

EFICIÊNCIA E CUSTOS ASSOCIADOS À ADEQUAÇÃO AMBIENTAL PARA A PRODUÇÃO LÁCTEA EM MINAS GERAIS

Efficiency and Costs Associated to Environmental Adequacy for Milk Production in Minas Gerais, Brazil

RESUMO

A produção láctea apresenta elevado potencial de degradação ambiental, via nitratos, presente nos dejetos das vacas. Objetivou-se, neste estudo, analisar o desempenho econômico e ambiental dos produtores de leite em Minas Gerais, em 2005, incorporando a poluição por nitrogênio nos critérios de eficiência, bem como as especificidades tecnológicas entre os produtores. Essas foram consideradas na análise e no cálculo dos custos econômicos associados à redução do impacto ambiental, sendo utilizadas como metodologias a análise fatorial, a análise de agrupamentos e a análise envoltória de dados. Os resultados indicaram: (i) o baixo desempenho ambiental da produção láctea; (ii) a existência de custos econômicos associados à redução das emissões; (iii) menor desempenho econômico dos produtores intensivos no longo prazo; e (iv) menor desempenho ambiental para os produtores extensivos no longo prazo. Dessa forma, políticas governamentais para a redução do impacto ambiental deveriam se concentrar nos produtores extensivos, enquanto políticas para melhoria do desempenho econômico deveriam ser focadas nos produtores intensivos.

Samuel Alex Coelho Campos
Universidade de São Paulo
s.alex.coelho@gmail.com

Alexandre Bragança Coelho
Universidade Federal de Viçosa
acoelho@ufv.br

Adriano Provezano Gomes
Universidade Federal de Viçosa
apgomes@ufv.br

Leonardo Bornacki de Mattos
Universidade Federal de Viçosa
lbmattos@ufv.br

Recebido em 19/04/2013. Aceito em 31/03/2014.
Avaliado pelo sistema blind review
Avaliador científico: Daniel Carvalho de Rezende

ABSTRACT

Milk production presents an elevated potential for environmental degradation due to the nitrates presents in cow waste. Thus, this study aimed at analyzing the economic and environmental performance of dairy producers in Minas Gerais, Brazil, in 2005, incorporating nitrogen pollution in the efficiency criteria, as well as the technological specificities between producers. These were considered in the analysis and calculation of the economic costs associated to the reduction in the environmental impact, using the factorial analysis, cluster analysis and data envelopment analysis as methodologies. The results indicated: (i) low environmental performance in milk production; (ii) existence of economic costs associated to reducing emissions; (iii) lower economic performance of intensive producers in the long-term; and (iv) lower environmental performance of extensive producers in the long-term. Thus, government policies to reduce the environmental impact should focus on the extensive producers, while policies to improve economic performance should focus on intensive producers.

Key words: Environmental efficiency, DEA, dairy production, Minas Gerais. **JEL classification:** Q15, D22

Palavras-chave: Eficiência ambiental, DEA, produção láctea, Minas Gerais. **Classificação JEL:** Q15, D22

1 INTRODUÇÃO

As mudanças ocorridas no Brasil, nas décadas de 1990 e 2000, aumentaram a concorrência nos diversos setores da economia, como na produção agropecuária. Esse cenário incentivou análises quanto à eficiência econômica e à produtividade da produção agropecuária, justificadas

pela importância desse setor para a economia nacional (FERREIRA, 2002; GOMES, 1999; GONÇALVES et al., 2008; HELFAND; LEVINE, 2004).

Entretanto, esses estudos desconsideraram a interdependência entre a produção agropecuária e o meio ambiente. A degradação dos recursos naturais reduz a capacidade de produção do sistema (GRAHAM, 2009;

LOPÉZ, 1997). Assim, é necessário que a produção minimize os impactos ambientais e seja também economicamente rentável.

A importância em considerar esta interdependência é evidente para a produção láctea. Nessa, a degradação se inicia com a formação das pastagens, que deixa o solo vulnerável à erosão, empobrecendo o solo e assoreando os rios (CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000; DI; CAMERON, 2000; RAMILAN, 2008; REINHARD; LOVELL; THIJSSSEN, 1999). Ademais, acrescenta-se o potencial de poluição dos recursos hídricos e do solo, pelos dejetos produzidos pelas vacas. O nitrato presente na urina das vacas e no estrume possui grande quantidade de nitrogênio: considerando que cada vaca urina de 10 a 12 vezes ao dia, em uma área de 0,5 a 0,7 m², essa quantidade seria equivalente à aplicação de 1 tonelada de nitrogênio, por hectare (DI; CAMERON, 2000, 2002). Além disso, segundo Rockström et al. (2009), as emissões de nitrogênio estariam acima da capacidade que os ecossistemas suportariam, sendo um fator tão importante quanto as mudanças climáticas e a perda de biodiversidade.

A poluição originada nas atividades agropecuárias tem merecido a atenção da sociedade, também internacionalmente, e vários estudos têm tratado dessa questão (COMMON; PERRINGS, 1992; GOMES; MELLO; MANGABEIRA, 2009; KOEIJER et al., 2002; PIOT-LEPETIT; VERMERSCH; WEAVER, 1997; REINHARD et al., 1999). Nesses estudos, a mensuração do desempenho ambiental da produção foi operacionalizada pelo conceito de eficiência ambiental – razão entre a quantidade mínima observada do uso de determinado insumo, dentre as firmas da amostra, sobre o uso observado desse insumo ambiental por uma dada firma (REINHARD et al., 1999). Para a produção láctea, foram consideradas as emissões de nitrogênio da atividade para a análise do desempenho ambiental (HOANG, 2011; LANGEVELD et al., 2007; POWELL et al., 2010).

Além disto, a relação entre desempenho ambiental e econômico é controversa. Essa relação pode ser antagonista (COMMON; PERRINGS, 1992) ou não (GOMES; MELLO; MANGABEIRA, 2009; KOEIJER et al., 2002; PIOT-LEPETIT; VERMERSCH; WEAVER, 1997). Relações conflitantes entre conservação/preservação do meio ambiente e retorno econômico podem resultar em perdas de bem-estar social, uma vez que o produtor não terá incentivos para reduzir seu impacto ambiental, voluntariamente. Nesse caso, seria

necessário que o produtor recebesse algum incentivo econômico.

Ademais, os estudos que tratam do desempenho da produção agropecuária e láctea, citados anteriormente, desconsideram a importância das especificidades tecnológicas entre os produtores, assumindo que todos dispõem ou utilizam da mesma tecnologia. Esse é um ponto importante na produção láctea, considerando que há dois sistemas de produção predominantes, o intensivo e o extensivo, e que foi incorporado aos estudos de Alvarez et al. (2008) e Lopes et al. (2004). Entretanto, ao se considerar as especificidades tecnológicas e analisar o desempenho dos produtores para dada tecnologia, desconsidera-se que uma tecnologia possa ser menos eficiente em relação às demais, e, assim, condenada ao desaparecimento. Essa questão foi diretamente incorporada por Tauer (1993), que analisou a eficiência de produtores de leite em Nova Iorque, no curto e longo prazo, considerando os insumos como fixos ou quase fixos¹.

Neste sentido, analisar essa relação para a produção láctea, dado seu potencial de poluição ambiental originado do nitrogênio, no estado de Minas Gerais, maior produtor nacional e possuidor do maior rebanho nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012), é de grande relevância para o estabelecimento de políticas públicas adequadas. Esse trabalho procura responder às seguintes indagações: Qual o desempenho econômico e ambiental da produção de leite do estado de Minas Gerais, no curto e longo prazo? As eficiências técnica e econômica estão relacionadas diretamente à eficiência ambiental? Há custos econômicos para os produtores associados à redução das emissões de nitrogênio ou esses serão incentivados a reduzir as emissões, indiretamente, via ganhos de eficiência econômica?

Este estudo contribui para a literatura, pois considera o impacto ambiental da produção láctea, não tratando o desempenho econômico como único objetivo para a produção, mas reconhece, explicitamente na análise, a importância da redução do impacto ambiental. Ademais, as restrições tecnológicas no curto prazo e a capacidade de substituir as tecnologias obsoletas foram consideradas na análise. Como forma de melhor contextualizar a análise de eficiência, a seção seguinte apresenta uma breve descrição do setor lácteo e sua evolução.

¹ A importância do curto e longo prazo também foi incorporada em outras áreas, como Barua et al. (2004), Grosskopf et al. (1999) e Kao (2000), para o setor educacional, florestal e empresas físicas e virtuais, respectivamente.

2 A PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL E EM MINAS GERAIS

Dentre as atividades agropecuárias, a produção láctea se destaca pela função social, provendo proteínas a baixo custo, e pelo baixo risco comercial, uma vez que permite um fluxo de caixa mensal e, ainda, empregar a mão de obra familiar. Essa atividade está presente em 26% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, destacando-se o estado de Minas Gerais, que no ano de 2006 apresentou o maior número de estabelecimentos dedicados à atividade, 223.073 ou 40% dos seus estabelecimentos agropecuários, e também apresentou o maior número de vacas ordenhadas, 40% (IBGE, 2012). Ademais, o Brasil foi o 5º maior produtor mundial de leite, em 2012 (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2014b).

A produção láctea brasileira passou por grandes transformações, a partir da década de 1990. Dentre as principais, modificações destacam-se a maior abertura da economia, a integração do País ao MERCOSUL, a sobrevalorização do câmbio e os subsídios internacionais ao setor (GOMES, 1999). As consequências da maior exposição do setor ao mercado internacional foram potencializadas pelo ambiente institucional de regulação que vigorou até 1991, que desincentivou ganhos da produção e produtividade, investimentos em tecnologia, adoção de práticas sanitárias e formação de rebanho com maior aptidão láctea, o que comprometeu a eficiência e a competitividade da produção nacional (GOMES et al., 2004).

Fruto desse novo ambiente, a sazonalidade² da produção láctea brasileira e mineira reduziu, respectivamente, em 1,5% e 0,5% a.a. entre 1996/97 e 2011/12. Entretanto, apesar da queda, é natural que a produção de leite apresente sazonalidade, em virtude das características do rebanho leiteiro, com dupla aptidão, e do sistema de produção ser, predominantemente, a base de pastagem (FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS - FAEMG, 2006; GOMES, 2007), que, entretanto, apresenta como principal vantagem a redução dos custos de produção, no período “das águas”.

A redução da sazonalidade é atribuída por Jank e Galan (1998) ao processo de seleção e especialização dos produtores, em que o pagamento diferenciado por volume, qualidade da matéria-prima e regularidade de entrega foram os principais fatores. Esses fatores, juntamente

com o aumento dos custos de produção e redução dos preços do leite, contribuíram para a redução no número de produtores. A redução no número de produtores pode ser atribuída também, segundo Gomes (2001), à formação de grupos de produtores para a venda do leite, figurando nas estatísticas apenas como um indivíduo com uma produção maior, ou à saída dos produtores do setor formal. Tomando o número de fornecedores da Itambé como *proxy* para Minas Gerais, conforme Gomes (2001), pode-se observar esse comportamento: o número de fornecedores de leite diminuiu de 12.690, em 1999 para 7.750 em 2012, sendo que o volume recepcionado total aumentou de 797 milhões de litros, em 1999 para 955 milhões de litros, em 2012 (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE LEITE - LEITE BRASIL, 2013; MILKPOINT, 2011).

Por sua vez, a produção láctea brasileira e mineira cresceram, tanto por ganhos de produtividade, como pelo aumento no número vacas ordenhadas (ALVES, 2001; GOMES, 2001; GOMES et al., 2004; YAMAGUCHI; MARTINS; CARNEIRO, 2001). No período de 1990 a 2012, a produtividade brasileira e mineira cresceram, respectivamente 1,6% e 0,9% a.a., sendo que a produção brasileira cresceu 3,81% a.a. e a mineira 3% a.a. no período, enquanto seus respectivos rebanhos cresceram à taxa de 2,23% e 2,16% a.a. segundo dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2014).

Estes crescimentos da produção láctea e do rebanho podem ser atribuídos à expansão da produção láctea em novas áreas, como a região Centro-Oeste e Sul do país, segundo Martins (2004), sendo isso facilitado pela aumento da granelização e do consumo de leite UHT, que reduziu os custos de transporte. Dessa forma, apesar da produção nacional se concentrar na região Sudeste, sua participação reduziu de 51% a 36%, enquanto a participação das regiões Sul e Centro Oeste aumentou de 23% e 11% para 33% e 15%, respectivamente, entre 1980 a 2012.

Processo semelhante ocorreu no estado de Minas Gerais, em que a participação de áreas tradicionais como Sul/Sudeste, Campos das Vertentes e Zona da Mata se reduziu, em detrimento de novas áreas de produção como Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Noroeste. Em 1990, essas áreas tradicionais representavam 36,8% da produção, enquanto em 2012 representaram 29,5%, perdendo participação para essas novas áreas de produção, que aumentaram sua participação conjunta, no período, de 25,7 para 31,1. Assim, em 2012, as cinco principais mesorregiões produtoras de Minas Gerais foram Triângulo/Alto Paranaíba, Sul/Sudoeste, Central, Zona da Mata e Oeste de Minas que representaram, respectivamente, 25%, 17%,

² O cálculo da variação da produção entre a produção “das águas” e “da seca” foi feito conforme discutido por Gomes (2007), comparando-se a produção do período da seca com a média da produção dos períodos “das águas” antes e depois do período da seca, pois a produção nacional apresenta uma tendência de crescimento.

8,9%, 8,7% e 8,1%, segundo dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2014).

Este deslocamento da produção também pode ser atribuído, segundo Ferro, Ozaki e Gegollotte (2011), ao aumento da demanda por terra, insumos e mão de obra, por outras atividades mais rentáveis. Esse aumento da demanda elevaria os custos de produção e resultaria na saída da atividade láctea dos produtores ineficientes e de menor produtividade, bem como ao incentivo para ganhos de produtividade, como forma de elevar a lucratividade da atividade. Indicativo desse comportamento pode ser obtido por meio dos dados do Censos Agropecuários de 1985, 1995/96, e 2006 (IBGE, 2012), para o estado de Minas Gerais. A área ocupada com lavouras temporárias e permanentes, nos estabelecimentos, aumentou de 11% para 16% da área total nos estabelecimentos, enquanto a área com pastagens (natural e plantada) reduziu de 63% para 55%, sendo ainda que a área plantada aumentou de 18% para 33%, enquanto a pastagem natural reduziu de 45% para 33%.

Apesar dos consideráveis avanços tecnológicos e ganhos de produtividade, a produtividade brasileira por vaca, quando comparada à mundial, é baixa. Dados do USDA (2014a), para o Brasil, indicavam uma produtividade de 1,6 toneladas de leite por vaca, ao ano em 2013, inferior às produtividades da Argentina, Nova Zelândia e Estados Unidos, e à média mundial de 5,4, 3,9, 9,9 e 3,4 tonelada/vaca/ano em 2013.

A baixa produtividade média pode ser também atribuída à dualidade da produção láctea. Essa dualidade, segundo Jank, Farina e Galan (1999), envolve produtores especializados de um lado e não especializados de outro, sendo os últimos, majoritários. Há cerca de um milhão de animais, no primeiro caso e 17 milhões, no segundo. Diferenças importantes de tecnologia e qualidade dos produtos têm sido relacionadas a essas duas “categorias”. O segmento da produção primária é composto, em sua maioria, por pequenos produtores, que, segundo Yamaguchi, Martins e Carneiro (2001), representando, aproximadamente, 70 a 80% dos produtores e produzindo 20 a 30% da produção nacional. Esses produtores utilizam tecnologia tradicional e métodos extensivos, otimizados para a utilização da terra e da mão de obra familiar e poupadores de capital. Entretanto, ao longo das décadas, a importância desses produtores para a produção nacional vem se reduzindo, com grandes produtores respondendo por parcelas cada vez maiores da produção nacional (GOMES, 2001).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este estudo baseou-se no modelo teórico proposto por Coelli, Lauwers e Huylenbroeck (2007), para a estimação do desempenho ambiental dos produtores, utilizando a abordagem de balanço de materiais. Também foi estimado o desempenho técnico e econômico da produção³ e a abordagem de Barua et al. (2004), para a análise do desempenho de curto e longo prazo.

3.1. Eficiência Ambiental: a Abordagem por Balanço de Materiais

O balanço de nutrientes é calculado como a quantidade de nutrientes que entra na fazenda, como insumos, menos a quantidade que sai da fazenda na forma de produtos, ou seja, esse balanço é uma função linear dos insumos e dos produtos (COELLI; LAUWERS; HUYLENBROECK, 2007).

Desta forma, considere a variável excesso $z \in R_+$, definida por Coelli, Lauwers e Huylenbroeck (2007), representada pela equação (1), como uma função linear dos produtos e dos insumos, para uma dada tecnologia de produção:

$$z = a'x - by \quad (1)$$

em que o vetor de insumos $x \in R_+^K$, $k = 1, 2, \dots, K$; é utilizado para produzir $y \in R_+^M$, $m = 1, 2, \dots, M$, utilizando uma tecnologia de produção com disponibilidade forte para os insumos e para os produtos; a e b são vetores do conteúdo de nutrientes presentes nos insumos e nos produtos, respectivamente (RAMILAN, 2008). Destaca-se que as variáveis z estão sendo definidas como “variáveis excesso” e não “variáveis de poluição”

As variáveis “excesso de nutrientes” foram tratadas de forma análoga à minimização dos custos, como propuseram Coelli, Lauwers e Huylenbroeck (2007). Assim, para um vetor produto y constante, o excesso de nutriente ($z = a'x - by$) será minimizado, se o nutriente agregado dos insumos ($N = a'x$) for minimizado:

$$N(y, a) = \min_x \{a'x \mid \langle x, y \rangle \in T\} \quad (2)$$

O vetor de insumos de emissão mínima, a quantidade mínima agregada, a quantidade observada são denotados, respectivamente por x_e , $a'x_e$, $a'x$. Assumindo os preços dos nutrientes por um vetor w , a combinação que minimiza o

³ Por questões de limitação de espaço, não será detalhada aqui a teoria quanto à eficiência técnica, alocativa e econômica, já consolidada na literatura. Para maiores detalhes ver Coelli et al. (2005).

custo dos nutrientes é dada por $w'x_c$ (COELLI; LAUWERS; HUYLENBROECK, 2007; RAMILAN, 2008).

Adaptando o conceito de minimização de custos e eficiência econômica, esses autores definiram a eficiência ambiental (EE) para uma dada firma i , como a razão entre o vetor de mínimo de nutrientes e o vetor das quantidades de nutrientes observadas da firma i :

$$EE = a'_i x_i^e / a'_i x_i \quad (3)$$

A eficiência ambiental (EE) irá assumir valores entre zero e um. O valor "1" indica que a firma é eficiente, ambientalmente, ou seja, dada a tecnologia disponível, não é possível produzir a mesma quantidade de produto com um nível menor de emissões, enquanto $EE < 1$ indica potencial de redução das emissões de nitrogênio, mantendo a produção constante.

A identificação do custo da cesta minimizadora de nutrientes, $w'x_c$, e os nutrientes que correspondem à cesta minimizadora de custos⁴, $a'x_c$ podem ser identificados na análise. A primeira medida permite identificar o custo associado à variação do mix de insumos do ponto de mínimo custo, para o ponto de minimização do excesso de nutrientes, $(w'x_e - w'x_c)$. Isso pode ser interpretado como o "custo-sombra" (*shadow cost*) da poluição (RAMILAN, 2008).

A segunda medida ($a'x_c$) pode ser usada para identificar a variação da poluição, associada ao movimento do ponto de mínimo de excesso de nutrientes, para o ponto de mínimo custo, $(a'x_c - a''x_c)$. Isso fornece um limite superior da redução do excedente de nutrientes que poderia ser alcançado se os preços relativos dos insumos fossem ajustados (por exemplo, por meio dos impostos) para promover a minimização dos nutrientes. Obviamente, os dois pontos de ótimo irão coincidir se o preço relativo dos insumos for ajustado de forma que $w = \alpha a$ (COELLI; LAUWERS; HUYLENBROECK, 2007). Dividindo o custo de minimização das emissões (em Reais) pelo custo ambiental de minimização (em quilogramas), obtém-se o custo por unidade de nitrogênio reduzida.

3.2. Eficiência no Curto e no Longo Prazo

Os produtores lácteos estão sujeitos a restrições de curto prazo, fatores que não podem ser alterados rapidamente, como mudança na tecnologia de produção, formação de novas áreas de pastagem, construção de um novo estábulo, a compra e instalação de um sistema de

ordem mecânica ou saída da atividade produtiva. Dessa forma, as firmas podem apresentar tecnologias e estruturas de custos variadas, no curto prazo (BLANCARD et al., 2006), e as decisões de produção devem ser compreendidas entre dois horizontes de planejamento: o longo prazo e o curto prazo (BINGER; HOFFMAN, 1998).

Estas restrições tecnológicas no curto prazo devem ser consideradas quando se analisa o desempenho produtivo, haja vista que parte das ineficiências pode ser resultado, não da falha do produtor em utilizar os insumos, mas da tecnologia utilizada de menor produtividade. Na Figura 1, ilustram-se as implicações da existência de dois sistemas tecnológicos para a estimativa da eficiência técnica e econômica, representadas pelas isoquantas Y_1 e Y_2 . A curva pontilhada representa a isoquanta de longo prazo e as linhas C_1 , C_2 , e C_3 são isocustos.

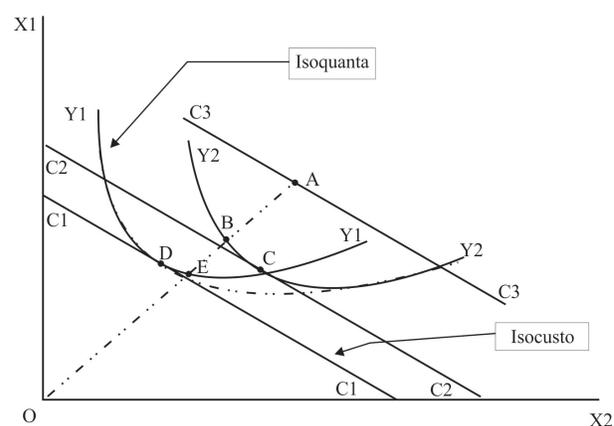


FIGURA 1 – Isoquantas, linhas de isocusto, eficiência e tecnologia produtiva

Fonte: Adaptado de Barua et al. (2004) e Binger e Hoffman (1998)

Os pontos "A", "B" e "C" denotam a produção utilizando a tecnologia denotada por Y_2 . Os pontos "D" e "E" denotam a produção segundo a tecnologia Y_1 . Então, um produtor com uma combinação de insumos representada pelo ponto "A", produção Y_2 e incorrendo em um custo C_3 será considerado ineficiente técnica e economicamente, uma vez que ele pode manter sua produção constante, e reduzir a quantidade de insumos e os custos produtivos.

Como esse produtor utiliza a tecnologia Y_2 , os pontos eficientes técnica e economicamente são representados por "B" e "C", respectivamente. Se as restrições tecnológicas e produtivas não forem consideradas, os pontos eficientes

⁴O vetor x_c deve ser calculado por meio do modelo de eficiência econômica.

técnica e economicamente serão dados por “E” e “D”, respectivamente. Para esse produtor, a menor quantidade de insumos possível necessária para manter a produção em Y_2 é dada pelo ponto B e a combinação dos insumos de menor custo é dada pelo ponto C. Se os insumos desses produtores forem reduzidos até D e E, respectivamente, a ineficiência será corrigida, mas haverá uma redução líquida nos insumos acima do necessário e do tecnologicamente possível, o que reduzirá a produção no curto prazo.

A desconsideração da tecnologia de produção resultará em medidas de ineficiência equivocadas: quando se considera a tecnologia Y_2 , a eficiência em A é dada por OB/AO; se a tecnologia Y_2 não é considerada, a medida será dada por OE/OA. Para o produtor representado no ponto A, sua estimativa de eficiência no curto prazo será, então, menor.

Ademais, ao considerar as restrições de curto prazo pode-se discriminar entre a eficiência de curto prazo e a de longo prazo e avaliar se ações de curto prazo seriam suficientes para corrigir as ineficiências ou se seriam necessárias ações de longo prazo. A discriminação permite, assim, ações de correção de maior eficácia e melhor planejadas.

Neste sentido, Barua et al. (2004) propuseram uma abordagem de análise do desempenho no curto e longo prazo, com duas importantes propriedades: (i) toda ineficiência técnica que possa existir no curto prazo é eliminada no longo prazo; e (ii) a fronteira de longo prazo é, pelo menos, tão eficiente quanto a fronteira de curto prazo para cada ponto analisado.

Assim, a abordagem compreende tipos de firmas tecnologicamente diversas, em que cada “tipo” de firma é identificado como operando no curto prazo e tem sua eficiência calculada tomando como referência sua respectiva fronteira de produção como Y_1 e Y_2 . No longo prazo, uma nova fronteira de produção é gerada (representada pela curva pontilhada na Figura 1). Os procedimentos empíricos para o cálculo das medidas de eficiência são abordados na próxima seção.

4 METODOLOGIA

Inicialmente, os grupos de produtores homogêneos tecnologicamente foram constituídos por meio da análise multivariada. A análise fatorial foi utilizada como forma de condensar a informação contida nas variáveis utilizadas, para discriminar os sistemas tecnológicos nesse estudo: sistema extensivo e intensivo.

Assim, considere um vetor aleatório X , composto por “p” variáveis observáveis (x_1, x_2, \dots, x_p), com média

zero, desvio padrão igual a um e matriz de correlação Σ , linearmente dependentes de um vetor “F”, composto por “m” variáveis diretamente não observáveis (f_1, f_2, \dots, f_m) e um vetor de fatores específicos ou erros ε composto por “p” fatores específicos ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$) representado pela equação (4):

$$x_i = a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + \dots + a_{im}f_m + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (4)$$

em que “ a_{ij} ” é denominado carga fatorial, medindo a importância ou peso da variável “i” para o fator “j” e representa a correlação entre a variável original e o respectivo fator (HAIR et al., 2005).

As variáveis utilizadas na análise foram divididas pelo número de vacas (em cabeças) e área (em hectares) destinada à produção láctea para evitar que o tamanho da operação influencie os escores fatoriais, sendo que a escolha dos denominadores para cada variável foi tal que essa retratasse a relação capital/vaca, intensidade do sistema produtivo ou sistema de produção (intensivo e extensivo). Os valores monetários estão em Reais/ano.

Foram utilizadas as seguintes variáveis: **Instalação.v**: Valor depreciado linearmente das benfeitorias utilizadas para o gado de leite, ponderada pelo percentual de utilização pelo gado de leite, dividido pelo número de vacas secas e lactantes; **Máquinas.v**: Valor depreciado linearmente das máquinas e equipamentos utilizados para o gado de leite, ponderada pelo percentual de utilização pelo gado de leite, dividido pelo número de vacas secas e lactantes; **Vacas.p**: Número de vacas secas e lactantes dividido pela soma da área com pastagem natural e pastagem formada; **Pastagens.a**: Soma da área com pastagem natural e formada dividido pela área total da propriedade destinada à pecuária de leite; **Cocho.a**: Soma da área com cana de açúcar, capineira, milho e sorgo para silagem destinados à pecuária de leite, dividido pela área total da propriedade destinada à pecuária de leite; **Vacas.c**: Número de vacas secas e lactantes, dividido pela soma da área com cana de açúcar, capineira, milho e sorgo para silagem destinados à pecuária de leite; **Concentrado.v**: Despesas com concentrados (concentrado comercial para vacas em lactação, para vacas falhadas, para bezerras, para novilhas, milho debulhado com palha e sabuco, fubá de milho, farelo de arroz, farelo de algodão, farelo de soja, uréia pecuária e melaço), dividido pelo número de vacas secas e lactantes; **Minerais.v**: Despesas com minerais (sal comum, concentrado mineral, sal mineral, farinha de ossos, fosfato bicálcio, mistura preparada na fazenda e outras), dividido pelo número de vacas secas e lactantes;

Familiar.a: Despesas com mão de obra familiar destinada à pecuária leiteira, dividido pela área total da propriedade destinada à pecuária de leite; **Familiar.v:** Despesas com mão de obra familiar destinada à pecuária leiteira, dividido pelo número de vacas secas e lactantes; **Contratada.a:** Despesas com mão de obra contratada destinada à pecuária leiteira, dividido pela área total da propriedade destinada à pecuária de leite; **Contratada.v:** Despesas com mão de obra contratada destinada à pecuária leiteira dividido pelo número de vacas secas e lactantes; e **Variação:** Variação percentual da produção média por produtor, em relação “às águas”.

Assim, para condensar a informação dessas variáveis em alguns fatores, a análise fatorial cria combinações lineares, de forma a explicar o maior montante da variância (HAIR et al., 2005). Dessa forma, o método demanda procedimentos para a seleção do número de fatores a serem extraídos, que nesse estudo, será utilizado critério da raiz latente ou critério de Kaiser (1958). Esse critério indica que devem ser retidos aqueles fatores com autovalores maiores que 1. Esse critério baseia-se no fato de que a soma dos autovalores é igual ao número de variáveis, assim, se o valor é maior do que 1, esse fator explica, pelo menos, a variância de uma variável do modelo (HAIR et al., 2005).

Determinado o número “j” de fatores a serem extraídos, os escores fatoriais foram calculados conforme (5):

$$f_j = d_{j1}x_1 + d_{j2}x_2 + \dots + d_{ji}x_i \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (5)$$

em que f_j são os fatores comuns, d_{mi} os coeficientes dos escores fatoriais e x_i as variáveis originais observáveis. Destaca-se que, por construção, todos os fatores f_m são não correlacionados (HAIR et al., 2005).

Tomando os escores fatoriais estimados, os produtores foram distribuídos entre grupos de produtores homogêneos, formados por meio do método de dois estágios proposto por Punj e Steward (1983), utilizando a análise de agrupamentos. Após a estimação do primeiro estágio pelo método de Wald, foi utilizado o critério de parada pseudo F, proposto por Calinski e Harabasz (1974), para a determinação do número de agrupamentos a serem formados pelo método k-média. Uma pressuposição da análise de agrupamentos é a ausência de multicolinearidade entre as variáveis utilizadas na construção dos grupos. Assim, os escores fatoriais foram utilizados na construção dos agrupamentos.

Posteriormente, o desempenho econômico e ambiental foi estimado como proposto por Coelli, Lauwers e Huylenbroeck (2007). Esse desempenho foi estimado para o curto prazo (para cada grupo de produtores), utilizando os vetores para o produto e insumos: o vetor de produtos de cada firma foi composto pela variável **receita**, somatório do valor do leite vendido e o consumido pela família dos produtores e do valor dos animais vendidos e consumidos pela família, em Reais. O vetor de insumos de cada firma foi composto pelas variáveis: **forragem**, obtido pela quantidade de forragem em quilos de matéria seca, fornecida aos animais, incluindo a produção de forragem oriunda da capineira, silagem de milho, silagem de sorgo, *Braquiária Decumbens*, cana-de-açúcar e pastagem natural (capim gordura e capim Jaraguá); e **concentrados**, obtido pelo somatório da alimentação fornecida ao rebanho, em quilos, incluindo concentrado comercial para vacas lactantes, para vacas falhadas, para bezerras, para novilhas, milho debulhado com palha e sabuco, fubá de milho, farelo de arroz, farelo de algodão, farelo de soja, farelo de trigo, ureia pecuária e melaço.

O vetor de nutriente mínimo (nitrogênio presente na alimentação) foi obtido via solução do seguinte problema da programação linear:

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\lambda, x^*} a'x^e \\ & \text{sujeito a,} \\ & -y + Y\lambda \geq 0 \\ & x^* - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

em que y e x denotam, respectivamente, o vetor de produção ($m \times 1$) e de insumos ($k \times 1$) da i -ésima firma, X é a matriz de insumos de ordem K insumos por N firmas, Y denota a matriz de produtos de ordem M produtos por N firmas, a é o vetor das quantidades de nutriente de ordem K insumos por 1, para cada alimento (Quadro 1) e x^e é o vetor de mínima emissão (nitrogênio). A eficiência econômica⁵ foi

⁵No cálculo da eficiência técnica, alocativa e econômica, o vetor de insumos de cada firma foi composto pelas variáveis, além das variáveis **forragens** e **concentrados**: **terra**, obtida pela soma das áreas com pastagens natural e formada, cana-de-açúcar para o gado, capineira, outras forrageiras não anuais, milho e sorgo, destinadas à produção de leite, em hectares; **vacas**: obtido pelo somatório das vacas secas e em lactação, em cabeças; **mão de obra**, dado pelo somatório da mão de obra familiar e contratada, em equivalentes dia/homem, sendo que a mão de obra feminina pondera em 0,8, em relação à masculina, como adotado por Nogueira (2005). Esses insumos não foram considerados na análise ambiental por não apresentarem emissões de nitrogênio. Tal procedimento também foi adotado por Ramilan (2008) e Ramilan, Scrimgeour e Marsh (2011).

calculada, substituindo o vetor a pelo vetor de preços, para os respectivos insumos, tanto no curto como no longo prazo.

O problema de programação linear (6) foi aplicado para cada agrupamento de produtores determinados por meio da análise de agrupamentos, considerando assim, uma fronteira de produção para cada grupo de produtores – quantidade mínima de emissões e o mínimo custo de curto prazo. Posteriormente, utilizando a quantidade eficiente ambiental e economicamente de curto prazo, o vetor de emissão mínima de longo prazo foi estimado por meio da equação (6), considerando os produtores, conjuntamente (uma única fronteira de produção). Por meio do vetor de emissão mínima, a eficiência ambiental (EE) de longo prazo foi calculada conforme equação (3)

4.1. Fonte de Dados

Os dados utilizados no estudo são provenientes do “Diagnóstico da Pecuária Leiteira no Estado de

Minas Gerais, em 2005” (FAEMG, 2006). Esses dados compreendem 1.000 produtores de leite comerciais mineiros, sendo considerados produtores comerciais aqueles em que a atividade leiteira ocupa, pelo menos, 60% do tempo total destinado a atividades produtivas do proprietário, em média. Para obter representatividade, a amostra foi estratificada segundo a quantidade produzida de leite e número de produtores: assim, o número de produtores entrevistados em cada mesorregião mineira foi determinado pela quantidade produzida de leite, em 2004, em cada região. Em seguida, os produtores de cada mesorregião foram divididos, de acordo com o número em cada estrato de produção, segundo dados do relatório preliminar do Censo da Indústria de Laticínios de Minas Gerais. Pela combinação dos dois critérios de estratificação, quantidade de leite em cada microrregião e número de produtores, em cada estrato de produção, determinou-se a amostra, sendo 440; 354; 140; 40; e 26

QUADRO 1 – Percentual de nitrogênio presente nas diversas fontes de alimento

Descrição	Nitrogênio total	Descrição	Nitrogênio total
Concentrados		Forragens	
Ureia pecuária	46,40%	Cana de açúcar (MG)	0,12%
Farelo de soja (MG)	6,85%	Capineira (Capim Elefante)	0,22%
Farelo de algodão (MG)	5,10%	Silagem de sorgo (MG)	0,28%
Concentrado - novilhas	2,75%	Braquiária Decumbens (MG)	0,32%
Concentrado comercial - vacas lactantes	2,62%	Silagem de milho (MG)	0,34%
Farelo de trigo (MG)	2,49%	Pastagem natural (média)	0,41%
Concentrado - bezerros	2,44%	Capim gordura	0,36%
Farelo de arroz (MG)	2,12%	Capim jaraguá	0,46%
Concentrado - vacas falhadas	1,50%		
Fubá de milho (MG)	1,26%		
Milho debulhado com palha e sabugo	1,14%		
Melaço (MG)	0,42%		

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Bicho Online (2011), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997, 2007), Itambé (2011), Kirchof (1997), Lopes (2011), Lopes et al. (2004), Soares Filho (1993), Valadares Filho et al. (2011) e Wolf Seeds (2011)

Notas: As quantidades de nitrogênio de cada alimento podem ser obtidas pela multiplicação direta entre as quantidades de um dado alimento e o percentual de nitrogênio, uma vez que o percentual já considera o percentual de matéria seca. Os alimentos que incluem “MG” consideraram o percentual de nitrogênio médio, calculado para Minas Gerais, os demais consideraram a média brasileira, dada a não disponibilidade para o Estado

produtores, com produção diária de até 50 litros; de 50 a 200 litros; de 200 a 500 litros; de 500 a 1.000 litros; e acima de 500 litros, respectivamente, totalizando 1.000 produtores.

Os dados obtidos permitem o estudo detalhado dos produtores rurais, uma vez que foram coletadas informações, que retratam vários aspectos produtivos da propriedade e dos produtores. A amostra inclui o perfil do produtor, características socioeconômicas, adoção de tecnologias, recursos disponíveis para a atividade, tipo de alimentação, preços recebidos e custo dos insumos, indicadores financeiros, etc. Esses dados permitem, assim, a análise econômica e ambiental dos produtores.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, os fatores foram calculados e extraídos os cinco primeiros, que apresentaram autovalor maior que 1. Esses escores foram utilizados na análise de agrupamentos em dois estágios, que indicou pela formação de 2 grupos de produtores⁶.

Observando-se as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a estimação das fronteiras de produção de curto prazo (Tabela 1), a quantidade média de terra utilizada pelos produtores se destaca.

Apesar do elevado preço médio das terras, os produtores de ambos os grupos possuem baixa densidade de vacas, por hectare. Esse comportamento pode ser atribuído à utilização da terra como reserva de valor. Para cada grupo, o principal insumo utilizado na alimentação

é a forragem como principal alimento para o rebanho, provavelmente pelo menor custo médio. Ambientalmente, esse maior uso também é vantajoso, dado que as forragens possuem menor quantidade de nitrogênio por quilo, quando comparadas aos concentrados.

Melhor caracterização dos grupos de produtores pode ser feita por meio da comparação da representatividade de cada insumo, sobre a produção para cada grupo (Tabela 2). Dadas as características médias dos produtores em cada grupo, os grupos 1 e 2 serão tratados como *extensivo especializado* e *intensivo capitalizado*, respectivamente. Observa-se que os produtores do grupo 2 apresentam maior intensidade produtiva, utilizam maiores quantidades de todos os insumos e obtêm maior quantidade produzida, enquanto os produtores do grupo extensivo utilizam menor quantidade absoluta de insumos, possuem uma menor produção e utilizam, proporcionalmente à produção, maiores quantidade de terra, vacas, mão de obra familiar e forragem e menores quantidades de concentrado. Os produtores intensivos, por sua vez, empregam, proporcionalmente à receita, menores quantidades de terra, mão de obra familiar, vacas e forragens e maiores quantidades de concentrado e mão de obra contratada.

A robustez desses resultados pode ser verificada comparando-os ao padrão da produção láctea mineira. Nessa atividade, conforme FAEMG (2006) e Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (1996), predominam sistemas extensivos à base de pasto, com pequena produção e produtividade e baixa capitalização, características associadas ao maior grupo em número de produtores.

⁶ Os fatores extraídos estão apresentados em anexo.

TABELA 1 – Estatísticas descritivas para as variáveis utilizadas no cálculo de eficiência por grupo de produtores, Minas Gerais, 2005

Descrição	Unidade	Grupo 1		Grupo 2	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Insumos					
Terra	Hectares	58,75	88,43	75,16	0,50
Mão de obra	Equivalente homem	357,62	351,13	565,10	815,57
Vacas	Cabeças	32,33	44,00	47,24	81,09
Forragem	Quilos (N)	410.271,30	555.113,80	590.637,20	984.958,30
Concentrado	Quilos (N)	6.828,75	13.471,93	29.416,17	104.941,20
Produto					
Receita	Reais	59.684,68	154.792,30	158.443,00	308.102,70

Fonte: Resultados da pesquisa. Obs.: N: Nitrogênio.

TABELA 2 – Razão dos insumos sobre o valor da produção, por grupo de produtores

Relação	Grupo 1	Grupo 2
Terra (hectares)/Receita	0,10%	0,05%
Mão de obra Familiar (Reais)/Receita (Reais)	16,30%	7,84%%
Mão de obra Contratada (Reais)/Receita (Reais)	2,67%	8,35%
Vacas (cabeças)/Receita (Reais)	0,05%	0,03%
Forragem (quilogramas)/Receita (Reais)	687,40%	372,78%
Concentrado (quilogramas)/Receita (Reais)	11,44%	18,57%
Número de produtores	644	206

Fonte: Resultados da Pesquisa

5.1. Análise do Desempenho dos Produtores

Dadas as considerações anteriores, o desempenho de curto prazo para os produtores foi estimado considerando duas tecnologias, sobre a pressuposição de retornos variáveis à escala, como indicado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov⁷ (KOLMOGOROV, 1933; SMIRNOV, 1933). A diferença estatística quanto à tecnologia de produção, representada pelas fronteiras de produção, foi analisada por meio do teste de Mann e Whitney⁸ (1947). As estatísticas calculadas para a eficiência econômica e ambiental foram de -5,11 e -6,01, respectivamente. Esses resultados foram significativos, ao nível de significância de 1% e indicam a existência de duas tecnologias de produção e a importância de estimar uma fronteira de produção, para cada sistema tecnológico: extensivo e intensivo.

Os resultados (Tabela 3) indicam o grande potencial de redução de custos para os produtores, em ambos os grupos. Os produtores extensivos e intensivos podem reduzir os custos em até 84,7% e 65%⁹, respectivamente, e manter a quantidade produzida, aumentando a rentabilidade da produção e a qualidade de vida da família. A ineficiência

econômica origina-se, principalmente, da ineficiência alocativa¹⁰, para ambos os grupos. Com a correção da má alocação dos insumos, dados seus preços relativos, o uso desses pode ser reduzido em 61,8% e 41,9%¹¹, sendo a dispersão média para a eficiência alocativa de 59,59% e 47,19%.

A má alocação dos insumos, em relação aos seus preços relativos pode ser explicada pela defasagem entre a decisão do quê e como produzir, e a efetiva produção e venda, além da incerteza quanto ao comportamento dos preços. Essa defasagem é particularmente importante para a pecuária de leite, uma vez que a decisão quanto à formação de pastagens, tamanho do rebanho, instalações e outras, deve ser tomada com antecedência. Esse espaço de tempo, entre a decisão e a produção, somado à incerteza quanto ao comportamento dos preços dos insumos, comprometem a capacidade dos produtores em determinar as quantidades ótimas dos insumos, dados seus preços relativos, no momento do efetivo uso.

Como observado anteriormente (Tabela 1 e 2), os produtores utilizam maiores quantidades dos insumos mais baratos, o que pode ser indicativo de que os produtores consideram apenas os custos unitários dos insumos e desconsideram o ganho unitário sobre a produção, associado ao aumento de uma unidade de dado insumo. Isso pode ocasionar a utilização excessiva dos insumos mais baratos e a subutilização dos insumos de maior custo. Esse comportamento também pode ser atribuído à falta de

⁷ O teste não paramétrico de duas amostras de Kolmogorov-Smirnov teve como hipótese nula a pressuposição de retornos constantes e alternativa, retornos variáveis. O teste compara a distância vertical entre as distribuições empíricas $\hat{F}(\hat{\theta}_c)$ e $\hat{F}(\hat{\theta}_c)$, para retornos constantes e variáveis, respectivamente, tomando valores entre 0 e 1. Valores próximos de 1 tendem a rejeitar a hipótese nula.

⁸ A estatística "U" do teste de Mann e Whitney (1947) pode ser calculada por $U = n_1 n_2 + (n_1(n_1 + 1)/2) - R$, em que n_1 e n_2 são o número de produtores incluídos no primeiro e no segundo subconjunto de dados, respectivamente, e R é o somatório de todos os *rankings* para os produtores.

⁹ Destaca-se que os valores de 61,8% e 41,9% não devem ser comparados entre os grupos em valores absolutos. Essas medidas de ajuste refletem apenas o percentual possível de ajuste médio, por cada grupo de produtores, segundo sua respectiva fronteiras de produção e tecnologia empregada e não necessariamente representam que um grupo é mais eficiente que outro grupo de produtores.

¹⁰ A importância da eficiência alocativa (AE) para explicar a eficiência econômica (CE) pode ser analisada pela relação entre essas e a eficiência técnica (TE), em que $CE = AE \cdot TE \Rightarrow AE = CE/TE$.

¹¹ Entretanto, destaca-se que, na prática, o correto ajuste no uso dos insumos, por parte dos produtores, pode não ser possível, dada as limitações de informações que permitiriam o correto ajuste dos insumos, dados seus preços, e os custos associados ao acompanhamento constante dos preços e ajustes rotineiros, no uso desses insumos.

recursos para a compra de insumos de maior preço unitário, mas de maior produtividade no sistema produtivo. De fato, os produtores extensivos devem reduzir a quantidade de mão de obra, vacas, terra e forragem, e devem elevar a quantidade fornecida de concentrados ao rebanho, para operar com eficiência econômica.

Da perspectiva ambiental de curto prazo (Tabela 4), os produtores do primeiro grupo apresentam uma maior possibilidade percentual¹² de redução nas quantidades de nitrogênio fornecidas via alimentação, dada sua tecnologia e a quantidade produzida, comparando-os ao segundo grupo. Ao contrário do desempenho econômico

(Tabela 3), a ineficiência alocativa não é o principal fator da ineficiência ambiental, e sim a ineficiência técnica ambiental. Dessa forma, o principal responsável pela baixa eficiência ambiental não é a quantidade relativa dos insumos, mas sim a maior quantidade utilizada, acima do necessário.

Na estimativa do desempenho de longo prazo, foram feitas duas correções: a estimativa do desempenho econômico (Tabela 5) considerou as correções indicadas pelas estimativas do modelo de eficiência econômica de curto prazo; a estimativa do desempenho ambiental de longo prazo (Tabela 6) considerou as correções recomendadas pelo modelo de eficiência ambiental de curto prazo. Inicialmente, destaca-se que todas as medidas de eficiência apresentaram comportamento consistente no longo prazo, ou seja, para ambos os grupos de produtores,

¹² Deve ser observado que essa comparação deve ser feita percentualmente, mas não necessariamente significa maior ou menor redução, em termos absolutos. Os escores de eficiência não podem ser diretamente comparados quando são calculados considerando-se fronteiras de produção diferentes.

TABELA 3 – Estatísticas descritivas para os escores de eficiência de desempenho econômico para os produtores, por grupos, no curto prazo

Medidas de Eficiência	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado					
Eficiência Econômica	15,3%	14,6%	1,1%	100%	86,01%
Eficiência Técnica	41,4%	25,5%	7,0%	100%	58,05%
Eficiência Alocativa	38,2%	19,8%	2,0%	100%	59,59%
Grupo 2- Intensivo capitalizado					
Eficiência Econômica	35,0%	22,1%	5,5%	100%	68,61%
Eficiência Técnica	60,0%	23,9%	17,5%	100%	46,59%
Eficiência Alocativa	58,1%	21,7%	11,0%	100%	47,19%

Fonte: Resultados da pesquisa

TABELA 4 – Estatísticas descritivas para os escores de eficiência de desempenho ambiental para os produtores, por grupos, no curto prazo

Medidas de Eficiência	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Grupo 1 - Extensivo especializado				
Eficiência Ambiental	7,2%	10,2%	0,5%	100%
Eficiência Técnica Ambiental	15,9%	18,5%	1,2%	100%
Eficiência Alocativa Ambiental	58,5%	31,3%	2,8%	100%
Grupo 2- Intensivo capitalizado				
Eficiência Ambiental	14,7%	18,0%	0,5%	100%
Eficiência Técnica Ambiental	23,0%	23,4%	1,1%	100%
Eficiência Alocativa Ambiental	65,5%	30,7%	4,5%	100%

Fonte: Resultados da pesquisa

os escores foram maiores no longo do que no curto prazo. Ademais, as estimativas estão apresentadas por grupos de produtores para facilitar a comparação e análise, mas foram obtidas considerando uma única fronteira de produção e podem ser comparadas.

Os produtores intensivos apresentaram menor capacidade de determinar o comportamento dos preços no longo prazo, o que reduziu sua capacidade de alocar a quantidade dos insumos relativamente aos preços desses, haja vista que esse grupo apresentou uma ineficiência alocativa de 28,30% (Tabela 5). Essa menor capacidade pode estar associada à maior demanda de produtos externos à firma e adquiridos a preços de mercado, quando comparados aos sistemas extensivos, que utilizam proporcionalmente mais insumos intrafirma, como pastagens, silagem, cana de

açúcar, que normalmente são produzidas na própria propriedade, conferindo ao produtor maior controle dos custos de produção.

Ambientalmente, os produtores foram capazes de alocar eficientemente a alimentação do ponto de vista técnico (Tabela 6), mas quando se analisa a capacidade de alocar os insumos, relativamente à sua quantidade de nitrogênio, a eficiência alocativa é significativamente pequena, o que reflete sobre a eficiência ambiental. Dessa forma, o baixo desempenho ambiental pode ser atribuído ao desconhecimento da quantidade de nitrogênio presente na alimentação fornecida ao rebanho, informação não usual no pensamento produtivo e que pode, também, explicar o porquê da eficiência alocativa (na análise econômica), quando se conhece os preços dos insumos, ser maior que a eficiência

TABELA 5 – Estatísticas descritivas para as medidas de eficiência para o desempenho econômico de longo prazo, por grupos, Minas Gerais, 2005

Medidas de Eficiência	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado					
Eficiência Econômica	97,7%	7,8%	38,7%	100,0%	8,17%
Eficiência Técnica	99,7%	2,5%	70,2%	100,0%	2,50%
Eficiência Alocativa	97,9%	7,0%	52,6%	100,0%	7,30%
Grupo 2- Intensivo capitalizado					
Eficiência Econômica	70,6%	17,2%	33,0%	100,0%	34,00%
Eficiência Técnica	98,4%	3,8%	82,8%	100,0%	4,14%
Eficiência Alocativa	71,7%	16,9%	33,0%	100,0%	32,93%

Fonte: Resultados da Pesquisa

TABELA 6 – Estatísticas descritivas para o desempenho ambiental no longo prazo, por grupos, Minas Gerais, 2005

Medidas de Eficiência	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Dispersão
Grupo 1 - Extensivo especializado					
Eficiência Ambiental	3,7%	6,9%	0,1%	100,0%	96,62%
Eficiência Técnica Ambiental	71,1%	14,3%	19,9%	100,0%	32,27%
Eficiência Alocativa Ambiental	4,9%	7,5%	0,2%	100,0%	95,50%
Grupo 2- Intensivo capitalizado					
Eficiência Ambiental	7,7%	11,7%	0,4%	100,0%	93,07%
Eficiência Técnica Ambiental	99,6%	5,5%	20,8%	100,0%	5,51%
Eficiência Alocativa Ambiental	8,0%	12,9%	0,4%	100,0%	92,90%

Fonte: Resultados da pesquisa

alocativa ambiental. Ademais, a principal preocupação do produtor rural reside na rentabilidade da atividade, uma vez que esses não são, de forma geral, pagos pelos serviços ambientais.

Esta análise considerando o curto e longo prazo indicou que, da perspectiva econômica, a ineficiência se concentra no curto prazo, haja vista que os escores de eficiência no longo prazo apresentaram ineficiências baixas, quando comparado ao curto prazo. Ademais, o sistema de produção mais eficiente, economicamente, no longo prazo seria o extensivo. A ineficiência média para o grupo de produtores intensivos foi de 29,4%, enquanto os produtores extensivos apresentaram ineficiência média de apenas 2,3%. Por outro lado, para a perspectiva ambiental, o desempenho dos produtores é baixo, em ambas as análises. Entretanto, destaca-se que os produtores foram capazes de corrigir a ineficiência técnica ambiental de curto prazo, mas não seriam capazes de alocar os insumos, eficientemente (do ponto de vista ambiental), no longo prazo. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da quantidade de insumos ser facilmente observada, mas o conhecimento e utilização dos insumos, considerando suas quantidades relativas de nitrogênio, não faz parte do pensamento usual produtivo.

Assim, ações governamentais para melhoria do desempenho econômico dos produtores devem dar maior atenção em eliminar as ineficiências de curto prazo, ou seja, a tecnologia empregada pelos produtores não é a principal responsável pelas ineficiências, mas sim, a forma como essa é utilizada. Da perspectiva ambiental, ações devem ser focadas em eliminar as ineficiências no uso da tecnologia adotada, bem como na substituição das tecnologias de maior impacto (emissões de nitrogênio), por outras de menor emissão.

5.2. Custos Associados à Adequação Ambiental

Ações que objetivem a melhoria do desempenho econômico e o desempenho ambiental da produção láctea devem considerar a relação entre esses, bem como a existência de custos econômicos aos produtores, associados à redução das emissões de nitrogênio. Assim, por meio das quantidades econômica e ambientalmente eficientes, estimadas pelo modelo¹³, foram calculados os custos associados à variação do mix de insumos, do ponto de mínimo custo, para o ponto de minimização do excesso de nutrientes (Tabela 7).

As estimativas indicam a existência de custos associados à redução das emissões de nitrogênio. Entretanto, parece haver uma contradição para o custo médio estimado para os produtores intensivos, no longo prazo. O custo mínimo médio (R\$ 74.408,2) é maior do que o custo da produção quando se minimizam os nutrientes (R\$ 66.917,0). Para entender o porquê desse comportamento, aparentemente contraditório, alguns pontos devem ser considerados: (i) o custo médio calculado considera apenas o custo dos alimentos, uma vez que somente esses insumos apresentam quantidade de nitrogênio como entradas no sistema produtivo; (ii) no cálculo das quantidades de insumos que minimizam o custo total, foram considerados todos os insumos envolvidos na produção (mão de obra, terra e vacas), buscando minimizar o custo total da produção e não somente o custo de alimentação; e (iii) a estimação dos vetores de insumos, que minimizam o custo total, pressupõem substitubilidade entre todos os insumos. Assim, os custos serão interpretados em módulo.

¹³ Os valores ótimos para os insumos no curto e longo prazo não foram apresentados no artigo, mas podem ser obtidos junto aos autores.

TABELA 7 – Nitrogênio e custo de produção, para os modelos de eficiência ambiental e econômica no longo prazo, por grupo de produtores, Minas Gerais, 2005

Variáveis	Eficiência Econômica	Eficiência Ambiental
Grupo 1 - Extensivo especializado		
Emissões médias (kg de N)	954,4	442,3
Custo médio (R\$)	62.855,3	75.948,1
Grupo 2- Intensivo capitalizado		
Emissões médias (kg de N)	4.658,7	3.720,9
Custo médio (R\$)	74.408,2	66.917,0

Fonte: Resultados da pesquisa

O custo sombra, em Reais, por quilograma de nitrogênio, foi calculado em R\$ 24,50 e R\$ 30,30, para os produtores extensivos e intensivos, respectivamente, no longo prazo. A existência de custos relacionados à redução das emissões, em que maior eficiência econômica não estaria associada a maior eficiência ambiental, contrapõem-se aos estudos de Gomes, Mello e Mangabeira (2009), Koeijer et al. (2002) e Piot-Lepetiti, Vermersch e Weaver (1997), mas corroboram a relação encontrada por Coelli, Lauwers e Huylenbroeck. (2007) e Ramilan (2008).

No longo prazo, o custo foi maior para os produtores intensivos (R\$ 30,30), quando comparado aos produtores extensivos (R\$ 24,50), muito embora a quantidade média de emissões do primeiro seja maior que o segundo. Esses resultados indicam que o sistema de produção extensiva apresenta vantagens ambientais, em relação ao sistema intensivo no longo prazo. Ademais, as estimativas do desempenho econômico também indicaram a superioridade do sistema extensivo em relação ao sistema extensivo, da perspectiva da eficiência econômica.

Estes resultados também indicam a necessidade de ação, por parte do governo, no incentivo aos produtores para que as emissões sejam reduzidas, haja vista que esses não reduziram as emissões espontaneamente, uma vez que isso implicaria em maiores custos. Ademais, os resultados indicam a necessidade de considerar o sistema produtivo no direcionamento das ações governamentais, principalmente se incentivos econômicos forem utilizados, uma vez que cada grupo de sistema produtivo necessita de incentivos específicos, para operar de forma eficiente, ambientalmente.

6 CONCLUSÃO

A análise do desempenho econômico dos produtores, no curto e longo prazo, indicou que a maior parte da ineficiência econômica deve-se à forma como os produtores utilizam a tecnologia disponível, e, também, às escolhas quanto às quantidades de cada insumo, dados seus preços, sendo a última a principal responsável pela ineficiência econômica de longo prazo. Ademais, no longo prazo, o sistema extensivo seria mais eficiente, economicamente. Esse resultado chama a atenção por destacar que, não necessariamente, os produtores devem utilizar novas tecnologias, mas o primeiro passo para ganhos econômicos seria o uso adequado das tecnologias já utilizadas.

Ambientalmente, o desempenho dos produtores foi baixo, tanto no curto como no longo prazo, sendo as tecnologias utilizadas e a alocação dos insumos, relativo

à quantidade de nitrogênio nos alimentos, os fatores responsáveis pela ineficiência. Destaca-se que, ao contrário da eficiência econômica, o sistema intensivo seria mais eficiente ambientalmente no longo prazo, provavelmente pelo maior controle na alimentação do rebanho.

Entretanto, o baixo desempenho ambiental, para ambos os grupos de produtores, e tanto no curto como no longo prazo, indica a necessidade de medidas de correção na forma como os insumos agropecuários são utilizados pelos estabelecimentos agropecuários para, dessa forma, reduzir os impactos ambientais.

Este estudo indica que, para a redução dos impactos ambientais da atividade agropecuária, seria necessária a ação governamental, dada a existência de custos econômicos associados à adequação ambiental, via incentivos econômicos. Dessa forma, o pagamento por serviços ambientais pode ser um mecanismo interessante de incentivo. Entretanto, como esse estudo indicou, é importante que sejam consideradas as especificidades de cada sistema produtivo, de forma a obter melhores resultados, em termos de emissões reduzidas, com o menor custo possível.

Este estudo contribui para a literatura da área, ao incorporar e destacar a importância das características dos sistemas produtivos na análise de desempenho, ponto escassamente considerado em estudos de desempenho e produtividade. A não consideração dessas características pode levar a resultados equivocados, como destacado anteriormente, e em ações e políticas de melhoria igualmente equivocadas, que além de não melhorarem o desempenho, poderiam reduzi-lo, o que pode desacreditar as políticas. Assim, políticas públicas não devem tratar todos os produtores homogeneamente, sugerindo tecnologias de produção e ações corretivas homogêneas. Devem ser criadas ações específicas para cada grupo. Ademais, este estudo indicou a importância de não se analisar apenas o desempenho econômico, mas também o ambiental, bem como os custos de adequação. Esse tema é comumente deixado de lado em análises de desempenho.

Como pesquisas futuras, sugere-se a análise da elasticidade substituição entre a alimentação e os demais insumos produtivos, de forma a calcular com maior precisão os custos da redução das emissões, haja vista que os custos estimados são conservadores e podem ser maiores. Também é importante incluir novas formas de emissões da pecuária leiteira, como CO₂, fosforo, etc. Entretanto, para incorporar diversas formas de emissões à análise, é necessária a determinação de pesos de equivalência das emissões, ou seja, determinar

quantas unidades de CO₂ emitidas equivalem ao efeito de uma unidade emitida de nitrogênio ou fósforo, por exemplo. Nesse sentido, pesquisas para a minimização do julgamento de valor dessas relações são importantes.

7 REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, A. et al. Does intensification improve the economic efficiency of dairy farms? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, n. 9, p. 3693-3798, Sept. 2008.
- ALVES, E. Características do desenvolvimento da agricultura brasileira. In: GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B.; CARNEIRO, A. V. (Ed.). **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 2001. p. 11-31.
- ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE LEITE. **Maiores empresas de laticínios: Brasil, 2012**. Disponível em: <<http://www.leitebrasil.org.br/DOWNLOAD/maiores%20laticinios%202012.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2013.
- BARUA, A. et al. DEA evaluations of long- and short-run efficiencies of digital vs. physical product “dot com” companies. **Socio-Economic Planning Sciences**, Oxford, v. 38, n. 4, p. 233-253, 2004.
- BICHO ONLINE. **Derrubando o custo de produção de silagem**. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/ps0018.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2011.
- BINGER, B. R.; HOFFMAN, E. **Microeconomics with calculus**. 2nd ed. Chicago: A. W. Longman, 1998. 633 p.
- BLANCARD, S. et al. Short- and long-run credit constraints in french agriculture: a directional distance function framework using expenditure-constrained profit functions. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 88, n. 2, p. 351-364, 2006.
- CALINSKI, T.; HARABASZ, J. A dendrite method for cluster analysis. **Communications in Statistics**, London, v. 3, n. 1, p. 1-27, 1974.
- CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, p. 618-622, set./out. 2000.
- COELLI, T. J. et al. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2nd ed. New York: Springer, 2005. 350 p.
- COELLI, T. J.; LAUWERS, L.; HUYLENBROECK, G. V. Environmental efficiency measurement and the materials balance condition. **Journal of Productivity Analysis**, Houston, v. 28, n. 1/2, p. 3-12, 2007.
- COMMON, M.; PERRINGS, C. Towards an ecological economics of sustainability. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 7-34, 1992.
- DI, H. J.; CAMERON, K. C. Calculating nitrogen leaching losses and critical nitrogen application rates in dairy pasture systems using a semi-empirical model. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 43, n. 1, p. 139-147, 2000.
- _____. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 46, n. 3, p. 237-256, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Utilização da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. **Gado de Corte Divulga**, Campo Grande, n. 23, 1997. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD23.html>>. Acesso em: 10 mar. 2011.
- _____. **Ureia na alimentação de vacas leiteiras**. Brasília, 2007. 33 p. (Documentos, 186).
- FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico da pecuária leiteira do Estado de Minas Gerais em 2005**. Belo Horizonte, 2006. 156 p.
- FERREIRA, A. H. **Eficiência de sistemas de produção de leite: uma aplicação da análise envoltória de dados na tomada de decisão**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- FERRO, A. B.; OZAKI, P. M.; GEGOLLOTTE, I. G. O avanço do leite: onde o leite está ganhando e perdendo espaço? **Boletim do Leite**, Piracicaba, v. 17, n. 200, p. 2, 2011.

- GOMES, A. P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão-de-obra e capital**. 1999. 161 f. Tese (Doutorado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- GOMES, A. T. et al. Mercado de leite: uma análise dos preços recebidos pelos produtores nos últimos anos. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 13, n. 3, p. 5-12, 2004.
- GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S.; MANGABEIRA, J. A. C. Estudo da sustentabilidade agrícola em um município amazônico com análise envoltória de dados. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 23-42, 2009.
- GOMES, S. T. Evolução recente e perspectivas da produção de leite no Brasil. In: GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B.; CARNEIRO, A. V. (Ed.). **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 2001. p. 207-240.
- GOMES, S. T. **O Leite do safrista**. Disponível em: <http://www.ufv.br/der/docentes/stg/stg_artigos/stg_artigos.htm>. Acesso em: 27 set. 2007.
- GONÇALVES, R. M. L. et al. Analysis of technical efficiency of milk-producing farms in Minas Gerais. **Revista de Economia Aplicada**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 321-335, 2008.
- GRAHAM, M. Developing a social perspective to farm performance analysis. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 68, n. 8/9, p. 2390-2398, 2009.
- GROSSKOPF, S. et al. Anticipating the consequences of school reform: a new use of DEA. **Management Science**, Sussex, v. 45, n. 4, p. 608-620, 1999.
- HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p.
- HELFAND, M. S.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. **Agricultural Economics**, Oxford, v. 31, n. 2/3, p. 241-249, 2004.
- HOANG, V. Measuring and decomposing changes in agricultural productivity, nitrogen use efficiency and cumulative exergy efficiency: application to OECD agriculture. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 222, n. 1, p. 164-175, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 jul. 2012.
- _____. **Pesquisa da pecuária municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 jun. 2014.
- ITAMBÉ. **Linha bovinos de leite**. Disponível em: <<http://www.itambe.com/Cmi/Pagina.aspx?1042>>. Acesso em: 13 maio 2011.
- JANK, M. S.; FARINA, E. M. M. Q.; GALAN, V. B. **O agribusiness do leite no Brasil**. São Paulo: Milkbizz, 1999. 108 p.
- JANK, M. S.; GALAN, V. B. Competitividade do sistema agroindustrial do leite. In: _____. **Competitividade no agribusiness brasileiro**. São Paulo: USP, 1998. Disponível em: <<http://www.pensa.org.br>>. Acesso em: 11 nov. 2009.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analysis rotation in fator analysis. **Psychometrika**, Massachusetts, v. 23, n. 3, p. 187-200, 1958.
- KAO, C. Short-run and long-run efficiency measures for multiplant firms. **Annals of Operations Research**, Dordrecht, v. 97, n. 1/4, p. 379-388, 2000.
- KIRCHOF, B. **Alimentação da vaca leiteira: tabelas de necessidades do rebanho, tabelas de nutrientes dos alimentos, exemplo de calculo, doenças metabólicas, alimentos**. Guaiabá: Agropecuária, 1997. 111 p.
- KOEIJER, T. J. et al. Measuring agricultural sustainability in terms of efficiency: the case of Dutch sugar beet growers. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 66, n. 1, p. 9-17, 2002.
- KOLMOGOROV, A. N. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. **Giornale dell' Istituto Italiano**, Rome, v. 4, p. 83-91, 1933.
- LANGEVELD, J. W. A. et al. Evaluating farm performance using agri-environmental indicators: recent experiences for nitrogen management in The Netherlands. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 82, n. 3, p. 363-376, 2007.

- LOPES, B. A. **O capim-elefante**. Disponível em: <<http://www.forragicultura.com.br/arquivos/capimelefanteBruna.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2011.
- LOPES, M. A. et al. Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1177-1189, set./out. 2004.
- LOPÉZ, R. Environmental externalities in traditional agriculture and the impact of trade liberalization: the case of Ghana. **Journal of Development Economics**, Philadelphia, v. 53, n. 1, p. 17-39, 1997.
- MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annals of Mathematical Statistics**, Hayward, v. 18, n. 1, p. 50-60, 1947.
- MARTINS, M. C. Competitividade da cadeia produtiva do leite no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 13, n. 3, p. 38-51, 2004.
- MILKPOINT. **Maiores empresas de laticínios: Brasil**, 2004. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/mn/girolacteo/fotos/gi_110505.htm>. Acesso em: 13 jun. 2011.
- NOGUEIRA, M. A. **Eficiência técnica na agropecuária das microrregiões brasileiras**. 2005. 105 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
- PIOT-LEPETIT, I.; VERMERSCH, D.; WEAVER, R. Agriculture's environmental externalities: DEA evidence for French agriculture. **Applied Economics**, London, v. 29, n. 3, p. 331-338, 1997.
- POWELL, J. M. et al. Nitrogen use efficiency: a potential performance indicator and policy tool for dairy farms. **Environmental Science & Policy**, Oxford, v. 13, n. 3, p. 217-228, 2010.
- PUNJ, G.; STEWART, D. W. Cluster analysis in marketing research: review and suggestions for application. **Journal of Marketing Research**, Chicago, v. 20, n. 2, p. 134-148, 1983.
- RAMILAN, T. **Improving water quality through environmental policies and farm management: an environmental economics analysis of dairy farming in Karapiro Catchment**. 2008. 249 f. Thesis (Doctor of Philosophy on Economics) - University of Waikato, Waikato, 2008.
- RAMILAN, T.; SCRIMGEOUR, F.; MARSH, D. Analysis of environmental and economic efficiency using a farm population micro-simulation model. **Mathematics and Computers Simulation**, Amsterdam, v. 81, n. 7, p. 1344-1352, 2011.
- REINHARD, S.; LOVELL, C. A. K.; THIJSSSEN, G. Econometric estimation of technical and environmental efficiency: an application to Dutch dairy farms. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 81, n. 1, p. 44-60, 1999.
- ROCKSTRÖM, J. et al. A safe operating space for humanity. **Nature**, London, v. 461, n. 7263, p. 472-475, 2009.
- SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Diagnóstico da pecuária leiteira do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 1996. 102 p.
- SMIRNOV, N. V. Estimate of deviation between empirical distribution functions in two independent samples. **Bulletin Moscow University**, Moscow, v. 2, p. 3-16, 1933.
- SOARES FILHO, C. V. Tratamento físico-mecânico, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 79-118.
- TAUER, L. W. Short-run and long-run efficiencies of New York dairy farms. **Agricultural and Resource Economics Review**, Minnesota, v. 22, n. 1, p. 1-9, 1993.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Dairy, milk, fluid**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>>. Acesso em: 26 jan. 2014a.
- _____. **Dairy: world markets and trade**. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2014b.

VALADARES FILHO, S. C. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos: CQBAL 3.0.** Disponível em: <<http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/index.php>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

WOLF SEEDS. **Gramíneas: capim gordura.** Disponível em: <http://www.wolfseeds.com/pt_BR/

produtos-e-servicos/semente/id/55>. Acesso em: 10 mar. 2011.

YAMAGUCHI, L. C. T.; MARTINS, P. C.; CARNEIRO, A. V. Produção de leite no Brasil nas três últimas décadas. In: GOMES, A. T.; LEITE, J. L. B.; CARNEIRO, A. V. O. (Ed.). **Agronegócio do leite no Brasil.** Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2001. p. 33-48.

ANEXO

TABELA A1 – Fatores extraídos pelo método dos componentes principais

Fatores	Autovalor	Variância Explicada (%)	Variância Acumulada (%)
F1	2,82	21,71%	21,71%
F2	2,44	18,77%	40,48%
F3	1,60	12,32%	52,80%
F4	1,30	9,99%	62,79%
F5	1,08	8,27%	71,06%

Fonte: Resultados da Pesquisa

TABELA A2 – Cargas fatoriais e cumunalidades obtidas por meio da análise fatorial

Variáveis	Cargas fatoriais					Unicidade
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	
Pastagens	-0,9	-0,12	-0,15	0,02	-0,03	0,16
Vacas.c	-0,5	0,15	0,59	-0,03	-0,14	0,36
Variação	-0,08	-0,03	0,04	0,2	-0,47	0,73
Máquinas.v	-0,05	0	0,05	0,87	-0,07	0,24
Minerais.v	-0,04	0,08	-0,01	0,09	0,76	0,41
Instalação.v	0,01	-0,16	-0,01	0,88	0,08	0,19
Contratada.v	0,05	0,88	-0,1	-0,1	0,12	0,18
Familiar.v	0,13	-0,54	0,17	0,44	0,37	0,33
Familiar.a	0,21	-0,24	0,83	0,12	0,13	0,19
Contratada.a	0,22	0,84	0,08	-0,04	0,05	0,23
Vacas.p	0,26	0,09	0,85	-0,03	-0,07	0,2
Concentrado.v	0,32	0,4	0,04	-0,06	0,56	0,42
Cocho	0,91	0,11	0,17	-0,01	0,03	0,13

Fonte: Resultados da Pesquisa