

DENZIL BERTRAM ROBERTS

**EFICIÊNCIA DA PEQUENA PRODUÇÃO DE LEITE  
NO ESTADO DE RONDÔNIA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2003

DENZIL BERTRAM ROBERTS

**EFICIÊNCIA DA PEQUENA PRODUÇÃO DE LEITE  
NO ESTADO DE RONDÔNIA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de "Magister Scientiae".

APROVADA: 16 de dezembro de 2003.

---

Roberto Serpa Dias

---

João Eustáquio de Lima

---

Antônio Carvalho Campos

---

Sebastião Teixeira Gomes  
(Conselheiro)

---

Adriano Provezano Gomes  
(Orientador)

A meus pais.  
A Geeta e a Dominic.

## AGRADECIMENTO

A Deus.

Ao meu pai, à minha mãe e aos meus irmãos e cunhada, Rupert, Sarojnie, Alban e Lita, pela apoio em todos os momentos.

Aos meus sogros, David e Devi, pelo apoio ao longo do curso e também ao meu primo Doodnauth.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela acolhida, e ao Departamento de Economia Rural.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao governo brasileiro, especialmente à Embaixada do Brasil na Guiana.

Ao comitê orientador, professores Adriano Provezano Gomes, Sebastião Teixeira Gomes e Wilson da Cruz Vieira.

Aos demais membros da banca examinadora, João Eustáquio de Lima, Antônio Carvalho Campos e Roberto Serpa Dias.

À Graça, Cida, Rosângela, Tedinha, Brilhante e aos outros funcionários do DER.

Aos colegas e companheiros Rita, Monica, Sheila, Sílvia, Kennya, Eduardo, Marcus, Viktor, Francis e especialmente, Roberto, Rodrigo e Fábio, pela convivência e pela solidariedade.

Finalmente, a Geeta e a Dominic, o meu agradecimento mais sincero, pelo amor, pela tolerância, pelo companheirismo, pela confiança e pelo estímulo.

## **BIOGRAFIA**

DENZIL BERTRAM ROBERTS, filho de Rupert Frederick Roberts e Sarojnie Roberts, nasceu em New Amsterdam, Berbice, Guyana, em 1.º de fevereiro de 1970.

Em 1992, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em 1997.

Em 2002, iniciou o curso de mestrado no Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	x
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Importância do setor leiteiro no Brasil .....	1
1.2. Evolução da produção de leite no Brasil nas últimas três décadas	4
1.3. Transformações recentes no setor agropecuário de leite .....	6
1.4. O problema e sua importância .....	9
1.5. Objetivos .....	12
1.5.1. Objetivo geral .....	12
1.5.2. Objetivos específicos .....	12
2. METODOLOGIA .....	13

	Página
2.1. Modelo teórico .....	13
2.1.1. Agricultura tradicional e eficiência.....	13
2.1.2. Conceitos de eficiência .....	15
2.2. Modelo analítico .....	20
2.2.1. Modelo com retornos constantes à escala (CCR) .....	22
2.2.2. Modelo com retornos variáveis (BCC) .....	28
2.3. Procedimento .....	32
2.3.1. Obtenção das medidas de eficiência .....	33
2.3.2. Caracterização dos produtores estratificados por volume de produção .....	36
2.3.3. Identificando os fatores explicativos da eficiência .....	38
2.4. Fonte de dados .....	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
3.1. Análise da eficiência técnica relativa dos produtores de leite .....	40
3.2. Análise dos produtores, separado em grupos de eficiência .....	46
3.3. Análise dos produtores estratificados por volume de produção .....	49
3.3.1. Comparação em relação aos recursos disponíveis .....	49
3.3.2. Comparação em relação à adoção de tecnologias .....	52
3.3.3. Indicadores de desempenho técnico e econômico .....	56
3.4. Identificação e análise dos fatores explicativos da eficiência .....	60
4. RESUMO E CONCLUSÕES .....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75



## LISTA DE TABELAS

	Página
1	Produção de leite no mundo e nos principais países produtores, no ano de 2002 (em milhões de litros/ano) ..... 3
2	Distribuição dos produtores segundo intervalos de medidas de eficiência técnica e de escala (E), obtidas nos modelos que utilizaram a DEA ..... 41
3	Produção diária, tamanho do rebanho leiteiro, área destinada ao gado e medida de eficiência técnica dos produtores da amostra, separados por escala de produção, Rondônia, 2002 ..... 45
4	Indicadores selecionados para comparação dos produtores, separados em grupos de eficiência, Rondônia, 2002 ..... 47
5	Valores médios das variáveis relacionadas com recursos disponíveis dos dois grupos de produtores, estratificados segundo a produção média das vacas, Rondônia, 2002 ..... 50
6	Indicadores de adoção de tecnologia pelos produtores eficientes, estratificados segundo a produção média das vacas em lactação, Rondônia, 2002 ..... 53
7	Valores médios das variáveis relacionadas com eficiência técnica e econômica dos produtores, estratificadas segundo a produção média das vacas em lactação, Rondônia, 2002 ..... 56

	Página
8	Distribuição dos produtores em relação à escala de produção, Rondônia, 2002 ..... 61
9	Comparação em relação à eficiência técnica e eficiência de escala, utilizando como variável dependente a eficiência técnica calculada em nível de retornos constantes à escala, Rondônia, 2002 62
10	Coeficientes dos parâmetros estimados na equação, utilizando como variável dependente a eficiência técnica, calculada em nível de retornos variáveis à escala (VRS), Rondônia, 2002 ..... 63
11	Coeficientes dos parâmetros estimados na equação, utilizando como variável dependente a eficiência de escala (SCALE), Rondônia, 2002 ..... 65

## LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Evolução da produção de leite de 1994 a 2001 no estado de Rondônia .....	11
2	Medidas de eficiência técnica e alocativa com orientação insumo .....	17
3	Medidas de eficiência técnica e alocativa com orientação produto .....	19
4	Eficiência técnica e o problema da folga de insumo .....	26
5	Eficiência técnica e eficiência de escala .....	30
6	Distribuição dos produtores segundo intervalos de medidas de eficiência técnica, obtidas nos modelos que utilizaram a DEA ....	43
7	A eficiência de escala dos produtores de leite de Rondônia .....	44

## RESUMO

ROBERTS, Denzil Bertram, M.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2003. **Eficiência da pequena produção de leite no estado de Rondônia**. Orientador: Adriano Provezano Gomes. Conselheiros: Sebastião Teixeira Gomes e Wilson da Cruz Vieira.

O mapa geográfico da produção leiteira no Brasil tem sofrido mudanças significativas nas últimas décadas, marcadas pela diminuição da importância relativa de bacias tradicionais e pela expansão das novas áreas produtoras. Outra transformação recente da cadeia leiteira é a concentração da produção nos maiores produtores de leite. O aumento da competição, ao reduzir as margens de lucro unitário, tem forçado os produtores a investirem tanto no aumento da produtividade, como também no volume de produção. A redução ou eliminação dos pequenos produtores da atividade leiteira é citada como um dos efeitos das transformações da cadeia agroindustrial de leite no longo prazo. Entretanto, apesar das tendências que sugerem essa eliminação, isso pode não se verificar, devido à eficiência desses produtores em utilizar os poucos recursos disponíveis, fazendo com que eles sobrevivam na atividade. Nesse sentido, este trabalho procurou analisar se os pequenos produtores de leite no estado de Rondônia, em face às transformações ocorridas nos últimos anos, são eficientes. Para isso,

foram calculadas medidas de eficiência técnica e de escala dos produtores de leite utilizando-se a técnica não-paramétrica conhecida como Análise Envoltória de Dados (DEA) em uma amostra de 112 produtores. Inicialmente, os produtores foram comparados entre si e depois classificados como eficientes ou ineficientes. Em seguida, realizou-se a caracterização dos produtores, estratificados segundo a produção média de leite, ou seja, aqueles que produzem até 50 litros de leite por dia e os que produzem acima de 50 litros de leite por dia. Esses grupos de produtores foram comparados segundo os recursos disponíveis, o perfil tecnológico da produção e os indicadores de eficiência técnica e econômica. Por fim, utilizou-se a regressão linear, objetivando identificar a ação de fatores explicativos na eficiência técnica e de escala da propriedade. O resultados indicaram que os pequenos produtores apresentam ineficiências técnicas; porém estas não se constituem no principal problema. Embora a eficiência técnica dos pequenos produtores não seja significativamente diferente da dos demais, há o problema maior da ineficiência de escala, indicando a necessidade de crescimento no volume de produção.

## ABSTRACT

ROBERTS, Denzil Bertram, M.S., Universidade Federal de Viçosa, December 2003. **Efficiency of small milk producers in the State of Rondônia**. Adviser: Adriano Provezano Gomes. Committee Members: Sebastião Teixeira Gomes and Wilson da Cruz Vieira.

The geographical map of milk production in Brazil has suffered significant changes in the last decades, marked by the reduction of relative importance of traditional basins and by the expansion of new producing areas. Another recent transformation of the dairy sector is the concentration of production within the larger milk producers. The rise in competition, with the reduction of profit margins, has forced the producers to invest in increased productivity and volume of production. The reduction or elimination of small milk producers from the dairy activity is cited as one of the effects of transformations of the agro industrial milk chain in the long term. However, even though the tendency is suggesting to this elimination, this may not be what is happening due to the efficiency of these producers in utilizing the little resources available, which enable them to survive in the dairy activity. This paper seeks to analyze if the small milk producers in the state of Rondônia, in confronting these transformations that have occurred in the last years, are efficient. To achieve this,

measures of technical and scale efficiencies of the small milk producers were calculated utilizing a non-parametric technique known as the Data Envelopment Analysis (DEA) in a sample of 112 producers. Initially, the producers were compared between themselves after which they were classified as efficient or inefficient. Following which, they were characterized utilizing the criteria of average milk production, that is, those that produce up to 50 liters of milk daily and those that produce more than 50 liters daily. These groups of producers were compared utilizing the following criteria: available resources, the technological profile of production and technical and economic efficiencies indicators. Finally, a linear regression was utilized, with the objective of identifying the action of the factors that explain the technical and scale efficiencies of the farm. The results indicated that small milk farmers presented technical inefficiencies; however this is not the main problem. Although the technical efficiency of the small milk producers is not significantly different from the rest, the major problem is scale inefficiency, indicating a necessity for the growth or increase in volume of production.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. Importância do setor leiteiro no Brasil**

No Brasil, a cadeia agroindustrial de leite é de grande relevância econômica e social, desempenhando um papel importante no suprimento de alimentos e na geração de emprego, renda e tributos para o país. A produção de leite está presente em todos os estados brasileiros; na maioria deles, apresenta grande expressão econômica.

Segundo o Censo Agropecuário de 1996 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2003), do total de 4.859.865 estabelecimentos agropecuários do Brasil, 1.810.041 dedicavam-se, ao menos em parte, à pecuária de leite, o que representa cerca de 37% do total. Um registro importante é que esse número engloba tanto os produtores comerciais quanto aqueles que têm uma ou duas vacas, apenas para alimentação de sua família.

Mais de um milhão de produtores se dedicam parcial ou integralmente à atividade leiteira, gerando mais de quatro milhões de empregos diretos, o que representa 15% da população rural do país. A atividade leiteira, além de ser a maior geradora de empregos permanentes no campo, é a única atividade rural que exige a presença do homem todos os dias no ano, o que contribui para evitar o êxodo rural (REVISTA BALDE BRANCO, 2003).



Além disso, o setor é importante na geração de empregos: a cada R\$ 5.081,00 vendidos de leite e derivados, é gerado um emprego permanente na economia brasileira. É, portanto, relativamente barato gerar empregos utilizando a cadeia produtiva do leite, se comparado com setores que usam capital mais intensivamente, como a fabricação de automóveis (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2003).

A contribuição da produção leiteira para o valor bruto da produção (VBP) agropecuária nacional em 2002 foi de 8,1 bilhões de reais, ocupando a sexta posição no *ranking* da produção agropecuária (EMBRAPA, 2003).

Na década de 90, a produção de leite no Brasil passou de 15,1 bilhões de litros em 1991 para 20,5 bilhões de litros em 2001. De 1990 a 2000, a taxa de crescimento da produção de leite no Brasil foi de 3,19% ao ano (SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO ESTADO DE RONDÔNIA - SEBRAE-RO, 2002).

O Brasil é um dos maiores produtores de leite no mundo, ocupando o sexto lugar no *ranking* mundial. Em 2002, a produção de leite no País foi responsável por 5,76% da produção mundial, conforme dados da Tabela 1.

Segundo previsões feitas sobre perspectivas do setor leiteiro até 2010, a produção continuará migrando dos países desenvolvidos para aqueles em desenvolvimento, entre eles o Brasil. O segundo país com maior perspectiva de crescimento, depois da Índia, é justamente o Brasil, com incremento de 9,5 bilhões de litros, refletindo uma taxa de crescimento anual de 3,6% ao ano. Pelas previsões, o Brasil atingirá a produção de 30 bilhões de litros em 2010, posição que o coloca na sexta posição em produção mundial (REVISTA BALDE BRANCO, 2002b).

Tabela 1 - Produção de leite no mundo e nos principais países produtores, no ano de 2002 (em milhões de litros/ano)

País	Produção (milhões de litros)	Porcentagem (%)
Estados Unidos	77.035	19,61
Índia	36.200	9,22
Rússia	33.250	8,47
Alemanha	27.298	6,95
França	23.795	6,06
Brasil	22.635	5,76
Nova Zelândia	13.925	3,55
Reino Unido	13.918	3,54
Ucrânia	13.700	3,49
Polônia	12.000	3,06
Austrália	11.607	2,96
China	11.075	2,82
Holanda	10.447	2,66
Itália	10.245	2,61
Argentina	8.200	2,09
Outros	67.415	17,15
MUNDO	392.745	100,00

Fonte: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO (2003).

Outra maneira de examinar a importância econômica e social do leite diz respeito à sua relevância na alimentação humana, tanto do leite *in natura* quanto dos derivados, em razão do seu elevado valor nutricional, já que é rico em proteínas, cálcio e fósforo. Para as crianças, o consumo de leite chega a ser essencial. Em razão da importância do produto na alimentação humana, seu abastecimento sempre foi motivo de preocupação por parte do governo brasileiro. Essas preocupações foram materializadas, durante meio século, no tabelamento do preço e em programas governamentais, mediante distribuição de leite a famílias mais pobres e a escolas, na merenda escolar; mais recentemente, ele foi incluído no programa Fome Zero do governo atual.

## **1.2. Evolução da produção de leite no Brasil nas últimas três décadas**

A década de 70, no contexto agropecuário brasileiro, foi marcada pelo intenso uso do sistema de crédito rural subsidiado aos produtores, com o objetivo de modernizar a agricultura nacional. A farta utilização de crédito rural, aliada a preços crescentes pagos ao produtor, não criou um ambiente competitivo suficiente para estimular melhoras qualitativas no processo produtivo. O resultado foi um crescimento extensivo da produção de leite, baseado exclusivamente no aumento do número de animais (GOMES, 1999).

Nessa década, a produção de leite evoluiu de 7,1 bilhões de litros em 1970 para 10,2 bilhões em 1979, resultando num crescimento de 43,7%. Em termos de taxa média anual, houve crescimento da ordem de 4,8%, portanto muito superior à taxa anual de crescimento da população, que foi de 2,8% (YAMAGUCHI et al., 2001).

De acordo com YAMAGUCHI et al. (2001), o número de vacas ordenhadas evoluiu de 9,3 milhões de cabeças, em 1970 para 14,9 milhões em 1979. Nesse período, o número de vacas ordenhadas cresceu a uma taxa de geométrica média anual de 6,3%, e a produtividade, expressa em litros de leite/vaca ordenhada/ano, decresceu a uma taxa de 1,4% ao ano. Isso reforça a observação de GOMES (1999), de que, nessa década, o crescimento da produção de leite no Brasil decorreu, basicamente, do crescimento numérico do rebanho leiteiro e, como conseqüência, da incorporação de novas áreas de terra ao processo produtivo, já que a produtividade decresceu. Nesse período, as áreas de pastagens evoluíram de 154,1 milhões de hectares para 170,1 milhões, correspondendo a uma taxa média anual de crescimento de 1,1%, ou seja, representando um aumento em torno de 10% nas áreas de pastagens.

Na década de 80 houve redução significativa do crédito rural subsidiado, em conseqüência da menor disponibilidade de recursos financeiros e da elevação da taxa de juros. Quanto ao desempenho da pecuária leiteira nacional, nesta década, observa-se que foi inferior ao alcançado na década anterior, com a produção evoluindo de 11,2 bilhões de litros em 1980 para 14,1 bilhões em 1989,

apresentando um crescimento de 25,9%. A taxa média anual de crescimento foi de 2,6%, que é bem próxima da taxa de crescimento da população, que foi de 2,0% ao ano (YAMAGUCHI et al., 2001).

Analisando o rebanho de vacas ordenhadas, observa-se que estas passaram de 16,5 milhões de cabeças em 1980 para 18,6 milhões, em 1989. Nessa década, o número de vacas ordenhadas cresceu a uma taxa média anual de 1,4%, ao passo que a produtividade, em litros de leite/vaca ordenhada/ano, cresceu a uma taxa de 1,2% ao ano. Esses indicadores sugerem que o crescimento da produção leite no Brasil, nos anos 80, decorreu tanto do crescimento numérico de vacas ordenhadas quanto do aumento de produtividade. Nesse período, as áreas com pastagens cresceram de 171,4 milhões de hectares para 182,9 milhões, correspondendo a uma taxa média anual de crescimento em torno de 0,7% e a um aumento no total dessa área de 6,7% (YAMAGUCHI et al., 2001).

Esse crescimento, significativamente inferior ao observado na década anterior, reflete o pior desempenho da produção de leite nesta década. O crescimento da produção, amparado por ganhos extensivos mediante aumento do número de animais, verificado na década de 70 não foi observado, na mesma intensidade ao longo da década de 80. Começam, então, a surgir indícios de que o crescimento da produção brasileira de leite esteve voltado para ganhos mais intensivos (GOMES, 1999).

De fato, a forma como ocorreu o crescimento na produção de leite no Brasil, nos anos 90, fortalece a idéia de que ganhos em produtividade passaram a constituir a principal fonte de crescimento da produção. Nessa década, a produção de leite passou de 14,5 bilhões de litros em 1990 para 19,1 bilhões, em 1999, representando um crescimento da ordem de 31,7% em 10 anos, resultando numa taxa média anual de crescimento de 3,3%. A taxa média anual de crescimento da população, nesse período, foi de 1,3%, bem menor que a taxa média de crescimento da produção. Em termos de número de vacas ordenhadas, verificou-se redução de plantel de 19,1 milhões de cabeças para 17,4 milhões, no período 1990-1999. Portanto, nesse período, o número de vacas ordenhadas

decreceu a uma taxa geométrica média da ordem de 2,0% ao ano, e a produtividade, medida em litros/vaca ordenhada/ano, cresceu a uma taxa de 5,4% ao ano. Isso indica que o crescimento da produção de leite no Brasil, na década de 90, decorreu, basicamente, de ganhos reais de produtividade. Quanto às áreas de pastagem, houve redução no período 1990-1999, cuja taxa geométrica foi negativa de 0,02% ao ano (YAMAGUCHI et al., 2001).

Os acontecimentos das últimas décadas demonstram que o Brasil passou por um processo de evolução real na produção de leite nos últimos 30 anos. A produção de leite alternou seu tipo de crescimento ao longo do tempo. Na década de 70, quando as condições de preço e crédito eram bastante favoráveis, verificou-se uma expansão horizontal da produção, mediante aumento do número de animais. Já na década de 80 e nos anos 90, com o esgotamento do sistema de crédito subsidiado e preços decrescentes, aumentos de produção são explicados pelos ganhos da produtividade dos rebanhos (GOMES, 1999).

### **1.3. Transformações recentes no setor agropecuário de leite**

Segundo NOGUEIRA (2002), o sistema agroindustrial do leite no país aponta as grandes mudanças estruturais que vêm ocorrendo. Elas foram intensificadas a partir do início dos anos 90, com a desregulamentação do mercado, a abertura comercial e o estabelecimento do Plano Real, que controlou o processo inflacionário e promoveu a estabilização da economia brasileira. A conjugação desses fatores provocou profundas mudanças em toda a cadeia de lácteos, do produtor ao consumidor, passando pela indústria e distribuição.

O fim do tabelamento do preço representou um marco importante para o setor leiteiro nacional. O sistema de preços livres representa um forte incentivo à modernização da pecuária leiteira nacional, tornando-a mais produtiva e competitiva.

O segundo fator de transformação da produção de leite que, aliado ao fim do tabelamento, tem exercido significativa influência no comportamento do setor leiteiro é a política de abertura comercial adotada pelo governo nos últimos anos.

A abertura comercial faz com que os produtores nacionais tenham de concorrer com produtores de outros países, situação esta desconhecida pelo produtor nacional, uma vez que o mercado era controlado pelo governo.

O terceiro fator motivador das recentes transformações na cadeia leiteira do País é a estabilidade da economia, após a implantação do Plano Real. Essa estabilidade, com destaque para a queda da inflação, possibilitou menor dispersão dos preços reais, afetando, de modo significativo, não só o consumo de leite, mas também a produção leiteira. No segmento da produção, destaca-se o grande aumento da quantidade de leite produzida e, paradoxalmente, a redução dos preços médios pagos ao produtor. De acordo com cálculos de HOMEM DE MELO (2002), a taxa anual de crescimento da produção de leite no período de 1989 a 1999 foi de 4,29%, e a do preço reduziu em 6,38%.

A aparente contradição de queda de preço e aumento da produção foi viabilizada pela também significativa redução do custo médio de produção de leite. Essa redução foi causada principalmente por crescimento da produtividade do rebanho, queda dos preços de insumos e crescimento de volume de leite por produtor (GOMES, 2001).

Dentre as transformações que aconteceram, duas merecem ser destacadas: o deslocamento geográfico da produção e a concentração desta produção em produtores maiores.

O mapa geográfico da produção leiteira no Brasil tem sofrido mudanças profundas nas últimas décadas, marcadas pela diminuição da importância relativa de bacias tradicionais, como São Paulo e Sul de Minas, e pela expansão das áreas produtoras do Cerrado, em especial Goiás, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, nos anos 90 (LARANJA, 2002).

No final da década de 90 e início dos anos 2000, verifica-se um novo movimento de expansão da produção de leite no Brasil, com destaque para os estados de Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. São as novas fronteiras que se abrem com grande potencial de produção, em razão do clima quente e úmido, apropriado para a produção de forragens (GOMES, 2003a). Segundo LARANJA (2002), esses estados têm tudo para seguir a mesma trajetória de

sucesso alcançado pela pecuária leiteira de Goiás, o segundo maior produtor do país. Nos últimos anos, segundo este autor, as regiões preferidas para o avanço da pecuária leiteira foram aquelas que se caracterizam por ter mão-de-obra mais barata, preços de terra baixos e expansão na produção de grãos.

De acordo com HOMEM DE SOUZA (2000), a região Centro-Oeste apresentou taxa anual de crescimento de produção de leite muito maior que as das demais regiões, cerca de 8,6%, no período de 1990 a 1998. Assim, ampliou sua participação na produção nacional de 11,7% para 16,4%. Goiás passou, nesse mesmo período, de quinto para segundo maior produtor do País.

A outra transformação recente da cadeia leiteira é a concentração da produção nos maiores produtores de leite. O comportamento recente da produção de leite, no Brasil, fornece indícios de concentração da produção nos maiores e mais produtivos produtores, que utilizam mais intensivamente tecnologias. VILELA (2002) e LARANJA (2002) são alguns dos autores que defendem esse comportamento. O aumento da competição, ao reduzir as margens de lucro unitário, tem forçado os produtores a investirem não só no aumento da produtividade, como também no volume de produção. Assim, aqueles que não se ajustarem à nova realidade serão, fatalmente, eliminados do mercado (GOMES, 1999).

Segundo RIOS (2001), no setor de produção primária, o processo de concentração também ocorreu em função de pressão externa por modelos mais competitivos e adequados às novas exigências do mercado. Nesse setor, o processo de granelização da coleta de leite e o estabelecimento de programas de pagamento por qualidade e volume foram determinantes para promover uma redução significativa do número total de produtores no país.

Portanto, nesse novo cenário, a garantia de competitividade no setor lácteo nacional passou a exigir que as empresas e os produtores se adaptassem às novas condições de mercado, explorando seus recursos de forma adequada e utilizando tecnologias apropriadas (RIOS, 2001).

De acordo com ALVES (1997), a tecnologia moderna exerce dois efeitos – num primeiro instante, elimina a mão-de-obra assalariada e, numa etapa

posterior, reduz o número de produtores. No caso do leite, a longo prazo, encontram-se enormes dificuldades de permanência de pequenos produtores, especialmente aqueles que adotam tecnologias pouco produtivas. O problema agrava-se quando se inclui na análise a necessidade de investimentos para a mudança tecnológica, num cenário de pouca ou nenhuma poupança interna, com escassos recursos de crédito rural e, além disso, com taxas de juros elevadas, como é o caso do Brasil, nos últimos anos.

Nesse cenário, os produtores que não dispuserem de terra suficiente, recursos financeiros, acesso à tecnologia e capacidade de gerenciamento - que são fatores essenciais para crescer e ser competitivo - serão excluídos da atividade (REVISTA BALDE BRANCO, 2002a).

#### **1.4. O problema e a sua importância**

A redução ou eliminação dos pequenos produtores da atividade leiteira ou a concentração da produção nos maiores produtores é citada como um dos efeitos das transformações da cadeia agroindustrial de leite no longo prazo. De acordo com GOMES (2001), a distribuição da produção de leite, no Brasil, não é simétrica, porque muitos produzem pouco e poucos produzem muito.

Entretanto, apesar das tendências que sugerem a redução ou eliminação dos pequenos produtores de leite, isso pode não se verificar. O que pode estar acontecendo é que eles apresentam eficiência mesmo com poucos recursos disponíveis, o que faz com que eles sobrevivam. Ou seja, os pequenos produtores de leite não estão saindo da produção, mas continuam produzindo porque eles se apresentam eficientes.

Segundo GOMES (1996), as discussões sobre o destino dos pequenos produtores são tão antigas quanto a agricultura. Quase sempre, previsões extremas do tipo “os pequenos produtores vão desaparecer” são desmoralizadas com o passar do tempo.

De acordo com GOMES (2001), os pequenos produtores de leite podem tomar um dos três destinos descritos a seguir: a) abandonam a atividade

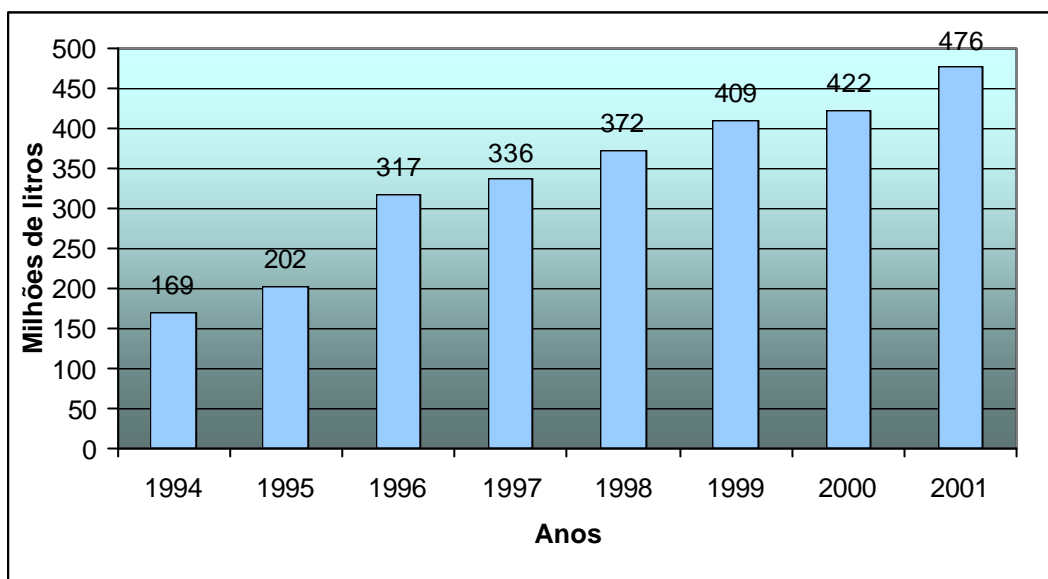


comercial da produção de leite, ficando apenas com a pequena produção para o autoconsumo; b) constituem um grupo de produtores e fazem a entrega do leite aos laticínios, em conjunto - entretanto, aparece na estatística dos laticínios apenas um representante do grupo; c) passam a vender, direta ou indiretamente, no mercado informal. Numa outra situação, eles poderiam optar por aumentar sua produção, ou seja, se transformam em pequenos empresários, com os mesmos objetivos dos grandes produtores. Isso significa que a redução no número de fornecedores de leite nos últimos anos pode não estar associada à queda no número de produtores de leite.

Assim, é fundamental analisar, do ponto de vista de alocação de recursos, se realmente existe eficiência por parte dos pequenos produtores de leite. Para testar esta hipótese, escolheu-se o estado de Rondônia. A escolha deste estado é justificada por alguns fatores: em primeiro lugar, de todos os estados brasileiros, Rondônia é o que possui menor concentração de terra, com predominância de pequenas propriedades. A área média das propriedades que produzem leite é de 70 hectares. Dos 85.907 estabelecimentos rurais em Rondônia, 35.000 exploram a atividade leiteira (SEBRAE-RO, 2002).

Um outro ponto seria o crescimento da produção de leite naquele estado. Entre os anos de 1990 e 2000, a taxa média de crescimento anual da produção de leite em Rondônia foi de 10,35% (IBGE, 2003). O aumento é bastante significativo, considerando que, no mesmo período, a taxa média de elevação da produção do Brasil girou em apenas 3,19% ao ano. O estado de Rondônia fechou o ano de 1999 com 2,14% da produção brasileira, comparado com 1,09% registrado em 1990. Além de gerar renda, a produção de leite tem importante papel social, na geração de empregos.

Nos últimos anos, o estado de Rondônia foi o que apresentou o maior crescimento percentual da produção de leite entre todos os estados brasileiros. De 1996 a 2000, a produção de leite passou de 317.250 para 422.255 mil litros, aumentando 33%, correspondente à taxa anual de crescimento de 7,14%. A Figura 1 mostra a evolução da produção de leite de 1994 a 2001, em milhões de litros.



Fonte: EMBRAPA (2003).

Figura 1 - Evolução da produção de leite de 1994 a 2001 no estado de Rondônia.

Em Rondônia, como nas outras regiões produtoras de leite do país, expressiva parcela de pequenos produtores produz pouco leite e pequeno número de grande produtores produz muito leite. A diferença entre Rondônia e outras regiões, já tradicionais na produção de leite, é a intensidade com que isso ocorre. Ou seja, a concentração da produção é maior nas regiões tradicionais do que em Rondônia. Em Minas Gerais, os que produzem até 50 litros/dia correspondem a 40% do número dos produtores e respondem por 6% da produção estadual. Em Rondônia, esse mesmo estrato, até 50 litros/dia, corresponde a 63% do número de produtores e responde por 22% da produção estadual. No outro extremo, em Minas Gerais, produtores de mais de 200 litros/dia correspondem a 22% do número de produtores e respondem por 72% da produção. Em Rondônia, o estrato de mais 200 litros/dia corresponde a 8% do número de produtores e responde por 44% da produção (SEBRAE-RO, 2002).

Com o tempo, essa situação provavelmente convergirá para a tendência já observada em outros estados: os pequenos produtores de leite responderão por fatias cada vez menores da produção total, e os grandes, por parcelas cada vez

maiores, apesar de serem em número reduzido. Isso, entretanto, não significa a eliminação do pequeno produtor. Ele deverá continuar no mercado, em razão de sua eficiência técnica.

Em síntese, o trabalho procurou analisar se os pequenos produtores de leite no estado de Rondônia, em face das transformações ocorridas nos últimos anos, são eficientes, fato que os mantém na atividade.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo geral**

Analisar a eficiência técnica dos produtores de leite no estado de Rondônia.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar as medidas de eficiência técnica e de escala dos produtores de leite.
- b) Caracterizar os produtores de acordo com os recursos disponíveis, a adoção de tecnologia e os indicadores de produção e produtividade, estratificados por volume de produção.
- c) Identificar os fatores explicativos da eficiência dos produtores.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Modelo teórico**

#### **2.1.1. Agricultura tradicional e eficiência**

De acordo com SCHULTZ (1965), o aspecto crucial de agricultura tradicional é a baixa taxa de retorno do investimento nos fatores agrícolas, do tipo que os agricultores vêm empregando há gerações, prosseguindo para mostrar que, a fim de transformar esse tipo de agricultura, terá que ser desenvolvido e oferecido um conjunto de fatores mais proveitosos. Desenvolver e oferecer esses fatores e aprender como usá-los eficientemente é uma questão de investimento, tanto em capital humano como em material.

SCHULTZ (1965) argumenta que agricultores tradicionais, dado um tempo bastante longo para entender seu processo produtivo, vão identificar suas respectivas cestas ótimas de insumos e produtos. Com base nessa forte convicção na eficiência administrativa dos pequenos produtores, SCHULTZ (1965) defende uma política de desenvolvimento da agricultura baseada na expansão de fronteiras dos pequenos produtores como a forma mais eficiente de custo para aumentar o bem-estar de agricultores de baixa renda no mundo. Essa visão ajudou a guiar a Revolução Verde e muitas das presentes pesquisas envolvidas na

melhoria de tecnologia de produção de alimentos nos países em desenvolvimento.

Basicamente, a transformação de agricultura tradicional, pouco produtiva, num setor altamente produtivo depende dos investimentos feitos na agricultura (SCHULTZ, 1965). Para este autor, um importante princípio de Marx é que os custos dos produtos agrícolas decrescem quando crescem as dimensões da unidade de produção na agricultura.

Na determinação das oportunidades existentes na agricultura para o crescimento econômico, será necessário resolver três questões não-solucionadas:

- 1) Podem as comunidades de baixa renda aumentar substancialmente a produção agrícola por meio de uma eficiente distribuição dos fatores de produção presentes à sua disposição?
- 2) Quais fatores de produção agrícola são primariamente responsáveis pelas grandes diferenças existentes entre os países, no sucesso do setor agrícola em contribuir para o crescimento econômico? e
- 3) Sob quais condições compensa investir na agricultura?

Avançando em suas hipóteses, SCHULTZ (1965) afirma que o setor agrícola, em grande número de países pobres, é relativamente eficiente no uso dos fatores de produção à sua disposição.

Segundo o autor, as diferenças em terra não constituem uma forte variável capaz de explicar as tendências de produção agrícola e nem as diferenças na quantidade de capital. Entretanto, a qualidade do capital humano empregado na agricultura tem importância significativa. A variável-chave na explicação das diferenças de produção agrícola é o agente humano, isto é, as diferenças no nível de capacidade adquirida do pessoal.

A questão de que sob quais condições será vantajoso investir implica que só será vantajoso se for possível ter a oportunidade e incentivo para transformar a agricultura tradicional dos seus antepassados.

O particular equilíbrio econômico representado pela agricultura tradicional é baseado fundamentalmente no estado dos conhecimentos que formam a base de oferta dos fatores de produção reprodutíveis, no estado das

preferências e dos motivos que determinam a demanda de fontes da renda e no período de tempo durante o qual esses estados permanecem constantes.

Se o valor dos produtos agrícolas tendesse a crescer, os retornos marginais dos fatores agrícolas aumentariam, e isso induziria a investimentos adicionais neles. Contudo, em todas essas mudanças, o estado do conhecimento na agricultura permanecerá inalterado, e seria apenas uma questão de tempo para que o equilíbrio particular característico da agricultura tradicional se restabelecesse por si mesmo. Deve-se verificar também em que grau os agricultores, já acomodados com a agricultura tradicional, aceitam um novo fator de produção, que afete o seu lucro, com a devida margem para o risco e a incerteza.

Segundo SCHULTZ (1965), ao propor que há comparativamente poucas ineficiências significativas na distribuição dos fatores de produção na agricultura tradicional, a comunidade é pobre porque os fatores de que depende sua economia não são capazes de produzir mais, nas circunstâncias existentes. Em outras palavras: pobre, mas eficiente.

### **2.1.2. Conceitos de eficiência**

Segundo FARELL (1957), a eficiência de uma firma consiste de dois componentes – eficiência técnica, que reflete a habilidade da firma em obter o máximo produto, dado um conjunto de insumos; e eficiência alocativa, que reflete a habilidade da firma em utilizar os insumos em proporções ótimas, dados seus preços relativos. Essas duas medidas são combinadas para se obter uma medida de eficiência econômica total.

Uma produção é tecnicamente eficiente se não houver nenhum processo, ou combinação destes, que eleve a produção, mantendo a mesma quantidade de insumos; é a obtenção máxima de produtos com o mínimo de insumos.

Um processo produtivo é economicamente eficiente se não existir outro processo alternativo, ou a combinação de processos, que produza a mesma quantidade, a um custo menor ou maior lucro.

Para se constatar se um processo de produção é eficiente, compara-se a sua situação atual com uma situação ótima que poderia ser atingida, dadas as combinações de insumos ou de produtos.

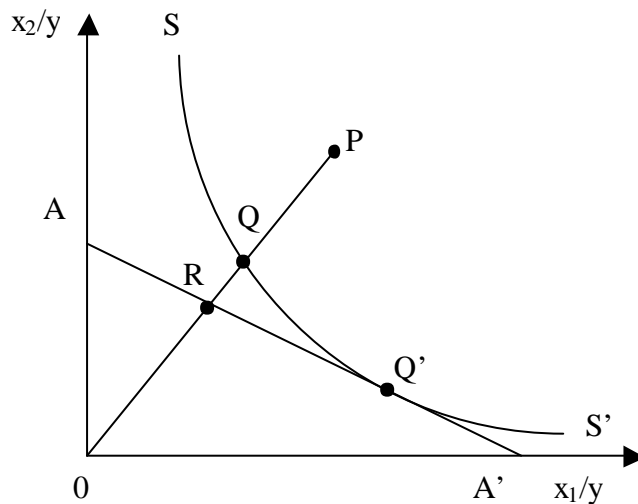
Medidas de eficiência podem ser calculadas pela obtenção de uma tecnologia eficiente, que, por sua vez, é geralmente representada por um tipo de função fronteira. Uma fronteira de produção define os limites de máxima produtividade que uma unidade de produção pode alcançar num processo de transformação, utilizando-se certa combinação de insumos. Assim, uma medida de ineficiência seria a distância que uma unidade de produção encontra-se abaixo da fronteira de produção.

As idéias de FARREL (1957) sobre a avaliação da eficiência técnica podem ser procedidas de duas orientações – aquela que se fundamenta na redução de insumos, denominada orientação insumo (*input orientated*); e aquela que coloca ênfase no aumento do produto, denominada orientação produto (*output orientated*).

#### *Medidas da eficiência com orientação insumo*

Considere, como exemplo, uma firma que usa dois insumos ( $x_1$  e  $x_2$ ), para produzir um único produto ( $y$ ), cuja função de produção seja dada por  $y = f(x_1, x_2)$ . Tendo em vista a pressuposição de retornos constantes à escala, ou seja, admitindo-se que a função de produção seja homogênea de grau um nos insumos, a fronteira tecnológica pode ser representada pelas isoquantas unitárias, do tipo  $1 = f(x_1/y, x_2/y)$ . A Figura 2 ilustra essa situação.

Na Figura 2,  $SS'$  representa uma isoquanta unitária de uma firma totalmente eficiente. Nota-se que esta isoquanta é desconhecida na prática, sendo necessário estimar a função de produção dessa firma eficiente. Se outra firma usa uma quantidade de insumos, definida pelo ponto P, para produzir uma unidade de produto, sua ineficiência técnica poderia ser representada pela distância QP, que indica a quantidade pela qual todos os insumos podem ser reduzidos sem diminuir a produção. Em relação à porcentagem, tem-se a razão QP/OP. A eficiência técnica (ET) desta firma seria dada por:



Fonte: COELLI et al.(1998).

Figura 2 - Medidas de eficiência técnica e alocativa com orientação insumo.

$$ET = \frac{OQ}{OP} = 1 - \frac{QP}{OP} \quad (1)$$

Como  $0 < ET \leq 1$ , a medida encontrada fornece o grau de ineficiência técnica da firma. Se  $ET = 1$ , a firma é tecnicamente eficiente, situando-se sobre a isoquanta eficiente, como é o caso do ponto  $Q$ .

Quando se conhece a razão entre o preço dos insumos, representada pela isocusto  $AA'$ , na Figura 2, pode-se calcular a eficiência alocativa (EA). Considerando uma firma que opera em  $P$ , tem-se:

$$EA = \frac{OR}{OQ} \quad (2)$$

A distância  $RQ$  representa a redução nos custos de produção que poderia acontecer caso a produção ocorresse em um ponto de eficiência alocativa, como é o caso de  $Q'$ , em vez do ponto  $Q$ , que é tecnicamente eficiente, mas alocativamente ineficiente.



A eficiência econômica total (EE) seria dada pelo produto das eficiências técnica e alocativa:

$$EE = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP} \quad (3)$$

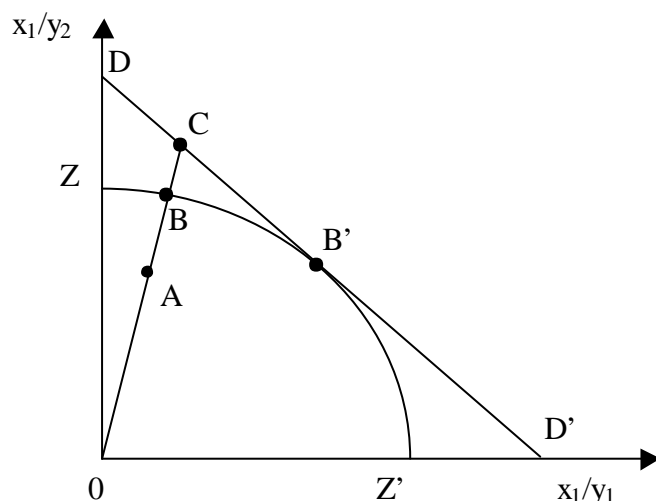
O cálculo das medidas de eficiência pressupõe que a função de produção da firma totalmente eficiente seja conhecida. Na prática isso não acontece, tornando-se necessária a estimação da isoquanta eficiente por meio de uma amostra de dados.

#### *Medidas com orientação produto*

As medidas de eficiência técnica insumo orientadas, discutidas na seção anterior, procuram responder à seguinte pergunta: “Qual a quantidade de insumos que pode ser proporcionalmente reduzida, sem alterar a quantidade de produto que está sendo produzido?”. Entretanto, outra questão poderia surgir: “Qual a quantidade de produto que poderia ser proporcionalmente expandida, sem alterar as quantidades de insumos utilizados?”. Nesse caso, torna-se necessária a análise de medidas de orientação produto. Para obter essas medidas, considere um caso que envolva dois produtos ( $y_1$  e  $y_2$ ) e um único insumo ( $x_1$ ). Se os retornos à escala são considerados constantes, então pode-se representar a tecnologia por uma curva de possibilidades de produção unitária em duas dimensões, descrita pela linha  $ZZ'$  na Figura 3.

Na Figura 3, o ponto A representa uma firma ineficiente, situando-se abaixo da curva de possibilidades de produção. A distância AB representa sua ineficiência técnica, ou seja, as quantidades de produtos que poderiam ser aumentadas sem necessidade de insumos adicionais. Nesse caso, a medida de eficiência técnica seria dada por:

$$ET = \frac{OA}{OB} \quad (4)$$



Fonte: COELLI et al.(1998).

Figura 3 - Medidas de eficiência técnica e alocativa com orientação produto.

Por meio de informações sobre os preços dos produtos, pode-se traçar uma linha de “isoreceita” (DD’) e então definir a eficiência alocativa como:

$$EA = \frac{OB}{OC} \quad (5)$$

A ineficiência alocativa da firma que opera em A seria dada pela distância BC.

O cálculo da eficiência econômica total é semelhante ao realizado nas medidas de orientação insumo, isto é:

$$EE = \frac{OA}{OB} \times \frac{OB}{OC} = \frac{OA}{OC} \quad (6)$$

Todas as medidas apresentadas são radiais, isto é, são medidas ao longo de um raio que sai da origem até o ponto de produção observado. Segundo COELLI et al. (1998), a vantagem desse tipo de medida radial é que ela é

invariante em unidade. Isso significa que as unidades de medida de insumos e produtos podem variar, pois não alteram o valor da medida de eficiência. Por exemplo, tanto faz medir o insumo mão-de-obra em dias trabalhados ou em horas trabalhadas, que a medida de eficiência radial não se altera.

## 2.2. Modelo analítico

No cálculo das medidas de eficiência envolvendo vários insumos e/ou produtos, utiliza-se, como referencial uma fronteira de produção. Fronteiras podem ser estimadas por diferentes métodos. Os dois mais utilizados são as fronteiras estocásticas e a análise envoltória de dados (DEA). As fronteiras estocásticas consistem em abordagens paramétricas, sendo estimadas por métodos econométricos, enquanto a técnica DEA é uma abordagem não-paramétrica, que envolve programação matemática em sua estimação. A DEA fornece a fronteira de produção como uma curva que envolve os dados, determinando, para cada unidade analisada, se pertence ou não à fronteira

A análise não-paramétrica de eficiência ou a análise envoltória de dados (DEA) foi desenvolvida por CHARNES et al. (1978) e tem sido utilizada para estimar a eficiência de unidades organizativas em diversos campos de aplicação, incluindo a agricultura.

A técnica DEA consiste em um método que compara cada unidade de produção somente com a melhor unidade de produção. Para LATRUFFE et al. (2002), a DEA permite a estimação total de eficiência técnica e depois a separa em eficiência técnica pura e eficiência de escala, como também identifica as propriedades que estão operando em escala decrescente ou escala crescente. Essa técnica não requer especificação de uma forma funcional para a fronteira porque usa programação linear para construir uma fronteira por partes (*piece-wise*), que envolve as observações de todas as propriedades. Uma outra vantagem é que os múltiplos insumos e produtos podem ser considerados simultaneamente; além disso, podem ser quantificados usando unidades diferentes de medidas.

Uma pressuposição fundamental na técnica DEA é que, se dada firma A é capaz de produzir  $Y(A)$  unidades de produto utilizando-se  $X(A)$  unidades de insumos, outras firmas poderiam também fazer o mesmo, caso elas estejam operando eficientemente. De forma similar, se uma firma B é capaz de produzir  $Y(B)$  unidades de produto, utilizando-se  $X(B)$  de insumos, então outras firmas poderiam ser capazes de realizar o mesmo esquema de produção. Caso as firmas A e B sejam eficientes, elas poderiam ser combinadas para formar uma firma composta, que utiliza uma combinação de insumos para produzir uma combinação de produtos. Desde que essa firma composta não necessariamente exista, ela é denominada firma virtual. A análise DEA consiste em encontrar a melhor firma virtual para cada firma da amostra. Caso a firma virtual seja melhor do que a firma original, ou por produzir mais com a mesma quantidade de insumos ou por produzir a mesma quantidade com menos insumos, a firma original será ineficiente. Segundo Pereira (1995), citado por GOMES (1999), o problema de escolha das melhores firmas ou a melhor combinação entre elas é um típico problema de programação linear, o qual forma a base para as estimativas dos modelos DEA.

Os modelos DEA são baseados em uma amostra de dados observados para diferentes firmas. Esses dados são constituídos de insumos e produtos. O objetivo é construir um conjunto de referência convexo, a partir dos próprios dados das firmas, e então classificá-las em eficientes ou ineficientes, tendo como referencial essa superfície formada. De acordo com as pressuposições específicas de cada modelo, o conjunto referência admitirá determinada forma. Nessas pressuposições estão contidas as informações a respeito do tipo de retorno à escala.

Segundo Moita (1995), citado por GOMES (1999), para formar o conjunto referência em um modelo com retornos constantes à escala, inicialmente as quantidades de insumos e produtos de cada firma são representadas por um ponto. Se existirem  $k$  insumos e  $m$  produtos, cada firma será representada por um ponto no espaço  $(k+m)$ . Em seguida, traçam-se raios que saem da origem e passam por esses pontos. As combinações convexas desses

raios formarão o conjunto de referência do modelo com retornos constantes à escala.

Para medir a eficiência de uma firma, comparam-se os níveis de insumos e produtos dessa firma com os possíveis níveis encontrados no conjunto referência. Caso existam níveis de consumo e produção no conjunto referência, os quais estritamente dominem a firma que está sendo testada, então essa firma é ineficiente. Por outro lado, uma firma é eficiente quando nenhuma outra firma, ou a combinação de firmas, no conjunto referência, produz mais produtos com os mesmos ou menos insumos; ou quando nenhuma outra firma no conjunto referência produz os mesmos ou mais produtos, utilizando menos insumos. Nesse sentido, o objetivo da DEA consiste em construir uma fronteira envoltória sobre os dados, de forma que todos os pontos observados estejam sobre essa fronteira de produção, ou abaixo dela.

A seguir, serão apresentados os modelos utilizados na DEA.

### **2.2.1. Modelo com retornos constantes à escala (CCR)**

Esse modelo foi proposto por CHARNES et al. (1978) e ficou conhecido, na literatura, como modelo CCR, em razão das iniciais dos nomes dos referidos autores, sendo ainda muito empregado em vários trabalhos. Estes autores propuseram um modelo com orientação insumo e admitiram retornos constantes à escala.

Considere que existam  $k$  insumos e  $m$  produtos para cada  $n$  DMUs<sup>1</sup>. São construídas duas matrizes – a matriz  $X$  de insumos, de dimensões  $(k \times n)$ , e a matriz  $Y$  de produtos, de dimensões  $(m \times n)$ , representando os dados de todas as  $n$  DMUs:

---

<sup>1</sup> DMU's (*Decision Making Units*) é um termo utilizado na técnica DEA para se referir a unidades homogêneas, que utilizam insumos semelhantes para produzir produtos semelhantes e têm autonomia para tomar decisões. Esta terminologia será utilizada no restante do capítulo.

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \Lambda & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \Lambda & x_{2n} \\ \mathbf{M} & & & \\ x_{k1} & x_{k2} & \Lambda & x_{kn} \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \Lambda & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \Lambda & y_{2n} \\ \mathbf{M} & & & \\ y_{m1} & y_{m2} & \Lambda & y_{mn} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Na matriz X, cada linha representa um insumo e cada coluna representa uma DMU; na matriz Y, cada linha representa um produto e cada coluna uma DMU.

Assim, para a  $i$ -ésima DMU, são representados os vetores  $x_i$  e  $y_i$ , respectivamente, para insumos e produtos. Para cada DMU, pode-se obter uma medida de eficiência, que é a razão entre todos os produtos e todos os insumos. Para a  $i$ -ésima DMU, tem-se:

$$\text{Eficiência da DMU } i = \frac{u^{\wedge} y_i}{v^{\wedge} x_i} = \frac{u_1 y_{1i} + u_2 y_{2i} + \Lambda + u_m y_{mi}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \Lambda + v_k x_{ki}} \quad (8)$$

em que  $u$  é um vetor ( $m \times 1$ ) de pesos nos produtos e  $v$  é um vetor ( $k \times 1$ ) de pesos nos insumos. Verifica-se que a medida de eficiência será uma escalar, devido às ordens dos vetores que a compõem.

A pressuposição inicial é de que essa medida de eficiência requer um conjunto comum de pesos que é aplicado em todas as DMUs. Entretanto, tendo em conta as dificuldades que surgem devido à aleatoriedade na ponderação nos insumos e produtos por parte das DMUs, sendo que *a priori*, requer que esses conjuntos de pesos sejam iguais para todas as DMUs, torna-se necessário estabelecer um problema que permita que cada DMU adote o conjunto de pesos que lhe for mais favorável, em relação às demais (BATISTA, 2002). Para isso, CHARNES et al. (1978) introduziram o modelo de análise envoltória de dados, formulando um Problema de Programação Fracionária, cujas variáveis representam os pesos mais favoráveis para a  $i$ -ésima DMU sob análise. Para selecionar os pesos ótimos para cada DMU, especifica-se um problema de programação matemática. Algebricamente, o problema é o seguinte:

$$MAX_{m,n} = \frac{\mathbf{nx}_i}{\mathbf{my}_i} \quad \text{sujeito a: } \frac{\mathbf{nx}_j}{\mathbf{my}_j} \leq 1, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (9)$$

$$\mu, v \geq 0$$

em que  $n$  é o número de DMUs a serem analisados;  $y$  = vetor de produtos;  $x$  = vetor de insumos;  $m$  = vetor de pesos associados aos produtos; e  $v$  = vetor de pesos associados aos insumos.

Essa formulação envolve a obtenção de valores para  $\mu$ ,  $v$ , de tal forma que a medida de eficiência para a  $i$ -ésima DMU seja maximizada, sujeita à restrição de que as medidas de eficiência de todas as DMUs sejam menores ou iguais a um. Caso a eficiência obtida para a DMU, que está sendo testada, seja igual a um, ela será eficiente em relação às demais; caso contrário, será ineficiente.

O modelo pode ser linearizado, tornando possível sua solução por meio de métodos de programação linear convencionais. A formulação linearizada é a seguinte:

$$\begin{aligned} &MAX_{u,v} \quad (u \hat{y}_i), \\ &\text{sujeito a:} \\ &\quad vx_i = 1, \\ &\quad u \hat{y}_j - v \hat{x}_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \\ &\quad u, v \geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Segundo GOMES (1999), na análise DEA, o modelo linear deve ser aplicado a cada DMU, a fim de se obterem, uma a uma, as medidas de eficiência. Por meio da dualidade em programação linear, pode-se derivar uma forma envoltória do problema anterior:

$$\begin{aligned}
& \text{MIN}_{\theta, \lambda} \quad \theta, \\
& \text{sujeito a :} \\
& \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\
& \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\
& \quad \lambda \geq 0,
\end{aligned} \tag{11}$$

em que  $\theta$  é uma escalar, cujo valor será a medida de eficiência da  $i$ -ésima DMU. Caso o valor de  $\theta$  seja igual a um, a DMU será eficiente; caso contrário, será menor que um. O parâmetro  $\lambda$  é um vetor ( $n \times 1$ ), cujos valores são calculados de forma a obter a solução ótima. Para uma DMU eficiente, todos os valores de  $\lambda$  serão zero; para uma DMU ineficiente, os valores de  $\lambda$  serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMUs eficientes, que influenciam a projeção da DMU ineficiente sobre a fronteira calculada. Isso significa que, para uma unidade ineficiente, existe pelo menos uma unidade eficiente, cujos pesos calculados fornecerão a DMU virtual da unidade ineficiente, mediante combinação linear. As unidades eficientes que, quando combinadas, fornecem a DMU virtual para a unidade ineficiente são conhecidas como pares ou *benchmarks* daquela DMU (GOMES,1999).

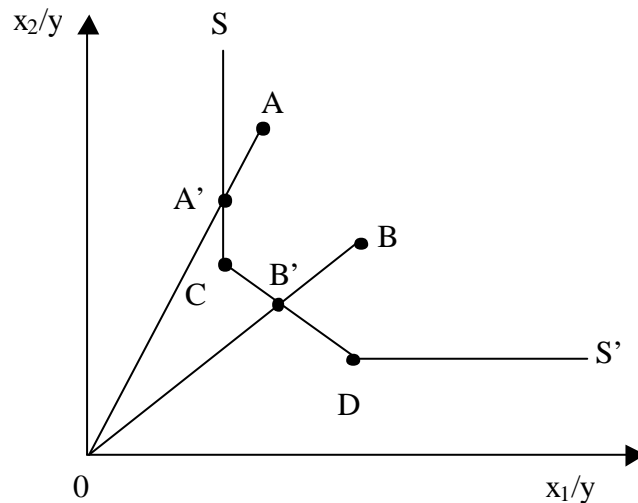
Segundo COELLI et al. (1998), o problema apresentado nessa forma envoltória (dual) envolve menor número de restrições do que o primal. Como no primal existem  $(k + m)$  variáveis, o dual terá  $(k + m)$  restrições, que é menor que as  $(n + 1)$  restrições do primal, uma vez que o número de DMUs é, geralmente, superior à soma do número de insumos mais o número de produtos. Nesse sentido, o dual é preferível ao primal, pois consome menos tempo para ser resolvido. Novamente, é importante notar que o problema deve ser resolvido  $n$  vezes, isto é, uma vez para cada DMU na amostra.

### *Excesso ou folga*

A forma linear da fronteira não-paramétrica, obtida pela DEA, pode causar algumas dificuldades na mensuração da eficiência. Esse problema ocorre devido a algumas “faixas” da fronteira linear que são paralelas aos eixos. Para ilustrar esse problema, considere a Figura 4, em que as DMUs que estão



utilizando as combinações C e D de insumos são eficientes e responsáveis pela definição da fronteira SS'. Já as DMUs A e B são ineficientes, uma vez que não se localizam na fronteira eficiente gerada.



Fonte: COELLI et al. (1998).

Figura 4 - Eficiência técnica e o problema da folga de insumo.

A medida de eficiência técnica, proposta por FARREL (1957), para a DMU A, seria  $OA'/OA$ . Entretanto, é questionável se o ponto A' é eficiente, já que se pode reduzir a quantidade do insumo  $x_2$  pela quantidade CA' e, ainda, produzir a mesma quantidade de produto. Essa situação é conhecida como folga de insumo (*input slack*). Caso se considere uma situação que envolva mais insumos e, ou, múltiplos produtos, pode-se obter a ocorrência de um conceito relacionado, conhecido como folga de produto (*output slack*), que é a possibilidade de aumentar a produção de um produto sem que seja necessário aumentar a utilização de um ou mais insumos.

Nesse sentido, qualquer folga de insumo ou produto, que seja diferente de zero, deve ser considerada, para que se obtenha uma medida exata de eficiência técnica. Nota-se que, para a  $i$ -ésima DMU da formulação anterior, as

folgas de produto serão zero somente se  $Y\lambda - y_i = 0$ ; já as folgas de insumo somente serão zero quando  $\theta x_i - X\lambda = 0$ , para valores ótimos de  $\theta$  e  $\lambda$ .

Na Figura 4, a folga de insumo associada ao ponto A' é CA', do insumo  $x_2$ . No entanto, para casos em que existam mais insumos e produtos, a identificação de um ponto mais próximo na fronteira eficiente, tal como C, não é uma questão tão trivial. Torna-se necessário formular um segundo estágio para o problema de programação linear, baseado na solução ótima apresentada no primeiro estágio. Nesse segundo estágio, obtém-se a projeção do ponto ineficiente, tal como A', para um ponto eficiente na fronteira, tal como C. Observa-se que a medida de eficiência ( $\theta$ ) já foi obtida no primeiro estágio, isto é, a distância de A para A' já foi calculada. O segundo estágio do problema de programação linear, segundo SEIFORD (1996), consiste em minimizar o negativo da soma das folgas, dado por:

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN}_{I, O_s, I_s} \quad - (M_1' O_s + K_1' I_s) \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \quad - y_i + YI - O_s = 0 \\
 & \quad \theta x_i - XI - I_s = 0 \\
 & \quad I \geq 0, O_s \geq 0, I_s \geq 0
 \end{aligned} \tag{12}$$

em que  $O_s$  é um vetor ( $m \times 1$ ) de folgas de produtos;  $I_s$  é um vetor ( $k \times 1$ ) de folgas de insumos; e  $M_1$  e  $K_1$  são vetores de uns, com dimensões ( $m \times 1$ ) e ( $k \times 1$ ), respectivamente. O valor da medida de eficiência  $\theta$  é fornecido pelo primeiro estágio do problema de programação linear. O segundo estágio também deve ser aplicado a cada DMU da amostra.

Uma vez obtidas as folgas, pode-se projetar o ponto ineficiente da  $i$ -ésima DMU para a fronteira eficiente, da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 y_i^* &= y_i + O_s \\
 x_i^* &= \theta x_i - I_s
 \end{aligned}$$

em que o asterisco indica o ponto projetado.

O modelo DEA de dois estágios, apesar de possuir algumas limitações, de acordo com COELLI et al. (1998), é uma alternativa para se aproximar da eficiência, no sentido de pareto-koopmans, embora o modelo mais adequado seria o de multiestágios, proposto por COELLI et al. (1998), em que a solução é alcançada por meio de movimentos radiais multiestágios<sup>2</sup>. Por outro lado, FERRIER e LOVELL (1990) apresentam uma proposta para, ao se analisar a eficiência das DMUs e no caso de existirem variáveis de folga positivos, interpretar as folgas como sendo indícios de ineficiência alocativa.

O problema das folgas, embora seja muito enfatizado na análise de eficiência pela abordagem não-paramétrica, segundo COELLI et al. (1998), não deve ser encarado como “grave”, pelo fato de ser um problema do tamanho da amostra utilizada na análise e porque ocorre em decorrência do método utilizado na construção da envoltória, uma vez que a abordagem da programação matemática constrói uma envoltória linear por partes, facilitando o aparecimento de folgas nas soluções, o que não ocorre com a abordagem econométrica.

### **2.2.2. Modelo com retornos variáveis (BCC)**

A hipótese de retornos constantes à escala (CCR) é bastante apropriada quando todas as DMUs estão operando em escala ótima. Contudo em situações de competição imperfeita, em que nem todas as DMUs se encontram operando em escala ótima, resultará em medidas de eficiência técnica que podem ser confundidas com eficiência de escala. A utilização da especificação de retornos variáveis permite o cálculo das eficiências técnicas, livres desses efeitos de escala (COELLI et al.,1998).

Com vistas a incorporar a possibilidade de retornos variáveis à escala, Banker et al. (1984), citados por COELLI et al. (1998), propõem o modelo BCC da análise envoltória de dados, introduzindo uma restrição de convexidade no modelo CCR.

---

<sup>2</sup> Para maiores detalhes, ver COELLI et al. (1998) e GOMES (1999).

O problema de programação linear com retornos constantes pode ser modificado para atender à pressuposição de retornos variáveis, adicionando-se uma restrição de convexidade. Considerando o modelo dual, tem-se:

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN}_{q,1} \quad \mathbf{q}, \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \quad -y_i + Y\mathbf{I} \geq 0 \\
 & \quad \mathbf{q}x_i - X\mathbf{I} \geq 0 \\
 & \quad N_1 \mathbf{I} = 1 \\
 & \quad \mathbf{I} \geq 0
 \end{aligned} \tag{13}$$

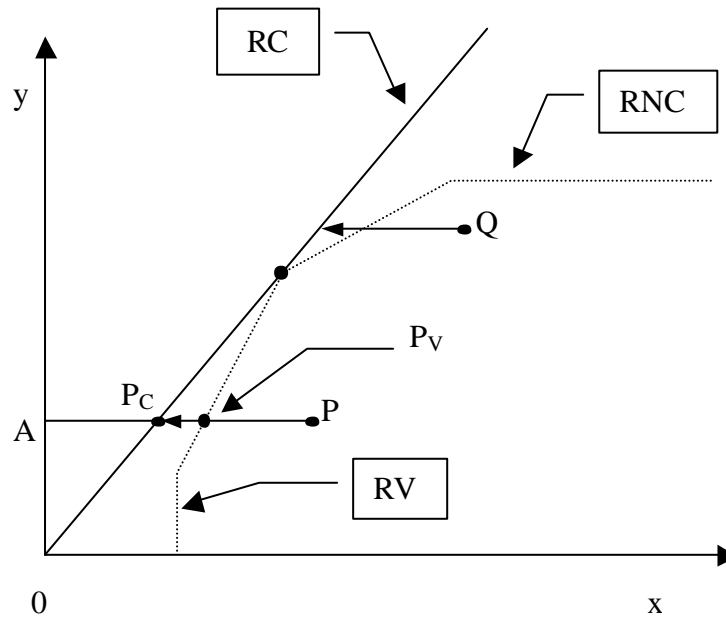
em que  $N_1$  é um vetor ( $n \times 1$ ) de uns. Essa abordagem forma uma superfície convexa de planos em interseção, a qual envolve os dados de forma mais compacta do que a superfície formada pelo modelo com retornos constantes. Com isso, os valores obtidos para eficiência técnica, com a pressuposição de retornos variáveis, são maiores do que aqueles obtidos com retornos constantes. Dessa forma, se uma DMU é eficiente no modelo CCR, então ela também é eficiente no modelo BCC, pois a medida de eficiência técnica, obtida no modelo com retornos constantes, é composta pela medida de eficiência técnica no modelo com retornos variáveis, também chamada de pura eficiência técnica, e pela medida de eficiência de escala (SEIFORD e ZHU, 1999).

### *Eficiência de escala*

Os valores de eficiência técnica, obtidos no modelo com retornos constantes, podem ser divididos em dois componentes – um devido à ineficiência de escala e outro devido à pura ineficiência técnica. Para separar essas medidas, realiza-se o procedimento, conduzindo ambos, retornos constantes e variáveis, ao mesmo conjunto de dados. Se houver uma diferença nos valores de eficiência técnica para uma DMU qualquer, isso indica que esta DMU tem ineficiência de escala, que pode ser calculada pela diferença entre os valores das eficiências técnicas com retornos variáveis e com retornos constantes.

A Figura 5 ilustra uma situação que envolve um insumo e um produto. Podem-se traçar as fronteiras eficientes calculadas pela DEA, isto é, a fronteira

obtida com retornos constantes (RC) e a obtida com retornos variáveis (RV), sendo essa última descrita pela linha pontilhada.



Fonte: COELLI et al. (1998).

Figura 5 - Eficiência técnica e eficiência de escala.

Considere o ponto P na Figura 5. Sob a pressuposição de retornos constantes, a ineficiência técnica do ponto P é dada pela distância  $PP_C$ , enquanto a ineficiência técnica é dada pela distância  $PP_V$ , sob a pressuposição de retornos variáveis. A diferença entre essas duas,  $P_C P_V$ , fornece a ineficiência de escala. As medidas de eficiência do ponto P, em termos de razão, isto é, limitadas entre zero e um, são dadas por:

$$ET_{I,RC} = AP_C / AP$$

$$ET_{I,RV} = AP_V / AP$$

$$EE_I = AP_C / AP_V$$

em que o subscrito I indica modelos com orientação insumo; RC, retornos constantes; e RV, retornos variáveis.

Como  $AP_C/AP = (AP_V/AP) \times (AP_C/AP_V)$ , então  $ET_{I,RC} = ET_{I,RV} \times EE_I$ , isto é, a medida de eficiência técnica com retornos constantes à escala é composta pela eficiência técnica pura e pela eficiência de escala.

Uma falha dessa medida de eficiência de escala é que ela não indica se a DMU está operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes à escala. Sabe-se apenas que, se a medida de eficiência de escala for igual a um, a firma estará operando com retornos constantes à escala; no entanto, se for menor que um, poderão ocorrer retornos crescentes ou decrescentes. Para contornar essa situação, é necessário formular outro problema da programação, impondo a pressuposição de retornos não-crescentes ou não-decrescentes. Considerando-se o caso de retornos não-crescentes, a formulação consiste em alterar a pressuposição de retornos variáveis no modelo DEA. Para isso, basta substituir a restrição  $N_1\lambda=1$ , em (20), pela restrição  $N_1\lambda \leq 1$ , obtendo-se o seguinte modelo:

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN}_{q,I} \quad q, \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \quad -y_i + YI \geq 0 \\
 & \quad qx_i - XI \geq 0 \\
 & \quad N_1 I \leq 1 \\
 & \quad I \geq 0
 \end{aligned} \tag{14}$$

A fronteira obtida para o modelo com retornos não-crescentes (RNC) está plotada na Figura 5. Nota-se que ela é composta, inicialmente, por uma faixa da fronteira com retornos constantes, com origem em 0, e depois por uma faixa da fronteira de retornos variáveis. Para determinar a natureza da escala de uma DMU qualquer, basta verificar se o coeficiente de eficiência técnica no modelo com retornos não-crescentes é igual ao do modelo com retornos variáveis. Se forem diferentes, como é o caso do ponto P, então a DMU terá retornos crescentes à escala. Se forem iguais, como é o caso do ponto Q, ocorrerá uma situação de retornos decrescentes, isto é:

$$\begin{aligned}
 & \text{Se } ET_{RNC} = ET_{RV} \rightarrow \text{retornos decrescentes} \\
 & \text{Se } ET_{RNC} \neq ET_{RV} \rightarrow \text{retornos crescentes.}
 \end{aligned}$$

De forma alternativa, pode-se formular um problema de programação impondo a pressuposição de retornos não-decrescentes à escala. Para isso, basta substituir a restrição  $N_1\lambda \leq 1$ , no modelo com retornos não-crescentes, pela restrição  $N_1\lambda \geq 1$ . O modelo com retornos não-decrescentes à escala seria dado por:

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN}_{q,1} \quad \mathbf{q}, \\
 & \text{sujeito a:} \\
 & \quad -y_i + Y\mathbf{I} \geq 0 \\
 & \quad \mathbf{q}x_i - X\mathbf{I} \geq 0 \\
 & \quad N_1\mathbf{I} \geq 1 \\
 & \quad \mathbf{I} \geq 0
 \end{aligned} \tag{15}$$

Assim, para identificar se a firma está operando com retornos crescentes ou decrescentes, basta comparar o resultado encontrado para eficiência técnica, no modelo com retornos variáveis (RV), com aquele encontrado no modelo com retornos não-decrescentes (RND), ou seja:

$$\begin{aligned}
 & \text{Se } ET_{\text{RND}} = ET_{\text{RV}} \rightarrow \text{retornos crescentes} \\
 & \text{Se } ET_{\text{RND}} \neq ET_{\text{RV}} \rightarrow \text{retornos decrescentes}
 \end{aligned}$$

### 2.3. Procedimento

O procedimento empírico deste estudo foi realizado em três partes. A primeira parte corresponde à obtenção das medidas de eficiência técnica relativa de cada produtor. Em seguida, os produtores foram separados em dois grupos: um com os 30% mais eficientes (Grupo 1) e o outro com os produtores que são os 30% mais ineficientes (Grupo 2). O objetivo desta parte do estudo foi avaliar as diferenças existentes entre os produtores dos dois grupos e identificar as principais causas das suas ineficiências. Na segunda parte, realizou-se a caracterização dos produtores, que agora são divididos em dois grupos com base na produção média de leite: o primeiro grupo consiste de produtores que

produzem até 50 litros de leite por dia, e o outro grupo, que produz acima de 50 litros de leite por dia.

Vale destacar que os limites que definem o pequeno e o grande produtor, na maioria das pesquisas sobre a produção de leite, dependem de cada região e são portadores de significativa carga de subjetividade. A presente pesquisa não objetiva estabelecer limites que tipificam o pequeno produtor, apenas examina comportamento de quem produz menos e mais leite no estado de Rondônia. O uso de produtores que produzem até 50 litros diários como pequenos produtores tomou como base o trabalho do SEBRAE-RO (2002), referente ao diagnóstico do agronegócio do leite e seus derivados do estado de Rondônia, onde o menor estrato foi de até 50 litros.

Esses grupos de produtores serão comparados, segundo os recursos disponíveis, o perfil tecnológico da produção e os indicadores de eficiência técnica e econômica. Com isso, objetiva-se verificar os requerimentos necessários de recursos produtivos, em cada grupo. Por fim, na última parte, foi utilizada a regressão linear, objetivando identificar a ação de fatores explicativos na eficiência da propriedade.

### **2.3.1. Obtenção das medidas de eficiência**

Para executar os modelos, foi necessário construir duas matrizes de dados, uma contendo os insumos utilizados pelos produtores e outra relacionada com produtos. A matriz  $X$  de insumos, de ordem  $(k \times n)$ , é composta por  $k$  insumos, utilizados por  $n$  produtores. Já a matriz  $Y$  de produtos, de ordem  $(m \times n)$ , é composta por  $m$  produtos, produzidos pelos  $n$  produtores. Neste trabalho, utilizaram-se quatro variáveis, correspondentes aos insumos ( $k=4$ ), e uma relacionada com produtos ( $m=1$ ). São elas:

- $Y_1$  - Produção anual de leite, em litros.
- $X_1$  - Área destinada ao gado, medida em hectares, obtida somando-se as áreas com pastagens (natural e formada), cana-de-açúcar, capineira e silagem. Esse



fator é importante tanto na influência que exerce na produção de matéria-verde quanto na alta participação do valor da terra no capital total da empresa.

- $X_2$  - Quantidade total de vacas, considerando-se tanto as em lactação quanto as falhadas. Essa é uma variável importante, uma vez que vários trabalhos relacionados à produção leiteira consideram a produtividade das vacas como uma medida de desempenho da atividade.
- $X_3$  – Custo operacional efetivo, obtido somando-se os gastos com mão-de-obra contratada, concentrados, minerais, manutenção de forragens verdes, silagem, medicamentos, hormônios, reparos de máquinas e benfeitorias, transporte do leite, impostos, aleitamento artificial, materiais de ordenha, energia e combustível.
- $X_4$  – Capital investido em benfeitorias, máquinas e animais.

Essas variáveis foram também utilizadas por GOMES et al. (2003), SILVA et al. (2001) e ARZUBI e BERBEL (2002).

Vale destacar que o uso de variáveis medidas em valor monetário não significa dizer que é obtida a eficiência econômica das empresas. Para isso, é necessário, além de calcular a eficiência técnica, estimar a eficiência alocativa, sendo, para esta última, necessário o preço dos insumos

Após a organização das matrizes de dados, procedeu-se à execução dos modelos. Em todos os modelos utilizou-se a orientação insumo para o cálculo das medidas de eficiência. Isso significa que se objetivou encontrar a redução proporcional no uso dos insumos pelos produtores, sem que essa redução comprometa a produção. Além disso, todos os modelos foram calculados pelo procedimento de dois estágios, para obtenção das folgas.

Inicialmente, formulou-se o problema de programação linear pressupondo-se retornos constantes à escala. O objetivo foi obter medidas de eficiência técnica para cada produtor da amostra. Essa medida de eficiência técnica, sob o paradigma de retornos constantes, pode ser decomposta em duas componentes – uma medida de eficiência de escala e uma medida de pura eficiência técnica.

Para saber qual a influência da escala de produção na ineficiência técnica de alguns produtores, foi necessário construir outro modelo de programação linear, pressupondo retornos variáveis. Para isso, adicionou-se uma restrição de convexidade ao modelo com retornos constantes. Obtidas as medidas de eficiência técnica para o modelo com retornos variáveis, a medida de eficiência de escala foi obtida da seguinte forma:

$$EE = \frac{ET_{RC}}{ET_{RV}} \quad (16)$$

em que EE é a medida de eficiência de escala;  $ET_{RC}$  é a medida de eficiência técnica no modelo com retornos constantes; e  $ET_{RV}$  é a medida de eficiência técnica no modelo com retornos variáveis.

Para saber se determinado produtor, que possui eficiência de escala menor que um, está operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes à escala, um terceiro modelo de programação linear foi formulado. Nesse problema, consideraram-se retornos não-crescentes à escala. Assim, conforme a medida de eficiência técnica encontrada nesse modelo, pode-se determinar qual o tipo de retorno à escala em que esses produtores estão operando, pela comparação desse resultado com aquele encontrado no modelo com retornos variáveis, isto é, caso a medida de eficiência técnica, no modelo com retornos não-crescentes, seja igual àquela do modelo com retornos variáveis, têm-se retornos decrescentes à escala. Caso contrário, têm-se retornos crescentes.

Conhecido o tipo de retorno para cada produtor, caracterizou-se, mediante análise tabular, a escala de produção. Para isso, foram utilizadas médias aritméticas de variáveis que descrevem o tamanho da produção, quais sejam a produção diária de leite, o número de vacas e a área destinada ao gado.

O passo seguinte consistiu em separar os produtores em dois grupos: o primeiro consistiu de 30% dos produtores mais eficientes e o segundo foi formado pelos produtores que são os 30% mais ineficientes. Após a separação

dos grupos, compararam-se os produtores segundo o valor médio de alguns indicadores de eficiência, que são:

1. Produção de leite, incluindo-se a venda e o autoconsumo, medida em litros por dia.
2. Produtividade das vacas, medida em litros de leite por dia/vaca em lactação.
3. Produtividade do trabalho, medida em litros de leite por ano/mão-de-obra (em R\$), incluindo-se mão-de-obra contratada e familiar.
4. Produtividade da terra, medida em litros de leite por ano/hectare destinado ao gado.
5. Produtividade do capital circulante, medida em litros de leite por ano/custo operacional efetivo.
6. Produtividade do capital operacional total, medida em litros de leite por ano/custo operacional total, definido por MATSUNAGA et al. (1976). O custo operacional total é composto do custo operacional efetivo (implica desembolso) mais os valores correspondentes à mão-de-obra familiar e à depreciação de máquinas e benfeitorias.
7. Relação entre o valor da mão-de-obra familiar (custo de oportunidade igual a preço de mercado) e o valor do total da mão-de-obra (familiar + contratada).
8. Renda bruta/custo operacional efetivo.
9. Renda bruta/custo operacional total.
10. Margem bruta, igual à renda bruta menos o custo operacional efetivo.
11. Resíduo para remunerar o capital investido em terra, benfeitorias, máquinas, animais e o empresário. O resíduo é igual à renda bruta menos o custo operacional total. Esse resíduo também pode ser chamado de margem líquida.

### **2.3.2. Caracterização dos produtores estratificados por volume de produção**

Os produtores foram divididos em dois grupos: um representando produção média diária de leite de até 50 litros e o outro grupo representando produção média diária de leite de mais 50 litros. Foram comparados, de acordo

com recursos disponíveis, perfil tecnológico da produção e indicadores de desempenho, conforme descrito a seguir.

#### *Recursos disponíveis*

- Área destinada ao gado de leite, medida em hectares;
- Estoque de capital 1: corresponde ao capital investido em terra, benfeitorias, máquinas e animais;
- Estoque de capital 2: corresponde ao capital investido em benfeitorias, máquinas e animais. A separação do estoque de capital em duas partes, com terra e sem terra, objetivou efetuar uma análise mais precisa da disponibilidade desse recurso;
- Número de vacas em lactação;
- Número total de vacas (em lactação mais secas); e
- O fator trabalho foi medido de duas formas: uma em valor monetário e outra em quantidades anuais de serviços, expressa em dias-homem. Em ambos os casos, separou-se a mão-de-obra familiar da contratada.

#### *Perfil tecnológico*

As variáveis desse grupo referem-se à frequência de adoção de tecnologias pelos produtores. As tecnologias consideradas foram cana e uréia, silagem, inseminação artificial e duas ordenhas diárias e qualidade genética.

#### *Indicadores de desempenho*

Os indicadores empregados foram

- Produção de leite, incluindo-se a venda e o autoconsumo, medida em litros por dia;
- Produtividade das vacas, medida em litros de leite por dia/vaca em lactação;
- Produtividade da terra, medida em litros de leite por ano/hectare destinado ao gado;
- Produtividade do capital circulante, medida em litros de leite por ano/custo operacional efetivo;

- Produtividade da mão-de-obra, medida pela relação entre a produção anual de leite e a quantidade anual utilizada de mão-de-obra, em dias-homem, tanto familiar quanto contratada; e
- Relações entre os fatores utilizados, ou seja, capital circulante/área, capital circulante/mão-de-obra e mão-de-obra/área. O objetivo foi verificar a intensidade relativa no uso desses recursos, para cada estrato de produtividade.

Os indicadores de eficiência econômica são custo operacional efetivo, custo operacional total, custo total, margem bruta e margem líquida.

### 2.3.3. Identificando os fatores explicativos da eficiência

A Regressão Linear foi usada para identificar a importância relativa dos fatores explicativos da eficiência dos produtores, utilizando o seguinte modelo econométrico:

$$E = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6DX_1 + b_7DX_2 + b_8DX_3 + b_9DX_4 + b_{10}DX_5 + e \quad (17)$$

em que a variável dependente é a medida de eficiência. As variáveis explicativas foram:

- $X_1$ - produção anual de leite medida em litros,
- $X_2$ - área utilizada para gado, medida em hectares;
- $X_3$ - número de vacas total do rebanho;
- $X_4$ - mão-de-obra total para manejo do rebanho medida em R\$; e
- $X_5$ - custo operacional total em R\$.

A variável D representa uma *dummy* com valores iguais a 1 para os pequenos produtores e  $\varepsilon$  representa o erro aleatório.

## 2.4. Fonte de dados

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados pelo SEBRAE-RO (2002), referentes ao diagnóstico do agronegócio do leite e seus derivados do estado de Rondônia. Para esse diagnóstico foram entrevistados 457 produtores, sendo aplicados 343 questionários para a coleta de dados qualitativos e 114 para dados quantitativos. A atual pesquisa utiliza apenas os questionários com dados quantitativos, dos quais dois foram excluídos por falta de algumas informações. Os dados levantados referem-se ao ano 2001/2002, especificamente de junho de 2001 a maio de 2002. Foram utilizados preços médios de insumos, serviços e produtos referentes a esse período.

De acordo com ALI e SEIFORD (1993), para que a análise tenha resultados satisfatórios, é necessário que o número de unidades analisadas seja, pelo menos, três vezes o número de insumos e produtos, isto é, considerando-se N o número de unidades de produção, X o número de insumos e Y o número de produtos relativo às unidades, a quantidade necessária de unidades que deve compor a amostra pode ser estimada pela seguinte expressão:

$$N.^{\circ} \text{ de unidades necessárias } \geq 3 \times (X + Y)$$

Como  $N = 112$ ,  $X = 4$  e  $Y = 1$ , não haverá problemas nas estimativas dos modelos.

Neste estudo, as unidades de produção analisadas referem-se aos produtores de leite; por utilizarem insumos semelhantes para produzirem os mesmos produtos e terem certa autonomia na tomada de decisão, eles se encaixam perfeitamente nas definições de DMUs a serem analisadas pela técnica DEA.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Análise da eficiência técnica relativa dos produtores de leite**

Inicialmente, através de programação linear, e pressupondo retornos constantes à escala, obtiveram-se as medidas de eficiência técnica de cada produtor. Em seguida, a pressuposição de retornos constantes à escala foi retirada, adicionando-se uma restrição de convexidade, a qual possibilitou a obtenção das medidas de eficiência no paradigma de retornos variáveis (VRS). Posteriormente foram calculadas as medidas de eficiência de escala (SCALE) para cada produtor, que equivalem à razão entre as medidas de eficiência técnica com retornos constantes e retornos variáveis.

Os resultados das medidas de eficiência técnica com retornos constantes e variáveis e as medidas de eficiência de escala são apresentados na Tabela 2. Na média, os produtores tiveram uma eficiência de 0,61 sob a pressuposição de retornos constantes, ou seja, os produtores poderiam reduzir seus gastos com insumos em até 39% e, ainda, produzir o mesmo nível de produto.

Tabela 2 - Distribuição dos produtores segundo intervalos de medidas de eficiência técnica e de escala (E), obtidas nos modelos que utilizaram a DEA

Nível de eficiência (E)	Eficiência técnica		Eficiência de escala (n.º de produtores)
	N.º de produtores		
	Retornos constantes	Retornos variáveis	
E = 1,0	5	15	5
0,9 ≤ E < 1,0	9	8	42
0,8 ≤ E < 0,9	9	21	21
0,7 ≤ E < 0,8	11	21	16
0,6 ≤ E < 0,7	19	19	12
0,5 ≤ E < 0,6	21	22	10
0,4 ≤ E < 0,5	21	5	5
E < 0,4	17	1	1
TOTAL	112	112	112
Medida de eficiência			
Média	0,61	0,75	0,82
Desvio-padrão	0,20	0,17	0,16
Mínima	0,11	0,37	0,37
Máxima	1,00	1,00	1,00

Fonte: Dados da pesquisa.

As medidas individuais mostraram que, dos 112 produtores, cinco estão operando com eficiência igual a um, ou seja, só 4,5% dos produtores atingem a máxima eficiência técnica. A máxima eficiência técnica implica que não existe outro produtor mais eficiente produzindo o mesmo nível de produto, usando a mesma combinação de insumos. Acima da média de eficiência de 0,7 pode-se constatar que 34 produtores (ou aproximadamente 30% da amostra) e 38 produtores, ou 34%, se encontram com medida de eficiência inferior a 0,5.

Para captar o efeito da escala de produção no grau de eficiência técnica, relaxou-se a pressuposição de retornos constantes e obtiveram-se os modelos



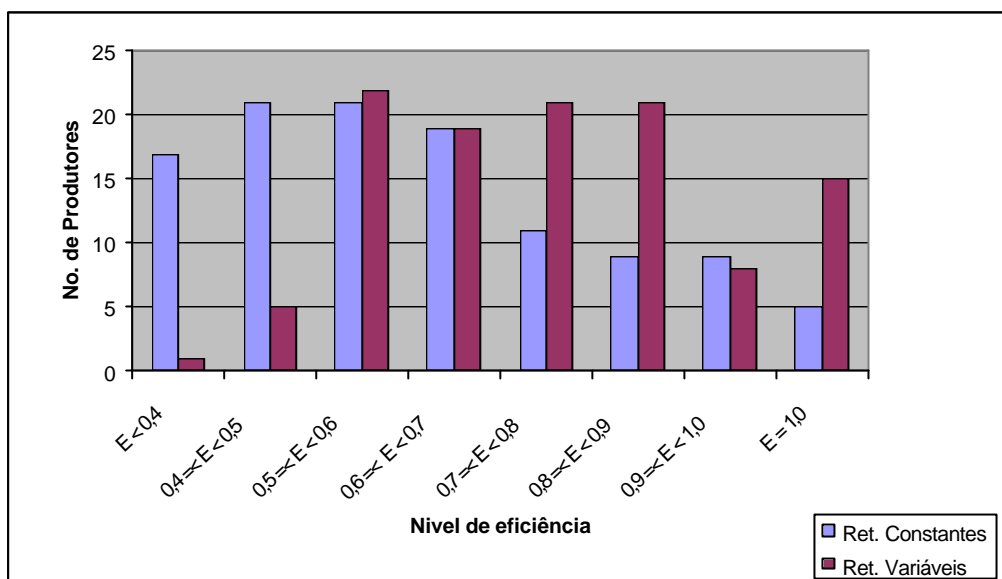
com retornos variáveis à escala, através da adição da restrição de convexidade nos modelos com retornos constantes à escala.

Ao considerar esses retornos variáveis, o número de produtores eficientes subiu de 5 para 15. Como visto anteriormente, uma condição para que o produtor apresente máxima eficiência técnica, com retornos constantes à escala, é que sua eficiência técnica, quando se consideram retornos variáveis, seja também máxima. Isso significa que, dos 15 produtores com eficiência técnica igual a um no modelo com retornos variáveis, cinco deles são igualmente eficientes no modelo com retornos constantes.

O desvio-padrão da média, no modelo com retornos variáveis, foi inferior àquele calculado no modelo com retornos constantes. Isso indica maior concentração de produtores nos estratos de maiores medidas de eficiência, o que pode ser observado na Figura 6. Enquanto com retornos constantes o número de produtores com média de eficiência técnica superior a 0,7 foi de 34, no caso de retornos variáveis esse número subiu para 65, ou aproximadamente 58%. No outro extremo, o número de produtores com eficiência técnica abaixo de 0,5 passou de 38 (retornos constantes) para 6 (retornos variáveis).

Verificou-se, também, que a média de eficiência técnica com retornos variáveis foi maior do que a média com retornos constantes. Esses resultados melhores encontrados devem-se ao fato de o modelo com retornos variáveis não levar em consideração a existência de ineficiência de escala.

A medida de eficiência de escala é obtida pela razão entre as medidas de eficiência técnica, nos modelos com retornos constantes e com retornos variáveis. Se essa razão for igual a um, o produtor estará operando na escala ótima. Caso contrário, o produtor será tecnicamente ineficiente, pois não estará operando na escala ótima e poderá estar operando com retornos crescentes ou decrescentes à escala. Deve-se notar que a escala ótima para a técnica DEA refere-se operar com retornos constantes à escala e não, necessariamente, no ponto de mínimo custo médio na curva de longo prazo.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 6 - Distribuição dos produtores segundo intervalos de medidas de eficiência técnica, obtidas nos modelos que utilizaram a DEA.

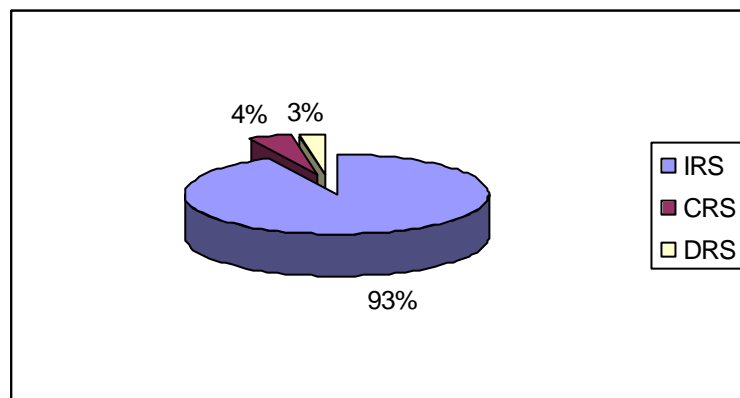
Em média, os produtores de leite possuem eficiência de escala igual a 0,82. Isso significa que 36% da medida de ineficiência técnica se deve à ineficiência de escala (0,14/0,39). Cinco produtores não têm problemas de escala, o que representa aproximadamente 4% da amostra. Pode-se notar que, todos os cinco produtores estão na fronteira de retornos constantes (CRS), ou seja, estão operando na escala ótima, e os 107 restantes, que não atingiram eficiência de escala máxima, estão operando fora da escala ótima.

Um produtor com ineficiência de escala pode estar operando na faixa de retornos crescentes ou decrescentes de escala. Para encontrar essa informação, adiciona-se uma restrição de retornos não-crescentes à escala, ao modelo de programação linear com retornos variáveis.

Se o resultado de eficiência dos dois modelos for igual, o produtor está na faixa de retornos decrescentes à escala (DRS); caso contrário, ele está na faixa de retornos crescentes à escala (IRS). Estar na faixa de escala de retornos decrescentes ou “supraótima” significa que o produtor está operando acima da

escala ótima de produção. Na faixa de retornos crescente ou “subótima”, o produtor opera abaixo da escala ótima.

Conforme se pode verificar na Figura 7, dos 112 produtores na amostra, 104 estão na faixa de retornos crescentes, o que representa cerca de 93% da amostra. Isso implica que esses produtores podem aumentar sua eficiência técnica mediante o aumento do tamanho da sua produção. Por outro lado, três produtores estão operando na faixa de retornos decrescentes, o que representa 3% da amostra. Estes produtores poderiam aumentar sua eficiência técnica, caso reduzissem o tamanho da produção.



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 7 - A eficiência de escala dos produtores de leite de Rondônia.

Após separar os produtores por escala de produção, analisaram-se algumas variáveis relacionadas com o tamanho da atividade. Os dados da Tabela 3 referem-se à média dessas variáveis, para os produtores separados segundo a escala de produção.

Os resultados da Tabela 3 indicam que 104 produtores estão operando abaixo da escala ótima, ou seja, poderiam aumentar a produção a custos decrescentes. Esses produtores produzem, em média, 52 litros de leite por dia utilizando 26 vacas, 13 destas em lactação, e 41 hectares de área destinada ao

gado. Caso esses produtores aumentassem o tamanho da produção, até obterem escala ótima, poderiam aumentar a eficiência técnica, passando de 0,59 para 0,73, em média. Isso representa um aumento médio de 14 pontos percentuais na medida de eficiência técnica.

Tabela 3 - Produção diária, tamanho do rebanho leiteiro, área destinada ao gado e medida de eficiência técnica dos produtores da amostra, separados por escala de produção, Rondônia, 2002

Especificação	Ótima (Constante)	“Subótima” (Crescente)	“Supraótima” (Decrescente)
1. Nº de produtores	5	104	3
2. Produção (litro/dia)			
Média	268	52	349
Mínima	127	8	273
Máxima	583	267	500
3. Nº total de vacas (cab.)			
Médio	78	26	111
Mínimo	32	3	90
Máximo	140	140	160
4. Nº vacas em lactação (cab.)			
Médio	59	13	71
Mínimo	25	2	66
Máximo	100	60	80
5. Área para o gado (ha)			
Média	90,53	40,62	118,91
Mínima	19,36	3,50	104
Máxima	175,00	193,00	148,50
6. Eficiência técnica			
Retornos constantes	1,00	0,59	0,90
Retornos variáveis	1,00	0,73	0,93

Fonte: Dados da pesquisa.

Por outro lado, três produtores estão operando em escala acima da ótima, isto é, estão gastando muito naquilo que produzem. Eles produzem, em média, 349 litros, utilizando 111 vacas, 71 destas em lactação, e 119 hectares de área destinada ao gado. A redução da produção pode levá-los a aumentar a eficiência técnica, que passaria de 0,90 para 0,93, em média. Caso os produtores passassem a operar em escala ótima, verificar-se-ia aumento de 3 pontos percentuais na medida de eficiência técnica. Para ser tecnicamente eficiente, restaria aos produtores a redução no uso de insumos, que seria da ordem de 7%.

É interessante observar que, mesmo operando fora da escala ótima, a média de eficiência técnica dos maiores produtores (supraótima) é significativamente maior que a dos pequenos (subótima).

De acordo com Jaforullah e Whiteman (1998), citados por GOMES (1999), é importante salientar que a DEA constrói um único padrão de referência ótimo para cada produtor ineficiente da amostra. Entretanto, a escala ótima de produção difere para cada produtor, em virtude de sua configuração particular de insumos e produtos. Assim, os dados apresentados na Tabela 3 devem ser interpretados com cautela, uma vez que representam a média das variáveis. Os resultados sugerem que a produção de leite média dos produtores que estão operando em escala ótima seja de 268 litros diários; contudo, deve-se também observar a grande amplitude entre o mínimo e o máximo observados.

### **3.2. Análise dos produtores, separados em grupos de eficiência**

Nesta seção, após a aplicação do modelo DEA, com retornos constantes, foram analisados os indicadores que representam a média de todos os produtores que são 30% mais eficientes (grupo 1) e de todos os produtores que são 30% mais ineficientes (grupo 2). Os resultados dessa comparação podem ser verificados na Tabela 4.

Tabela 4 - Indicadores selecionados para comparação dos produtores, separados em grupos de eficiência, Rondônia, 2002

Especificação	Unidade	30% mais eficientes	30% mais ineficientes
Número de produtores	Ud	34	34
Medida de eficiência técnica	%	0,87	0,39
Produção de leite	Litro/dia	146,54	30,13
Produtividade das vacas	Litro/VL/dia	4,68	3,35
Produtividade do trabalho	Litro/R\$	17,14	6,52
Produtividade da terra	Litro/ha	911,95	282,79
Produtividade do capital circulante	Litro/R\$	9,97	7,92
Produtividade do capital operac. total	Litro/R\$	4,36	1,95
Mão-de-obra familiar/mdo total	%	83,55	99,73
Renda bruta/custo operac. efetivo	Ud	3,24	3,54
Renda bruta/custo operacional total	Ud	1,44	0,88
Margem bruta (renda bruta – COE)	*SM/ano	56,40	12,15
Resíduo p/ remun. terra, cap. e empr.	SM/ano	28,53	-1,26

Fonte: Dados da pesquisa.

\* SM – Salário Mínimo.

Em média, os 30% mais ineficientes apresentaram medida de eficiência técnica de 0,39, o que indica que a utilização de insumos pode ser reduzida em até 61%, embora continuem a produzir a mesma quantidade. Para o grupo 1, a média calculada para a eficiência técnica foi de 0,87, significando que a utilização de insumos pode ser reduzida em até 13%.

Em geral, pode-se notar que os 30% mais eficientes apresentam um quadro mais favorável nas médias dos indicadores. Na produção diária de leite, eles são superiores em cerca de 386% e, na produtividade das vacas, em cerca de 40%.

As médias das produtividades dos fatores de produção, terra, trabalho e capital indicam que eles são mais bem aproveitados nas propriedades dos 30% mais eficientes, já que eles são significativamente maiores.

Nas comparações individuais, a diferença entre a produtividade do capital circulante e a produtividade do capital operacional total, para o mesmo

grupo de produtores, é maior nos 30% mais ineficientes. Isso indica maior custo da mão-de-obra familiar e, ou, maior valor da depreciação de máquinas e benfeitorias por parte dos produtores do grupo 2. De fato, embora a proporção do custo da mão-de-obra familiar em relação ao custo total da mão-de-obra seja alta, para o grupo 1, é cerca de 84%, menor do que a média do Grupo 2, em que a proporção do custo é quase de 100%, ou seja os 30% mais ineficientes utilizam quase 100% de mão-de-obra familiar nas suas propriedades.

Ao analisar aos indicadores que medem o desempenho econômico da atividade, a tendência verificada anteriormente foi invertida ao se considerar a relação renda bruta/custo operacional efetivo no grupo dos 30% mais ineficientes: ao gastarem um real eles conseguem um retorno de 3,54 reais, enquanto os 30% mais eficientes conseguem 3,24 para cada real desembolsado, ou seja, cerca de 10% a mais. No entanto ao verificar a relação renda bruta/custo operacional total, percebe-se que isso não foi suficiente para garantir uma relação maior que 1, que lhes garantiria uma renda bruta que cobriria o custo operacional total. Nos 30% mais eficientes essa relação foi maior que 1, que garantiria que o custo operacional total seja coberto. Essa situação pode ser explicada ao se lembrar que, na relação mão-de-obra familiar/mão-de-obra total, os 30% mais ineficientes usavam quase 100% de mão-de-obra familiar, que podia pesar no custo operacional total.

Nota-se que a margem líquida, no caso dos 30% mais ineficientes, se apresenta negativa; isso quer dizer que, além de não pagarem totalmente os custos com mão-de-obra familiar e depreciação de máquinas e de benfeitorias, ou seja, todos os custos variáveis, não conseguem também remunerar a terra, o capital investido e o empresário. A permanência dessa situação de prejuízo vai depender do custo variável médio de cada produtor. Caso o preço recebido por seu produto seja maior que o custo variável médio, o produtor tem condições de permanecer na atividade, no curto prazo. Entretanto, no longo prazo, essa situação não pode persistir, uma vez que os fatores fixos não estão sendo remunerados.

### **3.3. Análise dos produtores estratificados por volume de produção**

Nesta seção, os produtores são divididos em dois grupos, segundo a produção média diária, e comparados entre si, de acordo com os recursos disponíveis do produtor, com o perfil tecnológico da produção e com os indicadores de eficiência técnica e econômica.

#### **3.3.1. Comparação em relação aos recursos disponíveis**

Os recursos disponíveis são referentes aos que são utilizados de terra, trabalho e capital no processo produtivo da atividade leiteira, sendo apresentados na Tabela 5.

Em relação aos dados apresentados na Tabela 5, pode-se verificar que há mais produtores na faixa de até 50 litros/dia do que acima de 50 litros/dia (73 contra 39), o que reforça a tese de que existe uma predominância de pequenos produtores no estado de Rondônia. Aqueles que produzem acima de 50 litros utilizam em média cerca de 79 hectares de terra para a atividade leiteira, enquanto os que produzem até 50 litros utilizam 27 hectares.

Isso confirma a situação da produção de leite no Brasil, onde existe a concentração de produção e a heterogeneidade do produtor de leite. Essa distribuição exige cautela na interpretação das estatísticas lácteas. Médias de produção e de produtividade, considerando-se a produção total, têm pouco poder de explicação, visto que o grande número de pequenos produtores arrasta para baixo essas médias (SEBRAE-RO, 2002).

Ao analisar o capital empatado na propriedade, verifica-se que, ao aumentar a produtividade de leite, mais volume de capital está sendo empregado; isso pode confirmar que, para operar sistemas mais especializados, é necessário investimento.



Tabela 5 - Valores médios das variáveis relacionadas com recursos disponíveis dos dois grupos de produtores, estratificados segundo a produção média das vacas, Rondônia, 2002

Especificação	Unidade	Estratos de produção (litro/dia)		Média ponderada
		Até 50	> 50	
N <sup>o</sup> de produtores	Ud.	73	39	-
Eficiência técnica	Ud.	0,53	0,77	0,61
Área destinada ao gado de leite	Hectare	27,01	78,52	44,94
Estoque de capital 1*	R\$	45.865,04	152523,75	83.005,13
Estoque de capital 2*	R\$	23.543,81	79.393,14	42.991,34
Valor da terra/estoque de capital 1	%	47,05	47,59	47,24
Valor das benfeitorias/estoque de capital 1	%	20,90	14,25	18,61
Valor das máquinas/estoque de capital 1	%	1,36	2,73	1,84
Valor dos animais/estoque de capital 1	%	30,65	35,44	32,31
N <sup>o</sup> de vacas em lactação (VL)	Cabeça	7,59	34,08	16,66
N <sup>o</sup> total de vacas (VT)	Cabeça	15,85	58,64	30,75
Mão-de-obra contratada p/ manejo	D.h.	0,81	69,77	24,82
Valor da mão-de-obra contratada	R\$	5,79	737,07	260,44
Mão-de-obra familiar p/ manejo	D.h.	107,28	250,58	157,18
Valor da mão-de-obra familiar	R\$	1.139,68	2.705,40	1.684,89
Valor mdo familiar/valor mdo total	%	99,49	78,59	83,80

Fonte: Dados da pesquisa.

\* Estoque de capital 1: capital investido em terra, benfeitorias, máquinas e animais.  
Estoque de capital 2: capital investido em benfeitorias, máquinas e animais.

É interessante notar que os dois estratos têm, proporcionalmente, quase o mesmo valor de capital empatado em terra, e esse valor representa cerca de 50% do valor de capital utilizado na propriedade para ambos. Isso demonstra que os sistemas de produção predominantes em Rondônia são extensivos. De acordo com FERREIRA FILHO (1999), no Brasil, as terras agrícolas tendem a incorporar um componente de reserva de valor, além de seu valor específico no processo produtivo. Esse fato pode explicar o fenômeno observado nessas propriedades, mesmo que as quantidades absolutas deste fator sejam pequenas: em média 45 hectares.

Os produtores que produzem mais de 50 litros/dia investem mais em animais e máquinas, em comparação com aqueles que produzem até 50 litros de leite/dia. Ambos investem relativamente pouco em máquinas, o que pode ilustrar o baixo nível de tecnologia mecânica nos sistemas de produção adotados. Esse investimento de mais capital em máquinas e animais, dos produtores maiores, foi também observado por GOMES (1999), assim como o investimento em maiores proporções em benfeitorias por aqueles que produzem até 50 litros de leite/dia.

Em relação ao número de vacas, pode ser observado que, aumentou tanto o número total de vacas como a percentagem de vacas em lactação (48% contra 58%) no estrato de maior produção em relação daquele de até 50 litros/dia.

No recurso trabalho, verifica-se a grande diferença entre mão-de-obra contratada e mão-de-obra familiar com a utilização maior da segunda. Do total de mão-de-obra utilizada, cerca de 99% era familiar. Percebe-se que, ao aumentar a produção, aumenta-se a necessidade da mão-de-obra contratada, ou seja, ao aumentar a produção de leite, torna-se necessário maior contratação de mão-de-obra para o manejo do rebanho, como é o caso dos produtores que produzem acima de 50 litros/dia em que há o aumento de 0,81 dias-homem para 69,77 dias-homem em relação aos produtores que produzem até 50 litros/dia.

Comparando o valor da mão-de-obra familiar com o valor total da mão-de-obra utilizada para manejo, constata-se que a participação do valor da mão-de-obra familiar decresce à medida que aumenta a produção média do rebanho. No estrato de até 50 litros/dia, enquanto o valor da mão-de-obra familiar chega a 99,50% do valor total da mão-de-obra, no estrato de maior produtividade essa relação diminui para 78,59%. Mesmo assim, verifica-se alta percentagem de mão-de-obra familiar, o que reflete a importância da atividade na ocupação da mão-de-obra familiar.

Conhecendo a quantidade de dias trabalhados e o valor desse serviço, pode-se inferir o pagamento médio de um dia de trabalho. De acordo com os dados da Tabela 4, no período de junho 2001 a maio 2002, o salário médio diário de um dia de trabalho contratado, para o estrato de até 50 litros/dia foi, de R\$ 7,15 (R\$ 5,79/0,81dias-homem); para o estrato acima de 50 litros/dia esse valor

foi de R\$ 10,56 (R\$ 737,07/69,77 dias-homem). A explicação para as diferenças nas remunerações está relacionada com a qualificação da mão-de-obra. No que se refere à mão-de-obra contratada, pode-se dizer que uma atividade tecnologicamente mais intensiva - a qual possibilita melhores produtividades - requer mão-de-obra mais qualificada para seu manejo. Com isso, espera-se que os trabalhadores, nessas propriedades, por serem mais bem treinados, requeiram melhores salários.

Para a mão-de-obra familiar, o valor estipulado diário foi de R\$ 10,65 (R\$ 1139,68/107,28 dias-homem) para o estrato de até 50 litros/dia, e, para o estrato de acima de 50 litros/dia, foi de R\$ 10,80, ou seja, não houve diferença significativa na remuneração da mão-de-obra familiar nos dois estratos. É interessante notar que o pessoal da região valoriza mais a própria mão-de-obra do que a contratada.

Resumindo o que foi discutido até aqui, podem-se notar algumas tendências claras: a maior parte do capital das propriedades está empatada em terras em ambos os estratos de produção, o que confirma a característica extensiva dos sistemas de produção; quem produz mais apresenta maior percentual de capital em máquinas e animais; o número de vacas aumenta no estrato de maior produção - maior número de animais, associado à maior produtividade, implica maior volume de produção; e ao aumentar a produção, mais mão-de-obra é contratada, mas, mesmo assim, a característica da produção é de maior uso de mão-de-obra familiar, embora essa percentagem seja reduzida ao se aumentar a produção. Também, com o crescimento da produção, o valor de mão-de-obra contratada aumenta, já que para aumentar a produção requer-se mão-de-obra qualificada, o que significa melhor remuneração.

### **3.3.2. Comparação em relação à adoção de tecnologias**

Os dados apresentados na Tabela 6 referem-se às variáveis que representam os indicadores de adoção de tecnologia, estando relacionadas com alimentação, manejo de rebanho e qualidade genética.

Tabela 6 - Indicadores de adoção de tecnologia pelos produtores eficientes, estratificados segundo a produção média das vacas em lactação, Rondônia, 2002

Especificação	Unidade	Estratos de produção	
		Até 50	Acima de 50
Frequência de adoção de cana + uréia	%	0	3
Frequência de adoção de silagem	%	1	0
Frequência de adoção de concentrado	%	8	18
Frequência de adoção de inseminação artificial	%	0	3
Frequência de adoção de duas ordenhas diárias	%	0	5
Vacas com mais de ½ sangue holandês	%	9,6	24,8
Vacas de ½ sangue holandês	%	20,9	31,6
Vacas com menos de ½ sangue holandês	%	69,5	43,6

Fonte: Dados da pesquisa.

Em geral, pode-se perceber que o uso dessas variáveis é muito baixo e às vezes inexistente, o que significa que baixo nível de adoção de tecnologia em ambos os estratos. Isso é uma indicação de que na atividade leiteira em Rondônia não ocorrem sistemas mais especializados, já que uma das indicações de um sistema especializado é o alto nível de adoção de tecnologia. De acordo com GOMES (2003a), maior produtividade é decorrente de maior adoção de tecnologia.

A pouca frequência de uso de cana + uréia pode estar relacionada à disponibilidade de pastagem na maior parte do ano, já que as características da região são as elevadas temperaturas médias durante o ano todo e os altos índices de precipitação pluviométrica, que ajudam no desenvolvimento da pecuária extensiva, baseada na alimentação a pasto (REVISTA BALDE BRANCO, 2002a).

Uma outra tecnologia que praticamente não foi adotada é a suplementação de concentrados, cuja frequência de uso no estrato de até 50 litros/dia foi só de 8%, enquanto no estrato de maior produção ela foi de 18%.

A resposta dos animais ao fornecimento de suplementação concentrada e

volumosa é baseada na aptidão leiteira, que é revelada pelo grau de sangue holandês, ou de outra raça européia, predominante no rebanho. Considerando que o rebanho especializado na produção leiteira seja aquele em que predominam vacas com grau de sangue superior a  $\frac{1}{2}$  holandês-zebu, pode-se verificar que, no estrato de menor produção, só 9,6% dos animais são classificadas com tal, enquanto no estrato de maior produção essa percentagem não chega a 25%. Isso é uma indicação de que esses sistemas de produção são pouco especializados para produção de leite.

Animais pouco especializados dão pequena resposta aos estímulos de uma alimentação melhorada, e isso se traduz em baixa produtividade e em elevados custos médios de produção.

ALVES (1999), ao analisar o preço de sobrevivência dos sistemas de produção de leite, afirmou que os sistemas baseados em gado com predominância de sangue zebu são os de menor preço de sobrevivência. Esse preço seria aquele abaixo do qual os produtores interrompem a produção, ou seja, corresponde ao custo médio mínimo. Segundo esse autor, esses sistemas possuem curvas de oferta inelástica, uma vez que pouco responde, quanto às quantidades produzidas, aos estímulos de preço. Nesse sentido, o crescimento da produção, baseado em sistemas de gado zebu, estaria condicionado à expansão da bacia leiteira. Entretanto, esse crescimento atingiria um ponto em que o custo do transporte seria tão significativo que o preço líquido recebido pelo produtor ficaria abaixo do preço de sobrevivência. Com isso, em face do aumento da demanda, os preços iriam subir, relativamente, mais que a quantidade ofertada.

Por outro lado, sistemas mais produtivos, em que predominam animais com maior grau de sangue holandês, possuem oferta mais elástica, porém, o preço de sobrevivência é muito maior. Esse tipo de sistema é muito sensível a mudanças nos preços relativos, uma vez que a tecnologia utilizada é menos flexível que a dos sistemas com gado mais rústico, o que representa maior risco para o produtor. HOMEM DE SOUZA (2000) também achou um preço de sobrevivência maior no sistema de gado europeu puro, seguido ao do mestiço, sendo ambos superiores ao do zebu.

Quanto ao manejo do rebanho, selecionaram-se duas variáveis características: o uso de inseminação artificial e a prática de, no mínimo, duas ordenhas diárias. Verifica-se que apenas no estrato de acima de 50 litros/dia houve algum uso dessas duas variáveis, ou seja, a inseminação artificial, que é uma das principais tecnologias, além de ser barata e de retorno garantido para melhorar a qualidade genética, não é muito utilizada nesses sistemas. Assim, os ganhos de produtividade ficam mais difíceis de ser atingidos.

A pouca utilização de suplemento para alimentação e a pouca utilização da segunda ordenha foi também observado por COSTA et al. (1996), que destacou o baixo nível tecnológico como um dos desafios enfrentados pela atividade leiteira em Rondônia.

Segundo GOMES (2003b), um sistema de vacas não-especializadas para a produção de leite combina com pouco uso de concentrado, sanidade de rebanho deficiente e baixo nível de conhecimento do produtor sobre a atividade. É um sistema de baixa produtividade e produz pouco, mas gasta pouco; por essa razão, sobrevive. No outro extremo, um sistema de vacas especializadas para a produção de leite necessita de boas pastagens, alimentação volumosa suplementar de boa qualidade, uso de concentrado, cuidados sanitários e alto nível de conhecimento do produtor sobre a atividade leiteira. É um sistema de alta produtividade, que produz muito, porém seus custos totais são maiores que os do sistema de baixa produtividade.

Quando o rebanho não for especializado para produção de leite, o produtor deve, imediatamente, investir na genética do rebanho, de preferência inseminação artificial, já que o retorno demora, no mínimo, três anos. Enquanto espera os resultados da inseminação, deve investir, aos poucos, na alimentação do rebanho. Assim, ao combinar melhor tratamento com melhores animais e melhor tecnologia, tem-se, como resultado, maior produtividade.

### 3.3.3. Indicadores de desempenho técnico e econômico

Para medir a eficiência dos dois grupos em discussão foram escolhidos alguns indicadores técnicos e econômicos, que serão comparados e discutidos nesta seção. Os indicadores se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores médios das variáveis relacionadas com eficiência técnica e econômica dos produtores, estratificadas segundo a produção média das vacas em lactação, Rondônia, 2002

Especificação	Unidade	Estratos de produção		Média ponderada
		Até 50	Acima de 50	
1. Indicadores de eficiência técnica				
Produção de leite	Litro/dia	26,97	148,97	69,46
Participação do leite na renda bruta	%	57,38	65,64	60,25
Produtividade anual da terra	Litro/ha	474,12	692,32	550,10
Produtividade anual da mão-de-obra	Litro/d.h.	95,55	278,14	160,88
Produtividade das vacas em lactação	Litro/VL/dia	3,63	4,24	3,84
Produtividade de todas as vacas	Litro/VT/dia	1,82	2,29	1,98
Produtividade do capital circulante	Litro/R\$	8,69	8,09	8,48
Produtividade do capital investido	Litro/ano/R\$	0,23	0,36	0,27
Capital circulante anual/área	R\$/ha	62,78	99,44	75,54
Capital circulante anual/mão-de-obra	R\$/d.h.	12,75	31,89	19,60
Mão-de-obra anual/área	d.h./ha	5,58	4,46	5,29
2. Indicadores de eficiência econômica				
Custo operacional efetivo	R\$/litro	0,07	0,09	0,08
Custo operacional total	R\$/litro	0,24	0,17	0,22
Custo total		0,34	0,25	0,31
Margem bruta (renda bruta - COE)	R\$/litro	0,28	0,21	0,25
	R\$/litro	-0,03	0,07	0,01
Margem bruta (renda bruta - COE)	R\$/ano	2.524,30	11.370,76	5.604,76
	R\$/ano	4,00	5.033,92	1.755,47

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar a produtividade anual da terra, verifica-se que ela é maior no estrato de produção acima de 50 litros/dia, ou seja, neste estrato os produtores utilizam a terra mais intensivamente do que no outro estrato. Mesmo com menor área de terra utilizada para gado, o estrato de até 50 litros não produz

quantidade suficiente para alcançar melhor resultado em termos de produtividade desse fator.

Situação semelhante ocorre com o fator trabalho. Mesmo empregando mais mão-de-obra no estrato de maior produção, a produtividade de 278,14 litros/dia homem é maior, em comparação com a do estrato de menor produção (95,55 litros/dia-homem).

Em sistemas de produção onde o custo de oportunidade de um fator é alto, tende-se a ser mais produtivo nesse fator. Como em Rondônia a mão-de-obra é tipicamente familiar e o custo de oportunidade é baixo, percebe-se a baixa produtividade no estrato de produção menor de 50 litros/dia.

A média da produtividade de vacas em lactação para o estrato de até 50 litros foi de 3,63 litros/vaca em lactação/dia, ou 1.324,95 litros/vaca em lactação/ano. Ao verificar a produtividade de todas as vacas, essa média cai para 1,82 litros/vaca total/dia, ou 667,95 litros/vaca total/ano. No estrato acima de 50 litros/dia a média da produtividade foi de 4,24 litros/vaca em lactação/dia, ou 1.547,6 litros/vaca em lactação/ano. Em relação ao total de vacas, essa média cai para cerca da metade. Isso indica a baixa percentagem de vacas que estão em lactação, em relação ao rebanho de vacas.

De acordo com GOMES (2003b), há uma associação positiva entre produtividade e volume de produção, o que pode ser observado entre os dois estratos. Essa relação também foi observada por MELLO et al. (2002), em estudos feitos no sul do Brasil.

Em trabalho realizado no estado de Rio de Janeiro, GOMES (2003c), encontrou associações positivas entre os vários indicadores de produtividade. À medida que cresce a produção de leite/vaca em lactação, aumentam também a produção/total de vacas, a produção/área e a produção/mão-de-obra. Segundo esse autor, essas associações positivas podem ser explicadas pela dificuldade do produtor em aumentar a escala de produção num modelo extensivo, visto que as áreas para gado de leite são relativamente pequenas, na maioria dos casos. A necessidade de aumentar a escala de produção empurra o produtor para modelos mais intensivos de produção de leite.



Em relação à produtividade nacional, em 2001, a produtividade média foi de 3,09 litros/vaca ordenhada/dia, ou 1.127 litros/vaca ordenhada/ano (EMBRAPA, 2003), porém essa produtividade apresenta grande diferenciação no país. De um lado, em 2000, o estado com maior produtividade foi o Rio Grande do Sul, com 1.804 litros/vaca ordenhada/ano (4,9 litros/vaca ordenhada/dia), e o estado de menor produtividade foi o Piauí, que obteve apenas 398,20 litros/ vaca ordenhada/ano (1,09 litro/vaca ordenhada/dia). A média de 1,98 litro/ vaca indica que ainda falta um grande caminho a ser percorrido pelos produtores de Rondônia.

A composição da renda bruta da atividade é um bom indicador da especialização do sistema de produção. As rendas brutas são compostas de receitas derivadas de venda de leite e de animais. Quanto mais especializado o sistema de produção, maior percentagem da renda bruta é derivada de venda de leite. FERREIRA (2002), analisando diferentes sistemas de produção, observou no sistema holandês, considerado o mais especializado, que o leite tem participação de 93% da renda bruta, enquanto, no sistema zebu ela foi de 61%. Essa situação é confirmada aqui, onde, para o estrato de mais 50 litros/dia, a participação do leite na renda bruta foi de 65,64%, maior do que a do estrato de até 50 litros/dia, que foi de 57,38%. Isso é um reflexo do que acontece no campo, quando o preço da carne é melhor em relação ao do leite. Nos sistemas de menor especialização, onde geralmente os animais são criados para carne e leite, o produtor opta por vender seus animais para abate.

Ao verificar a produtividade de capital circulante, percebe-se que no estrato de maior produção a produtividade é menor do que no estrato de produção menor, o que é explicado pelo fato de que, ao aumentar a produção, é necessário maior volume de capital para as atividades; com isso, a produtividade se reduz.

Quando se considera a produtividade de capital investido, a situação inverte; neste caso, a maior produtividade média está no estrato de produção maior. Enquanto a maior produtividade do capital operacional no estrato de menor produção refere-se ao reduzido custo operacional efetivo, a maior produtividade do capital investido no estrato de produção maior refere-se ao

maior volume de produção. Isto porque, apesar do capital investido no estrato maior ser maior, a diferença no volume de produção faz com que a produtividade desse recurso seja maior no estrato de produção maior.

Essa situação se inverte quando se analisa a produtividade dos outros fatores: área e capital. Ao aumentar a produção, a produtividade de ambos aumenta, ou seja, utilizam-se esses fatores mais intensivamente no estrato de maior produção.

Na relação mão-de-obra e área, percebe-se que, ao aumentar a produção, essa relação diminui, indicando que a área é recurso proporcionalmente mais utilizado que a mão-de-obra, quando se aumenta a produção. Pelos dados apresentados na Tabela 7, verifica-se que o custo operacional efetivo é menor no grupo de menor produção, enquanto o custo operacional total e o custo total são menores no grupo de maior produção. Essa situação também foi encontrada por GOMES (2003c), ao analisar as diferenças nas estruturas de custos de grupos de produtores estratificados pela produtividade das vacas.

Segundo esse autor, o COE também pode ser chamado de custo variável. A diferença entre o custo total e o COE fornece o custo fixo. Assim, o custo fixo médio do grupo de menor produção é de R\$ 0,27, enquanto o do grupo de maior produção é de R\$ 0,16.

A explicação para a queda do custo fixo médio é o aumento no volume de produção. Para GOMES (2003c), maior produtividade é acompanhada por maior produção, que, por sua vez, reduz o custo fixo médio. Para pequenas produções, o elevado custo fixo médio do estrato de baixa produtividade é explicado pela subutilização da mão-de-obra familiar (mesmo considerando-se o baixo custo de oportunidade) e pelo investimento realizado, que é alto em relação ao pequeno volume produzido.

Ao comparar os indicadores unitários de “fluxo de caixa”, a margem bruta (renda bruta - COE) e a margem líquida (renda bruta - COT), percebe-se que os pequenos são mais eficientes na margem bruta, ou seja, ao retirar os custos operacionais totais (COE) da renda bruta, eles conseguiram ganhar 28 centavos de real por litro de leite produzido, enquanto em relação à margem

líquida observa-se que os produtores acima de 50 litros de produção diária conseguiram maior ganho por litro. Quando comparados os gastos desembolsados no dia-dia da atividade leiteira (COE), os pequenos produtores conseguiram maior ganho; contudo, ao incrementar os custos de mão-de-obra familiar e depreciação de máquinas e benfeitorias (COT), eles perderam para os produtores maiores.

Ao se compararem os ganhos anuais, verifica-se que os ganhos dos pequenos são menores do que os do grupo de produção maior. Em outras palavras, embora o pequeno produtor tenha menor custo operacional efetivo unitário, a sua produção é muito menor, como tal, a sua renda anual também é pequena.

Segundo GOMES (2003c), o que é mais importante para o produtor? O custo operacional efetivo, por litro, que aumenta com o aumento da produtividade, ou o custo total, por litro, que reduz com o aumento da produtividade? No curto prazo, é o custo operacional, porém, no longo prazo, é o custo total. A manutenção do sistema de produção exige que as receitas cubram, além dos gastos diretos, as depreciações e os juros sobre o capital investido. Quando a receita cobre apenas o custo operacional efetivo, há contínuo processo de empobrecimento do produtor.

### **3.4. Identificação e análise dos fatores explicativos da eficiência**

Nesta seção foi utilizado o modelo de regressão linear para identificar as variáveis que influenciaram a eficiência dos produtores e fazer uma comparação entre os dois grupos já citados anteriormente.

Antes de entrar na análise em si, a Tabela 8 apresenta uma distribuição dos produtores em relação à escala de produção, visando facilitar o entendimento dos resultados obtidos no modelo de regressão.

Tabela 8 - Distribuição dos produtores em relação à escala de produção, Rondônia, 2002

Especificação	Até 50	> 50	Total
N.º de produtores	73	39	112
Retornos constantes	-	5	5
Retornos crescentes	73	31	104
Retornos decrescentes	-	3	3

Fonte: Dados da pesquisa.

Verifica-se que todos os produtores de até 50 litros encontraram-se na escala de produção de retornos crescentes, possível evidência de propriedades pequenas com possibilidades de aumento da produção. No caso do grupo maior de 50 litros, a maioria também encontra-se nessa escala, enquanto três se encontraram na escala de retornos decrescentes e cinco na escala de retornos constantes.

Na Tabela 9 encontram-se os resultados da influência da eficiência técnica pura (VRS) e da eficiência de escala (SCALE) sobre a eficiência técnica global dos produtores, tendo como variável dependente a eficiência calculada em nível de retornos constantes de escala. Utilizou-se de uma variável *dummy* para captar os efeitos de tamanho.

Nesta função, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), para a equação estimada, foi de 0,99, e o valor de intercepto, de - 0,59. Todos os parâmetros estimados foram significativos a 1% pelo teste “t”. O teste “F” também foi significativo a 1%.

Tabela 9 - Comparação em relação à eficiência técnica e eficiência de escala, utilizando como variável dependente a eficiência técnica calculada em nível de retornos constantes à escala, Rondônia, 2002

	Coeficiente	
	> 50	≤ 50
Constante	- 0,59	
VRS	0,98*	0,74*
SCALE	0,60*	0,79*
$R^2 = 0.99$		

Fonte: Dados da pesquisa.

\* Significativa a 1% de nível de probabilidade.

Ao analisar os coeficientes dos parâmetros estimados, verifica-se, para o grupo de mais de 50 litros/dia, que é mais importante melhorar a eficiência técnica pura, a fim de aumentar a sua eficiência, do que a eficiência de escala. O resultado indica que esse grupo deve investir mais em melhorar a sua eficiência técnica, ou seja, devem buscar maneiras de reduzir custos e aumentar a produtividade para melhorar a eficiência técnica global.

Para os pequenos produtores, observa-se que a variável mais importante é a eficiência de escala. Isso sugere que eles têm mais problemas de escala, ou seja, devem aumentar a sua produção para ser mais eficientes. Um dos grandes desafios desta região (Rondônia) é o aumento de escala de produção (REVISTA BALDE BRANCO, 2002a).

Esse resultado mostra o problema que afeta os pequenos produtores de leite é realmente o da pequena escala de produção e devem trabalhar nessa área para poder aumentar o volume de produção para poder aumentar o lucro. Essa situação provavelmente se encontra em outros estados onde existem pequenos produtores de leite.

Na Tabela 10, apresentam-se os dados da estimação da equação que busca identificar a influência de algumas variáveis sobre a eficiência técnica, considerando-se retornos variáveis. Utilizou-se de uma variável *dummy* para captar os efeitos dos pequenos produtores (que produz até 50 litros/dia).

Tabela 10 - Coeficientes dos parâmetros estimados na equação, utilizando como variável dependente a eficiência técnica, calculada em nível de retornos variáveis à escala (VRS), Rondônia, 2002

	Coeficiente	
	> 50	≤ 50
Constante	0,88	0,88
Produção anual	$1,03 \times 10^{-5} *$	$3,20 \times 10^{-5} *$
Área utilizada	$-1,59 \times 10^{-3} *$	$-4,86 \times 10^{-3} *$
Vaca total	$-2,00 \times 10^{-3} **$	$-6,00 \times 10^{-3} **$
Mão-de-obra	$2,96 \times 10^{-5} **$	$2,96 \times 10^{-5} **$
COT	$-3,77 \times 10^{-5} *$	$-7,25 \times 10^{-5} *$
R <sup>2</sup>	0,75	

Fonte: Dados da pesquisa.

\* Significativo a 1% de nível de probabilidade.

\*\* Significativo a 5% de nível de probabilidade.

\*\*\* Significativo a 10% de nível de probabilidade.

Nesta função, o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), para a equação estimada, foi de 0,75, e o valor de intercepto, de 0,88. O teste “F” foi significativo a 1%. Os parâmetros estimados apresentaram níveis diferentes de significância, e estando indicados na tabela ao lado dos parâmetros.

Ao verificar a produção anual de leite, verifica-se que o sinal é positivo para ambos os grupos, ou seja, ambos precisam aumentar a produção de leite para melhorar a eficiência técnica. Nesse caso, para os pequenos produtores, o

efeito de melhoria de eficiência técnica seria maior ao aumentar a sua produção, em comparação ao grupo que produz mais de 50 litros/dia (cerca de três vezes maior).

No caso da variável área utilizada para gado, observa-se sinal negativo, indicando que, para melhorar a eficiência técnica, é necessário reduzir a área utilizada para a atividade leiteira. Também aqui os pequenos atingem melhor eficiência técnica, ao reduzirem a área utilizada para gado, em relação ao grupo de mais de 50 litros/dia.

Em relação à variável vacas, verifica-se também que seu sinal é negativo. Para melhorar a eficiência técnica, ambos os grupos devem reduzir o número total de vacas no plantel. Uma razão para isso pode ser o fato de que a relação vaca em lactação/vaca total, observada anteriormente, indica que uma alta percentagem de vacas não se encontra em lactação.

Em estudos sobre fazendas produtoras de leite em Vermont, Estados Unidos, AHMAD e BRAVO-URETA (1996), com rebanho entre 20 e 220 cabeças, encontraram uma relação negativa significativa entre tamanho de rebanho e eficiência técnica, ou seja, ao se aumentar o tamanho do rebanho, a eficiência técnica diminui.

Ao analisar os coeficientes estimados para a variável mão-de-obra, percebe-se, para o grupo de mais de 50 litros/dia, que a eficiência técnica melhoraria se fosse aumentada a utilização desta variável. Não existe diferença entre os grupos de produtores quanto ao uso desta variável.

No coeficiente estimado para a variável custo operacional total (COT), o sinal se encontra negativo, ou seja, para melhorar a eficiência técnica seria necessário reduzir os custos operacionais total em ambos os grupos.

Na Tabela 11 apresentam-se os dados da estimação da equação que busca identificar a influência de algumas variáveis sobre a eficiência técnica, considerando-se a eficiência de escala. Utilizou-se de uma variável *dummy* para captar os efeitos dos pequenos produtores (que produz em até 50 litros/dia).

Nesta função, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), para a equação estimada, foi de 0,59, e o valor de intercepto, de 0,67. O teste “F” foi

significativo a 1%. Os parâmetros estimados apresentaram níveis diferentes de significância, estando indicados na tabela ao lado dos parâmetros.

Ao analisar os dados apresentados na Tabela 11, verifica-se que o coeficiente estimado para a produção anual de leite apresenta-se com sinal negativo para o grupo de mais de 50 litros/dia, o que não era esperado, uma vez que grande parte da amostra é composta por pequenos produtores. Contudo, para o grupo de pequenos produtores, há relação positiva entre volume de produção e eficiência de escala. Isso ocorre em razão de todos os membros deste grupo operarem com retornos crescentes de escala, o que não se verifica para o grupo de mais de 50 litros/dia.

Tabela 11 - Coeficientes dos parâmetros estimados na equação, utilizando como variável dependente a eficiência de escala (SCALE), Rondônia, 2002

	Coeficiente	
	> 50	≤ 50
Constante	0,67	0,67
Produção anual	$-3,67 \times 10^{-5} **$	$2,71 \times 10^{-5} *$
Área utilizada	$1,75 \times 10^{-3} *$	$1,75 \times 10^{-3} ns$
Vaca total	$2,13 \times 10^{-3} ***$	$-4,42 \times 10^{-5} *$
Mão-de-obra	$8,62 \times 10^{-6} ns$	$-4,86 \times 10^{-5} ***$
COT	$1,18 \times 10^{-5} ns$	$-2,20 \times 10^{-5} *$
R <sup>2</sup>	0,59	

Fonte: Dados da pesquisa.

\* Significativo a 1% de nível de probabilidade.

\*\* Significativo a 5% de nível de probabilidade.

\*\*\* Significativo a 10% de nível de probabilidade.

ns Não-significativo.



Em relação às demais variáveis, nota-se que, para o total de produtores, existe relação positiva entre seu uso e a medida de eficiência de escala. É interessante perceber que o aumento de eficiência de escala ocorrerá com a expansão do uso de todos os insumos, ou seja, terra, trabalho e capital.

Para o grupo de pequenos produtores, as relações descritas anteriormente já não ocorrem. Neste grupo, o aumento da eficiência de escala se dará com redução no número total de vacas, mão-de-obra e gastos operacionais.

A princípio, essas relações parecem contraditórias, isto é, o aumento da eficiência de escala para produtores operando com retornos crescentes é incompatível com a redução de insumos. A explicação reside no fato de que, proporcionalmente, tais produtores utilizam em excesso esses recursos. Conforme já mencionado, a baixa relação vacas em lactação/total de vacas e o elevado uso de mão-de-obra familiar confirmam essa hipótese. Quanto à redução de custo operacional total, isso ocorre na medida em que se verifica elevada participação de mão-de-obra familiar e da depreciação.

Em suma, é necessário aumentar a produção, porém esse aumento não pode ocorrer expandindo-se, proporcionalmente, o uso dos insumos. É preciso que haja melhor distribuição dos recursos, evitando-se desperdícios, constatados nas medidas de eficiência técnica.

Para a área utilizada na atividade leiteira, verifica-se que, no caso do grupo de produtores que produzem mais de 50 litros/dia, se houver aumento da área, a eficiência de escala será melhor. Para os pequenos produtores esta variável não se apresenta significativa.

Ao analisar o coeficiente estimado da variável vacas, para o grupo de produtores que produzem mais de 50 litros/dia, percebe-se que, para melhorar a eficiência de escala, o aumento do número de vacas no plantel ajudaria. Já no caso dos pequenos produtores, uma redução do número de vacas melhoraria a eficiência de escala. Este coeficiente foi estimado à significância de 1% de nível de probabilidade.

No caso da mão-de-obra, o coeficiente não foi significativo para o grupo de produtores que produzem mais de 50 litros/dia, enquanto para os pequenos produtores ele se apresenta

significativo a 10% de probabilidade e com sinal negativo. Para este grupo, a redução de gastos com mão-de-obra melhoraria a eficiência de escala.

Para o grupo de maior produção (>50 litros), os custos operacionais totais não apresentam coeficiente significativo. Já para os pequenos produtores uma redução nos custos operacionais totais aumentaria a eficiência de escala, visto que o coeficiente se apresenta com sinal negativo.

Ao analisar o grupo de maior produção, verifica-se que a variável vaca é a que mais influencia a melhoria na eficiência técnica, ou seja, é mais importante para o grupo aumentar o número de vacas no rebanho. Isso também é observado nos pequenos produtores, no sentido contrário: a variável que mais influencia a eficiência técnica é o número de vacas – a redução do tamanho do plantel melhora a eficiência.

#### **4. RESUMO E CONCLUSÕES**

A cadeia agroindustrial de leite tem papel fundamental no Brasil, onde contribui social e economicamente, no sentido de criar empregos e gerar alimentos, renda e tributos. A atividade leiteira está presente em todos os estados brasileiros.

Ao longo das décadas, a produção de leite tem mostrado crescimento positivo, colocando o país como o sexto produtor mundial atualmente.

Desde a década de 70, a produção de leite tem sido atribuída às diferentes fontes de crescimento - onde a produção nesta década se dava pela forma extensiva. Na década de 80, começou a mostrar sinais de crescimento através de ganhos de produtividade, chegando à década de 90 com a produtividade quase exclusivamente explicando o crescimento de produção.

A partir da década de 90, o país passou por algumas modificações que afetaram diretamente o setor agropecuário de leite. A desregulamentação do mercado, a abertura comercial e o estabelecimento do Plano Real, que controlou o processo inflacionário e promoveu a estabilização de economia brasileira, são algumas dessas modificações. Nessa década um paradoxo foi observado: a produção de leite aumentou, enquanto o preço caiu. A explicação para esse aparente paradoxo se encontra na redução de custo médio de leite através do

crescimento de produtividade e volume de leite por produtor e a queda dos preços de alguns insumos.

A ação dessas modificações resultou em algumas transformações no setor leiteiro nacional, sendo duas delas o deslocamento geográfico da produção e a concentração desta produção nos produtores maiores. Verificou-se a mudança de produção de leite das áreas mais tradicionais para novas fronteiras, com destaque para o cerrado; o estado de Goiás pode ser citado como um exemplo, estando atualmente em segundo lugar na produção nacional de leite.

No final da década de 90 e início dos anos dois mil, verifica-se um novo movimento de expansão da produção de leite no Brasil, com destaque para os estados de Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Essas regiões são caracterizadas por terem clima apropriado para a produção de pasto o ano inteiro, mão-de-obra de baixo custo, baixo preço de terra e elevada disponibilidade de grãos com preços menores que os das regiões tradicionais na produção de leite.

A outra transformação recente da cadeia leiteira é a concentração da produção nos maiores produtores de leite, em que uma tendência de haver sistemas mais especializados com alta tecnologia, que requerem mais investimento em capital para ser mais produtivo e, portanto, competitivo no mercado.

A redução ou eliminação dos pequenos produtores de leite é tida como uma consequência dessas transformações. Ao longo do tempo discussões sobre o destino dos pequenos produtores sempre tiveram espaço. Essas afirmações podem não ser verdadeiras devido à habilidade de pequenos produtores, que, apesar dos poucos recursos, são eficientes na produção de leite para manter a sobrevivência. Assim, é fundamental analisar, do ponto de vista de alocação de recursos, se realmente existe maior eficiência por parte dos pequenos produtores de leite.

O objetivo deste trabalho consistiu em analisar a eficiência técnica dos pequenos produtores de leite; para isso, foi escolhido o estado de Rondônia, por ter apresentado, na maioria, pequenas propriedades de atividade leiteira.

A obtenção das medidas de eficiência técnica neste trabalho se deu através da utilização de um modelo não-paramétrico, a Análise Envoltória de Dados (DEA). Neste modelo, os produtores, em uma amostra de 112, são comparados entre si e depois classificados como eficientes ou ineficientes.

Em média, os produtores tiveram uma eficiência técnica de 0,61 sob a pressuposição de retornos constantes. As medidas individuais mostraram, que dos 112 produtores, cinco estão operando com eficiência igual a 1, ou seja, só 4,5% dos produtores atingem a máxima eficiência técnica. Ao considerar retornos variáveis, o número de produtores eficientes subiu de 5 para 15. Na eficiência de escala, percebe-se que cinco produtores atingiram eficiência máxima.

Dos 112 produtores da amostra, 104 estão na faixa de retornos crescentes, o que representa cerca de 93% da amostra. Por outro lado, três produtores estão operando na faixa de retornos decrescentes, o que representa 3% da amostra.

Após o cálculo da escala ótima de produção, os resultados sugerem que a produção de leite média dos produtores que estão operando em escala ótima seja de 268 litros diários.

Usando as medidas de eficiência calculadas, os produtores foram divididos em dois grupos: os 30% mais eficientes (grupo 1) e os 30% mais ineficientes (grupo 2). Em geral, pode-se notar que o grupo 1 apresenta um quadro mais favorável nas médias dos indicadores, com a produção diária de leite superior em até cerca de 386%, e a produtividade das vacas é cerca de 40% maior do que o grupo 2.

Os produtores do grupo 2 utilizaram quase 100% mão-de-obra familiar nas suas propriedades.

Em termos de desempenho econômico, os 30% mais ineficientes conseguiram um retorno maior ao considerar a relação renda bruta/custo operacional efetivo, mas na relação renda bruta/custo operacional total não conseguiam uma relação maior que um, que lhes garantiria uma renda bruta que cobriria o custo operacional total.

A margem líquida no caso dos 30% mais ineficientes se apresenta negativa, significando dizer que, além de não pagarem totalmente os custos com mão-de-obra familiar e depreciação de máquinas e de benfeitorias, não conseguem também remunerar a terra, o capital investido e o empresário. Isso sugere que ao longo do tempo, se continuar assim, os produtores deste grupo não terão como ficar na atividade.

Em seguida, os produtores foram divididos em dois grupos, segundo a produção média diária de suas vacas, e comparados entre si, de acordo com os recursos disponíveis do produtor, com o perfil tecnológico da produção e com os indicadores de eficiência técnica e econômica.

Na análise de recursos disponíveis, percebe-se que, ao aumentar a produção de leite, mais volume de capital está sendo empregado. Quem produz mais apresenta maior percentual de capital em máquinas e animais. Nota-se que os dois estratos têm quase o mesmo valor de capital empatado em terra, e esse valor representa cerca de 50% do total do valor de capital utilizado na propriedade para ambos. Isso significa a natureza de sistemas de produção extensiva que existe nessa amostra.

O número de vacas aumenta no estrato de maior produção. Maior número de animais, associado à maior produtividade, implica maior volume de produção. Ao aumentar a produção, mais mão-de-obra é contratada, mas, mesmo assim, a característica de produção aqui é de maior uso de mão-de-obra familiar, embora essa percentagem diminua com o aumento da produção. Também, ao aumentar a produção, o valor de mão-de-obra contratada aumenta, já que o aumento da produtividade requer mais mão-de-obra qualificada, que significa melhor remuneração.

Com relação à adoção de tecnologia, pode-se perceber que o uso dessas variáveis é muito baixo e às vezes inexistente, significando que há baixo nível de adoção de tecnologia no estado. Percebe-se maior uso de vacas com menos de ½ sangue holandês, sinalizando a ausência de sistemas mais especializados na produção de leite.

No que se refere aos indicadores técnicos, nota-se ser relativamente baixa a participação de leite na renda bruta, em ambos os grupos, embora seja maior no grupo de maior produção.

Nos fatores de produção, percebe-se o aumento da produtividade no grupo de maior produção, enquanto a produtividade de capital operacional é maior nos pequenos. Enquanto a maior produtividade do capital operacional no estrato de menor produção refere-se ao reduzido custo operacional efetivo, a maior produtividade do capital investido no estrato de produção maior refere-se ao maior volume de produção. Apesar de o capital investido no estrato de produção maior ser maior, a diferença no volume de produção faz com que a produtividade deste recurso seja maior nesse estrato, ou seja, quem produz mais, alcança mais produtividade e emprega mais capital.

Nos indicadores econômicos, verifica-se que o custo operacional efetivo é menor no grupo de menor produção, enquanto o custo operacional total e o custo total são menores no de maior produção. Pode-se dizer, então, que o custo variável médio é maior nas propriedades que produzem mais e têm maiores produtividades. Por outro lado, o custo fixo médio é menor nessas fazendas. A explicação para a queda do custo fixo médio é o aumento na produtividade e aumento no volume de produção.

Em outras palavras, enquanto os pequenos produtores se apresentaram eficientes em relação ao custo operacional efetivo, eles não conseguiram uma renda anual maior, por causa da baixa produção. Assim, apesar de serem mais eficientes em termos operacionais e unitários, continuam pobres, pois não possuem volume de produção necessário a uma remuneração anual.

Resumindo, verifica-se que da amostra utilizada, os produtores de leite em Rondônia são de propriedades pequenas, em média de 45 hectares, destinadas a gado de leite, e a maioria se encontra em retornos crescentes de escala, ou seja, para melhorar a eficiência, precisa aumentar a produção de leite. São em maior número no grupo dos pequenos, em que a mão-de-obra familiar representa cerca de 99%, e na amostra como um todo, cerca de 47% do capital está empatado em terra, indicando um sistema extensivo de produção leiteira.

Percebe-se o baixo nível tecnológico nesse sistema e a grande percentagem de vacas no rebanho que não se encontram em lactação, o que leva a sugerir a necessidade de melhor manejo com possibilidade de assistência técnica vindo do estado ou de órgãos responsáveis por esses serviços.

Destaque deve ser dado também ao nível de escolaridade encontrado entre os produtores de leite, porque para aumentar a produção tem que haver mudança tecnológica, o que será o caminho mais curto. Essa mudança requer capital humano qualificado para facilitar tal mudança, por isso o nível de escolaridade deve ser levado em consideração. Se esse nível é baixo, deve ser corrigido através de programas direcionados a essa população para poder ajudar em melhorar o nível de escolaridade.

A existência de uma associação positiva e significativa entre a produtividade e a produção de leite foi observada neste trabalho, como também de associações positivas entre os vários indicadores de produtividade. À medida que aumenta a produção de leite/vaca em lactação, aumentam também a produção/total de vacas, a produção/área e a produção/mão-de-obra.

Na explicação da eficiência técnica total, verificou-se, para o grupo de pequenos produtores, maior necessidade de aumentar o volume de produção e, conseqüentemente, melhorar a eficiência de escala. Em outras palavras, os pequenos produtores apresentam ineficiências técnicas, porém estas não se constituem no principal problema. O problema maior dos pequenos produtores está na baixa eficiência de escala.

Uma vez que todos eles estão operando com retornos crescentes de escala, a única forma de aumentar a eficiência de escala é aumentar o volume de produção. Entretanto, constatou-se também que existem relações negativas entre a eficiência de escala e as variáveis: número de vacas, mão-de-obra e gastos operacionais totais.

Nesse sentido, percebe-se que o aumento no volume de produção não pode ocorrer simplesmente pela expansão do atual sistema de produção. É necessário alterar as proporções utilizadas dos fatores. O crescimento extensivo não fará com que a eficiência de escala melhore. O problema está em como fazer



isso, uma vez que a ineficiência técnica dos pequenos produtores não é o principal entrave.

Em síntese, embora a eficiência técnica dos pequenos produtores não seja significativamente diferente da dos demais, há o problema da ineficiência de escala. Em outras palavras: “eficiente, porém pobre”.

Enquanto esse estudo analisou a eficiência dos pequenos produtores de um estado relativamente novo em produção leiteira, outras pesquisas podem ser feitas para comparar essa nova região com uma outra que é tradicionalmente uma área de produção leiteira para verificar se esses resultados se repetem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, M., BRAVO-URETA, B. Technical efficiency measures for dairy farms using panel data. **The Journal of Productivity Analysis**, v. 7, p. 399-415, 1996.

ALI, A.A., SEIFORD, L.M. The mathematical approach to efficiency analysis. In: FRIED, H., LOVELL, C.A.K., SCHMIDT, S. (Eds.). **The measurement of productive efficiency: techniques and applications**. Oxford: Oxford University, 1993.

ALVES, E. Tecnologia e emprego. **Revista de Política Agrícola**, v. 4, n. 1, p. 17-24, 1997.

ALVES, E. Leite - o que determina os custos. **Revista Balde Branco**, São Paulo, p. 38-40, jan. 1999.

ARZUBI, A., BERBEL, J. Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires. **Investigación Agrária**, v. 17, n. 1, p. 103-123, 2002.

BANKER, R.D., CHARNES, H., COOPER, W.W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BAPTISTA, A.J.M.S. **Progresso tecnológico, mudanças na eficiência e produtividade na pesca artesanal em Cabo Verde, na década de 90**. Viçosa: UFV, 2002. 89 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, 2002

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

COELLI, T., RAO, D.S.P., BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Norwell: Kluwer Academic, 1998. 275 p.

COSTA, N.L., MAGALHAES, J.A., TAVARES, A.C., TOWNSEND, C.R., PEREIRA, R.G.A., SILVA NETTO, F.G. **Diagnóstico da pecuária em Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1996. 34 p. (Documentos, 33).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Confederação Nacional da Agricultura - CNA. **Informe econômico de leite**. (www.cna.org.br). [jun. 2003].

FARREL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A, part III, p. 253-290, 1957.

FERREIRA FILHO, J.B.S. Os desafios da estabilização econômica para a agricultura brasileira. In: GOMES, M.F.M., COSTA, F.A. (Eds.). **(Des)equilíbrio econômico e agronegócio**. Viçosa: UFV, 1999. p. 41-50.

FERREIRA, H.A. **Eficiência de sistemas de produção de leite: uma aplicação da análise envoltória de dados na tomada de decisão**. Viçosa: UFV, 2002. 120 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.

FERRIER, G.D., LOVELL, C.A.K. Measuring cost efficiency in banking: econometric and linear programming evidence. **Journal of Econometrics**, v. 46, p. 7-38, 1990.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Statistical databases**. [mar. 2003]. (<http://apps.fao.org/>).

GOMES, A.P., DIAS, RS., FINAMORE, E.B. **Eficiência técnica na atividade leiteira: região tradicional e novas fronteiras**. Viçosa: UFV, 2003. 15 p. (Mimeogr.).

GOMES, A.P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão-de-obra e capital**. Viçosa: UFV, 1999. 161 p. Tese (Doutorado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

GOMES, S.T. **A economia do leite**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1996. 104 p.

GOMES, S.T. Evolução recente e perspectivas da produção de leite no Brasil. In: GOMES, A.T. et al. **O agronegócio do leite no Brasil**. Juiz de Fora: EMBRAPA-Gado de Leite, 2001. p. 49-61.

GOMES, S.T. **Diagnóstico e perspectivas da cadeia produtiva do leite no Brasil**. Viçosa: UFV, 2003a. 16 p. (Mimeogr.).

GOMES, S.T. **O agronegócio do leite**. Belo Horizonte: SEBRAE-MG/FAEMG, 2003b. 99 p.

GOMES, S.T. **Produtividade e retorno financeiro na produção de leite**. Viçosa: UFV, 2003c. p. 3 (Mimeogr.).

HOMEM DE MELO, F.B. **A abertura comercial e o papel dos aumentos de produtividade na agricultura brasileira**. São Paulo: FEA-USP/Instituto Futuro Brasil, 2002. 31 p. (Mimeogr.).

HOMEM DE SOUZA, D.P. **Análise da estrutura de custo e preço de sobrevivência dos principais sistemas de produção de leite**. Viçosa: UFV, 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de dados**. [mar. 2003]. (<http://www.sidra.ibge.gov.br/>).

JAFORULLAH, M., WHITEMAN, J.L. **Scale efficiency in the New Zealand dairy industry: a non-parametric approach**. Clayton, Austrália: Monash University, 1998. 16 p. (General Paper, G-129).

LARANJA, L.F. Mato Grosso e Rondônia: novas bacias leiteiras. **Revista Balde Branco**, São Paulo, p. 54-60, maio 2002.

LATRUFFE, L., BALCOMBE, K., DAVIDOVA, S., ZAWALINSKA, K. **Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: does specialisation matter?** França: Institut National de la Recherche Agronomique, 2002. 42 p.

MATSUNAGA, M., BEMEHNANS, P.F., TOLEDO, P.E.N., DULLEY, R.D., OKAWA, H., PEDROSO, I.A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MELLO, M.A., TESTA, V.M., FERRARI, D.L., DORIGON, C., SILVESTRO, M.L. Agricultura familiar e modelos de produção de leite. In: **O agronegócio do leite e políticas públicas para o seu desenvolvimento sustentável**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2002. 546 p.

MOITA, M.H.V. **Medindo a eficiência relativa de escolas municipais da cidade do Rio Grande-RS usando a abordagem DEA (data envelopment analysis)**. Florianópolis: UFSC, 1995. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

NOGUEIRA, M.P. Custos de produção: chances para reduzir. **Revista Balde Branco**, São Paulo, p. 33-36, jan. 2002.

PEREIRA, M.F. **Mensuramento da eficiência multidimensional utilizando a análise de envelopamento de dados: revisão da teoria e aplicações**. Florianópolis: UFSC, 1995. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

REVISTA BALDE BRANCO. **Novas bacias leiteiras**. São Paulo, 2002a. p. 54-60.

REVISTA BALDE BRANCO. **Leite em 2010: como será**. São Paulo, 2002b. p. 50-54.

REVISTA BALDE BRANCO. **Rondônia: leite atrai produtores**. São Paulo, 2003. p. 60.

RIOS, H. Consumidor: o ator principal do agronegócio de leite o Brasil. In: GOMES, A.T., LEITE, J.L.B., CARNEIRO, A.V. **O agronegócio de leite no Brasil**. Juiz de Fora: EMBRAPA, 2001. p. 101-110.

SCHULTZ, T.W. **A transformação da agricultura tradicional**. Rio de Janeiro: Zahar, 1965. 207 p.

SEIFORD, L.M. Data envelopment analysis: the evolution of the state of the art (1978-1995). **Journal of Productivity Analysis**, v. 7, n. 2, p. 99-138, 1996.

SEIFORD, L.M., ZHU, J. An investigation of returns to scale in data envelopment analysis. **Omega – The Journal of Management Science**, v. 27, n. 1, p. 1-11, 1999.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO ESTADO DE RONDÔNIA - SEBRAE-RO. **Diagnóstico do agronegócio do leite e seus derivados**. 2.ed. Porto Velho, 2002. 212 p.

SILVA, E.S., BERBEL, J., ARZUBI, A. Análisis no paramétrico de eficiencia en las explotaciones lecheras de Las Azores a partir de datos RICA-A. In: IV CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ECONOMÍA AGRARIA, 2001, Pamplona. **Economía agraria y recursos naturales: nuevos enfoques y perspectivas**. Madrid: AEEA, 2001. 17 p.

VILELA, D. Entrevista. **Revista Balde Branco**, São Paulo, p. 18, dez. 2002.

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