

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EFICIÊNCIA TÉCNICA NA PRODUÇÃO: UMA ANÁLISE DA
AGROPECUÁRIA CATARINENSE

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA,
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA.

José Antônio Nicolau

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO DE 1983

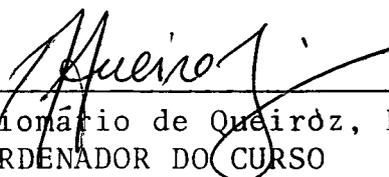
EFICIÊNCIA TÉCNICA NA PRODUÇÃO: UMA ANÁLISE DA
AGROPECUÁRIA CATARINENSE

José Antônio Nicolau

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE

"MESTRE EM ENGENHARIA"

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA FI-
NAL PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO.



Prof. Antônio Dionário de Queiróz, Dr. 3^{eme} Cycle
COORDENADOR DO CURSO

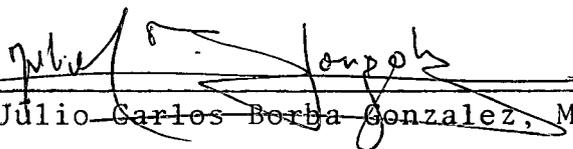
BANCA EXAMINADORA



Prof. Robert Wayne Samohyl, Ph. D.
ORIENTADOR



Prof. Rabah Benakouche, Docteur d'Etat



Prof. Júlio Carlos Borba Gonzalez, M. Eng.



0.255.891-3

UFSC-BU

Para Júlia e
Leandro

Agradecimento pessoal ao
Prof. Robert Wayne Samohyl,
orientador desta dissertação.

RESUMO

A agropecuária catarinense, formada basicamente por pequenos estabelecimentos produtivos, vem sofrendo transformações devidas à introdução de insumos modernos, em especial insumos químicos e máquinas, no processo produtivo. O presente trabalho tem por objetivo analisar, usando dados agregados por município para o ano de 1975, os efeitos sobre a eficiência técnica produtiva decorrentes do maior uso desses insumos modernos bem como da ação de algumas outras variáveis associadas à localização, escala, à relação de trabalho e à propriedade da terra.

A fim de escolher um índice de eficiência adequado ao trabalho proposto, é feita uma revisão e análise das medidas de eficiência disponíveis na literatura, optando-se pela utilização de um índice de eficiência técnica determinado a partir de uma função de produção de fronteira não estocástica.

Os principais resultados obtidos indicam que a eficiência técnica mostra-se negativamente relacionada com o maior uso de máquinas e com a maior escala de operações e mostra-se relacionada de forma positiva com o maior uso de insumos químicos. A localização apresenta-se também como um importante fator capaz de afetar a eficiência técnica na produção.

A B S T R A C T

Santa Catarina agriculture, formed in general by small productive establishments, is going through structural transformations due to the employment of modern inputs, especially chemical inputs and machines. This dissertation has as its objective to analyse, for the year of 1975, using municipality aggregate data, the effects in the productive technical efficiency that come from the high employment of these modern inputs as well as the action of some other variables like geographic localization, size, work relation and land ownership.

In order to select an efficiency index appropriate to this work, a revision and an analysis of the efficiency measures existent in the literature is undertaken, then, choosing a technical efficiency index derived from a non-stochastic frontier production function.

The principal obtained results indicate that technical efficiency is related in a negative way with the high employment of machines and the great size of establishments and is related in a positive way with the high employment of fertilizers and other chemical inputs. The geographic localization is also presented as an important factor capable of affecting the technical efficiency in agricultural production.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	pág. ix
LISTA DE GRÁFICOS	x
LISTA DE TABELAS	xi

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Justificativas.....	1
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Limitações do trabalho.....	6
1.4. Estrutura do trabalho.....	6

CAPÍTULO II

2. MODELO TEÓRICO.....	8
2.1. Medidas de eficiência na atividade produtiva....	8
2.1.1. O conceito de função de produção.....	8
2.1.2. Eficiência técnica e eficiência-preço....	11
2.1.3. Lucro e custo como medidas de eficiência e conômica.....	14
2.1.4. Produto médio como medida de eficiência técnica.....	15
2.1.5. Função de produção de fronteira.....	16
2.2. Fatores explicativos das diferenças de eficiência no setor agropecuário.....	25
2.3. Metodologia e dados.....	29
2.3.1. Metodologia.....	29
2.3.2. Dados.....	33

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS PARA A AGROPECUÁRIA CATARINENSE	36
3.1. Definição das variáveis e da forma funcional para a função de produção de fronteira	36
3.2. Determinação dos parâmetros da função de de fronteira	46
3.3. Determinação do índice de eficiência técnica	49
3.4. Fatores associados às diferenças de eficiência técnica na agropecuária catarinense	51

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	
4.1. Conclusões	62
4.2. Recomendações para futuros trabalhos	66
 ANEXO I: Municípios do Estado de Santa Catarina abrangidos pelo trabalho e regionalização adotada	 67
 ANEXO II: Índice de eficiência, desvios da função produção média e produtos médios da terra e do trabalho e respectivos postos por município	 69
 BIBLIOGRAFIA	 74

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1 Mapa do Estado de Santa Catarina (1975) e a regionalização adotada.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.	
GRÁFICO 1	Curvas de isoquanta e isocusto destacando a eficiência técnica e a eficiência-preço como componentes da eficiência econômica.....	12
GRÁFICO 2	Uma isoquanta de fronteira mostrando firmas eficientes e ineficientes quanto à eficiência técnica.....	17
GRÁFICO 3	Uma função de produção de fronteira destacando os desvios de ineficiência técnica..	21
GRÁFICO 4	Relação entre índice de eficiência técnica e classes de tamanho, segundo diferentes níveis de concentração de terra.....	57

LISTA DE TABELAS

	pág.
TABELA 1	Coeficientes de correlação simples entre o valor bruto da produção e variáveis representativas dos insumos trabalho, terra, bens de capital e despesas 40
TABELA 2	Parâmetros estimados para a função de produção da agropecuária catarinense, segundo as quatro formas funcionais testadas..... 44
TABELA 3	Coeficientes de elasticidade-produto, segundo diferentes formas funcionais testadas para a função de produção..... 45
TABELA 4	Parâmetros de função de produção estimados por mínimos quadrados e através de programação linear..... 47
TABELA 5	Coeficientes de regressão estimados para os fatores explicativos das diferenças de eficiência, para o Estado e por região..... 53
TABELA 6	Índice médio de eficiência técnica segundo classes de tamanho e segundo níveis de concentração de terra..... 57

C A P Í T U L O I

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativas

O crescimento da produção agrícola no Brasil nas últimas décadas, à primeira vista, pode ser considerado expressivo face ao crescimento populacional no período. Com efeito, enquanto a taxa média anual de crescimento da população brasileira reduziu-se de 3% na década de 50 para 2,5% na década de 70, o produto agrícola apresentou taxas médias anuais de crescimento, respectivamente, de 4,4% e 5,5%.

O desempenho do setor agrícola, entretanto, torna-se menos notável quando comparado à crescente demanda interna por produtos agrícolas, que se origina não apenas do crescimento da população mas também do crescimento da renda "per capita". E, nas três últimas décadas, a renda "per capita" brasileira apresentou taxas significativas de crescimento ao ano, que vão de 3,7% na década de 50 e de 3,0% na década de 60 a 6,0% na década de 70*.

* Dados básicos das contas nacionais da FGV e dos censos demográficos da FIBGE.

Por outro lado, o exame das fontes do crescimento da agricultura brasileira indica que a maior parte do aumento do produto agrícola a que acima se fez menção foi devida à ocupação de novas áreas, em geral mais distantes dos centros consumidores urbano-industriais mas beneficiadas pela expansão do sistema rodoviário. O incremento da produtividade por área constituiu-se em fonte secundária de crescimento do produto agrícola¹. O abastecimento interno de produtos agrícolas pode, assim, ficar comprometido, de um lado, pelo rápido crescimento da população e da renda e, de outro, pela ocupação progressiva das melhores terras agricultáveis.

A problemática acima levantada tem dado margem a políticas governamentais de estímulo à modernização do setor agrário, tendo já se acentuado os níveis de mecanização e de uso de insumos químicos nos estabelecimentos produtivos, especialmente em alguns Estados brasileiros, com destaque para São Paulo.

Em Santa Catarina, Estado sobre o qual se desenvolve o presente trabalho, os sinais de modernização do setor agrícola podem também ser vistos nos anos recentes. Dados censitários publicados pela FIBGE mostram que entre 1960 e 1975 o número de hectares de área agrícola por trator decresceu de 5.378 ha. para 439 ha. por trator. Da mesma forma, o pessoal ocupado por trator passou no período de 520 pessoas para 55 pessoas por trator. Entre 1970 e 1975, ocorreu um grande aumento nos gastos com insumos modernos na agricultura catarinense, relativamente ao valor bruto da produção: as despesas com adubos, corretivos e defensivos agrícolas subiram de 2% do valor bruto da produção em

1970 para mais de 5% em 1975; o estoque de máquinas e instrumentos agrários, construções e benfeitorias e veículos e outros meios de transporte em 1970 foi avaliado em cerca de 60% do valor bruto da produção do ano, elevando-se esse percentual para 87% em 1975. Paralelamente, o montante de financiamentos contraidos pelos produtores rurais atingiu 10% do valor bruto da produção em 1970 contra um percentual de 19% em 1975.

Os dados acima constituem uma indicação de que a modernização se processa na agropecuária catarinense, a par das singularidades de sua estrutura produtiva. Essas singularidades expressam-se em números também fornecidos pela FIBGE. Na agropecuária catarinense, os estabelecimentos produtivos de até 50 hectares de área, considerados pequenos, dominam o setor. Em 1975, esses estabelecimentos representavam 88% do total de estabelecimentos existentes, geraram cerca de 74% do valor bruto da produção agropecuária, possuíam cerca de 64% do capital empregado sob a forma de instalações e benfeitorias, máquinas e instrumentos agrários e veículos e outros meios de transporte e ocupavam 41% da área agrícola total do Estado. Ainda em 1975, a mão de obra familiar correspondia a 93% da mão de obra total ocupada na agropecuária, sendo pouco expressiva a participação da mão de obra assalariada e da empresa rural. Cerca de 82% dos produtores, em 1975, eram proprietários dos imóveis em que trabalhavam, sendo que os restantes 18% correspondiam a arrendatários, parceiros e ocupantes. Para a agropecuária brasileira, estes percentuais são significativamente menores, revelando uma participação mais atuante dos estabelecimentos acima de 50 hectares, da mão de obra assalariada e dos produtores não proprietários.

A justaposição, na agropecuária catarinense, do processo de modernização, iniciado a nível nacional, com a característica de pequenos estabelecimentos produtivos existente em Santa Catarina conduz a uma questão importante, que motiva o presente trabalho, a respeito da eficiência produtiva das novas técnicas intensivas em capital face às técnicas tradicionalmente empregadas e à própria realidade da agropecuária estadual. Esta questão torna-se relevante na medida em que as ações governamentais, dado o objetivo de elevar a produção agrícola, podem frequentemente favorecer o uso exagerado de insumos modernos, não considerando as condições ambientais e sócio-econômicas do Estado.

Ao se colocar em bases empíricas a questão da eficiência das técnicas modernas face às tradicionais na agropecuária catarinense, surge um segundo problema, o de como medir eficiência na produção. A princípio, uma medida de eficiência poderia expressar valores privados ou, alternativamente, valores sociais. Mesmo considerando-se apenas valores privados para cálculo de níveis de eficiência, as medidas usuais parecem não ser satisfatórias.

Por um lado, há medidas de eficiência na produção que se baseiam em um só insumo produtivo, de que é exemplo na agricultura a produtividade por área. Medidas desta espécie carecem de fundamentação teórica por ignorar sumariamente a proporção dos demais insumos empregados na produção. Por outro lado, as medidas de eficiência que se fundamentam no retorno do capital investido desconsideram o fato de que, na agropecuária bra-

sileira, o subsidiamento da produção pelo poder público pode afetar as taxas de retorno privadas em vista de não atingir todos os produtores ou de atingi-los de forma desigual.

Estas indagações de cunho metodológico, a respeito da mensuração da eficiência na produção, e de ordem analítica sobre as vantagens da introdução de técnicas modernas na agropecuária catarinense constituem, em resumo, as justificativas deste trabalho.

1.2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho consiste em oferecer contribuições para o entendimento de como se desenvolveu em anos recentes a agropecuária catarinense no que se refere à alocação dos insumos produtivos, em particular dos insumos modernos.

De forma específica, conforme as justificativas apresentadas, o trabalho pretende atingir os seguintes objetivos:

- a) definir e calcular um índice de eficiência para a atividade produtiva agropecuária de Santa Catarina; e
- b) identificar fatores associados à eficiência na atividade produtiva agropecuária de Santa Catarina, em particular os fatores representativos das técnicas de produção empregadas.

Serão utilizados neste trabalho dados agregados ao nível de município e referentes ao ano de 1975.

1.3. Limitações do trabalho

A principal limitação do trabalho prende-se aos dados utilizados. São dados "cross-section" e, portanto, cobrem apenas um instante da evolução das atividades produtivas. Em segundo lugar, por se operar com dados agregados para um conjunto de estabelecimentos reunidos por município, as diferenciações entre estabelecimentos agropecuários de um mesmo município são negligenciadas.

Em face desta limitação, este trabalho não se propõe a identificar explicitamente que estabelecimentos são mais eficientes, já que o uso de dados agregados não permite a análise de unidades isoladas. Não se propõe também a uma análise completa da evolução recente da agropecuária catarinense e de todos os fatores que determinaram tal evolução. O trabalho busca, outrossim, analisar a atividade produtiva na agropecuária estadual em um ponto do seu processo evolutivo, o ano de 1975, e apontar aspectos onde pesquisas ao nível de unidade produtora seriam de maior interesse.

Outras limitações, de peso menor, serão apontadas ao longo do trabalho.

1.4. Estrutura do trabalho

Além deste capítulo inicial cuja finalidade foi a de apresentar uma introdução ao tema proposto, podem ser distin-

guidas neste trabalho duas partes principais.

Na primeira parte, formada pelo capítulo II, é efetuada inicialmente uma discussão sobre medidas de eficiência para atividade produtiva com base no conceito de função de produção. Em seguida, é analisado o tema da diferenciação de eficiência na atividade agropecuária e suas causas, com destaque para o fator tecnologia. Dessas discussões, resulta a definição de uma metodologia a ser utilizada para dados da agropecuária catarinense.

A segunda parte, formada pelos capítulos III e IV, é constituída de uma análise empírica da atividade agropecuária em Santa Catarina através do cálculo de um índice de eficiência técnica e da tentativa de identificação dos fatores explicativos da maior eficiência técnica obtida em determinados grupos de estabelecimentos ou municípios. Enquanto no capítulo III são apresentados todos os procedimentos empíricos e resultados, no capítulo IV são reunidas as principais conclusões e recomendações do trabalho.

C A P Í T U L O I I

2. MODELO TEÓRICO*

2.1. Medidas de eficiência na atividade produtiva

A discussão a respeito de medidas de eficiência na atividade produtiva exige, de início, a caracterização do processo produtivo e das categorias principais de elementos envolvidos. Para esse fim, será considerado a seguir o conceito de função de produção, de que decorrem conceitos e medidas de eficiência para a produção.

2.1.1. O conceito de função de produção

O fenômeno da produção, em determinado contexto tecnológico, pode ser descrito por meio de relações entre quantidades empregadas de insumos e quantidades obtidas de produtos de terminados. Uma vez especificados os insumos e o produto resu-

* Este capítulo tem por paradigma teórico os postulados da economia neoclássica, em particular aqueles postulados integrantes das teorias da produção e da formação de preços em mercados de concorrência perfeita. Para uma exposição básica dessas teorias, ver Ferguson².

tante, denomina-se técnica de produção a um conjunto de coeficientes, cada deles correspondendo à quantidade de cada insumo necessária para a obtenção de uma unidade do produto. A função de produção reúne uma ou mais técnicas de produção conhecidas para obtenção do produto a partir do mesmo conjunto de insumos. A forma geral da função de produção é mostrada abaixo:

$$Q_y = f(Q_{x1}, Q_{x2}, \dots, Q_{xn}) \quad (1)$$

onde Q_y é a quantidade máxima do produto Y que pode ser obtida com o emprego de dadas quantidades dos insumos X_1, X_2, \dots, X_n (respectivamente $Q_{x1}, Q_{x2}, \dots, Q_{xn}$) e f representa uma ou mais técnicas de produção utilizadas. Entre os principais insumos empregados na produção citam-se a mão de obra, as matérias primas e os bens de capital. Na atividade agropecuária pode-se destacar, ainda, a área de terra como importante insumo.

O conceito de função de produção, como acima enunciado, envolve simplificações importantes. Em primeiro lugar, trata-se de um conceito estático, que desconsidera o tempo de produção e as ocorrências verificadas com a entrada de insumos na composição do produto em diferentes etapas do processo produtivo. Este problema tem sido contornado tratando-se o tempo de processamento como variável discreta na forma de períodos de tempo, computando-se então as quantidades de insumos e produto acumuladas por período de tempo. Nesse caso, o período de tempo definido deve ser sempre igual ou superior ao ciclo de produção, evitando-se que insumos gastos em um período resultem em produção somente nos

períodos seguintes.

Em segundo lugar, no conceito de função de produção é suposto que insumos especificados com exatidão originam produção máxima fixa. Na realidade, há uma dificuldade prática de se especificar como insumos todos os fatores intervenientes na produção e de reuni-los numa única função. Para fugir à multiplicidade de insumos, torna-se, então, necessária a agregação de insumos em categorias básicas. Cada categoria resulta de uma homogeneização dos insumos nela abrangidos. Assim, diferentes tipos de máquinas são representados por apenas uma variável, por exemplo o valor da depreciação das máquinas. Tal procedimento reduz o número de insumos, mas com perdas qualitativas quanto à especificação dos insumos. Além disso, determinados insumos podem ter "performances" variáveis na produção, como é o caso da mão de obra que sofre o efeito de fatores motivacionais.

Em terceiro lugar, há variáveis não controladas pelos responsáveis pela produção, as quais podem afetar o desempenho esperado dos insumos. A ocorrência de problemas climáticos na agricultura é um exemplo de tais variáveis, as quais trazem dificuldades à conceituação de função de produção.

Apesar destas limitações, funções de produção têm sido determinadas em pesquisas empíricas abrangendo diversas firmas de um mesmo setor de atividade e têm sido úteis, reconhecidas as limitações, para a análise da situação técnica do setor, permitindo comparações de desempenho entre firmas do setor ou entre os mesmos setores de outras regiões ou países.

2.1.2. Eficiência técnica e eficiência-preço

A atribuição de um objetivo comum para as firmas, como a maximização de lucros ou a minimização de custos, permite definir níveis de eficiência com que tal objetivo é atingido, ou seja, níveis de eficiência econômica das firmas. Partindo do conceito de função de produção, Farrell³ distingue dois componentes básicos da eficiência econômica das firmas: a eficiência técnica, que resulta da maior produtividade física conjunta dos insumos, e a eficiência-preço, que consiste na seleção de produtos (no caso da produção de mais de um produto) e na escolha dos insumos e suas proporções adequadas aos preços de mercado.

No gráfico 1* estão representados estes dois componentes da eficiência econômica da firma, através dos traçados usuais de isoquanta e isocusto**, para uma situação de dois insumos K e L (capital e trabalho) e um produto Y e para o objetivo de minimizar custos. A isoquanta Y_0 é formada por pontos que representam as quantidades mínimas de capital e trabalho para a geração de uma quantidade constante de Y, ou seja, Y_0 . As isocustos C_1 , C_2 e C_3 representam níveis de custo total, sendo C_1 o custo mínimo necessário para a produção de Y_0 . Os pontos F_1 , F_2 e F_3 correspondem cada um deles às quantidades de capital e traba-

* Baseado em ilustrações e exposição de Timmer⁴.

** Uma isoquanta é a própria função de produção definida para um nível constante de produto, ou seja, é uma curva no espaço de insumos formada pelas combinações de quantidades mínimas de insumos que permitem a produção de um dado nível de produto. Uma isocusto representa as quantidades de insumos que podem ser adquiridas a determinado custo constante, dados os preços dos insumos.

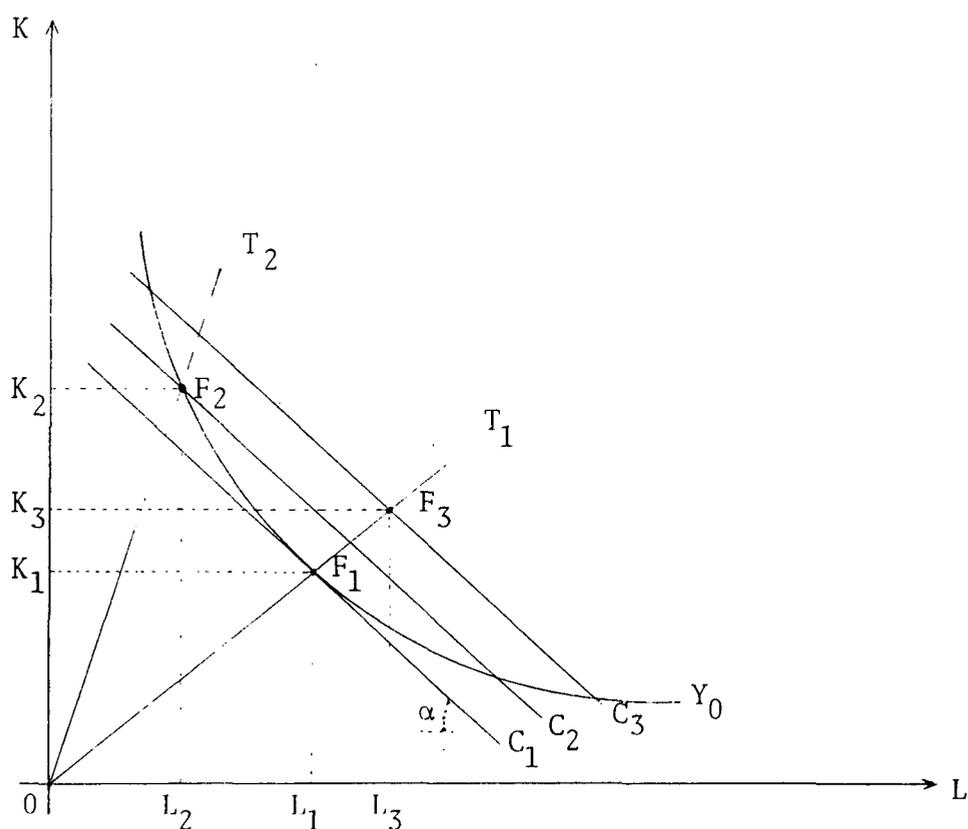


Gráfico 1: Curvas de isoquanta e isocusto destacando a eficiência técnica e a eficiência-preço como componentes da eficiência econômica.

lho empregadas por três diferentes firmas para produção de Y_0 .

Conhecidas as possibilidades técnicas (isoquanta) e o custo dos insumos (isocustos), pode-se então apontar as firmas mais eficientes, separada e conjuntamente em termos de eficiência econômica e de seus componentes, a eficiência técnica e a eficiência-preço.

As firmas relacionadas com os pontos F_1 e F_2 são consideradas tecnicamente eficientes, a primeira empregando a técnica de produção (T_1) e a segunda utilizando a técnica T_2 : F_1 e

F_2 estão sobre a isoquanta. A firma relacionada com o ponto F_3 é tecnicamente menos eficiente face à firma representada pelo ponto F_1 , ou seja, emprega mais insumos para o mesmo nível de produção (Y_0) e para a mesma técnica de produção (T_1).

Por outro lado, as firmas representadas pelos pontos F_1 e F_3 estão empregando uma técnica de produção (T_1) adequada à relação de preços dos insumos*. Por isso, ambas estão operando com eficiência-preço.

Finalmente, apenas a firma relacionada ao ponto F_1 está operando com eficiência técnica e eficiência-preço e, por consequência, produz Y_0 ao menor custo (C_1), atingindo assim o mais alto nível de eficiência econômica, dado o objetivo de minimizar custos.

As considerações acima envolvendo níveis de eficiência e custos se aplicam também à situação onde o lucro é o objetivo dos responsáveis pela atividade produtiva, como é o caso da empresa privada, porque normalmente reduzir custos significa aumentar lucros. Neste caso, entretanto, a eficiência-preço só seria determinada após o exame das condições de preços não apenas dos insumos mas também dos produtos.

* No gráfico 1, $\text{tg } \alpha = \text{preço de L/preço de K}$. A condição a ser satisfeita para a eficiência-preço é a da igualdade entre as declividades da isocusto e isoquanta, ou seja $\text{tg } \alpha = \left(\frac{\partial K}{\partial L}\right) Y = \text{constante}$.

2.1.3. Lucro e custo como medidas de eficiência econômica

Considerado como o objetivo fundamental das empresas privadas, o lucro apresenta-se, assim, como uma medida de eficiência econômica global para essas empresas. Lau e Yotopoulos⁵ utilizaram tal consideração ao definir uma função de lucro, contendo variáveis representativas da função de produção e dos preços, para avaliar a eficiência econômica relativa de grandes e pequenas propriedades agrícolas. A mesma consideração sobre o lucro como indicador da eficiência econômica foi adotada por Contador⁶ ao pesquisar "as causas econômicas historicamente responsáveis pela existência de diferentes taxas de rentabilidade na agricultura brasileira".

A obtenção de lucro, entretanto, especificamente nas maiores empresas, ultrapassa os limites de esfera produtiva, envolvendo também operações comerciais e financeiras. Neste caso, a eficiência econômica não decorre apenas da atividade eminentemente produtiva.

O custo de produção, por outro lado, mostra-se como medida de eficiência econômica da atividade produtiva, como já foi visto na seção precedente, particularmente em mercados concorrenciais. Em mercados não concorrenciais, o custo, e também o lucro, pode ser afetado, no que se refere à eficiência-preço, pelo controle exercido por firmas sobre preços de insumos e pelas ações governamentais de apoio, como o crédito subsidiado na agricultura brasileira, na medida em que tais ações atinjam de forma desigual as firmas do mesmo setor.

2.1.4. Produto médio como medida de eficiência técnica

Em face das limitações acima apontadas e, especialmente, devido às dificuldades existentes para obtenção de dados sobre preços, custos e lucros, medidas de eficiência técnica têm sido utilizadas para avaliar o desempenho das unidades produtoras. Uma delas é o produto médio ou produtividade média referente a um determinado insumo considerado importante na atividade produtiva. Por exemplo, a produtividade por hectare ou a produtividade por trabalhador.

O produto médio, entretanto, é uma medida insatisfatória por ignorar por completo a influência direta dos demais insumos sobre o próprio coeficiente de produto médio. A demonstração é imediata a partir da função de produção dada na expressão (1). Para o insumo X_1 , por exemplo, o produto médio (PMe_{x1}) é definido por:

$$PMe_{x1} = Q_y / Q_{x1}$$

logo

$$PMe_{x1} = \frac{f(Q_{x1}, Q_{x2}, \dots, Q_{xn})}{Q_{x1}}$$

Assim, como a quantidade produzida Q_y está diretamente associada à quantidade empregada dos insumos X_2, \dots, X_n o produto médio de X_1 também está, por conseguinte, relacionado diretamente à quantidade dos demais insumos utilizados na produção.

Em outras palavras, a elevada produtividade média de um único insumo pode estar sendo obtida às expensas do emprego maior e melhor dos demais insumos*.

Uma medida de eficiência técnica da atividade produtiva deve, portanto, basear-se em todos os insumos empregados, ou seja, na função de produção como um todo.

2.1.5. Função de produção de fronteira

Uma medida de eficiência técnica multi-insumo foi deduzida por Farrell³ a partir da função de produção, ou do que se denominou de "isoquanta de fronteira". A discussão a respeito do tema inicia com o problema da estimação de uma isoquanta para dados de insumos e produto coletados de diversas firmas de um mesmo setor de atividade. Não se conhecendo a verdadeira isoquanta, como a que foi suposta e mostrada no gráfico 1, surge a necessidade de sua estimação. O emprego do método estatístico de mínimos quadrados levaria à estimação de uma isoquanta média. A proposta de Farrell é determinar a isoquanta somente a partir das firmas que empregam as menores quantidades de insumos para geração de uma dada quantidade de produto, obtendo-se, então, uma isoquanta de fronteira, em relação a qual é calculada a eficiência técnica das firmas.

* O anexo II testa a hipótese de que os produtos médios da terra e do trabalho estão correlacionados com o índice de eficiência técnica definido neste trabalho (capítulo III) para a agropecuária catarinense.

O gráfico 2 mostra uma isoquanta de fronteira (Y_0) e tem a mesma estrutura do gráfico 1. Difere apenas por não se conhecer a verdadeira isoquanta.

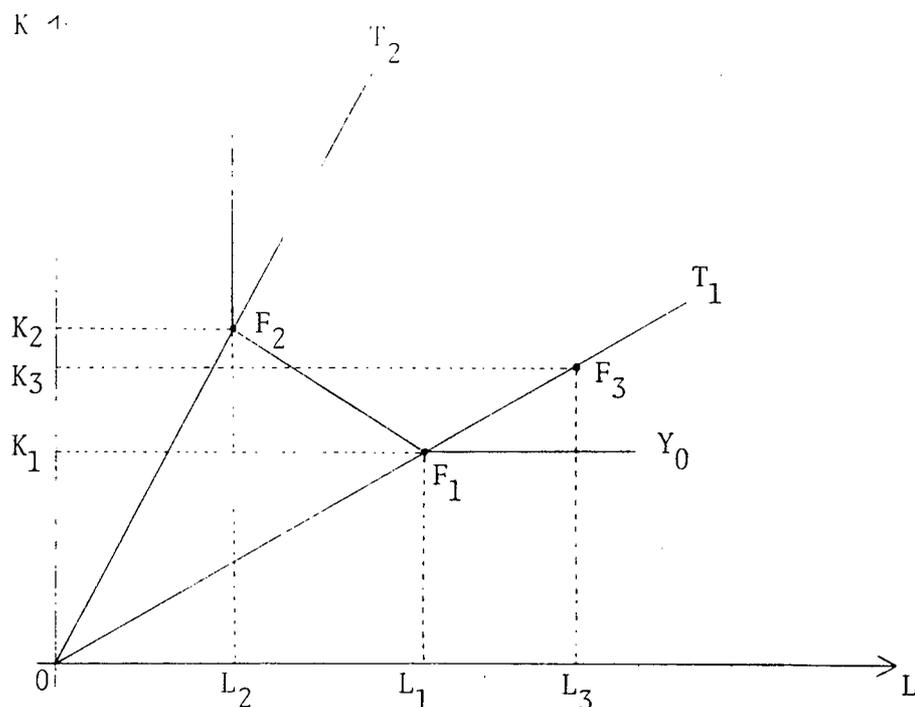


Gráfico 2: Uma isoquanta de fronteira mostrando firmas eficientes e ineficientes quanto à eficiência técnica.

Novamente os pontos F_1 , F_2 e F_3 correspondem a três firmas que empregam os insumos capital e trabalho segundo duas técnicas de produção, T_1 e T_2 . A isoquanta Y_0 é determinada através da combinação linear dos pontos extremos (F_1 e F_2), que representam as quantidades mínimas de insumos para produção de Y_0 . Os segmentos de reta OF_1 e OF_2 fornecem então um padrão de eficiência técnica, respectivamente para as firmas que usam as técnicas T_1 e T_2 . As firmas relacionadas com os pontos F_1 e F_2

recebem um índice máximo de eficiência técnica, porque seus desempenhos são os melhores do conjunto de firmas.

A firma relacionada ao ponto F_3 terá um índice de eficiência técnica (I) relativamente inferior e será dado por:

$$I(F_3) = OF_1 / OF_3$$

As distâncias OF_1 e OF_3 podem ser expressas em função dos insumos empregados para produzir Y_0 :

$$I(F_3) = \sqrt{\frac{L_1^2 + K_1^2}{L_3^2 + K_3^2}}$$

Índices de eficiência técnica baseados na isoquanta de fronteira têm sido calculados para analisar o desempenho relativo de empresas de determinado setor de atividade (Meller⁷, Tyler⁸).

Duas críticas básicas são feitas ao método de Farrell. A primeira aponta para o fato de que a isoquanta de fronteira tem caráter determinístico e está, portanto, sujeita a erros possivelmente existentes nas observações extremas que formam a própria isoquanta. Esta crítica ainda não foi respondida satisfatoriamente. Estudo têm sido realizados (Aigner, Lowell e Schmidt⁹, Meeusen e van den Broeck¹⁰) na tentativa de estabelecer as bases conceituais da função de produção de fronteira estocástica, buscando dividir as diferenças de desempenho entre firmas em dois componentes: um distúrbio estocástico, com distribui

ção normal, e um desvio unilateral de eficiência, com distribuição meio normal ou exponencial. O exame desta questão não será efetuado neste trabalho face às dificuldades operacionais de estimação de funções quando a normalidade para os dados não é assumida.

A segunda crítica ao método é a de que está implícito nos índices calculados que os retornos de escala são constantes, ou seja, os índices são obtidos a partir do desempenho das firmas em termos de quantidades de insumos por unidade de produto, sem qualquer consideração à escala de operação das firmas, a qual, na realidade, pode trazer consigo modificações na produtividade dos insumos.

Esta última dificuldade foi superada por Aigner e Chu¹¹ com a utilização de técnicas de programação (linear ou quadrática) para determinar a função de produção de fronteira, ao invés da isoquanta de fronteira, obtendo-se um índice de eficiência técnica pela razão entre a produção observada de cada firma e a produção potencial calculada a partir da função de fronteira. Neste caso, os retornos de escala estão presentes na própria função e, por consequência, são considerados nos índices de eficiência apurados. Entretanto, a função de fronteira destes autores é também determinística, recebendo a mesma crítica dirigida a Farrell.

A metodologia de Aigner e Chu, já utilizada em outros trabalhos (Timmer⁴, Tyler⁸), será também aplicada neste trabalho, utilizando-se a programação linear*. Uma exposição do

* Schmidt¹² mostrou que, assumindo-se a hipótese de distribuição

modelo de programação linear para obtenção da função de produção de fronteira é apresentada abaixo.

O modelo de função de produção de fronteira exige a especificação, "a priori", da forma funcional e das variáveis da função de produção. Seja, por exemplo, a forma linear abaixo onde Y_i , K_i e L_i são quantidades de produto e dos insumos capital e trabalho, respectivamente, e a , α e β são parâmetros e e_i é o erro estocástico:

$$Y_i = a + \alpha K_i + \beta L_i + e_i \quad (2)$$

A expressão (2) poderia ser estimada pelo método dos mínimos quadrados e, nesse caso, \hat{Y}_i , a quantidade de produto estimada, seria uma média e o termo \hat{e}_i , a diferença entre a quantidade de produto estimada e a observada, representaria desvios positivos, negativos ou nulos em torno dessa média. No modelo de Aigner e Chu, \hat{Y}_i é a quantidade de produto máxima ou de fronteira, ao invés de uma média, e o termo \hat{e}_i representa desvios positivos ou nulos. A estimação da função de fronteira através de programação linear é realizada, então, de forma a minimizar o somatório dos erros estimados (\hat{e}_i) e a condição de que todos estes erros se mantenham positivos ou iguais a zero.

exponencial para os erros, a programação linear é o método adequado e que, se por hipótese a distribuição dos erros for meio normal, a programação quadrática seria indicada. Para os dados utilizados neste trabalho, não há, a princípio, base para se adotar esta ou aquela hipótese. A opção pela programação linear deve-se apenas à sua maior simplicidade.

As considerações acima podem ser generalizadas em termos algébricos, utilizando-se a forma linear da equação (2):

$$\hat{e}_i = \hat{Y}_i - Y_i \quad (3)$$

logo, como $\hat{e}_i \geq 0$, tem-se

$$\hat{Y}_i - Y_i \geq 0 \quad \text{ou} \quad \hat{Y}_i \geq Y_i \quad (4)$$

ou ainda, dado que

$$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{\alpha}K_i + \hat{\beta}L_i \quad (5)$$

tem-se que

$$\hat{a} + \hat{\alpha}K_i + \hat{\beta}L_i \geq Y_i \quad (6)$$

Na verdade, as desigualdades do tipo (6) formam o conjunto de restrições do problema de programação linear. E as estimativas de parâmetro (\hat{a} , $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$) são as variáveis de decisão. Como estas estimativas são realizadas estipulando-se por objetivo a minimização do somatório dos erros, a função objetivo do modelo de programação pode ser escrita a partir das expressões (3) e (5):

$$\hat{e}_i = \hat{a} + \hat{\alpha}K_i + \hat{\beta}L_i - Y_i$$

ou, aplicando-se o somatório,

$$\Sigma \hat{e}_i = n\hat{a} + \hat{\alpha}\Sigma K_i + \hat{\beta}\Sigma L_i - \Sigma Y_i \quad (\text{onde } n \text{ é o número de firmas}).$$

O termo ΣY_i , por ser uma constante para um conjunto determinado de dados, não interfere na minimização de $\Sigma \hat{e}_i$, podendo, para maior simplificação, ser eliminado. Finalmente, a expressão resultante pode ser dividida por n , obtendo-se a forma final da função objetivo:

$$\text{Minimizar } \hat{a} + \hat{\alpha}\bar{K} + \hat{\beta}\bar{L} \quad (7)$$

onde \bar{K} e \bar{L} são as quantidades médias dos insumos capital e trabalho empregadas pelas firmas consideradas no estudo. Com as expressões (6) e (7), o modelo de programação linear para determinar os parâmetros da função de produção de fronteira se completa:

$$\text{Minimizar } \hat{a} + \hat{\alpha}\bar{K} + \hat{\beta}\bar{L}$$

$$\text{Restrições } \hat{a} + \hat{\alpha}K_i + \hat{\beta}L_i \geq Y_i \quad (\text{onde } i = 1, \dots, n)$$

$$\hat{a}, \hat{\alpha} \text{ e } \hat{\beta} \geq 0$$

Uma vez obtidos os valores de \hat{a} , $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$, os parâmetros da função de fronteira determinados pelo modelo de programação linear acima, o índice de eficiência técnica para cada uma das firmas é dado por:

$$\hat{I}_i = \frac{Y_i}{\hat{a} + \hat{\alpha}K_i + \hat{\beta}L_i}$$

Pode-se, então, resumir os resultados das discussões acima sobre medidas de eficiência na atividade produtiva. Inicialmente, o conceito de função de produção permite distinguir, na eficiência econômica buscada pelas firmas, dois componentes: a eficiência técnica e eficiência-preço.

Como medidas de eficiência econômica, citam-se o lucro e o custo ou medidas deles derivadas. Para mercados concorrenciais, não há, em princípio, objeções teóricas a essas medidas, sendo que o lucro é uma medida de desempenho global da empresa e o custo se refere especificamente ao setor produtivo da empresa. Em mercados não concorrenciais e quando há interferências do poder público nos preços, o lucro e os custos passam, entretanto, a refletir não apenas o resultado de alocações eficientes de recursos mas também a capacidade das empresas de controlar preços e de obter vantagens oferecidas pelo governo.

Medidas de eficiência técnica, como o produto médio e o índice derivado da função de produção de fronteira, ignoram os preços e os problemas e funções associados ao sistema de preços. Constituem-se apenas em medidas do rendimento físico dos insumos empregados pelas empresas, mas são relevantes porque é sobre o rendimento físico na produção que assentam-se, em grande parte, as possibilidades das empresas alcançarem seus objetivos mais gerais de obtenção de lucros. A abordagem multi-insumo da função de produção de fronteira traz vantagens óbvias sobre a abordagem alternativa de produto médio, em termos de determinação da eficiência técnica. Julga-se que os problemas associados à metodologia da função de produção de fronteira, em particular quan

to a seu caráter determinístico e no que se refere às dificuldades sempre presentes na especificação de funções de produção, não prejudicam a sua utilização e a confiabilidade deste trabalho.

2.2. Fatores explicativos das diferenças de eficiência no setor agropecuário

A existência de diferenças de eficiência técnica entre firmas ou estabelecimentos de determinado setor produtivo tem levado a indagações e pesquisas visando identificar as causas de tal diferenciação. Estudos dessa natureza têm sido realizados para o setor agropecuário brasileiro, de que resultou a indicação de alguns fatores ligados à maior eficiência técnica dos estabelecimentos produtivos.

Dentre os fatores associados à eficiência técnica na agropecuária brasileira, destaca-se o uso, em alguns estabelecimentos, de técnicas modernas intensivas em capital em contraste com as técnicas tradicionais, à base de mão de obra e de instrumentos agrários rudimentares, praticadas em outros estabelecimentos.

A esse respeito, Paiva observa que a renda dos agricultores mostra-se muito variável devido ao que denomina de "dualismo tecnológico": "alguns agricultores empregam somente técnicas modernas, utilizando basicamente tratores, colhedei^ras, adubos, defensivos etc.; outros empregam técnicas modernas ao lado das tradicionais; e outros, ainda, em geral os mais numerosos

empregam somente técnicas primitivas, ou seja, fazem agricultura de enxada"¹³.

A comparação de eficiência entre estabelecimentos que empregam técnicas modernas e estabelecimentos que empregam técnicas tradicionais parte do pressuposto de que o comportamento e a motivação econômica de agricultores modernos e tradicionais não diferem entre si, apesar dos níveis tecnológicos diversos. Este pressuposto apóia-se em Schultz¹⁴ que argumenta que os agricultores tradicionais também operam com eficiência, dados os recursos de que dispõem e que se permanecem na técnica tradicional é devido ao custo desigual do acesso aos novos fatores produtivos e à informação.

Ainda com referência à tecnologia, Paiva, Shattan e Freitas são bastante incisivos quanto à necessidade de modernização da agricultura nacional a fim de que seja possível elevar a produção, a preços baixos, e ao mesmo tempo aumentar a renda líquida do setor. Segundo estes autores, o objetivo de elevação da produção e da renda do setor agrícola só será alcançado com a "obtenção de maior eficiência. E isto, em princípio, somente pode ser conseguido em escala acentuada com a modernização das atividades agrícolas, ou seja, com o emprego de técnicas que exigem capital. Técnicas que não exigem capital, como são as que se referem a melhores combinações de fatores já existentes, época de plantio, espaçamento entre plantas, combinações diferentes de atividades etc., oferecem possibilidades limitadas de ganho."¹⁵

Além do fator tecnologia, existem indagações também sobre a influência da escala das operações na atividade agrí

cola sobre a eficiência técnica e econômica dos estabelecimentos.

Cline¹⁶ estimou funções de produção para 18 setores da produção agropecuária abrangendo 1.000 propriedades localizadas em 7 Estados brasileiros e concluiu pela existência de retornos de escala constantes "para insumos realmente utilizados". Verificou, contudo, que as grandes propriedades geram menor valor adicionado por área total, devido à maior ociosidade das terras. Desses dois resultados este autor concluiu que uma redistribuição de terras das grandes para as pequenas propriedades levaria a um aumento na produção agrícola.

Pode-se citar também, para o fator escala e sua relação com eficiência na atividade agrícola, pesquisa efetuada por Lau e Yotopoulos⁵ buscando testar, para uma amostra de dados da agricultura da Índia, a igualdade entre eficiência econômica relativa (eficiência técnica e eficiência-preço, conjuntamente) de grandes e pequenos (de menos de 10 acres) estabelecimentos. Estes autores concluíram que os pequenos estabelecimentos da amostra apresentaram maior eficiência econômica que os estabelecimentos maiores.

Numa perspectiva mais abrangente, Contador⁶, em pesquisa empírica efetuada em estabelecimentos agrícolas de 7 Estados do Brasil, inclusive Santa Catarina, relacionou simultaneamente diferentes fatores, além de tecnologia e escala, às taxas de retorno dos estabelecimentos. Os demais fatores especificados

* O autor utilizou como variável para o insumo terra a área cultivada, no caso de culturas, e área de pastagens, no caso de pecuária, ao invés da área total dos estabelecimentos.

foram os seguintes: efeito-região, associado às condições locais onde se desenvolve a produção; efeito-educação; efeito-condição do responsável, se proprietário ou não proprietário; efeito-atividade, destacando a atividade agrícola ou pecuária predominante no estabelecimento; efeito-concessão de crédito; e efeito-localização, referente à distância dos mercados de produtos e insumos.

As conclusões básicas da pesquisa de Contador foram as seguintes: o uso de técnicas modernas, medido através de um coeficiente tecnológico determinado, mostrou-se positivamente associado à taxa de retorno; o efeito-escala apresentou-se negativo em relação às taxas de retorno, ou seja, os estabelecimentos menores apresentaram taxas de retorno superiores em relação aos estabelecimentos maiores; o efeito-educação confirmou a teoria do capital humano no sentido de que os estabelecimentos gerenciados por alfabetizados estão geralmente associados com taxas de retorno mais elevadas; e a obtenção de crédito rural e taxas mais altas de rentabilidade aparentam estar associados na maioria dos estabelecimentos. No que se refere aos demais efeitos, as conclusões não foram significantes ao nível dos sete Estados.

Em suma, a bibliografia acima citada destaca duas importantes variáveis para explicação das diferenças de eficiência entre estabelecimentos do setor agropecuário: a tecnologia utilizada, moderna ou tradicional, onde aponta-se para uma relação positiva entre eficiência e tecnologia moderna, e o tamanho dos estabelecimentos, para o qual há indicação de que os retornos de escala são decrescentes ou, no máximo, constantes. Outros fatores de importância podem também afetar a eficiência dos esta

belecimentos. São exemplos a localização, os tipos predominantes de culturas, o acesso ao crédito, a condição do produtor, entre outras variáveis.

2.3. Metodologia e dados

2.3.1. Metodologia

As discussões e citações já efetuadas neste capítulo permitem definir os procedimentos básicos que orientarão a análise empírica da agropecuária catarinense, com vistas a alcançar os objetivos propostos neste trabalho.

Em primeiro lugar, a fim de medir a eficiência produtiva, será utilizado o método da função de produção de fronteira, descrito na seção 2.1.5, que dá origem a uma medida de eficiência técnica da atividade produtiva. A aplicação do método de função de produção de fronteira neste trabalho envolve procedimentos que podem ser divididos em três etapas:

1a. etapa: definir as variáveis representativas de insumos e produto e definir a forma funcional da função de produção de fronteira. Para tanto, será utilizado o método de mínimos quadrados ordinários e será estimada, em bases estatísticas, uma função de produção para a agropecuária catarinense. Esta etapa é necessária devido ao desconhecimento das variáveis operacionais para insumos e produtos na agropecuária catarinense. Além da de-

definição de variáveis para insumos e produto e uma vez que este trabalho é de âmbito estadual, torna-se também necessário definir e incluir na função de produção variáveis binárias correspondentes a regiões do Estado. As variáveis binárias se justificam em virtude da diversidade regional encontrada na agropecuária do Estado devida, especialmente, à diferenciação de solo e clima. A função de produção, a ser estimada por mínimos quadrados, terá, então, a forma linear genérica abaixo:

$$Y_i = a + \beta_1 \cdot X_{i1} + \dots + \beta_j \cdot X_{ij} + \gamma_1 \cdot D_{i1} + \dots + \gamma_k \cdot D_{ik} + e_i$$

onde Y, X e D representam, respectivamente, o produto, os insumos e as variáveis binárias; a, β e γ são parâmetros a estimar; j e k correspondem, respectivamente, ao número de insumos e de variáveis binárias; $i = 1, 2, \dots, n$, onde n é o número de casos e e_i é o termo aleatório.

2a. etapa: determinar os parâmetros da função de produção de fronteira. O modelo de programação linear correspondente encontra-se abaixo, nos termos da forma final já mostrada na seção 2.1.5:

$$\text{Minimizar } \hat{a} + \hat{\beta}_1 \cdot \bar{X}_1 + \dots + \hat{\beta}_j \cdot \bar{X}_j + \hat{\gamma}_1 \cdot \bar{D}_1 + \dots + \hat{\gamma}_k \cdot \bar{D}_k$$

$$\text{Restrições } \hat{a} + \hat{\beta}_1 \cdot X_{i1} + \dots + \hat{\beta}_j \cdot X_{ij} + \hat{\gamma}_1 \cdot D_{i1} + \dots + \hat{\gamma}_k \cdot D_{ik} \geq Y_i$$

$$\hat{a}, \hat{\beta} \text{ e } \hat{\gamma} \geq 0$$

onde \hat{a} , $\hat{\beta}$ e $\hat{\gamma}$ são as variáveis de decisão do modelo de programa-

ção linear e os parâmetros da função de produção de fronteira; \bar{X} e \bar{D} correspondem a médias para n casos.

3a. etapa: calcular o índice de eficiência técnica para cada um dos i casos, conforme a expressão seguinte:

$$\hat{I}_i = \frac{Y_i}{\hat{a} + \hat{\beta}_1 \cdot X_{i1} + \dots + \hat{\beta}_j \cdot X_{ij}}$$

onde \hat{I}_i é o índice de eficiência calculado e \hat{a} e $\hat{\beta}$ são parâmetros da função de produção de fronteira. Para cálculo do índice são excluídas as variáveis binárias a fim de que o índice incorpore os efeitos da localização dos estabelecimentos. Por outro lado, a inclusão das variáveis binárias no modelo de programação visa evitar que as influências devidas à localização dos estabelecimentos sejam erroneamente atribuídos aos insumos.

Em segundo lugar, para atingir o objetivo de identificar fatores associados à eficiência técnica, será testada, através de regressões múltiplas, a relação entre o índice de eficiência técnica calculado e os fatores abaixo discriminados:

a) Fator tecnologia moderna: de forma geral, julga-se que a tecnologia moderna, que emprega em maior proporção máquinas e insumos químicos industriais, esteja positivamente relacionada à eficiência técnica. Entretanto, pode haver dificuldades de adaptação às condições locais e, em consequência, não se verificar a relação esperada.

b) Fator escala: a maior escala de operação ou de maior tamanho dos estabelecimentos pode, de um lado, permitir o

uso adequado de equipamentos de dimensões grandes, elevando a eficiência. Por outro lado, os pequenos estabelecimentos, em particular no que se refere à terra, tendem a operar com menos ociosidade os seus menores recursos disponíveis.

c) Fator diferenciação de atividade: a diferenciação de atividade pode ter papel relevante na explicação do índice de eficiência alcançado por determinados grupos de estabelecimentos, em vista de condições de mercado ou condições climáticas favoráveis ou não a determinado produto.

d) Fator crédito: o crédito bancário, na medida em que sua disponibilidade permite a opção por novas técnicas ou novos produtos, dando maior flexibilidade aos produtores, é um fator que pode também afetar a eficiência na produção.

e) Fator condição do responsável: a condição do responsável pela produção, se proprietário ou não proprietário, pode ter influência sobre a eficiência técnica na medida em que o produtor proprietário pode realizar os investimentos mais adequados à produção e ocupar com maior racionalidade a sua área de terra.

f) Fator relação de trabalho: na medida em que o emprego de mão de obra assalariada está associado à organização da produção em moldes capitalistas, julga-se que os estabelecimentos que empregam menos mão de obra familiar e mais mão de obra assalariada tendem a alcançar maior eficiência, de vez que são livres de situações dadas para os estabelecimentos familiares, como, por exemplo, operar com número excessivo de trabalhadores.

g) Fator localização: este fator busca captar as

características regionais do Estado referentes à qualidade da terra, clima e outras diferenciações não explicitadas nos demais fatores.

As regressões múltiplas, envolvendo o índice de eficiência técnica e os fatores acima, serão estimadas para os agrupamentos de dados seguintes: uma regressão para o conjunto dos estabelecimentos do Estado e uma regressão para cada região, individualmente. Para essas regressões, será utilizada a forma linear abaixo:

$$I_i = a + \beta_1 \cdot X_{i1} + \dots + \beta_7 \cdot X_{i7} + e_i$$

onde I e X representam, respectivamente, o índice de eficiência técnica e os fatores acima discriminados; e_i é o termo aleatório; e $i = 1, 2, \dots, n$, onde n é o número de casos.

2.3.2. Dados

Serão utilizados no presente trabalho dados oriundos do Censo Agropecuário do Estado de Santa Catarina referente ao ano de 1975¹⁷. Esses dados apresentam-se agregados ao nível de município e resultam de somatórios de informações coletadas por estabelecimento. Na definição do Censo Agropecuário, por estabelecimento entende-se "todo terreno, de área contínua, independente do tamanho ou situação (urbana ou rural), formado de uma ou mais parcelas confinantes, sujeito a uma única administração, onde se processar uma exploração agropecuária". O conceito

de estabelecimento independe, portanto, da propriedade da terra e guarda conformidade com o conceito de unidade de produção, pela existência de uma só administração.

Para fins de utilização neste trabalho, os dados censitários, agregados por município, serão divididos pelo respectivo número de estabelecimentos, de forma a obter-se, assim, um "estabelecimento representativo" para cada município.

Por se tratar de estudo envolvendo apenas um ano de atividade, existe a preocupação neste trabalho com as atividades agropecuárias cujo ciclo de produção se estende por mais de um ano de duração e, por consequência, a aplicação dos recursos e a obtenção de produtos finais não ocorrem integralmente no mesmo período anual. Diversas são as atividades produtivas que têm ciclo produtivo superior a um ano, podendo-se citar a bovinocultura, as culturas permanentes, a silvicultura e a extração vegetal.

Acredita-se, entretanto, que esse problema é amenizado em determinadas atividades, como a bovinocultura e mesmo nas culturas permanentes, na medida em que os estoques físicos de produtos em elaboração existentes no final do ano em estudo podem ser compensados, ao menos em parte, por estoques equivalentes verificados no início do mesmo ano. Mas, esse raciocínio não parece válido para as atividades de longo ciclo de produção, como a silvicultura, ou para as atividades puramente extrativas, como a extração vegetal de madeira e lenha.

A partir das considerações acima, julgou-se oportuno excluir do conjunto de dados aqueles municípios (em número

de 19) onde as atividades de extração vegetal e silvicultura têm elevada participação (superior a 20%) no valor bruto da produção total. Os municípios restantes, em número de 178, serão considerados neste trabalho e encontram-se listados, por região, no anexo I.

C A P Í T U L O I I I

3. RESULTADOS PARA A AGROPECUÁRIA CATARINENSE

3.1. Definição das variáveis e da forma funcional para a função de produção de fronteira

A metodologia proposta no capítulo II para mensuração da eficiência técnica na agropecuária catarinense tem por etapa inicial a definição das variáveis e da forma funcional para a função de produção de fronteira, tema a seguir desenvolvido.

Dois tipos de variáveis devem ser definidas para a função de produção de fronteira: as variáveis representativas de insumos e produto e as variáveis binárias que têm por objetivo captar as diferenças regionais existentes nos dados.

Primeiramente, no que se refere à definição das variáveis binárias regionais, devem ser feitas as seguintes considerações. A Fundação IBGE adota uma divisão do Estado de Santa Catarina constituída de 16 microrregiões homogêneas. Entretanto, esse número é considerado excessivo para figurar numa função de produção e, por outro lado, algumas microrregiões homogêneas são formadas por um número muito pequeno de municípios, como é o ca-

so da microrregião Litoral de Laguna, composta por apenas 3 municípios. Optou-se, então, pelo agrupamento das 16 microrregiões homogêneas da fundação IBGE em 5 grandes regiões, tendo por critérios a proximidade geográfica e as características de solo, clima e de produção. As regiões definidas para este trabalho são as seguintes:

- a) Região colonial oeste
- b) Região colonial do vale do Itajaí e de Joinville
- c) Região colonial serrana e sul
- d) Região litorânea
- e) Região planalto.

Estas regiões podem ser visualizadas na figura 1. O anexo I também apresenta estas mesmas regiões, juntamente com as microrregiões homogêneas da Fundação IBGE e os municípios que as constituem.

Em segundo lugar, a tarefa de definição de variáveis para insumos foi desenvolvida atendendo ao critério seguinte: as variáveis devem representar os principais insumos que tradicionalmente figuram nas funções de produção estimadas para a atividade agropecuária e devem ser operacionalizadas de forma a obter-se o melhor ajustamento estatístico aos dados. Por esse critério, os insumos trabalho, terra e bens de capital devem obrigatoriamente estar presentes na função de produção de fronteira.

Como variável dependente da função de produção, foi escolhido o valor bruto da produção, na falta de informação

específica sobre o valor adicionado ou produto efetivamente gerado nos estabelecimentos. Uma vez que o valor bruto da produção inclui o produto gerado mais as matérias primas adquiridas, tornou-se necessário especificar na função de produção um insumo correspondente às despesas efetuadas com aquisição de matérias primas.

A definição de variáveis operacionais para os insumos trabalho, terra, bens de capital e despesas baseou-se no exame de coeficientes de correlação simples entre o valor bruto da produção e formas operacionais alternativas para os insumos (ver tabela 1), optando-se pelas formas que mostraram maior correlação com o valor bruto da produção.

Os resultados da tabela 1, juntamente com as demais considerações efetuadas com referência à regionalização do Estado, levaram à definição das seguintes variáveis operacionais para a função de produção de fronteira:

a) Valor bruto da produção: esta variável corresponde ao valor bruto da produção agropecuária do município (em milhares de cruzeiros) dividido pelo respectivo número de estabelecimentos existentes.

b) Mão de Obra: esta variável representa o insumo

TABELA 1

Coeficientes de correlação simples entre o valor bruto da produção e variáveis representativas dos insumos trabalho, terra, bens de capital e despesas.

Variáveis representativas dos insumos	Valor bruto da produção agropecuária
1. <u>Insumo Trabalho</u>	
Contingente de mão de obra total	0,18
Contingente de mão de obra adulta	0,26*
2. <u>Insumo Terra</u>	
Área total de terra	0,20
Área total menos terras improduti <u>v</u> as e matas naturais	0,27*
Área total menos terras improduti <u>v</u> as e matas e pastagens naturais	0,58*
3. <u>Insumo Bens de Capital</u>	
Número de tratores	0,28*
Valor de máquinas e instrumentos agrários	0,64*
4. <u>Insumo Despesas</u>	
Valor das despesas com sementes e mudas, adubos, corretivos, defen <u>s</u> ivos agrícolas, ração e medica <u>m</u> entos para animais.	0,84*

* Correlação diferente de zero ao nível de significância de 5%.

trabalho e corresponde ao contingente de mão de obra adulta, mas culina e feminina, familiar e empregada (permanente e temporário),

dividido pelo número de estabelecimentos do município. Exclui o contingente de mão de obra de menos de 14 anos de idade.

c) Área de terra: esta variável corresponde à área total (em hectares), deduzidas as áreas de terra improdutivas, de florestas naturais e de pastagens naturais, dividida pelo número de estabelecimentos do município. À falta de critério para ponderar as áreas de terra segundo sua fertilidade, optou-se pela exclusão das áreas de matas e pastagens naturais, além das áreas de terra improdutivas. A diferença de fertilidade das áreas de terra entre regiões é controlada pelo uso das variáveis binárias regionais.

d) Valor de máquinas: esta variável corresponde ao valor de máquinas e instrumentos agrários (em dezenas de milhares de cruzeiros) dividido pelo número de estabelecimentos do município.

e) Despesas: esta variável corresponde às despesas, expressas em dezenas de milhares de cruzeiros, efetuadas com aquisição de sementes e mudas, adubos e corretivos, defensivos agrícolas e medicamentos e ração para animais. Como as demais, esta variável também tem seu valor global por município dividido pelo número de estabelecimentos.

f) Variáveis binárias: foram definidas quatro variáveis binárias, abaixo especificadas, para atender a diferenças regionais existentes na agropecuária estadual:

Região oeste

Região vale do Itajaí

Região serrana/sul

Região litorânea.

As demais observações correspondem à região planalto. Estas variáveis binárias correspondem às regiões do Estado já definidas e mostradas no anexo I.

A fim de determinar a forma da função de produção que melhor se adaptasse aos dados e às variáveis acima especificadas, foram estimadas regressões múltiplas por mínimos quadrados ordinários para as formas funcionais abaixo:

a) Forma linear

$$Y_i = a + \beta_1 \cdot X_{i1} + \dots + \beta_4 \cdot X_{i4} + \gamma_1 \cdot D_{i1} + \dots + \gamma_4 \cdot D_{i4} + e_i$$

onde Y, X e D representam, respectivamente, o valor bruto da produção, os insumos e as variáveis binárias regionais; a, β e γ são os parâmetros; e_i é o termo aleatório; e $i = 1, 2, \dots, n$, onde n é o número de casos.

b) Forma logaritmica-linear

$$\ln(Y_i) = a + \beta_1 \cdot X_{i1} + \dots + \beta_4 \cdot X_{i4} + \gamma_1 \cdot D_{i1} + \dots + \gamma_4 \cdot D_{i4} + e_i$$

onde ln é o símbolo dos logaritmos naturais.

c) Forma linear-logaritmica

$$Y_i = a + \beta_1 \cdot \ln(X_{i1}) + \dots + \beta_4 \cdot \ln(X_{i4}) + \gamma_1 \cdot D_{i1} + \dots + \gamma_4 \cdot D_{i4} + e_i$$

d) Forma bi-logaritmica ou Cobb-Douglas

$$\ln(Y_i) = a + \beta_1 \cdot \ln(X_{i1}) + \dots + \beta_4 \cdot \ln(X_{i4}) + \gamma_1 \cdot D_{i1} + \dots + \gamma_4 \cdot D_{i4} + e_i$$

A tabela 2 mostra os resultados das regressões estimadas para as quatro formas funcionais acima expressas.

De acordo com os resultados da tabela 2, a forma funcional que melhor se ajustou aos dados e variáveis especificadas foi a forma bi-logaritmica, denominada na literatura econômica de Cobb-Douglas. Esse ajustamento melhor é o resultado da maior significância de cada parâmetro estimado (teste t) e da maior significância conjunta da regressão (teste F). A forma de Cobb-Douglas tem sido, aliás, tradicionalmente utilizada para estimação de funções de produção e será também adotada neste trabalho.

Os parâmetros estimados através da forma de Cobb-Douglas, conforme a tabela 2, apresentam-se significantes ao nível de 5%, com exceção da variável binária da região litorânea, significativa a 10%. De acordo com o coeficiente de determinação (R^2), 83% das variações do valor bruto da produção são explicadas, na forma Cobb-Douglas, pelas variações dos quatro insumos e das quatro variáveis binárias especificadas.

Com poucas exceções, os resultados para as demais formas funcionais parecem não diferir dos resultados obtidos pa-

TABELA 2

Parâmetros estimados para a função de produção da agropecuária catarinense, segundo as quatro formas funcionais testadas.

Formas Funcionais \ Variáveis	Forma linear	Forma log-linear	Forma linear-logaritmica	Forma Cobb-Douglas
1. <u>Insumos</u>				
Mão de obra	1,7878*(2,9)	0,0605*(2,2)	9,9334* (3,1)	0,1803* (2,0)
Área de terra	0,1626 (1,5)	0,0094*(2,0)	1,9522 (1,3)	0,1025* (2,5)
Valor de máquinas	0,0259*(2,8)	0,0007 (1,8)	1,3584 (1,6)	0,1075* (4,6)
Despesas	1,6328*(14,1)	0,0403*(7,8)	9,2944*(10,6)	0,2973*(11,9)
2. <u>Var. bin. regionais</u>				
r.oeste	9,8258*(5,8)	0,3429*(4,5)	10,5846* (5,8)	0,3007* (5,8)
r.vale Itajaí	4,3292*(2,3)	0,1429 (1,7)	4,4864* (2,2)	0,1893* (3,3)
r.serrana/sul	4,3073 (1,2)	0,1180 (1,4)	4,4335* (2,1)	0,2110* (3,6)
r. litorânea	2,4520 (1,2)	0,0637 (0,7)	5,6953* (2,5)	0,1076 (1,7)
3. <u>Constante</u>	6,1485	2,5630	-31,6210	1,1440
4. <u>Estatística F</u>	92,659*	45,652*	73,392*	115,81*
5. <u>R² ajustado</u>	0,8055	0,6685	0,7659	0,8384

Obs: os valores entre parêntesis ao lado dos parâmetros de regressão correspondem ao valor da estatística t-student. Parâmetros assinalados com asterisco são significativamente diferentes de zero ao nível de 5%, pelo menos.

ra a forma de Cobb-Douglas, conforme mostram os coeficientes de elasticidade-produto na tabela 3:

TABELA 3

Coefficientes de elasticidade-produto, segundo as diferentes formas funcionais testadas para a função de produção.

Formas Funcionais Insumos	Forma linear	Forma log. linear	Forma linear logaritmica	Forma Cobb-Douglas
Mão de obra	0,19	0,19	0,34	0,18
Área de terra	0,07	0,12	0,07	0,10
Valor de máquinas	0,06	0,05	0,05	0,10
Despesas	0,28	0,20	0,32	0,29

As elasticidades-produto que estão na tabela 3 foram calculadas utilizando-se os coeficientes angulares estimados em cada forma funcional e as médias das variáveis insumo e valor bruto da produção*.

* As fórmulas de cálculo utilizadas podem ser deduzidas, Y e X representando produto e insumos, respectivamente, iniciando-se pela forma de Cobb-Douglas, onde o coeficiente é a própria elasticidade-produto, ou seja, $E_{Y,X} = \partial \ln(Y) / \partial \ln(X) = \beta$. A demonstração é efetuada expandindo-se a expressão logaritmica pela regra de cadeia. Tem-se então $\frac{\partial \ln(Y)}{\partial \ln(X)} = \frac{\partial \ln(Y)}{\partial Y} \cdot \frac{\partial Y}{\partial X} \cdot \frac{\partial X}{\partial \ln(X)}$ (9)

ou seja $\frac{\partial \ln(Y)}{\partial \ln(X)} = \frac{1}{Y} \cdot \frac{\partial Y}{\partial X} \cdot X$ que é a própria expressão da elasticidade. Como a elasticidade-produto varia, com exceção para a forma de Cobb-Douglas, usou-se para comparação entre as formas funcionais na tabela 3 os valores médios das variáveis produto e insumos, ou seja \bar{Y} e \bar{X} . Na forma linear, basta substituir na expressão (9) o termo $\partial Y / \partial X$ por β , o parâmetro estimado, tendo-se então $E_{Y,X} = \frac{\partial \ln(Y)}{\partial Y} \cdot \beta \cdot \frac{\partial X}{\partial \ln(X)}$ ou $E_{Y,X} = \beta \cdot \frac{\bar{X}}{\bar{Y}}$. Para as demais formas funcionais, de forma análoga, tem-se $E_{Y,X} = \beta \cdot \bar{X}$ e $E_{Y,X} = \beta / \bar{Y}$, respectivamente para as formas logaritmica-linear e linear-logaritmica.

3.2. Determinação dos parâmetros da função de produção de fronteira

Esta seção tem por objetivo determinar os parâmetros da função de produção de fronteira a partir das variáveis e forma funcional de Cobb-Douglas definidas na seção precedente.

O modelo de programação linear adotado para alcançar tal objetivo foi operacionalizado na forma abaixo:

$$\text{Minimizar } \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 \cdot \bar{X}_1 + \dots + \hat{\beta}_4 \cdot \bar{X}_4 + \hat{\gamma}_1 \cdot \bar{D}_1 + \dots + \hat{\gamma}_4 \cdot \bar{D}_4$$

$$\text{Restrições } \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 \cdot X_{i1} + \dots + \hat{\beta}_4 \cdot X_{i4} + \hat{\gamma}_1 \cdot D_{i1} + \dots + \hat{\gamma}_4 \cdot D_{i4} \geq Y_i$$

$$\hat{\alpha}, \hat{\beta} \text{ e } \hat{\gamma} \geq 0$$

onde Y e X são, respectivamente, logaritmos de valor bruto da produção e dos insumos; D representa os valores (0 e 1) assumidos pelas variáveis binárias; \bar{X} e \bar{D} são médias de n casos; $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$ e $\hat{\gamma}$ são as variáveis de decisão do modelo e os parâmetros a determinar; e $i = 1, 2, \dots, n$, onde n é o número de casos.

Os parâmetros da função de fronteira obtidos encontram-se na tabela 4, confrontados com os parâmetros da função de produção estimados por mínimos quadrados:

TABELA 4

Parâmetros de função de produção estimados por mínimos quadrados e através de programação linear.

Estimadores Variáveis	Mínimos quadrados (função média)*	Programação linear (função de fronteira)
1. <u>Insumos</u>		
mão de obra	0,1803	0,3271
área de terra	0,1025	0,3419
valor de máquinas	0,1075	0,3287
despesas	0,2973	0,0838
2. <u>Variáveis binárias regionais</u>		
região oeste	0,3007	0,5409
região vale do Itajaí	0,1893	0,4356
região serrana/sul	0,2110	0,5842
região litorânea	0,1076	0,4365
3. <u>Constante</u>	1,1440	0,5120

* Tabela 3 - Forma Cobb-Douglas.

Alguns comentários devem ser feitos sobre os resultados que se encontram na tabela 4.

Inicialmente, deve-se enfatizar que a função de produção estimada por mínimos quadrados é, na verdade, uma função média ou que representa o comportamento médio para o número total de casos (neste trabalho, 178 casos). A função de produção de fronteira, entretanto, é determinada através de programação linear a partir apenas dos casos dominantes ou eficientes (9 casos, neste trabalho), em número que corresponde ao número de variáveis de decisão do modelo de programação. Assim, a coincidência

entre os valores dos parâmetros estimados segundo os dois métodos constitui-se apenas numa das possibilidades.

Os parâmetros das funções de produção média e de fronteira são efetivamente bastante diferentes uns dos outros. No que se refere aos insumos, observa-se que os municípios que estão na fronteira empregam em maior proporção o insumo despesas relativamente aos demais insumos e em comparação com a média dos municípios do Estado. Isto pode ser constatado pelo baixo coeficiente de 0,0838 obtido para o insumo na função de fronteira contra 0,2973 estimado para o insumo despesas na função média, pois o menor coeficiente determinado para o insumo, numa função do tipo Cobb-Douglas, está associado ao emprego em maior proporção desse insumo. Nesse sentido, os insumos área de terra e valor de máquinas possuem baixo coeficiente na função média, o que indica que esses insumos são empregados em média no Estado com relativa abundância face à mão de obra e especialmente face ao insumo despesas.

Considerando os insumos no conjunto, o somatório dos coeficientes dos insumos é de 0,6876 na função média contra um somatório de 1,0815 na função de fronteira, indicando a existência, respectivamente, de retornos decrescentes em média na agropecuária estadual e de retornos aproximadamente constantes para os 9 municípios mais eficientes. Estes resultados parecem estar de acordo com a revisão bibliográfica efetuada no capítulo II, onde foi destacado que os retornos de escala são decrescentes na agropecuária brasileira (Contador) ou, conforme Cline, eliminadas as ociosidades, são constantes.

No que se refere às variáveis binárias, deve-se registrar que a inclusão dessas variáveis no modelo garantiu a participação de cada uma das regiões do Estado na solução de fronteira com pelo menos um município. Os coeficientes das variáveis binárias regionais mostram-se expressivamente maiores na função de fronteira do que na função média. Uma explicação para tal fato está nos próprios métodos de determinação desses coeficientes: enquanto na função média o coeficiente de uma variável binária corresponde à diferença entre interceptos médios dos municípios que formam a região a que se refere a variável binária e dos municípios da região base, na função de fronteira o coeficiente é dado pela diferença entre interceptos de apenas dois municípios mais eficientes, um de cada região. O uso da média, no método de mínimos quadrados, tenderia então a reduzir a diferença de intercepto entre cada uma das demais regiões e a região base.

3.3. Determinação do índice de eficiência técnica

A partir da função de produção de fronteira foi calculado um índice de eficiência técnica para os municípios que integram este estudo, conforme procedimento já discutido na metodologia. A fórmula de cálculo do índice está abaixo:

$$\hat{I}_i = \frac{Y_i}{\hat{a} + \hat{\beta}_1 \cdot X_{i1} + \dots + \hat{\beta}_4 \cdot X_{i4}}$$

onde \hat{I}_i é o índice de eficiência técnica; Y e X são logaritmos ,

respectivamente, do valor bruto da produção e dos insumos; $\hat{\alpha}$ e $\hat{\beta}$ são parâmetros da função de produção de fronteira; e $i=1,2,\dots,n$, sendo n o número de casos.

O índice de eficiência técnica calculado encontra-se listado, por município, no anexo II. O índice assume valores que variam de 0,7680 a 1,2813, indicando a existência de acentuadas diferenças de eficiência técnica entre municípios*.

No anexo II encontram-se também listadas, por município, três outras medidas de eficiência técnica da atividade agropecuária: os resíduos da função de produção média, o produto médio por hectare e o produto médio por trabalhador. Estão também registrados os postos (de 1 a 178) que cada município ocupa segundo as diferentes medidas de eficiência. A correlação de postos entre o índice de eficiência técnica calculado através da função de fronteira e cada uma das três medidas alternativas citadas indica que há correlação significativa, ao nível de 5%, com os resíduos da função média e com o produto médio por hectare (Coeficientes de 0,59 e 0,56, respectivamente) e que não há correlação significativa ao nível de 5% com o produto médio por trabalhador (coeficiente de correlação de apenas 0,13).

* Neste trabalho, o índice foi calculado por uma relação entre logaritmos. Se calculado em escala aritmética, a amplitude de variação do índice seria maior em termos absolutos, sem, entretanto, alterar a posição relativa de cada município quanto à eficiência técnica.

3.4. Fatores associados às diferenças de eficiência técnica na agropecuária catarinense

O Confronto entre os parâmetros da função de produção da agropecuária catarinense, estimados por mínimos quadrados e através de programação linear, já permitiu, na seção 3.2, alguns comentários a respeito da relação existente entre a eficiência técnica e o emprego dos insumos.

Nesta seção, utilizando-se o índice de eficiência calculado, procedeu-se a uma análise mais exaustiva dos diferentes fatores, inclusive aqueles ligados aos insumos, que teoricamente podem afetar a eficiência técnica da agropecuária estadual. Essa análise desenvolveu-se, nos termos propostos na metodologia que integra o capítulo II, com a estimação de regressões múltiplas entre o índice de eficiência e os citados fatores, conforme a expressão (8). Para tal finalidade, os fatores foram operacionalizados na forma abaixo:

a) Fator tecnologia moderna: duas variáveis representaram este fator: o montante de despesas (em milhares de cruzeiros) com sementes e mudas, adubos e corretivos e defensivos agrícolas por hectare utilizado (área total deduzidas as áreas improdutivas e de matas e pastagens naturais) e o valor de máquinas (também em milhares de cruzeiros) por hectare utilizado.

b) Fator escala: a área de terra, variável já definida na seção 3.1, representou este fator.

c) Fator diferenciação de atividade: a participação do valor bruto da produção das atividades especificamente a-

grícolas (culturas) no valor bruto da produção agropecuária foi a variável operacional deste fator.

d) Fator crédito: a variável operacional deste fator foi definida pela relação entre o montante de financiamentos contraídos no ano e o valor bruto da produção agropecuária.

e) Fator condição do responsável: este fator foi operacionalizado pela variável dada pela participação dos estabelecimentos onde o produtor é o proprietário da terra no total de estabelecimentos do município.

f) Fator relação de trabalho: este fator foi operacionalizado pela variável dada pela participação da mão de obra familiar adulta no contingente total de mão de obra adulta.

g) Fator localização: este fator foi operacionalizado pelas variáveis binárias regionais já definidas na seção 3.1.

Os resultados das regressões entre o índice de eficiência técnica e os fatores explicativos encontram-se na tabela 5.

A análise dos resultados mostrados na tabela 5 será considerada a seguir, para cada um dos fatores.

Inicialmente, com referência ao fator tecnologia moderna, de um lado, uma das variáveis especificadas para o fator, as despesas com sementes e mudas, adubos e corretivos e defensivos agrícolas por hectare, está relacionada de forma positiva e significativa (ao nível de 5%) com o índice de eficiência no contexto do Estado e na região serrana/sul. Para as demais regiões, os coeficientes estimados são também positivos, mas não

TABELA 5

Equações de regressão

Coefficientes de regressão estimados para os fatores expli- $\hat{f}_i = \hat{\alpha} + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_{11} X_{i11}$ (Estado)
 cativos das diferenças de eficiência, para o Estado e por região. $\hat{f}_i = \hat{\alpha} + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_7 X_{i7}$ (Região)

Fatores	Estado	Região Oeste	Região Vale do Itajaí	Região Serrana/sul	Região litorânea	Região Planalto
a) Tecnologia Moderna - despesas c/adubos etc. (X_1) - valor de maquinas (X_2)	0,00016(3,2)* -0,00003(3,1)*	0,0001 (1,3) -0,000008(0,6)	0,00008(0,9) -0,00004(2,0)*	0,0006 (2,9)* -0,00012(2,4)*	0,0002 (1,6) -0,00005(0,7)	0,0002 (1,7) -0,00014(2,9)*
b) Escala (X_3)	-0,0039 (3,1)*	-0,0077 (3,9)*	-0,0169 (3,2)*	-0,0049 (1,4)	-0,0026 (0,4)	0,00041(0,09)
c) Dif. de atividade (X_4)	-0,0194 (1,5)	-0,0108 (1,1)	-0,3457 (3,0)*	-0,2839 (1,8)	-0,2969 (3,0)*	-0,0656 (0,70)
d) Crédito (X_5)	-37,9098 (6,6)*	-22,2749 (2,5)*	-20,6095 (1,5)	-36,2026 (2,2)*	-60,6576 (4,5)*	-0,0267 (0,0)
e) Condição do responsável (X_6)	0,0682 (1,0)	-0,2890 (3,7)*	-0,6210 (4,2)*	0,0247 (0,1)	0,2027 (0,9)	-0,0580 (0,18)
f) Relação de trabalho (X_7)	0,0128 (0,1)	-0,3243 (1,9)*	0,0303 (0,1)	1,1521 (2,2)*	-0,1733 (0,6)	0,0362 (0,3)
g) Localização - região oeste (X_8) - região Vale do Itajaí (X_9) - região serrana/sul (X_{10}) - região litorânea (X_{11})	0,0886 (3,8)* 0,0448 (2,0)* 0,0789 (2,3)* 0,0568 (2,3)*	1,2314 7,2217*	1,9205 11,432*	0,1534 6,1072*	1,3079 5,8430*	0,9975 2,7726*
Constante	0,9962	1,2314	1,9205	0,1534	1,3079	0,9975
Estatística F	11,476*	7,2217*	11,432*	6,1072*	5,8430*	2,7726*
R ² ajustado	0,3943	0,4165	0,6461	0,5200	0,5755	0,4698
Número de casos	178	62	41	34	26	15

Obs.: Os valores entre parêntesis ao lado dos parâmetros de regressão correspondem ao valor calculado da estatística t-student. Parâmetros assinalados com asterisco são significativamente diferentes de zero ao nível de 5%, pelo menos.

alcançam nível satisfatório de significância. Estes resultados favoráveis ao uso de insumos modernos aparentemente poderiam apresentar-se de forma ainda mais positiva e clara, se fossem consideradas as diferenciações da qualidade do solo e do tipo de cultura, em função das quais podem variar as necessidades dos insumos citados.

Por outro lado, a segunda variável especificada para o fator tecnologia moderna, o valor de máquinas por hectare, mostra-se negativamente associada ao índice de eficiência técnica, tanto ao nível estadual como, mais particularmente, ao nível das regiões vale do Itajaí, serrana/sul e planalto, com significância de 5%. Para as regiões oeste e litorânea, os coeficientes estimados são também negativos, mas não significantes. Este resultado não confirma a expectativa geral de uma relação positiva entre eficiência e emprego de técnicas modernas. Não está, entretanto, ao alcance deste trabalho analisar com maior detalhe a relação negativa verificada entre o valor de máquinas por hectare e eficiência técnica.

Os resultados da tabela 5 para o fator escala levam à indicação de que os estabelecimentos relativamente menores apresentam-se em média mais eficientes do que os estabelecimentos relativamente maiores. Os coeficientes de regressão estimados para o Estado e, individualmente, para as regiões oeste e vale do Itajaí mostram que a área média de terra utilizada por município se relaciona de forma negativa com o índice de eficiência técnica, com significância de 5%. Para as regiões serrana/sul e litorânea, os coeficientes mostram-se também negativos, mas não sig-

nificantes a 5%. A região planalto, ao contrário, possui um coeficiente positivo, mas igualmente não significativa.

Os resultados acima estão de acordo com aqueles mencionados na seção 3.2 e que apontaram para a existência de retornos decrescentes de escala em média na agropecuária catarinense.

Uma vez que as observações utilizadas neste trabalho constituem-se em médias por município julgou-se necessário, para maior clareza da conclusão sobre o fator escala, examinar a distribuição das áreas de terra dos estabelecimentos em torno de sua média municipal, a fim de verificar o efeito da concentração de terra sobre o índice de eficiência técnica calculado.

Para tanto, foi construído um índice de concentração de terra (I_C) para cada município*, permitindo o agrupamento dos municípios, segundo cinco diferentes níveis de concentração de terra. A tabela 6 relaciona o índice de eficiência técnica a classes de tamanho para diferentes níveis de concentração de terra entre os estabelecimentos do município.

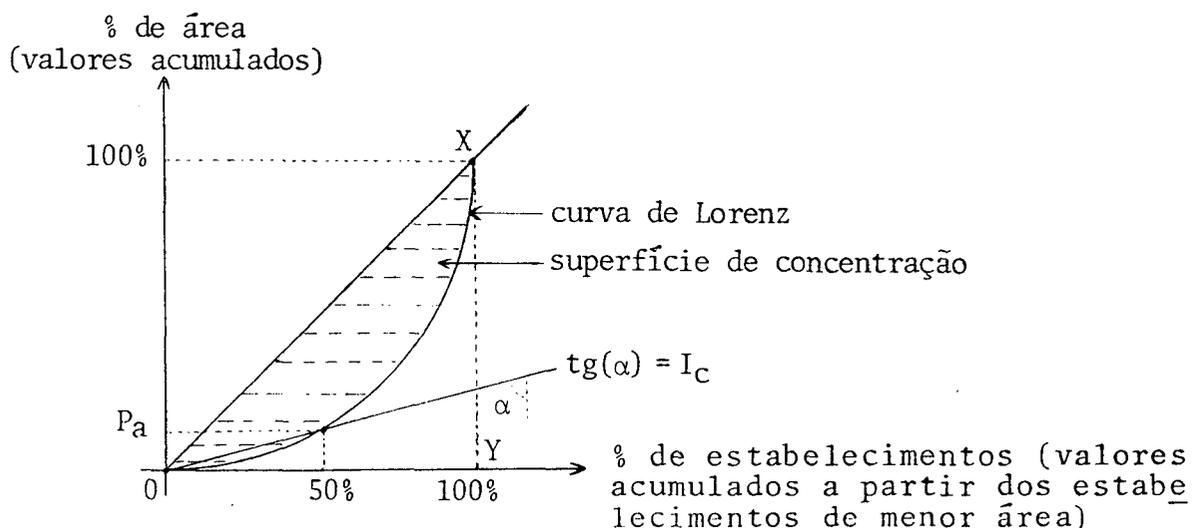
Observando-se, na tabela 6, a relação entre tamanho médio e índice de eficiência, nota-se que prevalece o senti-

* O índice de concentração de terra (I_C) foi calculado pela expressão $I_C = \frac{0,5}{P_a}$, onde I_C é o índice de concentração de terra entre estabelecimentos por município; 0,5 é uma constante que corresponde à participação da metade dos estabelecimentos no número total de estabelecimentos do município; e P_a é a variável dada pela razão entre a área ocupada pelos 50% menores estabelecimentos e a área total. De acordo com esse índice, se, por exemplo, $P_a = 0,5$ tem-se então $I_C = 1$, ou seja, uma distribuição homogênea das terras entre os estabelecimentos do município. Quanto menor P_a , menor será a área ocupada pelos 50% menores estabelecimentos e, conseqüentemente, maior será o índice de concentração. (segue)

do inverso entre essas variáveis em cada um dos níveis de concentração definidos.

O gráfico 4 mostra também a mesma relação apresentada na tabela 6 entre classes de tamanho e índice de eficiência, segundo os cinco diferentes níveis de concentração de terra.

O índice de concentração utilizado neste trabalho é na verdade uma medida "proxy" do índice de Gini como mostra o gráfico abaixo:



No gráfico acima, enquanto o índice de Gini é dado por uma relação entre áreas, ou seja pela relação entre a superfície de concentração (a parte sombreada da figura) e o triângulo OXY, o índice I_C baseia-se em apenas um ponto da curva de Lorenz, o ponto correspondente ao percentual acumulado de 50% dos estabelecimentos e a respectiva participação na área. Quanto maior a superfície de concentração, maior será o índice de Gini e maior também será a tangente do ângulo α , que é igual ao índice I_C . O índice de Gini e o índice de concentração utilizado neste trabalho estão, portanto, diretamente relacionados.

TABELA 6

Índice médio de eficiência técnica segundo classes de tamanho e segundo níveis de concentração de terra.

Classes de Tamanho (TM)*	Níveis de concentração					Total
	$1 \leq I_c < 2$ (homogêneo)	$2 \leq I_c < 3$	$3 \leq I_c < 4$	$4 \leq I_c < 5$	$I_c \geq 5$ (concentrado)	
TM < 6	1,1563	1,0560	1,0769	0,9445	1,1879	1,0839
6 < TM < 11	1,0368	1,0002	1,0279	0,9508	0,9748	1,0220
11 < TM < 16	1,0403	0,9933	0,9358	0,9327	0,9358	0,9777
16 < TM < 21	1,0320	1,0127	0,9198	0,9016	0,9929	0,9856
TM > 21	-	0,9887	-	0,9332	0,9171	0,9462

* Área total de terra em hectare deduzidas as áreas de terra improdutivas e de matas e pastagens naturais (média municipal por estabelecimento).

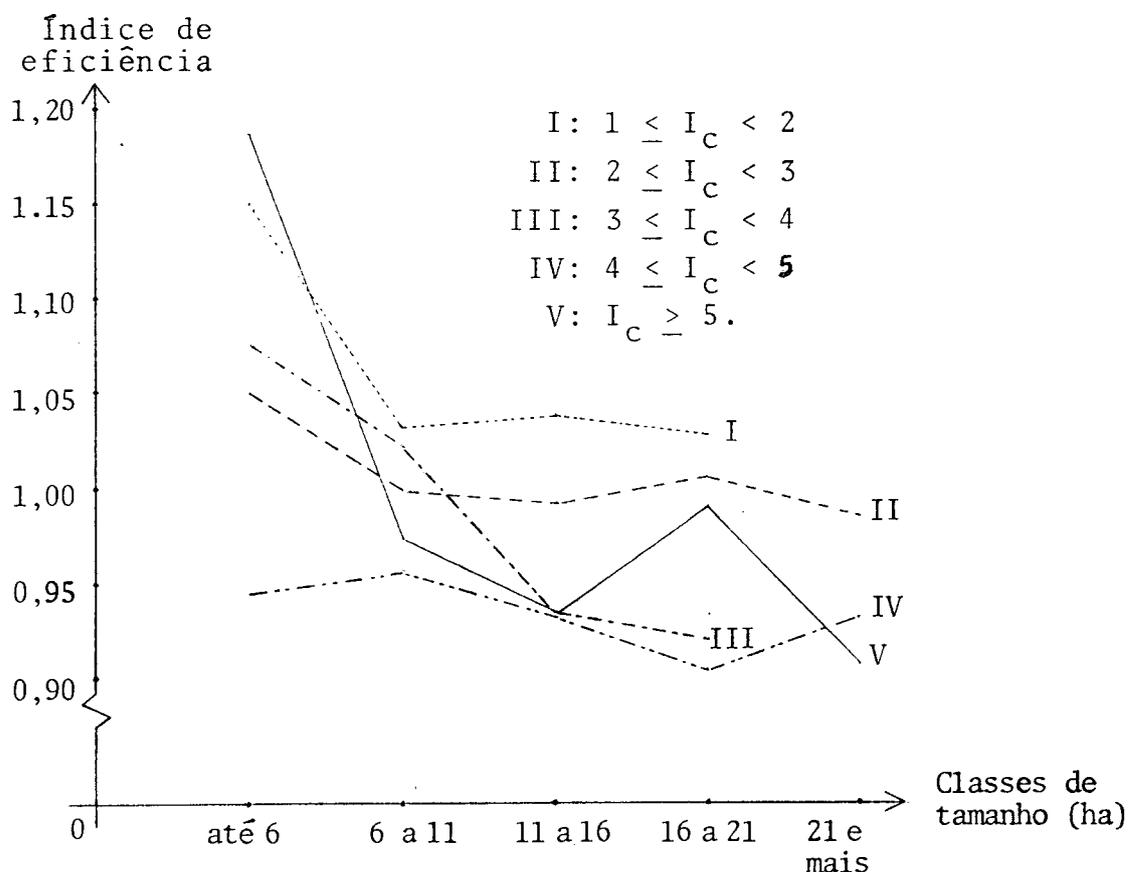


Gráfico 4: Relação entre índice de eficiência técnica e classes de tamanho, segundo diferentes níveis de concentração de terra.

No gráfico 4, cada uma das curvas de I a V corresponde a um nível de concentração, sendo que a curva I representa o nível de menor concentração e a curva V, o nível de maior concentração de terra. Verifica-se, em geral, no gráfico que, independente do nível de concentração, um índice de eficiência maior está associado às classes de tamanho menores. Assim, o fato de se operar neste trabalho com áreas médias por município, as quais provêm de distribuições com graus de concentração diferentes, parece não impedir a indicação de que os retornos de escala apresentam-se decrescentes no conjunto da agropecuária estadual.

Pode-se destacar, ainda, a respeito do fator escala, que os dados mostram a existência de relações negativas entre o tamanho médio dos estabelecimentos e o produto médio por área e entre o tamanho médio e o emprego de outros insumos por área*. Estas relações negativas possivelmente indicam que os estabelecimentos menores são mais eficientes porque ocupam de forma mais intensa a área de terra de que dispõem através do emprego de outros insumos em maior proporção.

Para o fator diferenciação de atividade, os coeficientes de regressão estimados são todos negativos, conforme a tabela 5, ainda que só apresentando significância estatística de 5% para as regiões vale do Itajaí e litorânea. Estes resultados indicam, ainda que de forma frágil, que as atividades relacionadas à pecuária mostraram melhor desempenho que as atividades a-

* Correlações entre o tamanho médio e o produto médio da terra e entre o tamanho médio e o contingente de mão de obra por hectare apresentaram-se negativas e significantes ao nível de 5%. Para essas correlações foi controlado o efeito localização.

grícolas. A grande variedade de culturas e pecuária encontradas no Estado, e em cada município, por outro lado, exigiria uma classificação mais detalhada e precisa quanto às atividades predominantes nos estabelecimentos para que se obtivessem resultados mais indicativos.

Os resultados da tabela 5 indicam também que existe uma relação negativa entre eficiência técnica e uso do crédito, ao nível estadual e ao nível das regiões oeste, serrana/sul e litorânea, com significância de 5%. A relação é também negativa nas regiões vale do Itajaí e planalto, porém sem significância estatística. Os dados utilizados neste trabalho não permitem uma análise com maior detalhe dos efeitos do crédito sobre a eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários.

Os resultados da tabela 5 para os fatores condição do responsável e relação de trabalho não apontam uma tendência definida para a agropecuária catarinense, possivelmente em vista da pequena participação seja da mão de obra assalariada seja dos produtores não proprietários no conjunto de dados.

Para o fator condição do responsável, o coeficiente de regressão estimado mostra-se negativo e significativo a 5% para as regiões oeste e vale do Itajaí. Para as demais regiões e para o Estado, entretanto, o coeficiente não é significativo e possui em geral sinal positivo.

Para o fator relação de trabalho, a tabela 5 apresenta coeficiente de regressão negativo para a região oeste e positivo para a região serrana/sul, em ambos os casos com significância de 5%. Para as demais regiões e para o Estado, os resul-

tados não são estatisticamente significantes.

Finalmente, com referência ao fator localização, os resultados da tabela 5 indicam que as regiões oeste, serrana/sul, vale do Itajaí e litorânea, em especial as duas primeiras regiões, apresentaram, em 1975, condições mais favoráveis de produção do que a região planalto, o que se refletiu no maior índice de eficiência obtido. Não foi investigado neste trabalho se essas melhores condições são decorrentes da própria estrutura de produção ou se são de caráter ocasional tais como clima ou preços favoráveis.

Os resultados obtidos nesta seção podem, então, ser resumidos na forma seguinte: o índice de eficiência técnica é afetado nitidamente pelos fatores tecnologia moderna, escala, crédito e localização; de forma menos significativa, mas ainda assim coerente para o Estado e as diversas regiões, pelo fator diferenciação de atividade; e de forma pouco significativa pelos fatores condição do responsável e relação de trabalho.

Com referência ao fator tecnologia moderna, constatou-se que uma das variáveis representativas do fator, as despesas com sementes e mudas, adubos, corretivos e defensivos agrícolas por hectare, mostrou-se francamente associada à maior eficiência técnica. Diversamente, o valor de máquinas por hectare, a segunda variável especificada para o fator tecnologia moderna, apresentou-se negativamente associada à eficiência técnica.

Os resultados para o fator escala revelam que os municípios de menor tamanho médio de estabelecimento apresentaram maior índice de eficiência que os de maior tamanho médio. O fator crédito mostrou-se relacionado também de forma negativa com o índice de eficiência. Quanto à localização, as regiões oeste e

serrana/sul destacaram-se das demais como as mais eficientes enquanto que a região planalto apresentou o menor desempenho.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1. Conclusões

Para que as conclusões deste trabalho possam ser adequadamente formuladas, torna-se necessário resumir inicialmente as principais limitações encontradas e os esforços desenvolvidos em sua superação. Essas limitações estão associadas ao uso de uma metodologia que se baseia no conceito de função de produção e à implementação dessa metodologia para dados agregados da agropecuária catarinense.

No capítulo II se fez referência às duas principais limitações do conceito de função de produção: (a) o seu caráter estático, contrastando com a produção, que se realiza ao longo do tempo, e (b) a dificuldade de especificação de todos os produtos e insumos numa só função de produção.

Para contornar a primeira limitação citada, foram utilizados neste trabalho, para insumos e produto, dados acumulados correspondentes a um período de tempo determinado, o ano de 1975. Entretanto, há o problema de que algumas atividades agrícolas possuem ciclo de produção superior a um ano, ou seja, a aplicação de recursos em um ano só resulta em produção no caso dessas atividades em anos seguintes. Procurou-se evitar, ao menos em parte, este problema pela exclusão, da pesquisa, dos municípios com elevada participação das atividades de longo ciclo de produção (silvicultura e extração vegetal) no valor bruto da produção total.

Quanto à segunda limitação, a multiplicidade de

produtos e insumos encontrados na atividade agropecuária trouxe a necessidade homogeneização dessas variáveis em categorias básicas, expressas em unidades monetárias. Dessa forma, as quantidades físicas de diferentes produtos agrícolas e animais foram substituídas por apenas uma variável, o valor bruto da produção; os diferentes tipos de máquinas e instrumentos empregados nos estabelecimentos foram substituídos pelo valor dessas máquinas e instrumentos agrários; o emprego de rações e medicamentos para animais e de fertilizantes, defensivos agrícolas e de sementes compradas foi representado pelo montante de gastos com aquisição desses insumos.

Por outro lado, para dar maior homogeneidade ao insumo terra, foram excluídas da área total agrícola do município as áreas de terra improdutivas e as áreas de matas e pastagens naturais. E para minimizar o efeito, sobre as variáveis operacionais dos insumos, de fenômenos localizados em determinadas regiões do Estado, como variações acentuadas nos preços dos produtos, ocorrências climáticas favoráveis ou desfavoráveis etc. foram definidas e especificadas na função de produção variáveis binárias regionais.

O fato de serem utilizados no trabalho dados agregados ao nível de município trouxe uma terceira limitação: a impossibilidade de separar os estabelecimentos segundo o tipo predominante de atividade produtiva e mesmo segundo a topografia e qualidade do solo, impedindo o controle dessas variáveis, que certamente determinam o maior ou menor emprego de alguns insumos (fertilizantes, máquinas etc.) e afetam a relação desses insumos com o índice de eficiência técnica.

Apesar do emprego de dados agregados implicar na perda de informações mais detalhadas sobre a atividade produtiva, diversos autores já basearam suas pesquisas em dados com diferentes níveis de agregação. Meller⁷ mediu a eficiência técnica de grupos de estabelecimentos da indústria chilena, com dados do ano de 1967. Timmer⁴ utilizou o estabelecimento médio agrícola de cada Estado do Estados Unidos para estimar função de produção de fronteira e estabelecer níveis de eficiência técnica.

Uma limitação adicional está no próprio método de determinação da função de produção de fronteira. O método é determinístico estando, por consequência, sujeito a erros eventualmente existentes nas observações extremas que formam a função de fronteira. Espera-se que esta restrição tenha sido atenuada, no contexto deste trabalho, pelo uso de dados agregados onde os erros de coleta de dados, ocorridos ao nível de estabelecimento, tendem a se compensar com a agregação dos estabelecimentos por municípios.

Essas limitações encontradas na metodologia e nos dados implicam, em resumo, que o índice de eficiência técnica obtido, apesar dos esforços desenvolvidos para superar essas mesmas limitações, pode ter componentes estranhos à própria eficiência técnica, tais como variações nos preços e problemas climáticos. Por esse motivo, as conclusões deste trabalho devem ser interpretadas muito mais como indicações para futuras pesquisas na área do que como conclusões definitivas sobre o assunto.

As principais conclusões do trabalho podem então ser, a seguir, apresentadas.

O índice de eficiência técnica calculado, no que pese basear-se em dados agregados, assumiu para a agropecuária catarinense valores que variam de 0,7680 a 1,2813. Esta amplitu-

de de variação pode ser considerada expressiva a ponto de permitir correlações significantes entre o índice de eficiência e outras variáveis, como a escala de operação, a tecnologia utilizada etc. O índice de eficiência técnica mostrou-se relacionado de forma positiva e significativa com duas outras medidas de eficiência técnica, os desvios da função de produção estimada por mínimos quadrados e o produto médio por hectare. O produto médio por trabalhador, no entanto, não apresentou correlação significativa com o índice de eficiência.

Os resultados obtidos neste trabalho, confirmando as pesquisas efetuadas, entre outros, por Cline¹⁶ e Contador⁶, levam à conclusão de que os retornos de escala na agropecuária catarinense não são crescentes: os retornos apresentam-se até mesmo decrescentes em média para o conjunto total dos municípios ou mostram-se constantes, se considerados apenas os municípios com maior índice de eficiência e onde a ociosidade dos insumos, em particular do insumo terra, é reduzida.

Quanto à relação entre eficiência técnica e tecnologia moderna e entre eficiência técnica e acesso ao crédito, os dados agregados utilizados neste trabalho não permitiram o nível de detalhe suficiente para que seja esboçada uma conclusão segura sobre esses assuntos. Os resultados obtidos indicando relação positiva entre o índice de eficiência técnica e o uso de insumos químicos por hectare e relação negativa entre o índice de eficiência técnica e uso de máquinas por hectare e entre o índice de eficiência técnica e o uso de crédito constituem-se apenas em indagações que poderão ser respondidas em pesquisas ao nível de estabelecimento.

Finalmente, a localização mostrou-se significati-

vamente relacionada com o índice de eficiência, reforçando a idéia de que o espaço agropecuário catarinense é bastante heterogêneo. Entretanto, não se trata de uma heterogeneidade necessariamente em termos de eficiência técnica, já que a localização foi utilizada para captar diferenças regionais nos insumos, nos produtos e mesmo nos preços e nas condições gerais de produção, no ano de 1975.

4.2. Recomendações para futuros trabalhos

Recomenda-se a aplicação da metodologia utilizada neste trabalho a dados mais específicos e homogêneos coletados por estabelecimento produtivo em determinado município ou região. Poder-se-á, então, ter melhores condições de estimar a influência exercida pelas técnicas de produção empregadas sobre a eficiência técnica do estabelecimento.

Em termos semelhantes, recomenda-se pesquisa sobre as transformações que o crédito bancário tem provocado na estrutura de capital dos estabelecimentos e seus reflexos sobre a eficiência técnica.

Recomenda-se também estudos que utilizem a metodologia deste trabalho mas que se refiram a outros anos, por exemplo o ano de 1980, ensejando a possibilidade de comparação de resultados e permitindo o melhor entendimento da evolução técnica da agropecuária catarinense.

Finalmente, recomenda-se o exame da metodologia da função de fronteira, procurando aprimorá-la tornando-a estocástica, com a separação do erro aleatório existente nos dados e do desvio efetivamente associado à eficiência técnica.

ANEXO I

Municípios do Estado de Santa Catarina abrangidos pelo trabalho e regionalização adotada

Regiões definidas no trabalho	Microrregiões Homogêneas da Fundação IBGE	Municípios considerados
1. Região Colonial oeste	Colonial do rio do peixe	Água Doce, Arroio Trinta, Caçador, Capinzal, Concórdia, Erval Velho, Fraiburgo, Herval D'Oeste, Ibicarê, Ipira, Ipumirim, Irani, Itá, Jaborá, Joaçaba, Lacerdópolis, Ouro, Peritiba, Pinheiro Preto, Piratuba, Pres. Castelo Branco, Rio das Antas, São To Veloso, Seara, Tangará, Treze Tílias, Videira, Xavantina.
	Colonial do oeste catariense	Abelardo Luz, Águas de Chapecó, Anchieta, Caibi, Campo Erê, Caxambu do Sul, Chapecó, Coronel Freitas, Cunha Porã, Descanso, Dionísio Cerqueira, Fachinal dos Guedes, Galvão, Guaraciaba, Guarujá do Sul, Itapiranga, Maravilha, Modelo, Mondaí, Nova Erechim, Palma Sola, Palmitos, Pinalzinho, Quilombo, Romelândia, São Carlos, São Domingos, São José dos Cedros, São Lourenço do Oeste, São Miguel do Oeste, Saudades, Vargeão, Xanxerê, Xaxim.
2. Região Colonial do vale do Itajaí e de Joinville	Colonial de Joinville	Araquari, Barra Velha, Corupá, Garuva, Guaramirim, Joinville.
	Colonial de Blumenau	Ascurra, Benedito Novo, Blumenau, Botuverá, Brusque, Gaspar, Guabiruba, Luis Alves, Massaranduba, Pomerode, Pres. Nereu, Rio dos Cedros, Rodeio, Timbó, Vidal Ramos.
	Colonial do Itajaí do norte	Dona Emma, Ibirama, Pres. Getúlio, Witmarsum.

3. Região Colonial serrana e sul	Colonial do alto Itajaí	Agrolândia, Agronômica, Atalanta, Aurora, Imbuia, Ituporanga, Laurentino, Lontras, Petrolândia, Pouso Redondo, Rio do Campo, Rio do Oeste, Rio do Sul, Saletê, Taió, Trombudo Central.
	Colonial serrana Catari-nense	Águas Mornas, Angelina, Anitápolis, Antônio Carlos, Canelinha, Leoberto Leal, Major Gercino, Nova Trento, Rancho Queimado, São Bonifácio, São João Batista.
	Carbonífera	Armazém, Braço do Norte, Criciúma, Grão Pará, Gravatal, Laurô Müller, Morro da Fumaça, Orleans, Pedras Grandes, Rio Fortuna, Santa Rosa de Lima, São Ludgero, São Martinho, Siderópolis, Treze de Maio, Tubarão, Urussanga.
4. Região litorânea	Colonial do sul catari-nense	Jacinto Machado, Meleiro, Nova Veneza, Praia Grande, Timbê do Sul, Turvo.
	Litoral de Itajaí	Balneário de Camboriú, Camboriú, Ilhota, Itajaí, Itapema, Navegantes, Penha, Piçarras.
	Florianópolis	Biguaçu, Florianópolis, Garopaba, Gov. Celso Ramos, Palhoça, Porto Belo, Santo Amaro da Imperatriz, São José, Tijucas.
	Litoral de Laguna	Imaruí, Imbituba, Laguna.
5. Região planalto	Litoral sul catarinense	Araranguá, Içara, Jaguaruna, Maracajá, São João do Sul, Sombrio.
	Campos de Lages	Bom Retiro, São Joaquim, Urubici.
	Campos de Curitibanos	Anita Garibaldi, Campo Belo do Sul, Campos Novos, São José do Cerrito.
	Planalto de Canoinhas	Campo Alegre, Irineópolis, Itaiópolis, Mafra, Major Vieira, Monte Castelo, Papandúva, Porto União.

ANEXO II

Índices de eficiência, desvios da função de produção média e produtos médios da terra e do trabalho e respectivos postos por municípios.

Municípios	Função de Fronteira		Função média		Prod. médio terra		Prod. médio trabalho	
	índice eficiênc.	pos- tos	desvios*	pos- tos	coefic.	pos- tos	coefic.	pos- tos
Araquari	0,8305	174	-0,3619	176	1,3874	164	6,3801	142
Barra Velha	0,8727	168	-0,3099	173	1,9358	130	4,6156	168
Corupá	1,0629	35	0,1412	33	2,8581	52	7,0548	131
Garuva	1,0019	84	0,1397	34	2,1264	116	6,4345	141
Guaramirim	0,9712	123	0,0782	57	3,3171	24	9,8118	64
Joinville	1,0659	33	0,2280	12	5,0780	5	13,0128	31
Bal. Camboriú	1,1563	10	-0,1286	141	3,1619	34	6,1767	149
Camboriú	1,0589	37	0,2319	11	3,5579	18	9,4127	74
Ilhota	0,9842	106	0,0468	77	2,7695	64	9,5700	69
Itajaí	1,0639	34	0,1876	19	4,0423	13	12,0563	39
Itapema	1,1267	14	0,4252	2	2,8300	56	6,1450	150
Navegantes	1,0579	38	0,4472	1	2,7687	65	12,6694	33
Penha	0,7680	178	-0,4582	177	1,5673	152	4,1439	172
Piçarras	0,9582	132	-0,0395	111	2,5375	87	6,3306	144
Ascurra	0,9127	153	-0,1212	139	2,9467	46	5,9948	154
Benedito Novo	0,9662	124	0,0795	55	2,2152	111	5,8318	159
Blumenau	1,1880	4	-0,0742	124	4,5945	7	6,5275	140
Botuverá	1,0831	23	0,0323	82	2,7033	72	6,2975	146
Brusque	1,0785	26	0,0762	59	2,2600	107	7,1848	127
Gaspar	0,9868	101	0,0927	88	3,3505	23	8,7359	88
Guabiruba	0,9816	109	-0,2699	166	2,4631	96	3,1139	175
Luiz Alves	1,1583	9	0,3794	5	2,4131	97	9,1056	82
Massaranduba	0,9653	126	0,0486	75	3,2910	27	7,8961	110
Pomerode	1,0886	21	-0,1571	146	3,6690	17	5,6664	160
Pres. Nereu	1,0900	20	0,1056	47	2,1057	117	6,8397	135
Rio dos Cedros	1,0729	29	0,0891	53	3,1534	36	8,9669	84
Rodeio	1,0387	51	0,0685	65	3,2675	29	7,8529	111
Timbó	1,1215	16	0,0346	81	5,7106	3	9,1094	81
Vidal Ramos	1,0386	52	0,0569	70	2,6842	73	9,1555	80
Dona Emma	0,9490	138	-0,0916	130	1,9598	129	7,6132	119
Ibirama	0,9062	156	-0,0962	132	1,7972	139	6,9363	132
Pres. Getúlio	0,9614	129	-0,0902	129	2,1221	115	7,8387	112
Witmarsum	0,9423	141	-0,0740	122	1,9625	128	7,4078	122
Agrolândia	1,1585	8	0,1828	21	11,8502	1	8,1756	102
Agronômica	0,9760	117	0,0118	87	2,9893	44	8,0254	105
Atalanta	0,9905	94	0,0163	86	2,7956	59	8,5461	93
Aurora	1,0447	46	0,1248	31	2,6748	75	9,3014	76
Imbuia	1,0489	44	0,0522	73	2,8693	51	8,9204	85
Ituporanga	1,0366	54	0,1248	39	3,0694	37	10,0455	62

Municípios	Função de Fronteira		Função média		Prod. médio terra		Prod. médio trabalho	
	índice eficiênc.	pos tos	desvios	pos tos	coefic.	pos tos	coefic.	pos tos
Laurentino	1,1319	13	0,3931	4	4,5177	8	9,4233	73
Lontras	0,9240	149	-0,1527	144	1,5869	151	5,3941	163
Petrolândia	0,9880	96	0,0631	68	2,5241	91	8,2965	101
Pouso Redondo	0,8976	160	-0,2976	171	2,1842	114	7,9168	109
Rio do Campo	0,8984	165	-0,1917	157	1,5570	154	8,3888	98
Rio do Oeste	0,8783	166	-0,2404	162	1,7916	140	6,8266	136
Rio do Sul	1,0133	71	-0,0604	117	2,3887	99	8,4279	97
Salete	0,9608	130	-0,0328	107	2,7713	63	8,6011	92
Taió	0,9389	143	-0,0702	98	2,0903	122	8,5281	94
Trombudo Central	0,9885	95	0,0926	50	2,9384	47	7,9539	108
Biguaçu	0,9866	102	0,0318	83	3,4800	20	9,5749	67
Florianópolis	1,1586	7	-0,0191	102	4,3445	10	5,3212	164
Garopaba	0,9753	120	-0,1838	151	2,2140	112	2,0130	178
Govern. Celso Ramos	1,2172	2	0,1727	22	3,8587	15	6,3070	145
Palhoça	1,0705	30	-0,2298	161	2,7129	70	6,1297	151
Porto Belo	0,8792	164	-0,2111	158	1,5500	155	4,3782	170
S.A. Imperatriz	1,0113	75	-0,1061	136	2,3189	103	5,9337	156
São José	1,1234	15	0,0029	93	2,2984	106	8,6442	91
Tijucas	1,0378	53	0,3435	7	3,8315	16	15,5656	12
Águas Mornas	1,2813	1	-0,1620	149	1,8513	136	5,2301	167
Angelina	1,0741	27	-0,1121	137	1,0404	175	5,8577	157
Anitápolis	1,0494	43	-0,0653	120	0,7584	178	4,5355	169
Antônio Carlos	0,9960	91	-0,0392	110	1,4184	161	5,5319	161
Canelinha	1,0057	82	-0,0783	125	2,5242	90	7,6807	116
Leoberto Leal	1,1519	11	0,1726	23	2,3069	105	7,7666	113
Major Gercino	1,0395	50	-0,0953	130	2,0793	123	6,0418	152
Nova Trento	1,1588	6	0,0877	55	3,1873	32	5,4498	162
Rancho Queimado	0,8201	175	-0,5310	178	1,1625	168	5,9398	155
São Bonifácio	0,9474	140	-0,0163	101	1,1247	170	6,3330	143
S. João Batista	1,1959	3	0,1160	43	3,2873	28	7,2419	125
Imaruí	0,9317	145	-0,2622	165	1,7372	144	2,6121	176
Imbituba	0,9574	133	-0,3426	175	2,8829	50	3,4507	173
Laguna	1,0863	22	-0,1610	147	2,2577	109	2,0665	177
Armazém	1,0352	56	-0,0843	128	1,8386	138	5,2782	166
Braço do Norte	1,0557	41	-0,0639	118	1,9057	132	9,2977	77
Criciúma	1,0290	61	0,1197	41	3,0181	43	10,3371	58
Grão Pará	1,0002	87	-0,0034	97	1,1265	169	7,6406	118
Gravatal	1,0734	28	-0,1847	152	2,5675	85	4,1804	171
Lauro Müller	0,9617	128	-0,1143	138	1,0954	172	6,2113	148
Morro da Fumaça	0,9762	116	-0,0595	116	2,8174	57	7,3726	123
Orleans	1,1079	17	0,2006	17	2,6357	80	11,7851	45
Pedras Grandes	1,0446	47	-0,0736	63	2,0179	127	7,9948	107
Rio Fortuna	1,0320	58	0,2637	9	1,0754	173	8,5176	95
S. Rosa de Lima	1,0065	79	0,2091	14	0,9181	177	6,8566	134
São Ludgero	1,1053	18	0,0773	59	2,2063	113	12,7411	32
São Martinho	1,0658	32	0,2050	16	1,5082	158	7,6734	117
Siderópolis	0,9839	107	-0,0646	119	1,6343	147	7,1541	129
Treze de Maio	0,9757	119	-0,1545	145	2,2241	110	6,2630	147

Municípios	Função de Fronteira		Função média		Prod. médio terra		Prod. médio trabalho	
	Índice eficiência	pos- tos	desvios	pos- tos	coefic.	pos- tos	coefic.	pos- tos
Tubarão	0,9290	146	-0,2116	159	2,6704	76	7,4883	121
Urussanga	1,0557	40	0,0784	56	1,8397	137	6,6349	137
Araranguá	0,9869	100	0,1584	29	2,5219	92	9,0730	83
Içara	0,9746	121	0,0507	74	2,6649	77	7,7151	115
Jaguaruna	0,9605	131	-0,1750	150	2,6129	84	7,2064	126
Maracajá	0,9658	125	0,0561	71	2,8475	53	6,5833	138
S. João do Sul	0,9760	118	0,0035	91	2,8367	55	7,0621	130
Sombrio	1,0789	25	0,1586	28	2,6782	74	8,1004	103
Jacinto Machado	1,0343	57	0,1395	35	2,7194	69	8,8961	86
Meleiro	0,9607	137	0,0758	60	3,0191	42	10,8243	56
Nova Veneza	0,9845	104	0,0659	66	2,7364	67	10,8604	55
Praia Grande	1,0292	60	-0,0443	112	3,0630	39	7,3140	124
Timbê do Sul	1,0271	65	0,0921	51	2,8440	54	8,6522	90
Turvo	0,9641	127	0,1077	46	3,4153	21	11,2531	53
Bom Retiro	0,9538	135	0,1105	44	1,4273	160	13,4890	27
São Joaquim	1,0000	89	0,0744	62	2,5508	86	9,1941	79
Urubici	0,9203	150	-0,0298	106	1,7686	143	6,9003	133
Anita Garibaldi	0,9055	157	0,0249	84	0,9187	176	5,3077	165
C. Belo do Sul	0,9507	136	0,2106	13	1,4066	162	6,0008	153
Campos Novos	0,8193	176	-0,1247	140	1,3791	165	3,3995	174
S.J. do Cerrito	0,9121	154	0,1321	36	1,0452	174	6,5336	139
Água Doce	0,9486	139	0,0731	64	1,5579	153	15,1396	16
Arroio Trinta	1,0287	63	-0,0135	100	2,7865	60	15,1730	15
Caçador	0,8813	163	-0,2741	168	1,1201	171	9,7157	66
Capinzal	0,9929	93	-0,1421	143	2,7806	62	14,2324	20
Concórdia	1,1429	12	0,2368	10	5,2776	4	23,9977	2
Erval Velho	1,0007	85	-0,1021	134	2,3348	101	11,9281	42
Fraiburgo	0,9038	158	-0,0350	108	2,0330	125	17,0496	6
Herval d'Oeste	1,0230	68	0,1079	45	2,3177	104	13,5080	26
Ibicaré	1,0357	55	0,1966	18	2,4790	95	13,6739	22
Ipira	1,0224	69	0,0482	76	2,5369	88	10,0507	61
Ipumirim	1,0452	45	-0,0789	126	3,2998	26	13,4431	28
Irani	0,9420	142	-0,1619	148	1,8646	134	10,2937	59
Itá	1,0574	39	0,2721	8	3,5085	19	13,5354	25
Jaborá	0,9845	105	-0,1887	155	2,1019	119	12,5000	35
Joaçaba	0,9789	114	-0,0510	115	1,8667	133	11,8459	44
Lacerdópolis	1,0287	62	0,1691	25	3,3812	22	17,0240	7
Ouro	1,0284	64	0,1167	42	2,6624	78	14,7093	17
Peritiba	0,9806	111	0,0035	92	2,5329	89	11,6021	46
Pinheiro Preto	1,0111	76	-0,0015	95	3,2631	30	14,3980	19
Piratuba	0,9339	144	-0,1901	156	1,8526	135	8,0302	104
Presidente C. Branco	1,0005	86	-0,0307	109	2,3232	102	13,6527	24
Rio das Antas	0,9797	113	-0,0478	114	1,9346	131	15,3491	14
Salto Veloso	1,0553	42	0,1465	32	3,1693	33	15,7766	11
Seara	1,0123	72	0,0953	49	2,7267	68	13,6626	23
Tangará	1,0117	73	0,0381	80	2,0343	124	14,0269	21
Treze Tílias	1,0263	66	0,0428	79	2,6244	83	15,5254	13
Videira	1,0914	19	0,1246	40	4,2249	12	24,0160	1

Municípios	Função de Fronteira		Função média		Prod. médio terra		Prod. médio trabalho	
	índice eficiênc.	pos tos	desvios	pos tos	coefic.	pos tos	coefic.	pos tos
Xavantina	1,0233	67	0,1575	30	2,7614	66	14,5270	18
Abelardo Luz	0,8771	167	-0,2880	169	1,3765	166	13,0286	30
Águas de Chapecó	1,0101	77	-0,0031	96	3,0637	38	8,6954	89
Anchieta	1,0207	70	-0,0082	99	2,4819	94	11,4116	50
Caibi	0,9897	97	0,0971	48	2,4932	93	11,8938	43
Campo Erê	0,8872	162	-0,2562	164	1,6030	149	8,4416	96
Caxambu do Sul	0,9809	110	0,0028	94	2,8935	49	11,4395	49
Chapecó	1,0807	24	0,0758	61	4,3091	11	21,7119	3
Coronel Freitas	0,9872	99	-0,0279	105	2,6292	81	11,0293	54
Cunha Porã	1,0116	74	0,1263	38	3,0525	40	12,0271	40
Descanso	0,9805	112	0,0046	90	2,6488	79	12,5629	34
Dionísio Cerqueira	0,8583	171	-0,3071	172	1,4382	159	7,7227	114
Fachinal dos Guedes	0,9255	148	-0,2230	160	1,6197	148	17,9472	5
Galvão	0,9821	108	0,0195	85	1,7822	142	9,3218	75
Guaraciaba	0,9857	103	0,0618	69	3,0332	41	12,1816	37
Guar. do Sul	0,9116	155	-0,2550	163	2,3710	100	9,7906	65
Itapiranga	1,0699	31	0,1833	20	4,8515	6	16,9970	8
Maravilha	1,0063	80	0,0919	52	2,7814	61	9,2116	78
Modelo	1,0060	81	0,0655	67	2,9490	45	10,2007	60
Mondaí	1,0087	78	0,1607	27	3,1551	35	11,5688	48
Nova Erechim	1,1657	5	0,3969	3	6,1334	2	18,2359	4
Palma Sola	0,8605	170	-0,2732	167	1,3950	163	13,0650	29
Palmitos	1,0410	49	0,2061	15	3,3123	25	12,4991	36
Pinhalzinho	0,9875	98	-0,0192	103	3,2382	31	10,5394	57
Quilombo	0,9714	122	-0,0454	113	2,4058	98	9,4482	72
Romelândia	1,0293	59	0,1503	31	2,6267	82	8,8877	87
São Carlos	1,0618	36	0,1695	24	4,4659	9	12,1049	38
São Domingos	0,8956	161	-0,1877	154	1,6906	146	8,3164	100
S. José dos Cedros	1,0056	83	0,0442	78	2,9304	48	11,3642	51
S. Lourenço d'Oeste	0,9767	115	-0,0711	121	2,0972	121	9,5199	68
S. Miguel do Oeste	0,9985	90	0,0069	89	2,8038	58	11,5855	47
Saudades	1,0428	48	0,1639	26	3,9751	14	11,3141	52
Vargeão	0,9948	92	-0,0228	104	2,7085	71	16,5076	9
Xanxerê	0,9184	151	-0,2966	170	1,7876	141	11,9463	41
Xaxim	0,9555	134	-0,2481	162	2,2690	107	9,9101	63
Campo Alegre	0,8076	177	-0,3272	174	1,7226	145	7,5287	120
Irineópolis	0,8472	173	-0,1049	135	1,5334	157	9,4856	70
Itaiópolis	0,9283	147	0,0557	72	1,5904	150	5,8498	158
Mafra	0,8724	169	-0,1295	142	1,5483	156	8,0089	106
Major Vieira	0,9179	152	-0,0981	133	2,1023	118	8,3302	99
Monte Castelo	1,0000	88	0,3628	6	2,0215	126	16,2540	10
Papanduva	0,9009	159	-0,0829	127	2,1013	120	7,1828	128
Porto União	0,8530	172	-0,0740	123	1,3275	167	9,4792	71

* Valor bruto da produção observado menos o valor bruto da produção estimado por mínimos quadrados.

Correlação de postos entre o índice de eficiência técnica (X_i) e:

a) os desvios da função de produção média (Y_i)

$$r = 1 - \frac{6 \cdot \sum (X_i - Y_i)^2}{n(n^2 - 1)} = 0,5928^*, \text{ onde } n \text{ é o número de casos}$$

e $i = 1, \dots, n$.

b) o produto médio da terra (Y_i)

$$r = 1 - \frac{6 \cdot \sum (X_i - Y_i)^2}{n(n^2 - 1)} = 0,5657^*$$

c) o produto médio do trabalho (Y_i)

$$r = 1 - \frac{6 \cdot \sum (X_i - Y_i)^2}{n(n^2 - 1)} = 0,1354$$

* Significante ao nível de 5%.

BIBLIOGRAFIA

1. PATRICK, George F. Fontes de crescimento da agricultura brasileira: o setor de culturas. In CONTADOR, Cláudio Roberto (ed.) Tecnologia e desenvolvimento agrícola. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1975. p. 89-110.
2. FERGUSON, C.E. Microeconomia. 3a. ed. Rio de Janeiro, Forense-Universitária, 1980. 610 p.
3. FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. Journal of the royal statistical society, 120:253-90, 1957. apud TYLER, William G. Eficiência técnica na produção : uma análise empírica dos setores siderúrgico e de plásticos no Brasil. Estudos Econômicos, São Paulo, 10(1) : 29-53, jan/abr. 1980.
4. TIMMER, C.P. Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency. Journal of political economy, 79(4):776-94, jul/ago, 1971.
5. LAU, L.J. & YOTOPOULOS, P.A. A test for relative efficiency and application to indian agriculture. American economic review, 61(1):94-109, mar. 1971.
6. CONTADOR, C.R. Tecnologia e rentabilidade na agricultura brasileira. Rio de Janeiro, IPEA/INPES, 1975. 257 p.
7. MELLER, P. Efficiency frontiers for industrial establishments of different sizes. Explorations in economic research, 3(3):379-407, verão 1976.
8. TYLER, W.G. Eficiência técnica na produção: uma análise empírica dos setores siderúrgico e de plásticos no Brasil. Estudos Econômicos, São Paulo, 10(1):29-53, jan/abr, 1980.

9. AIGNER, D. et alii. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. Journal of econometrics, 6:21-37, 1977.
10. MEEUSEN, W. & van den BROECK, J. Efficiency estimation for Cobb-Douglas production functions with composed error. International economic review, 18(2):435-44, jan. 1977.
11. AIGNER, D. & CHU, S.E. On estimating the industry production, American economic review, 84(4):826-39, set. 1968.
12. SCHMIDT, Peter. On the statistical estimation of parametric frontier production functions. The review of economics and statistics, 48(2):238-9, mai. 1976.
13. PAIVA, Ruy Miller. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: uma reformulação. Pesquisa e planejamento econômico, Rio de Janeiro, 5(1):117-61, jun. 1975.
14. SCHULTZ, T.W. Transforming traditional agriculture. New Haven, Yale University Press, 1964. apud Contador, E.R., op. cit.
15. PAIVA, R.M. et alii. Setor agrícola do Brasil; comportamento recente, problemas e possibilidades. Rio de Janeiro, Forense Universitária, 1976. p. 18.
16. CLINE, R.C. Prognóstico dos efeitos de uma reforma agrária na produção agropecuária: o caso brasileiro. Revista de teoria e pesquisa econômica, São Paulo, 1(2):23-42, 1970.
17. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos econômicos de 1975; censo agropecuário: Santa Catarina. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 702 p. vol. 1, t. 19.