEILL, S. Effect of specimen collection and storage on blood glucose and lactate concentrations in healthy, hyper-

- thyroid and diabetic cats. **Journal of Veterinary Clinical Pathology**, n. 29, v. 1, p. 22-28, 2000.
- DOEPEL, L.; LAPIERRE, H. ; KENNELLY, J. J. 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.
- EDWARDS, J. L.; TOZER, P. R. Using activity and milk yield as predictors of fresh cow disorders. **Journal of Dairy Science**, v. 87, p. 524-531, 2004.
- ENEMARK, J. M.; JORGENSEN, R. J.; KRISTENSEN, N. B. An evaluation of parameters for the detection of subclinical rumen acidosis in dairy herds. **Veterinary Research**, v. 28, p. 687-709, 2004.
- ENJALBERT, F.; NICOT, M. C.; BAYOURTHE, C.; MONCOULON, R. Ketone bodies in milk and blood of dairy cows: relationship between concentrations and utilization for detection of subclinical ketosis. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 583-589, 2001.
- FREDEEN, A. H. Considerations in the nutritional modification of milk composition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 59, p.185-197, 1996.
- GEISHAUSER, T.; LESLIE, K.E.; DUFFIELD, T.; EDGE, V. An evaluation of milk ketone test for the prediction of left displaced abomasum in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 3188-3192, 1997.
- GOFF, J. P.; HORST, R. L. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1260-1268, 1998.
- GRUMMER, R. R. Monitoramento de desordens metabólicas periparto. In: CURSO INTERNACIONAL DE ATUALIZAÇÃO EM NUTRIÇÃO E REPRODUÇÃO DE RUMINANTES, 4., Uberlândia, MG, 2002. **Anais...** Uberlândia, 2002.
- HERDT, T. H. Variability characteristics and test selection in herd level nutritional and metabolic profile testing. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Pract**, v. 16, p. 387-403, 2000.
- HEUER, C.; VAN STRAALLEN, W. M.; SCHUKKEN, Y. H.; DIRKZWAGE, R. A.; NOORDHUIZEN, J. P.T.M. Prediction of energy balance in a high yielding dairy herd in early lactation: model development and precision. **Livestock Production Science**, v. 65, p. 91-105, 2000.
- HOLTENIUS, K, AGENAS, S, DELAVAUD, C, CHILLIARD, Y. Effect of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 883-891, 2003.
- IBARRA, A. Sistema de pagamento do leite por qualidade. Visão global. In: DÜRR, J. W.; CARVALHO, M.; SANTOS, M.V. (Ed.). **O compromisso com a qualidade do leite no Brasil**. Passo Fundo, RS: UPF, 2004.
- INGVARTSEN, K. L.; DEWHURST, R. J.; FRIGGEN, N. C. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production disease in dairy cattle: a position paper. **Livestock Production Science**, v. 83, p. 227-308, 2003.
- KANEKO, J. J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5th ed. San Diego: Academic Press, 1997.
- KIDA, K. Relationships of metabolic profiles to milk production and feeding in dairy cows. **Journal of Veterinary Medicine Science**, v. 65, p. 671-677, 2003.
- KHRORASANI, G. R; KENNELLY, J. J. Influence of carbohydrate source and buffer on

- rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in late-lactation holsteins cows. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 1707-1716, 2001.
- LAGO, E. P.; COSTA, A. P. D.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; FARIAS, V. P.; DO LAGO, L. A. Parâmetros metabólicos em vacas leiteiras durante o período de transição pós-parto. **Brazilian Journal of Veterinary Science**, v. 11, p. 98-103, 2004.
- 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. 28-143, 2000.
- MAPA – MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução normativa**, n. 51. Brasília: MAPA, 2003.
- MOTTRAM, T. 1997. Automatic monitoring of the health and metabolic status of dairy cows. **Livestock Production Science**, v. 48, p. 209-217, 1997.
- OETZEL, G. R. **Herd-based biological testing for metabolic disorders**. Vancouver, BC: American Association of Bovine Practitioners, 2001.
- REIST, M.; ERDIN, D. K.; VONEUW, D. et al. Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 3314-3327, 2002.
- ROSSATO, W. L.; GONZÁLEZ, F. H. D.; DIAS, M. M.; FARIA, S. V.; RICCÓ, D. Condição metabólica e desempenho reprodutivo no pós-parto em vacas leiteiras no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 23, p. 55-156, 1999.
- SAS INSTITUTE . **User's guide**: statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC, 2001.
- SAUVANT, D. Modelling homeostatic and homeorhetic regulations in lactating animals. **Livestock Production Science**, 39, v. 105-113, 1994.
- SUTTON, J. D. Altering milk composition by feeding. **Journal of Dairy Science**, v. 72, p. 2801-2814, 1989.
- VAN SAUN, R. J. **Blood profiles as indicators of nutritional status**. Corvallis, Oregon: Department of Large Animal Clinical Sciences, 2000.
- WASTRA, P.; JENNESS, R. **Química y física lactológica**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1986.

Protocolado em: 12 ago. 2005. Aceito em: 9 fev. 2007.