

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DA
CITRICULTURA EM PROPRIEDADES RURAIS DO ESTADO DE SÃO
PAULO¹

Tese de doutorado

Marcelo José Carrer

Orientador: Prof. Dr. Hildo Meirelles de Souza Filho

São Carlos

2015

¹ Esse trabalho recebeu apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por meio do instrumento de auxílio regular de pesquisa (projeto 2013/06169-7).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA E ECONÔMICA DA
CITRICULTURA EM PROPRIEDADES RURAIS DO ESTADO DE SÃO
PAULO**

Marcelo José Carrer

Tese apresentada para a banca de defesa como pré-requisito para a obtenção do título de doutor em Engenharia de Produção na área de concentração de Gestão de Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Prof. Dr. Hildo Meirelles de Souza Filho

São Carlos,
Junho de 2015.

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

C314de Carrer, Marcelo José.
Determinantes da eficiência técnica e econômica da
citricultura em propriedades rurais do Estado de São Paulo /
Marcelo José Carrer. -- São Carlos : UFSCar, 2015.
254 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,
2015.

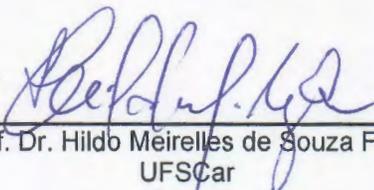
1. Eficiência organizacional. 2. Modelos de produção. 3.
Economia agrícola. I. Título.

CDD: 658.4 (20^a)

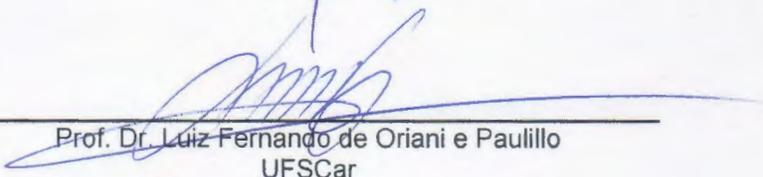


Folha de Aprovação

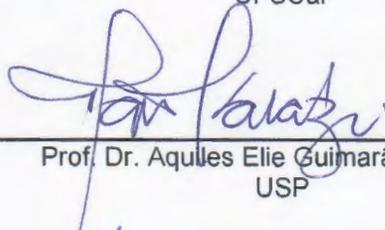
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato Marcelo José Carrer, realizada em 29/06/2015:



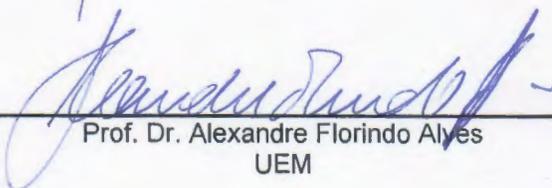
Prof. Dr. Hildo Meirelles de Souza Filho
UFSCar



Prof. Dr. Luiz Fernando de Oriani e Paulillo
UFSCar



Prof. Dr. Aquiles Elie Guimarães Kalatzis
USP



Prof. Dr. Alexandre Florindo Alves
UEM



Prof. Dr. Paulo Furquim de Azevedo
Insper

Dedico

Aos meus pais, Luiz Antonio Silva Carrer e Henildes José Carrer, pelo amor e pelo apoio incondicional não só em minha vida acadêmica e profissional, como também em todos os outros momentos da minha vida. Obrigado por tudo!

AGRADECIMENTOS

O processo de produção de uma tese, apesar de ter sido prazeroso para mim, não é dos mais triviais. Definição do problema de pesquisa, elaboração do projeto, extensa coleta e tabulação de dados, produção de relatórios, prestação de contas, análises estatísticas, elaboração de artigos e todas as outras tarefas que fazem parte da rotina de um doutorando às vezes assustam (e cansam). Contudo, quando existem pessoas em nossas vidas como aquelas que participaram da minha vida de doutorando, as coisas se tornam, indubitavelmente, mais tranquilas. Portanto, preciso iniciar esse trabalho mencionando essas pessoas que, com certeza, são diretamente responsáveis pelo alcance de um dos meus principais objetivos profissionais, o qual se concretiza a partir dessa tese de doutorado. Talvez o espaço ou minha memória não sejam suficientes para lembrar de todas essas pessoas, às quais já peço perdão.

Ao final de 2011, já com a dissertação de mestrado em seus ajustes finais e com a defesa marcada, surgia um grande ponto de interrogação em minha cabeça. Certo da escolha de fazer o doutorado, restava decidir (e estudar para o processo seletivo) em qual departamento me candidatar para o processo de seleção. Economista de formação e com grande paixão e admiração pela teoria econômica (em suas diversas facetas e linhas de pensamento), aumentava a pressão interna para retornar a um departamento de economia. Por outro lado, o enorme aprendizado e o prazer que tive ao fazer meu mestrado no DEP/UFSCar deixavam-me propensos à não mudança. É exatamente nesse contexto que torna-se necessário mencionar duas pessoas que, sem nenhuma sombra de dúvidas, direcionaram-me (talvez sem saber) para o que considero hoje como a escolha ótima: Prof. Hildo Meirelles de Souza Filho e Helen Cristina Nogueira (futuramente Carrer)! Não é simples escrever sobre essas duas pessoas que, de maneiras diferentes, me orientaram em um processo decisório complexo e me proporcionaram uma série de momentos de aprendizado e alegrias. O primeiro é, indiscutivelmente, um dos profissionais mais competentes e dedicados da academia brasileira. Por minha grande sorte, foi orientador da minha dissertação de mestrado e agora da tese de doutorado. Em 2012, quando ele sugeriu a ideia de analisarmos a eficiência na citricultura, fiquei bastante empolgado. Contudo, logo vimos que seria um projeto de alto risco em decorrência das dificuldades inerentes à pesquisa de campo/coleta de dados. Foi nesse momento que ele confiou no meu potencial e aceitou submeter o projeto à FAPESP, sempre me orientando e mostrando os caminhos mais fáceis para seguir. É muito fácil e prazeroso trabalhar

quando se tem ao seu lado o Hildo; seja para partilhar ideias, seja para clarear os caminhos, seja simplesmente para aproveitar a oportunidade e absorver um pouco de conhecimento. Sujeito dotado de gigantesco conhecimento teórico e pragmatismo, que, aliados à extrema dedicação, o fazem um profissional capaz de conduzir com maestria o caminho de um confuso estudante de pós-graduação. É um verdadeiro orientador, no melhor sentido dessa palavra. Ademais, possui diversas características pessoais, como por exemplo, a honestidade, o senso de justiça, o respeito pelos orientandos e a dedicação ao que se propõe a fazer (entre muitas outras) que o tornam um verdadeiro exemplo de pessoa. Espero participar ainda de muitos projetos de pesquisa ao lado do Hildo.

Com relação à Helen, sinto-me, mais uma vez, um grande sortudo por tê-la como parceira de vida, sendo que a cada dia que passa aumenta meu desejo em constituir uma família ao seu lado. Quando nos conhecemos, em meados de 2009, senti que estava diante da mulher da minha vida, aquela com quem eu poderia compartilhar planos e sonhos. É uma mulher dotada dos mais belos e amáveis valores que uma mulher pode ter, dentre os quais posso citar o companheirismo, a dedicação, a cumplicidade, a inteligência e o caráter. Viver e partilhar momentos (e sonhos) com essa pessoa linda, que sempre me apoia e fornece suporte para seguir em frente nas minhas decisões, sem dúvidas fazem de mim um sujeito muito mais completo e realizado. Aprendo a amá-la mais e mais a cada dia que passa. Assim, percebe-se que um sujeito dotado de racionalidade (apesar de limitada) não deveria hesitar em escolher um caminho que o permitisse ter o Hildo como orientador e estar bastante próximo (agora sob o mesmo teto) do grande amor de sua vida.

Não bastasse a sorte de ter a Helen como companheira e o Hildo como orientador, tenho ainda duas pessoas que sempre me ofertaram todo o apoio, respaldo, amor e compreensão em qualquer atividade que já me comprometi a fazer (tênis, futebol, guitarra, mestrado, doutorado, etc. etc. etc.). Meus pais, Luiz Antônio Silva Carrer e Henildes José Carrer, me transmitiram com brilhantismo todos os ensinamentos e valores que os pais podem passar aos filhos. O primeiro, dotado de todas as características que possuem os grandes homens, me transmitiu os valores mais nobres que um homem deve ter: honestidade, seriedade e comprometimento. Suas características de liderança e a forma de condução ortodoxa dos processos que a vida nos impõe me admiram demasiadamente. Sem dúvidas, é um grande espelho para mim. Minha mãe, por sua vez, sempre me transmitiu a paz necessária para tomar qualquer decisão, independentemente do contexto e da pressão. Desde os tempos de escola, no qual eu aprontava bastante, passando pelos tempos de adolescente (que continuei aprontando um pouco), até o

período atual (acho que apronto um pouco menos) sempre esteve ao meu lado para conversar sobre tudo com a serenidade e racionalidade que são características à sua pessoa. Psicóloga de formação (e de coração) sabe conduzir uma conversa como poucos e, implicitamente, impõe um estilo de vida alegre e descontraído a todos que estão ao seu redor. A palavra amor e o desejo de ver o filho conquistando seus objetivos se encaixam muito bem nas nossas vidas. Pai e mãe, mais uma vez e com todo o amor que vocês me ensinaram a cultivar, obrigado por tudo!

Durante minha trajetória nesses últimos três anos e meio, um conjunto de grandes professores contribui diretamente com esse trabalho e também com minha formação acadêmica. Começo pelos professores Luiz Fernando Paulillo e Mário Batalha, que acompanharam todo o processo de produção dessa tese, desde o projeto seminal até o relatório final, sempre me apresentando ótimas sugestões e caminhos a seguir. O primeiro já havia acompanhado todo o processo de produção da minha dissertação de mestrado, colocando ideias e sugestões de enorme valia. Ademais, além da admiração profissional que por eles cultivo devido a indiscutível competência e dedicação à ciência, também os considero como amigos. Foi muito satisfatório ter cursado o doutorado em um departamento com profissionais como vocês. Em minha banca de qualificação, surgiu a possibilidade de aproveitar uma vinda do Prof. Paulo Furquim a São Carlos e convidá-lo a participar. Tal possibilidade foi prontamente aproveitada por nós (eu e Hildo) e aceita pelo mesmo. Lembro-me muito bem de ler vários textos brilhantes do Prof. Paulo Furquim na disciplina de Organização Industrial em meus tempos de graduação. Hoje, terminando meus estudos doutorais, posso dizer que tive o grande prazer de compartilhar parte do processo e aprender com o mesmo.

Importante mencionar também os professores Danilo Aguiar, Eduardo Castro, Geraldo Silva, Andréa Ferro e Márcia Azanha que abriram as portas dos programas de pós-graduação em economia da UFSCar (Sorocaba) e ESALQ/USP para que eu cursasse um conjunto de disciplinas. Essas, por sua vez, foram importantes para meu processo de formação como doutorando e para a concretização do presente trabalho. Não poderia deixar de mencionar o Prof. Rodrigo Lanna (IE-UNICAMP) nesse espaço. Sujeito extremamente inteligente e dedicado e, ao mesmo tempo, dotado de humildade e paciência ímpares (a ponto de parar suas atividades para ajudar um amigo a preparar uma aula). É, sem dúvidas, um exemplo brilhante de profissional e pessoa, que também se tornou um bom amigo e grande parceiro de projetos e artigos científicos. Apesar de estar apresentando minha tese de doutorado e essa pessoa ter surgido em minha vida acadêmica

nos tempos de graduação, seria uma enorme ingratidão (e injustiça) não mencioná-lo aqui. Prof. Alexandre Florindo Alves (DCO-UEM), mais uma dessas pessoas dotadas de muita inteligência e humildade, orientador de meus projetos de iniciação científica e grande parceiro de trabalhos posteriores. Está, sem dúvidas, no grupo daquelas pessoas que cruzam nosso caminho e que o marcam para toda a vida. Por ele, cultivo um sentimento de eterna gratidão e enorme admiração. Despertou-me o desejo de ser professor universitário e, conseqüentemente, pesquisador. Além de tudo, ainda se torno um grande amigo. É importante agradecer também aos meus parceiros de docência (Luiz Gaio, Thiago Quilice, Lucas Carvalho, Eduardo Brito, William Coelho, Fernando Pereira, Ivan Passos, Fernando Soares, etc.) e alunos da FHO/Uniararas, que compartilharam comigo cinco bons anos de experiências profissionais. Cresci profissionalmente e pessoalmente a cada nova aula ou discussão de projeto realizados na FHO. Um agradecimento especial ao Gaio, excelente acadêmico, coordenador e grande amigo. Sentirei saudade dessas pessoas e da instituição que me ofereceu a possibilidade de iniciar minha carreira de docente. A todos os outros mestres que passaram pela minha vida desde os tempos de Colégio Santa Marcelina até meus estudos doutorais e que, seja por motivo de espaço, seja por motivo de memória, não foram aqui devidamente mencionados, fica meu sentimento de eterna gratidão.

É fundamental utilizar esse espaço para agradecer a cada um dos 98 citricultores que nos receberam com muita educação e forneceram um conjunto de preciosas informações, sem as quais não seria possível produzir esse trabalho. Além dos citricultores, gostaria de agradecer também ao enorme apoio dos presidentes dos sindicatos rurais de Ibitinga (Frauzo Sanchez), Itápolis (Luiz Cunha), Barretos (Cyro Penna), aos presidentes da Associtrus (Flávio Viegas) e da Montecitrus (Emerson Fachini) e aos engenheiros agrônomos Caio Penna e Carlos Buzzo. Pessoas como vocês merecem trabalhos sérios e dignos. Espero que esse trabalho possa ter implicações para a citricultura paulista. Agradeço também à Fabiana Rossi, grande parceira nessa extensa e trabalhosa pesquisa de campo. Cabe aqui ainda um agradecimento às duas instituições que contribuíram financeiramente para a realização desse trabalho: FAPESP, por meio de auxílio regular de pesquisa (projeto 2013/06169-7) e CAPES, por meio de bolsa de doutorado.

Bom, como a vida de um doutorando não é marcada apenas por momentos sérios e profissionais, preciso necessariamente mencionar e lembrar os meus grandes amigos e familiares (Tio Marco, Tia Rose, Lê, Celsão “Mão de Pilão”, Romilda, Márcia, Odinete,

Tio Herval, Tia Hebe, Boca, Ronaldo, Dú, Má, J, Duda, Bambu, Danilo, Victor, Cláudio e todos os outros), os quais têm compartilhado comigo momentos de boemia e descontração. Nos agradecimentos de meu Trabalho de Graduação, seis anos atrás, lembro-me que citei uma música do Barão Vermelho (Meus Bons Amigos) para fazer menção a eles, que, na época, estavam um pouco mais longe (exatamente a 440 km de distância). Hoje, com essa distância reduzida (são apenas 150 km), tenho o prazer de compartilhar vários finais de semana na ilustríssima São Manuel com os grandes amigos e familiares. Obrigado, do fundo do meu coração, por todas as bebedeiras e muita conversa afiada, partidas de tênis e churrascos; enfim, uma série de momentos que fazem da vida mais leve e descontraída, o que, sem dúvidas é fundamental para o tão proclamado equilíbrio.

Por fim, algumas pessoas especiais acabam nos deixando durante a caminhada da vida. Ao invés de buscar as causas para a partida delas, prefiro lembrar dos ensinamentos que deixaram e tentar segui-los. Nesse contexto, gostaria de lembrar os momentos de aprendizado e felicidade com meu sogro Heitor Nogueira e meu padrinho Dante Stefanini...

VAMOS, VAMOS CORINTHIANS, ESSE JOGO TEREMOS QUE GANHAR!!!

Sumário

RESUMO.....	16
1. INTRODUÇÃO	19
1.2. OBJETIVOS	21
1.3. JUSTIFICATIVAS	21
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2. ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DA CITRICULTURA	25
2.1. SISTEMA AGROINDUSTRIAL CITRÍCOLA	25
2.2. ASPECTOS TÉCNICOS DA CITRICULTURA PAULISTA	30
2.2.1. <i>Produção, área e retornos de escala</i>	30
2.2.2. <i>Formação do pomar, tratos culturais e possibilidades tecnológicas</i>	35
2.2.3. <i>Problemas fitossanitários, uso de defensivos e adubação</i>	39
2.3. ASPECTOS ECONÔMICOS DA CITRICULTURA PAULISTA	42
2.3.1. <i>Formação de preços, custos de produção e concentração industrial</i>	42
2.3.2. <i>Comercialização da laranja</i>	51
2.3.3. <i>Política agrícola</i>	54
3. FRONTEIRAS E DETERMINANTES DE EFICIÊNCIA	57
3.1. FRONTEIRAS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA, DE CUSTO E DE LUCRO	57
3.2. FORMAS FUNCIONAIS	71
3.2.1. <i>Função Cobb-Douglas</i>	71
3.2.2. <i>Função Translog</i>	82
3.3. FATORES DETERMINANTES DAS EFICIÊNCIAS TÉCNICA E ECONÔMICA	89
3.3.1. <i>Fatores estruturais</i>	95
3.3.2. <i>Fatores gerenciais</i>	102
3.3.3. <i>Fatores de capital humano e social</i>	119
3.3.4. <i>Fatores institucionais</i>	124
4. MÉTODOS	132
4.1 MODELOS DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA	132

4.1.1. Modelos paramétricos de fronteira estocástica	133
4.2. AMOSTRA	139
4.3. VARIÁVEIS DE ANÁLISE.....	142
5. ANÁLISES DE EFICIÊNCIA	152
5.1. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	152
5.2. EFICIÊNCIA TÉCNICA.....	164
5.2.1. Fronteiras de produção	164
5.2.2. Índices de eficiência técnica.....	172
5.2.3. Fatores determinantes da eficiência técnica	178
5.3. EFICIÊNCIA DE CUSTO.....	190
5.3.1. Fronteiras de custo	190
5.3.2. Índices de eficiência econômica de custo	201
5.3.3. Fatores determinantes da eficiência de custo.....	206
5.4. EFICIÊNCIA DE LUCRO	217
5.4.1. Fronteira de lucro	217
5.4.2. Índices de eficiência econômica de lucro	219
5.4.3. Fatores determinantes da eficiência econômica de lucro	222
5.5. IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS PARA A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS E ESTRATÉGIAS PRIVADAS	226
6. CONCLUSÕES.....	235
REFERÊNCIAS.....	239
APÊNDICE A. Questionário estruturado aplicado na pesquisa de campo.	255
APÊNDICE B. Matriz de correlação entre as variáveis z.	267
APÊNDICE C. Índices de eficiência técnica (E.T.) das propriedades rurais obtidos a partir da fronteira de produção translog sem a inclusão de variáveis z.	269
APÊNDICE D. Índices de eficiência de custo (E.C.) das propriedades rurais obtidos a partir da fronteira de custo translog sem a inclusão de variáveis z.....	270

APÊNDICE E. Índices de eficiência de lucro (E.L.) das propriedades rurais obtidos a partir da fronteira de lucro Cobb-Douglas sem a inclusão de variáveis z (amostra reduzida)..... 271

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução dos preços reais da caixa de laranja no Estado de São Paulo, janeiro/2000 a outubro/2013, corrigidos pelo IGP-DI para outubro de 2013.	45
Figura 2. Preço recebido pelo citricultor (IEA), preço médio de exportação de SLCC e preço médio de exportação de NFC, em US\$ por libra de sólidos solúveis, janeiro de 2005 a agosto de 2013.	47
Figura 3. Margens brutas de comercialização da agroindústria processadora, SLCC e NFC sem subprodutos, janeiro de 2005 a agosto de 2013, em % sobre o preço pago ao produtor (IEA).	48
Figura 4. Evolução dos recursos do crédito rural aplicados na citricultura brasileira, 2000-2012, em R\$ milhões.	55
Figura 5. Eficiência técnica.	62
Figura 6. Fronteira de custo.	65
Figura 7. Decomposição da eficiência de custos.	66
Figura 8. Decomposição da eficiência de lucros.	70
Figura 9. Distribuição geográfica das unidades de produção de laranja no Estado de São Paulo.	140
Figura 10. Relação entre elasticidades de escala e área de laranja em produção.	170
Figura 11. Elasticidades de escala e produção de laranja.	171
Figura 12. Relação entre índices de eficiência técnica e produção das propriedades.	175
Figura 13. Curva de custo médio derivada da função custo translog.	199
Figura 14. Relação entre produção e eficiência de custo.	204

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Evolução da área, produção, produto médio da terra e número total de pés de laranja no Estado de São Paulo, 2000-2013.....	31
Tabela 2. Estratificação dos citricultores do Estado de São Paulo de acordo com o número de árvores de laranja na propriedade rural.	32
Tabela 3. Distribuição do número de plantas de acordo com o tamanho (em número total de árvores) das propriedades citrícolas em 2012.	33
Tabela 4. Características médias obtidas para o processamento de diferentes variedades de laranja.	36
Tabela 5. Percentual (sobre o total de árvores) de plantas contaminadas com CVC, cancro cítrico e <i>greening</i> , 2009 a 2012.	39
Tabela 6. Evolução do consumo e do valor gasto com defensivos pela citricultura brasileira.	41
Tabela 7. Evolução do valor da produção de laranja para processamento industrial, 2000-2012.	43
Tabela 8 Evolução do valor da produção de laranja de mesa, 2000-2012.	43
Tabela 9. Evolução dos custos médios de produção e do lucro médio por caixa de laranja na citricultura paulista, 2008 a 2012.	49
Tabela 10. Custo total de produção estimado para um pomar de laranja em Limeira, safra 2012/13*	50
Tabela 11. Fatores determinantes das eficiências técnica e econômica das propriedades rurais.	131
Tabela 12. Número de UPAs destinadas à produção de laranja e área de laranja plantada nos municípios selecionados para a amostra do estudo.	141
Tabela 13. Distribuição geográfica das propriedades rurais da amostra do estudo.	142
Tabela 14. Variáveis adotadas para estimar as fronteiras de eficiência técnica das propriedades rurais.	143
Tabela 15. Variáveis adotadas para estimar as fronteiras de eficiência de custo das propriedades rurais.	145
Tabela 16. Variáveis adotadas para calcular a eficiência de lucro das propriedades rurais.	148

Tabela 17. Descrição das “variáveis z” utilizadas para identificar os fatores determinantes das eficiências técnica e econômica das propriedades rurais.....	149
Tabela 18. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas fronteiras de eficiência técnica.	153
Tabela 19. Medidas de produção e uso de fatores por área em produção.	155
Tabela 20. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas fronteiras de eficiência de custo.....	156
Tabela 21. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na fronteira de eficiência de lucro.	157
Tabela 22. Características das transações de venda de laranja para a indústria processadora de suco de laranja e outros compradores.	158
Tabela 23. Preço de venda da laranja de acordo com o grupo e com a estrutura de governança adotada pelo citricultor.	160
Tabela 24. Estatísticas descritivas das “variáveis z”.....	161
Tabela 25. Fronteiras estocásticas de produção Cobb-Douglas e translog.....	165
Tabela 26. Elasticidades de escala das propriedades rurais calculadas a partir da fronteira de produção translog.	169
Tabela 27. Índices de eficiência técnica estimados a partir das fronteiras de produção Cobb-Douglas e translog.	172
Tabela 28. Características de produção e uso dos fatores das propriedades rurais com índices de eficiência superiores a 90%.....	174
Tabela 29. Comparação entre os produtos médios dos fatores de produção para a média das propriedades mais eficientes (eficiência técnica superior a 90%) vis-à-vis a média da amostra de 98 propriedades.	177
Tabela 30. Efeito das “variáveis z” sobre a fronteira de produção das propriedades rurais.	180
Tabela 31. Efeito das “variáveis z” sobre a ineficiência técnica das propriedades rurais: fatores determinantes dos diferenciais de eficiência técnica.	186
Tabela 32. Fronteiras estocásticas de custo Cobb-Douglas e translog.	191
Tabela 33. Estimativas das elasticidades de substituição (cruzadas e diretas) dos fatores mão de obra, capital e dispêndio.	194
Tabela 34. Índices de economias de escala das propriedades rurais calculados a partir da fronteira de custo translog.	195

Tabela 35. Índices de economias de escala (IES) para diferentes níveis de produção de laranja.	197
Tabela 36. Diferenças na média dos preços pagos pelos fatores de produção.	200
Tabela 37. Índices de eficiência econômica de custo estimados a partir das fronteiras de custo Cobb-Douglas e translog.	202
Tabela 38. Características operacionais e econômicas das propriedades rurais com maiores índices de eficiência de custo.	203
Tabela 39. Efeito das “variáveis z” sobre a fronteira de custo translog.	207
Tabela 40. Efeito das “variáveis z” sobre a ineficiência de custo das propriedades rurais: fatores determinantes dos diferenciais de eficiência de custo.	211
Tabela 41. Fronteira estocástica de lucro variável Cobb-Douglas.	217
Tabela 42. Índices de eficiência de lucro das 67 propriedades rurais com lucro variável positivo.	219
Tabela 43. Características operacionais e econômicas das sete propriedades com maior eficiência de lucro.	221
Tabela 44. Efeito das “variáveis z” sobre a fronteira de lucro variável Cobb-Douglas.	223
Tabela 45. Efeito das “variáveis z” sobre a ineficiência de lucro das propriedades rurais: fatores determinantes dos diferenciais de eficiência de lucro.	225

RESUMO

Esse trabalho teve os objetivos principais de mensurar os diferenciais de eficiência técnica e econômica na produção citrícola entre propriedades rurais do Estado de São Paulo, bem como de identificar os fatores determinantes desses diferenciais. Além disso, também objetivou-se investigar as principais características da tecnologia de produção citrícola (elasticidades parciais, retornos de escala, economias de escala e elasticidades de substituição entre os fatores de produção). Para tal, foram coletados dados primários junto a uma amostra aleatória representativa de 98 propriedades rurais e utilizaram-se modelos estocásticos de fronteira de produção, de custo e de lucro sob pressuposição das formas funcionais Cobb-Douglas e translog. Para identificar os fatores determinantes dos diferenciais de eficiência, adotou-se o modelo estocástico de um único estágio proposto por Battese e Coelli (1995) e testou-se um conjunto de hipóteses baseadas em diferentes vertentes da teoria econômica (NEI, ECT, teorias de adoção de tecnologias, teorias de capital humano, teorias de gestão da produção, etc) e nas características da produção citrícola. Os resultados do trabalho mostraram a existência de ineficiência técnica (28,4%, em média), de custo (30,6%, em média) e de lucro (55,3%, em média) entre as propriedades rurais. As fronteiras de produção e custo translog indicaram a existência de uma região inicial com fortes retornos crescentes/economias de escala que vão se esgotando até que começam a ocorrer retornos decrescentes/deseconomias de escala. A escala ótima, calculada a partir dos parâmetros estimados na fronteira de produção translog, apresentou-se entre 70.000-100.000 caixas, à medida que, para a fronteira de custo translog, a escala ótima apresentou-se entre 130.000-300.000 caixas. Uma das explicações para essa diferença está no pagamento de preços mais baixos para fertilizantes e mão de obra nas grandes propriedades rurais, o que se constitui em uma fonte de economia de escala pecuniária. Quanto aos fatores determinantes dos diferenciais de eficiência técnica, de custo e de lucro, constatou-se efeito significativo de um conjunto de variáveis estruturais (irrigação, adensamento e *greening*), gerenciais (adoção de ferramentas de gestão, uso de formas plurais de governança, escolha de canais de comercialização, diversificação da produção e assistência técnica), institucionais (ocorrência de problemas nos contratos de venda, formação de expectativas, percepção de *enforcement* nos contratos comerciais e nível de alavancagem financeira) e de capital humano (escolaridade e acesso à informação). Assim, algumas das principais hipóteses da pesquisa foram corroboradas nas análises empíricas. Por fim, com base nos resultados

do trabalho foi feito um conjunto de sugestões que pode subsidiar a formulação de políticas públicas e estratégias privadas para a citricultura paulista.

Palavras-chave: citricultura, eficiência técnica, eficiência econômica, eficiência de escala, fronteiras estocásticas.

ABSTRACT

The aim of this study was to measure the technical and economic efficiency differentials in citrus production among farms in the State of São Paulo, Brazil, as well as to identify the determining factors of these differentials. In addition, it was also an objective to investigate the main characteristics of citrus production technology (partial elasticities, returns of scale, economies of scale and the elasticities of substitution of production factors). Primary data was collected from a representative random sample of 98 rural properties. Stochastic production, cost and profit frontier models were used, assuming the Cobb-Douglas and the translog functional forms. In order to identify the factors determining the efficiency differentials, the single-stage stochastic model proposed by Battese and Coelli (1995) was adopted, and a set of hypotheses were tested, based on different standpoints of economic theory (NEI, ECT, theories of human capital, theories of production management, etc) as well as on the characteristics of citrus production. The results of the study showed the existence of technical inefficiency (28.4% on average), as well as inefficiency of cost (30.6% on average), and of profits (55.3 on average) among the farms. The translog production and cost frontiers indicated the existence of an initial zone with strong growing returns/economies of scale which go into exhaustion until decreasing returns begin to occur/diseconomies of scale. The optimum scale, calculated from the parameters estimated in the translog production frontier, showed to be between 70,000-100,000 boxes, while the optimal scale for the translog cost frontier showed to be between 130,000-300,000 boxes. One of the explanations for this difference is the lower prices for fertilizers and labor paid by large farmers, which is a source of pecuniary scale economy. As for the factors determining the differential in technical, cost, and profit efficiency, it was possible to verify a significant effect coming from a set of variables which can be divided into structural (irrigation, greening and land consolidation), managerial (adoption of management tools, use of plural forms of governance, choice of marketing channels, rural production diversification and technical assistance), institutional (occurrence of problems in the contracts of sale, formation of expectations, perception of enforcement in commercial contracts and financial leverage), and human

capital (schooling and access to information). Therefore, some of the main research hypotheses were corroborated in the empirical analyses. Lastly, based on the results of the study, a set of suggestions that may subsidize the formulation of public policies and private strategies for the citrus production of São Paulo were made.

Keywords: citrus production, technical efficiency, economic efficiency, scale efficiency, stochastic frontiers.

1. INTRODUÇÃO

Desde meados da década de 2000, a citricultura paulista tem passado por períodos de crise e forte instabilidade financeira, com conseqüente redução na área em produção e saída de milhares de produtores da atividade. Segundo Neves (2010), o número de citricultores independentes no Estado de São Paulo passou de 15.000, em 2001, para 12.627, em 2009. Dados da Conab/CATI/IEA (2013) mostram que na safra 2013/14 o número de citricultores caiu novamente para 10.100. Nesse mesmo período, houve redução de 23,8% na área em produção, a qual passou de 609.475 hectares (ha) em 2000 para 464.447 ha em 2013 (CONAB/CATI/IEA, 2013). Por sua vez, a produção citrícola não caiu de forma significativa entre os anos de 2000 e 2012, passando de 356,318 milhões de caixas de 40,8 kg em 2000 para 355,290 milhões em 2012. Já no ano de 2013, notou-se queda considerável de 24,4% em relação ao ano anterior. Observou-se ainda forte aumento no produto médio da terra na produção citrícola entre 2000 e 2012 (de 584,6 caixas por hectare em 2000 para 709,8 caixas por hectare em 2012), com posterior redução para 578,3 caixas por hectare em 2013 (IEA, 2013).

Concomitantemente à redução no número de citricultores e na área em produção, verificou-se um aumento na concentração no mercado de suco de laranja. A participação de três grandes empresas (Cutrale, Citrovita-Citrosuco e Louis Dreyffus) no total das compras de laranja para processamento industrial foi de aproximadamente 80% em 2012 (ATO DE CONCENTRAÇÃO nº 08012.005889/2010-74, 2012). Ademais, as indústrias processadoras de suco de laranja têm intensificado a estratégia de utilizar pomares próprios para produzir parte de seu suprimento de laranja (integração vertical parcial). Dados da Associtrus (2011) mostram que, em 1995, a indústria produzia apenas 8,94% do total de laranja necessária para seu suprimento. Já no ano de 2013, a indústria processadora de suco produziu, aproximadamente, 38% do total de laranja necessária para seu suprimento (MB AGRO, 2013). Essas mudanças na configuração do sistema agroindustrial citrícola têm sido acompanhadas por alterações nos padrões tecnológicos e comerciais, bem como por crescentes conflitos nas relações de mercado entre citricultores e agroindústria processadora.

Diferentes hipóteses têm sido utilizadas para explicar o cenário de crise na citricultura e a conseqüente saída de produtores da atividade, como por exemplo, a redução na demanda da agroindústria processadora em decorrência do aumento da produção de laranja em seus pomares próprios (integração vertical parcial); a redução no preço da laranja como resultado da concentração industrial e da queda no consumo

mundial de suco de laranja e, principalmente, as ineficiências técnica, econômica e de escala das propriedades rurais (NEVES, 2010; FIGUEIREDO et al., 2013). Neves (2010) afirma que a atividade citrícola é caracterizada por consideráveis economias de escala, o que, por sua vez, implica em vantagens competitivas para as grandes propriedades com alta intensidade tecnológica. Essa argumentação também é utilizada para justificar a possível maior eficiência dos pomares próprios da indústria em relação aos produtores independentes de laranja.

A análise de eficiência pode conduzir a conclusões equivocadas se não for adequadamente tratada. Um dos problemas consiste em tratar eficiência técnica, eficiência econômica e eficiência de escala como medidas equivalentes, o que tem sido feito em análises e discussões sobre a citricultura paulista. A vasta literatura que aborda medidas de eficiência das firmas é bastante clara ao diferenciar os conceitos de eficiência técnica, econômica e de escala (COELLI et al., 1998; KARAGIANNIS; SARRIS, 2005; FRIED et al., 2008; MOSHEIM; KNOX LOVELL, 2009). A eficiência técnica consiste na utilização de determinada dotação de fatores de produção e da tecnologia disponível de forma a obter o maior nível de produção possível (eficiência técnica orientada para o produto), ou, de maneira análoga, na menor utilização possível de fatores de produção, tal que permita a obtenção de determinado nível de produção (eficiência técnica orientada para os insumos). Por sua vez, a eficiência econômica pode ser mensurada tanto em relação ao custo de produção, como também em relação ao lucro das firmas. A eficiência de custo consiste no uso eficiente e na escolha da combinação ótima dos fatores de produção, dados os preços relativos dos mesmos, de forma a minimizar o custo total de produção. A eficiência de lucro compreende, além da minimização do custo total, a escolha do nível de produção que maximiza o lucro diante do preço de venda do produto. Já a eficiência de escala consiste na escolha da escala ótima de operação diante das características da tecnologia de produção das firmas.

É de se esperar que, mesmo diante de um cenário de crise e saída de milhares de produtores da atividade, um conjunto de propriedades rurais ainda consiga operar na citricultura com alta produtividade total dos fatores, custos baixos e lucros positivos (ou menos negativos). Possivelmente, os citricultores que operam essas propriedades possuem maior eficiência no uso dos fatores, bem como na combinação dos mesmos diante de seus preços e na comercialização da laranja com os diferentes canais de distribuição. Assim, é plausível pressupor que há diferenças de eficiência técnica, econômica e de escala entre propriedades citrícolas, bem como diferentes fatores que

explicam esses diferenciais de eficiência. A investigação desses fatores assume grande relevância para uma atividade com grande representatividade no agronegócio brasileiro e que passa por um período de crise de mercado.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo estimar índices de eficiência técnica, de custo e de lucro a partir de dados de propriedades citrícolas do Estado de São Paulo. Além disso, pretende-se também identificar os fatores que determinam os diferenciais de eficiência técnica e econômica das propriedades rurais. Para tal, foram coletados dados primários junto a uma amostra aleatória representativa de 98 propriedades citrícolas da região tradicional do cinturão citrícola paulista. Os dados referem-se ao ano safra 2013/14 (*cross-section*) e foram analisados por meio de modelos econométricos de fronteiras e determinantes de eficiência.

1.2. OBJETIVOS

Os objetivos principais desse trabalho são mensurar os diferenciais de eficiência técnica e econômica na produção citrícola entre propriedades rurais do Estado de São Paulo, bem como identificar os fatores determinantes desses diferenciais.² Para alcançar os objetivos principais, têm-se os seguintes objetivos específicos: i) estimar fronteiras de produção, de custo e de lucro; ii) investigar as características da tecnologia de produção a partir dos parâmetros estimados nas fronteiras de produção e de custo; iii) identificar a escala ótima de operação das propriedades rurais a partir do cálculo dos índices de retornos e economias de escala; iv) analisar os índices de eficiência das propriedades obtidos a partir das estimativas das fronteiras; v) testar o efeito de um conjunto de variáveis gerenciais, estruturais, institucionais e de capital humano/social sobre os índices de eficiência técnica e econômica das propriedades rurais.

1.3. JUSTIFICATIVAS

A construção de medidas de eficiência e a identificação dos seus determinantes são de fundamental importância para a formulação de políticas públicas e estratégias privadas para firmas de um mesmo setor de atividade econômica. Qualquer política pública ou estratégia privada que objetive ganhos de produtividade e/ou redução nos custos de produção deve levar em consideração os fatores que determinam a eficiência

² Fatores determinantes das eficiências e fatores determinantes dos diferenciais de eficiência podem ser tratados como sinônimos, uma vez que ao identificar os fatores que determinam as firmas mais eficientes comparando-as com as menos eficientes, também está se identificando os determinantes dos diferenciais de eficiência entre as firmas.

técnica e a eficiência econômica das firmas (COELLI et al., 1998; HELFAND; LEVINE, 2004; FRIED et al., 2008; BOGETOFT; OTTO, 2011). Por exemplo, pode-se constatar que a eficiência técnica é determinada por maior acesso ao crédito rural e a programas de extensão rural. Nesse caso, os formuladores de políticas públicas podem focar a atenção nessas políticas específicas de forma a ampliar o escopo e/ou a qualidade da política.

Quanto às estratégias privadas, propriedades rurais mais eficientes podem servir de *benchmarking* para as propriedades menos eficientes. Por exemplo, a maior eficiência pode ser determinada pela adoção de ferramentas de gestão da produção e comercialização, as quais podem ser imitadas pelas propriedades menos eficientes (ROUGOOR et al., 1998; WILSON et al., 2001). Com base na compreensão dos fatores determinantes, é possível que sejam implementadas políticas e adotadas estratégias capazes de aumentar a produção sem aumentar o uso dos fatores de produção, reduzir os custos e, conseqüentemente, aumentar lucros e competitividade das firmas. É importante notar que a própria questão da sustentabilidade ambiental perpassa pela eficiência técnica das firmas, uma vez que o uso eficiente dos recursos produtivos/fatores de produção é pré-condição necessária para que se alcance a sustentabilidade.

Os fatores que explicam os diferenciais de desempenho operacional e econômico na citricultura do Estado de São Paulo necessitam ser mais bem compreendidos para que se possam formular estratégias privadas e políticas públicas capazes de minimizar os problemas econômicos e sociais decorrentes da crise do setor. Se, por um lado, a eficiência econômica dos citricultores pode estar sendo afetada pela crise (por exemplo, pelo abandono de certas ferramentas de gestão), por outro lado, alguns citricultores podem estar deixando a atividade justamente devido às ineficiências técnica e econômica.

A mensuração e análise de índices de eficiência de uma amostra de propriedades citrícolas permite responder questões que se fazem presentes há algum tempo na citricultura: (i) A redução no número de produtores decorre, de fato, de significativos diferenciais de eficiência operacional e de escala entre as propriedades rurais? (ii) Quais são os fatores que explicam os diferenciais de desempenho entre as propriedades citrícolas?

A resposta a essas questões depende do teste de um conjunto de hipóteses não apenas a respeito da existência de diferenciais de eficiência entre propriedades rurais, como também a respeito de potenciais determinantes desses diferenciais. A primeira delas é a de que há diferenças consideráveis nos índices de eficiência técnica e econômica entre as propriedades citrícolas do Estado de São Paulo. Uma vez comprovada essa hipótese,

pretende-se testar hipóteses acerca da influência de diversos fatores sobre esses índices, como por exemplo, o uso de ferramentas de gestão da produção, a habilidade gerencial dos agricultores (maior capital humano), a utilização de novas tecnologias de produção, a adoção de contratos para comercialização da laranja, entre outros. A seção 3.3 apresenta, de forma detalhada e com base em revisão de estudos teóricos e empíricos, potenciais fatores determinantes dos diferenciais de eficiências técnica e econômica. Naquela seção, pode ser verificada cada uma das hipóteses construídas para esses fatores determinantes.

Além de adotar a teoria microeconômica neoclássica como pano de fundo para analisar as características da tecnologia de produção citrícola, o presente estudo também faz uso da teoria de fronteiras de eficiência para interpretar as medidas de eficiência das propriedades rurais, bem como de diferentes aportes teóricos (Nova Economia Institucional, Economia dos Custos de Transação, teorias de capital humano e social, teorias de gestão da produção, etc) para explicar os diferenciais de eficiência/ineficiência entre as propriedades rurais. A teoria neoclássica não se preocupa com a existência de ineficiência dentro das firmas, sendo, portanto, necessário recorrer a outros aportes teóricos para interpretar e explicar as medidas e os diferenciais de ineficiência das firmas. A principal contribuição teórica do trabalho consiste na construção e no teste de um conjunto de hipóteses baseadas em diferentes vertentes da teoria econômica para explicar diferenciais de eficiência entre firmas/propriedades rurais. Esses determinantes da eficiência poderão ser aplicados em estudos futuros.

No que tange à aplicação empírica dos resultados para a atividade analisada, esse estudo pode ser diretamente aplicado à:

- Formulação de políticas públicas que objetivem aumentar os índices de eficiência técnica e econômica na citricultura.
- Orientação de estratégias privadas, de forma a utilizar as práticas de gestão dos produtores mais eficientes como *benchmarking* para os produtores menos eficientes.
- Construção de melhores formas de coordenação dos agentes da cadeia produtiva.
- Proposição de medidas que possam aumentar a competitividade e sustentabilidade da cadeia citrícola.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos além desta introdução. O próximo capítulo apresenta as principais características do processo/tecnologia de produção

citricola, bem como questões relacionadas à formação de preços e custos de produção, concentração industrial, relações de mercado e política agrícola. O terceiro capítulo apresenta o referencial teórico necessário para a construção e análise das fronteiras microeconômicas de eficiência técnica e econômica. Nesse capítulo, é apresentada, também, uma revisão de literatura acerca dos fatores determinantes das eficiências das firmas. Esses fatores estão embasados em diferentes vertentes da teoria econômica e nas características da produção citricola. A partir da revisão da literatura que trata dos fatores determinantes das eficiências são detalhadas as hipóteses de pesquisa. O capítulo quatro apresenta o método de investigação adotado no presente trabalho. Neste capítulo, mostra-se a formulação estatística dos modelos de fronteira estocástica utilizados para realizar as estimativas de fronteiras de eficiência. Apresentam-se, também, a técnica de amostragem adotada e o processo de construção das variáveis utilizadas nas análises econométricas de fronteiras e determinantes de eficiência. O quinto capítulo apresenta e discute os resultados obtidos a partir das análises econométricas de eficiência técnica e econômica. Inicia-se com uma descrição das variáveis utilizadas nos modelos econométricos, seguida de três seções que tratam, respectivamente, da eficiência técnica, de custo e de lucro. Essas seções apresentam e discutem as características da tecnologia de produção (elasticidades parciais, retornos de escala, elasticidades de substituição, economias de escala, etc.), os índices de eficiência estimados e os fatores determinantes das posições das fronteiras e dos diferenciais de eficiência entre as propriedades rurais. As duas últimas seções do capítulo cinco discutem ainda as implicações dos resultados deste trabalho para a formulação de políticas públicas e estratégias privadas de gestão na citricultura. Por fim, o capítulo seis apresenta as conclusões, limitações e sugestões para estudos futuros.

2. ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS DA CITRICULTURA

Este capítulo tem o objetivo de apresentar as principais características da produção citrícola do Estado de São Paulo. A primeira seção faz uma breve caracterização do complexo agroindustrial (CAI) citrícola brasileiro, destacando os principais agentes econômicos e suas relações técnicas e comerciais. Na segunda seção, são apresentados os principais aspectos técnicos da produção citrícola, como por exemplo, evolução da produção e do uso dos fatores de produção, incidência de pragas e doenças e tecnologias de produção adotadas pelos citricultores. Por fim, a última seção apresenta os aspectos econômicos da citricultura paulista. Nesta seção, discute-se a formação e evolução dos preços da caixa de laranja e dos custos de produção da laranja, bem como questões relacionadas à concentração industrial do setor de processamento de suco e ao ambiente econômico-institucional da citricultura paulista.

2.1. SISTEMA AGROINDUSTRIAL CITRÍCOLA

O sistema agroindustrial citrícola é de suma importância para o agronegócio brasileiro. O Brasil é o maior produtor mundial e o maior exportador de suco de laranja. No ano de 2012, foram exportadas 1,895 milhões de toneladas do produto, gerando US\$ 2,276 bilhões em divisas para a economia brasileira (SECEX, 2012). Segundo Neves (2010), o Brasil é responsável pela oferta de aproximadamente 60% do suco de laranja consumido no mundo e possui importantes vantagens competitivas em relação aos outros produtores mundiais do produto (principalmente Flórida-EUA). Essas vantagens competitivas foram construídas principalmente em função do enorme potencial agrícola brasileiro, que, por sua vez, está positivamente relacionado com a disponibilidade de terras para cultivo e com os avanços tecnológicos verificados a partir da década de 1970.

O sistema agroindustrial citrícola, assim como outros sistemas agroindustriais, possui diversos agentes econômicos, separados por relações técnicas e comerciais, que objetivam ofertar suco de laranja e laranja in natura ao consumidor final. A seguir, será feita uma breve caracterização dos principais agentes econômicos que operam no sistema agroindustrial citrícola brasileiro, bem como destacadas suas relações comerciais.

O primeiro elo do sistema agroindustrial é formado pela indústria de insumos agrícolas/fatores de produção (defensivos, fertilizantes, máquinas e implementos e mudas), cuja principal função é realizar a oferta de insumos e também de assistência

técnica aos citricultores.³ O processo de modernização da produção citrícola passa diretamente pela atuação da indústria de insumos agrícolas, grande responsável por conceber novos produtos e/ou serviços para os citricultores. O uso correto desses insumos modernos possibilita que os citricultores obtenham ganhos de produtividade na produção de laranja. A própria questão da eficiência técnica na citricultura passa, necessariamente, pela utilização ótima dos fatores de produção. Ademais, com o aumento da incidência de pragas e doenças nos pomares do cinturão citrícola, a indústria de defensivos passou a ser de fundamental importância para a manutenção da competitividade da citricultura brasileira. Tais questões serão mais discutidas na próxima seção deste capítulo.

Por sua vez, os citricultores utilizam diferentes combinações de fatores de produção (terra, trabalho, capital, mudas, defensivos e fertilizantes) de forma a produzir laranja para mesa e/ou laranja para processamento industrial. A produção citrícola brasileira encontra-se concentrada no Estado de São Paulo, o qual teve participação de 77% na produção total de 19,811 milhões de toneladas em 2012 (IBGE, 2012). Vale destacar que o mesmo citricultor pode optar pela produção de variedades que atendam aos requisitos de qualidade demandados pelo mercado de mesa concomitantemente à produção de variedades que atendam à demanda da indústria processadora de suco. As principais variedades de laranja cultivadas no Estado de São Paulo são Pêra-Rio, Valência, Hamlin, Natal, Folha Murcha, Valência Americana e Westin (CDA, 2012).

A produção de laranjas para mesa representou apenas 17% do total das 335.290.832 caixas de 40,8 kg de laranja produzidas no Estado de São Paulo no ano de 2012 (IEA, 2012). Outros Estados, como Bahia, Minas Gerais e Rio Grande do Sul também produzem laranja para consumo in natura (IBGE, 2012), contudo, a importância econômica da produção de laranjas para mesa é pequena se comparada à produção para processamento industrial (NEVES, 2010; IEA, 2012). Esta última concentra-se, majoritariamente, no Estado de São Paulo. O chamado cinturão citrícola possui, aproximadamente, 10.100 citricultores em uma área de 464,4 mil hectares e engloba as seguintes regiões do Estado: Noroeste, Norte, Centro, Sul e Castelo⁴ (CONAB/CATI/IEA, 2013; NEVES, 2010).

Marino e Azevedo (2003) identificaram quatro tipos de especificidades que a produção e as transações de laranja entre citricultores e indústria processadora possuem:

³ Dentre as frutas cítricas, têm-se laranjas, lima ácida, limão e tangerinas. As laranjas representam 90% da produção citrícola brasileira (IBGE, 2012). Portanto, o foco do presente estudo está na produção de laranjas.

⁴ Essa região foi assim classificada pela sua proximidade à rodovia Castelo Branco.

i) especificidade temporal: a laranja é um produto perecível, o que restringe o tempo entre a colheita e o processamento. Ademais, para obter máximo rendimento no processamento industrial, a laranja deve ser colhida no ponto ótimo de maturação, que é um período restrito e que exige acompanhamento técnico; ii) especificidade locacional: devido à baixa relação valor/peso, o transporte de laranja por longas distâncias pode se tornar inviável, sendo necessária certa proximidade entre o citricultor e a indústria processadora; iii) especificidade física: pelo fato de ser uma cultura permanente, cujo tempo médio de vida útil de um pomar é de 20 anos e a produção começa apenas a partir do terceiro ano, a formação de um pomar é um investimento físico específico, de difícil reversão após realizado (*sunk cost*); iv) ativo dedicado: Neves (1995) mostrou que as variedades cultivadas são específicas para o processamento, sendo de difícil realocação para consumo in natura. Além de mais exigente em qualidade da fruta, restringindo-se ao consumo de determinadas variedades, o mercado interno não é capaz de absorver altos excedentes caso os citricultores que fornecem laranja para a indústria realoquem o produto para consumo in natura. O pequeno número de empresas processadoras de suco torna o ativo ainda mais dedicado, devido às poucas opções para o produtor negociar sua safra.

Esse conjunto de especificidades aumenta consideravelmente os riscos da atividade e os custos de transação para os citricultores. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias de governança que minimizem tais riscos e custos. Essas estratégias de governança devem estar alinhadas a uma gestão eficiente do fluxo de caixa, uma vez que a atividade citrícola começa a apresentar receitas apenas no médio prazo (após três anos, em média) e as despesas ocorrem desde o preparo do solo para o plantio até o final do ciclo produtivo.

A indústria processadora do suco de laranja compra a laranja de citricultores independentes e também possui pomares próprios, nos quais produz uma parcela de seu suprimento (AZEVEDO, 1999; SOUZA FILHO et al., 2013). Dados obtidos a partir de MB Agro (2013) indicam que as três grandes indústrias exportadoras (Citrosuco-Citrovita, Cutrale e Dreyfuss) produziram, em 2013, 38% do suprimento total de laranjas para processamento em suas fazendas próprias. Essa estratégia possibilita que a indústria utilize suas frutas próprias para atrasar a compra de laranja de citricultores independentes, o que pode deprimir consideravelmente os preços do produto e, por consequência, reduzir a rentabilidade dos citricultores independentes que vendem sem contratos a preço fixo (estratégias de poder de barganha a montante). Por outro lado, tal estratégia pode também

ser justificada como uma forma de reduzir custos de transação e aumentar o controle sobre a produção da matéria-prima. Contudo, o uso de contratos de longo prazo tem o potencial de cumprir essas duas últimas funções, o que, por sua vez, indica que o argumento pró poder de barganha é mais forte do que o argumento pró-eficiência para explicar o alto nível de integração vertical da indústria processadora de suco. Ademais, caso a integração vertical fosse, de fato, a estratégia de governança mais eficiente, seria bastante razoável esperar que a indústria processadora produzisse toda a laranja necessária para seu suprimento em seus pomares próprios.

Outra característica da indústria processadora de suco de laranja é o elevado índice de concentração de mercado tanto na compra da laranja quanto na venda de suco. Desde o seu surgimento na década de 1960, a indústria processadora de suco de laranja sempre foi dominada por poucas empresas, sendo que a participação das quatro maiores do setor (CR4) nunca esteve abaixo dos 70% da produção de suco de laranja (PAULILLO, 2006). Em 2012, apenas três grandes grupos (Cutrale, Citrosuco-Citrovita e Dreyfuss) concentravam cerca de 80% da produção de suco de laranja e das compras de laranja para processamento industrial (ATO DE CONCENTRAÇÃO nº 08012.005889/2010-74, 2012). Esse alto índice de concentração industrial caracteriza um oligopsônio: estrutura de mercado caracterizada por poucos compradores e muitos vendedores de um mesmo produto. Por sua vez, o oligopsônio é condição necessária, porém não suficiente para o uso de poder de mercado pela indústria nas compras de laranja dos citricultores independentes.

A partir do processamento da laranja, a indústria pode produzir suco de laranja congelado e concentrado (SLCC), suco de laranja não congelado (NFC), além de vários subprodutos (óleo essencial, d-limoneno e terpenos citrícola, farelo de polpa cítrica, etc.). Segundo Neves (2010), 98% da produção total de suco de laranja feita no Brasil têm como destino o mercado externo. No ano de 2012, a indústria brasileira exportou 1.895.038 toneladas de suco de laranja, sendo esse volume distribuído em 49% de Suco de Laranja Concentrado e Congelado (SLCC) e 51% de Suco de Laranja Não Concentrado e Congelado (NFC – not from concentrate).⁵ O valor das exportações de suco de laranja atingiu US\$ 2,276 bilhões, cuja participação do SLCC foi de 82%. Já os subprodutos geraram receitas de US\$ 307,360 milhões para a indústria processadora brasileira em 2012. Os principais mercados do suco de laranja brasileiro foram a União Europeia, que

⁵ O NFC é o suco integral pronto para beber, cuja participação no portfólio da indústria processadora tem crescido a partir do final da década de 2000.

absorveu 67% do volume total das vendas brasileiras, e os EUA, com participação de 17% no volume total exportado pelo Brasil (SECEX, 2013).

Vale destacar que a indústria brasileira processadora de suco também é caracterizada por alto investimento em ativos específicos, como por exemplo, logística de transporte especializada (caminhões, navios e terminais portuários), máquinas específicas para processamento de suco e tanques para armazenamento de suco congelado (NEVES, 2010). As fábricas das grandes indústrias são bastante homogêneas no que tange aos padrões organizacionais e tecnológicos e as grandes empresas possuem alto poder de coordenação horizontal e vertical. Ademais, o setor industrial de processamento de suco de laranja é caracterizado por significativas barreiras à entrada que impedem a potencial concorrência no setor. Essas barreiras à entrada são explicadas pelos altos custos de entrada⁶ e saída (*sunk costs*) em decorrência da necessidade de vultosos investimentos em ativos específicos e pelo alto índice de integração vertical das indústrias já estabelecidas no setor, uma vez que uma potencial entrante poderia encontrar problemas no abastecimento de matéria-prima e na otimização de sua capacidade produtiva instalada.

O suco de laranja produzido no Brasil é exportado por meio de navios especializados com tecnologia específica para que as propriedades do suco sejam mantidas durante o transporte. Além dos navios, a indústria possui também terminais próprios nos principais portos que recebem o suco exportado (EUA, Bélgica, Holanda, Japão e Austrália), onde estão os *blenders*, equipamentos que misturam sucos de laranja com diferentes características para atender às demandas de quantidade de açúcares, cor, acidez, etc. desejadas pelos clientes (CITRUSBR, 2013). A partir de seus terminais, a indústria comercializa o suco com as envasadoras que colocam sua marca no produto e vendem-no para o mercado varejista. Algumas empresas, como por exemplo, a Cutrale, possuem parcerias estratégicas com as envasadoras de suco. Cabe ainda destacar que a maioria das envasadoras possui marcas mundialmente conhecidas e faturamento muito alto.⁷

⁶ MB Agro (2012), em trabalho feito com dados fornecidos pela CitrusBR (2012), estimaram que o investimento necessário para a construção de uma planta produtiva para operar no setor de processamento de suco de laranja é de R\$ 637.391.522,00. Se dividido esse valor pelo tamanho do mercado (receita da produção em um ano), conforme proposto por Sutton (1991), tem-se que a relação entre custo de entrada e tamanho do mercado apresenta valor de 0,1293 (12,93%). Esse valor é bastante alto se comparado ao de outros setores, conforme pode ser verificado no estudo de Rodrigues e Moraes (2007).

⁷ Nos EUA, as envasadoras líderes de mercado são Pepsico e Coca-Cola. Na Alemanha, outro importante mercado para o suco de laranja brasileiro, destacam-se a Stute e a Eckes (NEVES, 2010).

Após envasado, o suco chega aos supermercados europeus e norte-americanos onde é comprado pelos consumidores finais. Neves (2010) e CitrusBR⁸ (2012) destacam que um dos principais problemas enfrentados pelo complexo agroindustrial citrícola brasileiro é a redução no consumo mundial do suco de laranja. Para os mesmos autores, o principal condicionante dessa redução no consumo de suco de laranja é o considerável aumento na demanda de bens substitutos (outros sucos, isotônicos, refrigerantes) verificado a partir de meados da década de 2000. Contudo, conforme será discutido na seção 2.3, não foi notada redução considerável no preço de exportação e no preço de venda do suco ao consumidor final nos últimos anos.

Conforme exposto nesta seção, verifica-se que os citricultores brasileiros participam de uma atividade que possui riscos consideráveis. A citricultura é caracterizada por retornos de longo prazo (cultura permanente) e a laranja possui algumas especificidades que podem aumentar bastante os riscos da atividade e os custos de transação. Além disso, o mercado de laranja apresenta uma estrutura de poder bastante assimétrica, sendo a indústria processadora altamente concentrada vis-à-vis milhares de citricultores atomizados e com baixa capacidade de coordenar ações coletivas. Essa estrutura pode resultar em fortes assimetrias na distribuição das rendas entre os agentes da cadeia agroindustrial.

As duas próximas seções do trabalho tratam especificamente das características das propriedades rurais e da produção de laranjas do Estado de São Paulo, os quais se constituem o objeto das análises de eficiência técnica e econômica que serão realizadas.

2.2. ASPECTOS TÉCNICOS DA CITRICULTURA PAULISTA

2.2.1. Produção, área e retornos de escala

A citricultura é uma das atividades agrícolas mais relevantes para o Estado de São Paulo. Em 2013, foram produzidas 268,611 milhões de caixas de 40,8 kg de laranja em uma área de 464.447 hectares ocupados com 170.591.996 pés de laranja em idade produtiva. Ademais, outros 23.010.018 pés de laranja novos (sem produção) devem entrar em idade produtiva nos próximos anos (CONAB/CATI/IEA, 2013). A Tabela 1 apresenta dados da evolução da produção citrícola no Estado de São Paulo entre os anos de 2000 a 2013.

⁸ CitrusBR é a associação das indústrias exportadoras de suco de laranja.

Tabela 1. Evolução da área, produção, produto médio da terra e número total de pés de laranja no Estado de São Paulo, 2000-2013.

Ano	Área em produção (ha)	Produção (cx. de 40,8kg)	Produto médio da terra (cx/ha)	Número total de pés
2000	609.475	356.317.906	584,6	215.227.031
2001	581.487	328.205.050	612,8	205.811.063
2002	586.937	361.777.839	559,2	211.631.592
2003	600.060	327.134.568	602,9	212.560.034
2004	587.935	360.895.781,5	556,4	215.424.155
2005	574.510	352.186.565,5	613,0	215.030.451
2006	571.532	348.399.593,1	609,6	211.084.838
2007	584.096	365.815.444,5	626,3	217.485.693
2008	592.568	354.699.846,9	598,6	231.763.878
2009	566.652	355.423.343,4	627,2	225.665.723
2010	605.432	322.171.203	532,1	211.425.179
2011	563.952	384.869.908	682,4	224.716.022
2012	500.549	355.290.819,8	709,8	215.616.377
2013*	464.447	268.611.306	578,3	193.602.014

*Dados obtidos a partir do Acompanhamento da Safra Brasileira de Laranja, Safra 2013/14, realizado pela Conab/CATI/IEA.

Fonte: IEA (2013).

Os dados apresentados na Tabela 1 evidenciam uma redução de 23,8% na área com produção de laranja durante o período analisado. Por sua vez, a produção apresentou oscilações consideráveis entre os anos – as quais podem ser explicadas pelo ciclo natural da produção citrícola – e forte comportamento de queda no ano de 2013. Essa queda na produção está relacionada principalmente com os preços baixos da caixa de laranja entre meados de 2010 e 2012. Uma conjunção de fatores pode explicar a forte queda nos preços da laranja nesse período. Em 2011, houve um aumento atípico na produção em decorrência de fatores climáticos favoráveis, contribuindo para a formação de estoques de suco pela indústria processadora. Ademais, nesse mesmo período verificou-se demanda estável pelo suco nos mercados europeu e norte-americano, bem como processamento prioritário das frutas oriundas dos pomares próprios da indústria processadora, a qual atrasou a compra e/ou não comprou laranja de um conjunto de fornecedores independentes nos anos de 2012 e 2013 (SOUZA FILHO et al., 2013). Essa redução no volume de laranja comprado pela indústria processadora deprimiu consideravelmente o preço do produto, conforme será mais bem explorado na seção 2.3. Neste cenário de preços extremamente baixos, alguns citricultores deixaram de realizar

tratos culturais, adubações e até mesmo de utilizar tecnologias de produção já disponíveis na propriedade (irrigação, por exemplo), à medida que outros simplesmente abandonaram a citricultura em busca de atividades agropecuárias mais rentáveis (CONAB/CATI/IEA, 2013). Esse cenário desfavorável na comercialização da laranja se refletiu de forma bastante negativa na produção e na área com produção de laranja no ano de 2013.

A Tabela 2 mostra a estratificação dos citricultores/propriedades rurais do Estado de São Paulo com relação ao número de pés de laranja na propriedade (*proxy* para o tamanho da produção). Antes de analisar os dados apresentados, é importante ressaltar que os mesmos foram obtidos a partir de diferentes fontes. Portanto, ao compará-los, torna-se necessário fazer algumas ressalvas. Os dados para 2001 e 2009 foram obtidos em Neves (2010), que utilizou informações da CitrusBR para fazer a estratificação dos citricultores. Esses dados refletem apenas uma parcela de citricultores que forneceram laranja para as indústrias exportadoras, ou seja, não estão incluídos aqueles citricultores que comercializaram toda a sua produção com outros canais de distribuição (barracões, mercado varejista, mercado institucional, etc). Já os dados de 2012 foram obtidos junto à Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo (CDA) e refletem todo o universo de propriedades cítricas, independente do canal de distribuição adotado para comercializar a produção. É importante destacar ainda que o mesmo citricultor pode ter posse de mais de uma propriedade rural, o que também explica a diferença entre os dados apresentados.

Tabela 2. Estratificação dos citricultores do Estado de São Paulo de acordo com o número de árvores de laranja na propriedade rural.

Mil árvores	2001*		2009*		2012**	
	Nº de produtores	% de produtores	Nº de produtores	% de produtores	Nº de propriedades	%
> 200	61	0,41%	120	0,95%	168	1,03%
100 a 199	105	0,70%	164	1,30%	179	1,10%
50 a 99	263	1,75%	372	2,95%	393	2,41%
30 a 49	473	3,15%	442	3,50%	424	2,60%
20 a 29	585	3,90%	518	4,10%	448	2,74%
10 a 19	2175	14,50%	1408	11,15%	1270	7,78%
< 10	11333	75,58%	9603	76,05%	13447	82,35%
Total	14995	100%	12627	100%	16329	100%

*Extraído de Neves (2010). Os dados de Neves (2010) estratificam os citricultores de acordo com o número de árvores em suas propriedades.

**Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo (2012). Os dados da CDA (2012) estratificam as propriedades rurais de acordo com o número de árvores que possuem.

Em que pese a preocupação de agentes do setor em relação à saída de pequenos e médios citricultores da atividade, os dados apresentados na Tabela 2 mostram que as propriedades com menos de 10 mil pés de laranja ainda representavam 82,35% do total das propriedades citrícolas do Estado de São Paulo no ano de 2012. Não há informações publicamente disponíveis que permitam relacionar o tamanho das propriedades (em número de árvores) com a quantidade produzida (em caixas de laranja), o que possibilitaria verificar a importância das diferentes faixas de tamanho sobre a produção total do Estado. No entanto, os dados da CDA (2012), mostram que as 347 propriedades de grande porte (com mais de 100 mil árvores) concentram 47% do total das árvores do cinturão citrícola, enquanto as 13.447 pequenas propriedades (com menos de 10 mil árvores) possuem apenas 17,5% das árvores do cinturão (Tabela 3), indicando que grande parcela da produção está concentrada em poucas e grandes propriedades rurais.

Tabela 3. Distribuição do número de plantas de acordo com o tamanho (em número total de árvores) das propriedades citrícolas em 2012.

Estratos (árvores)	Nº de propriedades	Quantidade de plantas	% de plantas/total
> 200 mil	168	79.331.403	34,93%
100 a 199 mil	179	27.071.858	11,92%
50 a 99 mil	393	30.202.482	13,30%
30 a 49 mil	424	18.193.457	8,01%
20 a 29 mil	448	12.602.046	5,55%
10 a 19 mil	1270	19.895.154	8,76%
< 10 mil	13447	39.787.398	17,52%
Total	16329	227.083.798	100%

Fonte: CDA (2012).

Para Neves (2010), a citricultura é caracterizada por retornos crescentes de escala, o que explicaria a concentração de um grande número de pés e, conseqüentemente, da produção de laranja em propriedades rurais de grande porte. Segundo o mesmo autor, os grandes citricultores ainda possuem vantagens na compra de insumos, o que resultaria também em economias de escala pecuniárias. Para os pequenos e médios citricultores, as estratégias de diferenciação do produto ou diversificação da produção são mais interessantes. Nesses casos, os objetivos são agregar valor ao produto comercializado no mercado de frutas de mesa, receber preços mais altos e reduzir riscos de dependência de uma única atividade (NEVES, 2010).

Cabe destacar que, apesar da possibilidade de existência de retornos crescentes de escala, não há estudos empíricos que comprovem que a citricultura tenha, de fato, essa característica. Ou seja, não é possível afirmar que as grandes propriedades possuem vantagens de escala em relação às pequenas e médias. Informações obtidas a partir de um experimento feito pelo GTACC (2013) mostram que as pequenas e médias propriedades que adotam pacotes tecnológicos modernos (uso de adubos e defensivos apropriados, uso de adensamento e irrigação do pomar) conseguem obter altos índices de produtividade no pomar.⁹ Portanto, de acordo com o estudo citado, se as pequenas e médias propriedades tiverem condições financeiras e gerenciais para adotar essas tecnologias, elas também podem operar com alta produtividade dos fatores. Ademais, não há evidências empíricas fortes o suficiente para afirmar que a tecnologia de produção citrícola seja caracterizada por economias de escala, favorecendo as propriedades de grande porte em detrimento das pequenas e médias propriedades. Essas questões precisam ser mais bem investigadas a partir de métodos científicos robustos.

Os diferenciais de produtividade entre as propriedades rurais também vêm sendo bastante discutido entre agentes do sistema agroindustrial citrícola, inclusive no que tange à criação do Consecitrus.¹⁰ Alguns autores, como por exemplo, Neves (2010) e MB Agro (2013) defendem que os diferenciais de produtividade explicam a saída de um conjunto de citricultores da atividade nos últimos anos. Para esses autores, as propriedades rurais da indústria processadora e um conjunto de propriedades de produtores independentes, majoritariamente de grande porte, possuem produtividade bastante superior ao restante das propriedades citrícolas e, por isso, conseguem continuar na atividade obtendo lucros operacionais positivos. Por exemplo, Neves (2010) cita que alguns citricultores operam com produtividade de 1.655 caixas por hectare à medida que outros operam com produtividade de 138 caixas por hectare. Para o autor, esses diferenciais explicariam a saída dos citricultores com menores produtividades, sendo que os que possuem maiores índices de produtividade conseguiriam obter rentabilidade positiva na citricultura.

⁹ O experimento consistiu em observar, ao longo da vida útil de um talhão, a produção de laranja em diferentes talhões com diferentes tecnologias de produção. Constatou-se que, independente do tamanho da produção, é possível obter altos níveis de produtividade no talhão ao adotar-se tecnologias modernas de produção (espaçamento + uso de insumos modernos). Para verificar os resultados do experimento, ver o informe Ciência & Prática, v. 13, n. 50, 2013.

¹⁰ O Consecitrus é um conselho formado por entidades representantes dos citricultores e da indústria processadora de suco que tem o objetivo central de definir um modelo de precificação da caixa de laranja. O Consecitrus foi criado a partir de um Termo de Compromisso de Desempenho (TCD) acordado entre o Conselho Administrativo de Defesa da Concorrência (CADE) e as empresas Citrovita e Citrosuco, que fundiram suas operações em 2011.

É importante notar que a produtividade tratada por Neves (2010) é o produto médio da terra, sendo, portanto, desconsiderados os outros fatores de produção (capital, mão-de-obra, defensivos e fertilizantes). É plenamente possível aumentar a produtividade da terra utilizando-se de maiores dotações dos outros fatores de produção, o que, por sua vez, não implica em ganhos de eficiência técnica. O conceito correto de produtividade a ser utilizado é o de produtividade total dos fatores (PTF) e não produtividade da terra. Ademais, conforme apresentado em Souza Filho et al. (2013), a produtividade da terra não pode ser considerada um indicador de eficiência econômica/rentabilidade. A eficiência econômica é determinada pelo preço recebido na venda do produto e pelos custos de produção (preço pago pelos insumos e combinação de insumos utilizada). A condição de máximo lucro dos manuais de microeconomia mostra que o lucro máximo ocorre quando receita marginal se iguala ao custo marginal. Portanto, mesmo que o produtor alcance um alto nível de produtividade da terra, ele pode receber preços baixos e operar com custos altos, o que torna a atividade economicamente inviável.

2.2.2. Formação do pomar, tratos culturais e possibilidades tecnológicas

No que tange à formação de um pomar citrícola, a primeira decisão importante a ser realizada antes do plantio é a escolha entre as diferentes variedades de citrus, que possuem características e períodos de safra também distintos. Em 2012, as principais variedades cultivadas no cinturão citrícola paulista foram: laranja Pêra, que representou 30% do total das variedades produzidas; laranja Valência, com 28% do total; laranja Hamlin, com 12%; e laranja Natal, com 11% do total produzido (CDA, 2012). Essas variedades também podem ser classificadas como precoces (Hamlin), variedades de meia-estação (Pêra) e variedades tardias (Natal e Valência). Tal classificação está relacionada com os diferentes períodos de colheita. A Tabela 4 apresenta as principais características dessas variedades de laranja no processamento industrial para a produção do suco de laranja. Vale destacar que, apesar de cada variedade de laranja apresentar, em geral, suas características próprias, a qualidade dos frutos também se altera em função de fatores como clima, solo, porta-enxerto utilizado, adubações, tratos culturais, tratamentos fitossanitários, entre outros (DAVIES; ALBRIGO, 1994).

Tabela 4. Características médias obtidas para o processamento de diferentes variedades de laranja.

	Hamlin	Pêra	Natal	Valência
Época de safra***	Abril-Julho	Julho- Novembro	Agosto- Dezembro	Agosto- Dezembro
Tamanho médio do fruto (nº/cx de 40,8kg)*	303	277	262	247
Sabor do suco (score, 36-40)**	33 / 32,4	36,9 / 36,8	37 / 36,9	37 / 36,9
Cor do suco (score, 36-40)	34,8* / 32,8**	37,3* / 36,94**	37,1* / 37,3**	37,1* / 37,3**
Sólidos solúveis totais - SST (° Brix)*	10,70 - 11,67	11,14 - 12,14	10,56 - 11,83	10,56 - 11,83
Acidez*	0,71 - 0,75	0,58 - 0,86	0,76 - 1,06	0,76 - 1,06
“Ratio” (SST/Acidez*)	14,22 - 16,22	12,94 - 20,75	9,90 - 19,20	9,90 - 19,20
% de suco*	51,7 - 51,8	56,7 - 59,2	52,6 - 56,8	52,6 - 56,8
Vitamina C (mg/100ml)**	322	256	239	239

* Segundo Nonino (1995).

**Segundo Di Giorgi et al. (1990) e Di Giorgi et al. (1993).

***Segundo Pio et al. (2005).

Fonte: Elaborada a partir de Equipe Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura (2012).

Conforme pode-se observar na Tabela 4, as diferentes variedades de laranja cultivadas no cinturão citrícola do Estado de São Paulo possibilitam um período de processamento industrial que se estende por cerca de nove meses, além de prolongarem a safra para o citricultor e permitirem uma melhor distribuição da mão-de-obra rural (PAULILLO, 2006). Ao decidir pela produção de diferentes variedades em sua propriedade, o citricultor pode aumentar o período de sua produção, compor um preço médio ao vender em momentos diferentes da safra e ainda comercializar com diferentes canais de distribuição. Tais estratégias de produção e comercialização podem ser importantes para os citricultores reduzirem os riscos de preço e aumentarem a receita da produção.

As mudas de laranja são produzidas a partir de enxertia, que é a implantação de uma porção da planta matriz (fornecedora de material para multiplicação) na haste da planta que desempenha a função de porta-enxerto. A união de tecidos proporciona a multiplicação da planta original (VIEIRA, 2006). Os porta-enxertos mais utilizados no

Estado de São Paulo são o limoeiro ‘Cravo’, o citrumeleiro ‘Swingle’ e as tangerineiras ‘Cleópatra’ e ‘Sunki’ (POMPEU JUNIOR, 2005).

Os porta-enxertos influenciam diversas características hortícolas e patológicas relativamente às combinações copa/porta-enxerto de que participam, destacando-se: produtividade de frutos; qualidade das frutas, incluindo aspectos como maturação, peso e permanência de frutos na planta, coloração da casca e do suco, teores de açúcares, de ácidos e de outros componentes do suco; conservação da fruta pós-colheita; tolerância a insetos-praga, doenças e a fatores abióticos, como frio, salinidade, toxicidade de alumínio e seca; absorção, síntese e utilização de nutrientes; transpiração e composição química das folhas; e resposta a produtos de abscisão de folhas e de frutos. Por esses motivos, a escolha do porta-enxerto é tão importante quanto a definição da cultivar-copa (POMPEU JUNIOR, 2005; SOUZA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010).

O aumento na incidência de doenças e pragas nos últimos anos fez com que os procedimentos adotados na produção e comercialização de mudas se tornassem mais rigorosos. A legislação atual no Estado de São Paulo exige proteção do viveiro com tela antifídicos para produção de porta-enxertos, mudas de citros e mudas certificadas. É exigido material vegetal (sementes e borbulhas) oriundo de plantas matrizes e borbulheiras registradas (EMBRAPA, 2012).¹¹ A aquisição de mudas saudáveis, de qualidade e certificadas se tornou imprescindível para a formação dos pomares citrícolas (VIEIRA, 2006).

Após a escolha do porta-enxerto e das mudas, o citricultor deve realizar os trabalhos de preparo do solo para o plantio. Realiza-se a abertura dos sulcos com aplicação de calcário, demais corretivos e fertilizantes, e é feito o alinhamento das covas. Geralmente, são estabelecidos talhões com áreas de até 10 hectares, onde se planta uma única combinação de copa e porta-enxerto, o que viabiliza o manejo, os tratamentos culturais e a colheita. O período mais indicado para o plantio é o no início da estação chuvosa, embora possa ser feito em outras épocas diante da possibilidade de regar as mudas (MATTOS JUNIOR et al., 2005).

O produtor pode escolher diferentes espaçamentos entre as plantas, sendo que, a partir da década de 1990, os citricultores têm adotado a prática de adensamento dos

¹¹ As informações pertinentes à produção e comercialização de mudas cítricas no estado de São Paulo estão detalhadamente dispostas nos instrumentos legais a seguir citados: Portaria CDA 5, de 03 de fevereiro de 2005; Instrução Normativa 10, de 18 de março de 2005; Resolução SAA 10, de 29 de março de 2006 (EMBRAPA, 2012).

pomares, que consiste em aumentar o número de plantas por área, ou, analogamente, reduzir o espaçamento entre as plantas (VIEIRA, 2006; NEVES, 2010). Os principais objetivos da técnica adensamento são aumentar a produção por área (produto médio da terra) e fazer melhor aproveitamento no uso dos outros fatores de produção. Por exemplo, em um pomar adensado os tratores precisam percorrer distâncias menores para aplicar adubos e defensivos em um número relativamente maior de plantas. Em que pese os potenciais benefícios da técnica de adensamento, há risco de perda na qualidade dos frutos em decorrência da falta de luz para as plantas adensadas. Ademais, podem-se aumentar consideravelmente os custos com podas em pomares adensados, visto que, devido à proximidade entre as plantas, as podas são fundamentais para viabilizar o manejo do pomar e a colheita dos frutos.

Ao montar a estrutura física da produção citrícola em sua propriedade rural, o citricultor pode decidir pela adoção de diferentes tecnologias de produção e gestão (adensamento dos pomares, irrigação, fertirrigação, uso de técnicas de agricultura de precisão, controle e monitoramento de custos e estoques etc), pelo uso de mudas de maior qualidade e pelo uso intensivo do fator capital (tratores, aplicadores de adubos, pulverizadores), desde que tenha recursos financeiros e gerenciais para tal. O uso dessas tecnologias tende a resultar em um elevado produto médio da terra durante o ciclo produtivo do pomar. Apesar dessas possibilidades, a citricultura paulista sempre foi marcada por grande heterogeneidade tecnológica (PAULILLO, 2006; MELLO, 2008; NEVES, 2010).¹² Coexistem pomares com elevada intensidade tecnológica e padrões modernos de gestão com pomares de baixa intensidade tecnológica e padrões arcaicos de gestão.

Uma vez montada a estrutura produtiva da fazenda e feito o plantio, os pés de laranja começam a produzir apenas a partir do terceiro ano, apresentando o ponto de produto médio máximo no 13º ano. Em geral, a vida útil de um pomar é de 20 anos (FIGUEIREDO et al., 2009). Tal característica configura riscos para os citricultores, uma vez que, depois de formado o pomar, há altos custos para sair da atividade (*sunk costs*) e os retornos ocorrem apenas em médio prazo.

Durante a fase de formação do pomar, deve-se atentar bastante para os problemas fitossanitários, de forma que as plantas alcancem sua idade produtiva sem a ocorrência

¹² A heterogeneidade tecnológica é uma característica da agropecuária brasileira de uma forma geral. Em grande parte das atividades agropecuárias desenvolvidas no Brasil coexistem diferentes sistemas de produção com diferentes padrões de tecnologia e gestão (MENDES et al., 2014).

de pragas e doenças que possam prejudicar a produção. O descuido com tratamentos fitossanitários nos primeiros anos da formação de um pomar pode resultar na perda de todo o investimento realizado, visto que a incidência de doenças nesse período pode levar as plantas a não atingirem sua idade produtiva. Ademais, um pomar em produção exige tratamentos culturais (podas, remoção de ervas daninhas, entre outros) e aplicações periódicas de fertilizantes e defensivos, fatores fundamentais para determinar a produção ótima das plantas.

2.2.3. Problemas fitossanitários, uso de defensivos e adubação

A incidência de pragas e doenças é uma das questões que mais causam preocupações aos citricultores e outros agentes do sistema agroindustrial cítrica (PAULILLO, 2006; NEVES, 2010; FUNDECITRUS, 2013). Estimativas de Neves (2010) mostram que, na década de 2000, quatro doenças (cancro cítrico, CVC, morte súbita e *greening*) foram responsáveis pela erradicação de 39 milhões de pés de laranja em São Paulo e no Triângulo Mineiro. A Tabela 5 apresenta a evolução percentual da incidência das principais doenças sobre os pomares do Estado de São Paulo e do Triângulo Mineiro.¹³ Nota-se tendência de aumento no percentual de plantas contaminadas com todas as doenças, sendo que a CVC é a doença com maior percentual de incidência. Embora a incidência do *greening* e do cancro cítrico seja relativamente baixa, as duas doenças estão em ampla disseminação e são as que mais preocupam os agentes do sistema cítrico (FUNDECITRUS, 2013).

Tabela 5. Percentual (sobre o total de árvores) de plantas contaminadas com CVC, cancro cítrico e *greening*, 2009 a 2012.

Ano	CVC	Cancro Cítrico	<i>Greening</i>
2009	39,19	0,14	0,87
2010	52,52	0,44	1,87
2011	54,09	0,99	3,78
2012	51,14	1,99	6,91

Fonte: Fundecitrus (2013).

O cancro cítrico é uma doença bacteriana que causa desfolha das plantas, redução de qualidade pela presença de lesões nos frutos e queda prematura dos frutos. Essa é a doença mais antiga no Brasil e atingiu o seu ápice na década de 1990. A única forma de

¹³ O Fundecitrus não divulga dados com a incidência de contaminação pela morte súbita do citros, por isso essa doença está omitida da Tabela 5.

eliminar essa doença é por meio da erradicação das plantas contaminadas. Portanto, o produtor deve tomar medidas de prevenção, como por exemplo: inspeção do pomar, aquisição de mudas sadias e certificadas pela Secretaria da Agricultura e Abastecimento, plantio de quebra ventos, entre outras.

A CVC (clorose variegada dos citros) é uma doença bacteriana que obstrui os vasos responsáveis pelo transporte de água e nutrientes da raiz para a copa, reduzindo o tamanho e o peso das frutas em até 75% do seu peso natural. Essa foi a doença que mais danos causou à citricultura brasileira até hoje. Teve sua origem em 1987 nas regiões norte e noroeste do Estado de São Paulo e depois migrou para o centro do cinturão citrícola. Os citricultores devem realizar o manejo do CVC baseados em três estratégias: uso de mudas sadias e certificadas; poda de plantas com sintomas iniciais para evitar a proliferação e controle das cigarrinhas transmissoras da doença. A morte súbita dos citros (MSC) é uma doença vascular capaz de matar a árvore em 12 meses ou provocar redução no tamanho, peso e quantidade dos frutos. Essa doença foi identificada em 2001 e desenvolveu-se principalmente nas regiões norte e no Triângulo Mineiro em laranjeiras enxertadas sobre o porta-enxerto do limão-cravo.

Por fim, tem-se o *greening*, a mais recente e mais destrutiva doença bacteriana. Foi identificada no Brasil em 2004, nas regiões centro e leste do Estado de São Paulo e hoje está presente em todo o cinturão citrícola. Causa enorme preocupação aos citricultores pela velocidade com que se alastrou do seu ponto de origem para as demais regiões. As árvores novas contaminadas pelo *greening* não chegam a produzir e as que produzem sofrem uma grande queda de frutos. Os pomares com alta incidência da doença devem ser totalmente erradicados porque praticamente todas as plantas, inclusive as sem sintomas, podem estar contaminadas. As medidas de controle do *greening* devem ser tomadas por todos os citricultores de uma mesma região infectada com a doença (manejo integrado do *greening*) e são as seguintes: inspeção frequente de todas as plantas do pomar, erradicação das plantas com sintomas, monitoramento e controle do psílideo transmissor das bactérias que causam o *greening*, aquisição de mudas sadias e certificadas e eliminação das plantas de falsa-murta (FIGUEIREDO, 2008; NEVES, 2010; FUNDECITRUS, 2013).

A incidência de doenças nos pomares citrícolas condiciona o uso de defensivos agrícolas durante as fases de formação e produção. Os principais defensivos utilizados pelos citricultores são os acaricidas, inseticidas, fungicidas e herbicidas. Dentre essas classes de defensivos agrícolas, existem diversas marcas comerciais disponíveis para os

citricultores no mercado, sendo que o Fundecitrus divulga, periodicamente, a lista PIC, que mostra as marcas, os ingredientes ativos e as doses recomendadas dos defensivos autorizados para a aplicação. A Tabela 6 apresenta a evolução do consumo e do valor gasto com defensivos pela citricultura brasileira nos anos de 2010, 2011 e 2012.

Tabela 6. Evolução do consumo e do valor gasto com defensivos pela citricultura brasileira.

	2010		2011		2012	
	Volume (t)	Valor (US\$ mil)	Volume (t)	Valor (US\$ mil)	Volume (t)	Valor (US\$ mil)
Herbicidas	4.457	21.173	5.226	28.488	3.505	21.934
Fungicidas	6.775	64.763	7.108	64.711	3.284	51.924
Inseticidas	6.746	65.308	9.200	81.497	6.415	78.828
Acaricidas	10.052	69.999	6.445	74.314	6.182	60.486
Total	28.030	221.243	27.979	249.010	19.386	213.172

Fonte: SINDIVEG (2013).

Os acaricidas e inseticidas foram as classes de defensivos que tiveram maior representatividade, tanto no que tange ao consumo, como também nas despesas dos citricultores durante o período analisado. Chama atenção a forte redução no consumo e nas despesas com defensivos verificada no ano de 2012. Tal fato é explicado principalmente pelos preços baixos na venda da laranja nesse ano, o que, por sua vez, tende a reduzir a demanda pelos fatores de produção variáveis. Essa informação ajuda a explicar a queda de produção em 2013 apresentada na Tabela 1, visto que o baixo uso de defensivos prejudica consideravelmente a produção dos pomares.

Além dos defensivos acima mencionados, os pomares citrícolas exigem também aplicações periódicas de adubos/fertilizantes¹⁴, que possuem as funções de fornecer um ou mais nutrientes vegetais ao solo e proporcionar o desenvolvimento ótimo das plantas. A quantidade e a formulação utilizada dos fertilizantes dependem das características do solo (físicas, químicas, físico-químicas e orgânicas), bem como da capacidade financeira do citricultor para custear os gastos com adubação. Em períodos de preços baixos na venda de laranja, é natural que os citricultores reduzam o uso de fertilizantes, o que acaba

¹⁴ Sob o ponto de vista químico, os fertilizantes/adubos podem ser classificados em minerais, orgânicos ou organo-minerais. Os primeiros são constituídos de compostos inorgânicos (desprovidos de carbono) ou de compostos orgânicos sintéticos ou artificiais (uréia, por exemplo). Fertilizantes minerais são utilizados em larga escala na agricultura brasileira. Os fertilizantes orgânicos são constituídos de compostos orgânicos de origem natural, vegetal ou animal. Já os fertilizantes organo-minerais consistem na mistura dos dois primeiros (ALCARDE et al., 1998).

por impactar na produtividade dos pomares, uma vez que o uso de fertilizantes abaixo da quantidade recomendada tende a reduzir a produção das árvores.

Dentre os principais fertilizantes utilizados na agricultura brasileira e também na citricultura, destacam-se os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, que constituem a mistura NPK. A fórmula básica NPK indica o percentual de nitrogênio na forma de N elementar, o teor percentual de fósforo na forma de pentóxido de fósforo, P_2O_5 , e o conteúdo percentual de potássio na forma de óxido de potássio, K_2O . Como importante componente das proteínas e da clorofila, o nitrogênio frequentemente é fator primordial no aumento da produtividade agrícola. O fósforo é responsável pelos processos vitais das plantas, pelo armazenamento e utilização de energia, promove o crescimento das raízes e a melhora da qualidade dos frutos, além de acelerar o amadurecimento dos mesmos. O potássio é responsável pelo equilíbrio de cargas no interior das células vegetais, inclusive pelo controle da hidratação e das doenças da planta (DIAS; FERNANDES, 2006).

Conforme exposto nesta seção, a citricultura possui diversas características que, possivelmente, afetam as eficiências técnica e econômica das propriedades rurais citrícolas. Trata-se de uma cultura com processo de produção bastante complexo (cultura permanente com intensos tratos culturais), sujeita à alta incidência de pragas e doenças e com diferentes possibilidades tecnológicas (adensamento, irrigação, uso de adubos modernos, uso de maquinário, etc) durante as fases de formação e produção dos pomares. Ademais, o produto final é perecível, sendo, portanto, inviável estocá-lo, o que aumenta ainda mais a complexidade do processo produtivo e os riscos da atividade. Na seção que segue, são abordadas as principais características econômicas da produção citrícola do Estado de São Paulo.

2.3. ASPECTOS ECONÔMICOS DA CITRICULTURA PAULISTA

2.3.1. Formação de preços, custos de produção e concentração industrial

A Tabela 7 apresenta a evolução do valor da produção de laranja para processamento industrial. Na Tabela 8, por sua vez, pode ser observada a evolução do valor da produção da laranja para consumo *in natura*. A evolução do valor da produção de laranjas para processamento industrial (**Tabela 7**) e consumo *in natura* (Tabela 8) foi calculada a partir da multiplicação da produção pelo preço médio da caixa de laranja.

Tabela 7. Evolução do valor da produção de laranja para processamento industrial, 2000-2012.

Ano	Produção (cx. de 40,8kg)	Preço médio (R\$/cx.)	Valor da produção (R\$)
2000	249.422.539,00	1,82	453.949.020,98
2001	229.743.539,00	6,04	1.387.650.975,56
2002	253.244.497,00	8,32	2.106.994.215,04
2003	228.994.200,00	9,63	2.205.214.146,00
2004	252.627.048,00	7,72	1.950.280.810,56
2005	246.530.600,00	7,71	1.900.750.926,00
2006	243.879.719,00	8,79	2.143.702.730,01
2007	256.070.814,00	10,43	2.670.818.590,02
2008	248.289.896,00	10,09	2.505.245.050,64
2009	295.001.381,00	6,53	1.926.359.017,93
2010	267.402.103,00	12,62	3.374.614.539,86
2011	319.442.032,00	11,99	3.830.109.963,68
2012	294.891.389,00	7,85	2.314.897.403,65

Fonte: IEA (2012).

Percebe-se que o preço médio da laranja de mesa foi superior ao preço médio da laranja para processamento industrial em todos os anos analisados. O mercado de frutas de mesa valoriza variedades citrícolas que resultam em um produto final com maior qualidade. Para tal, são também necessários tratos culturais diferenciados por parte do citricultor, o que, por sua vez, aumenta o custo de produção. Portanto, esse mercado acaba pagando um preço superior pela laranja. A produção de laranjas para processamento industrial foi bastante superior à produção de laranjas de mesa, apesar do preço mais baixo, o que se reflete no valor da produção. A indústria processadora é, de fato, o principal canal de comercialização para os citricultores do cinturão citrícola paulista.

Tabela 8 Evolução do valor da produção de laranja de mesa, 2000-2012.

Ano	Produção (cx. de 40,8kg)	Preço médio (R\$/cx.)	Valor da produção (R\$)
2000	106.895.379,00	2,98	318.548.229,42
2001	98.461.518,00	8,38	825.107.520,84
2002	108.533.360,00	10,61	1.151.538.949,60
2003	98.140.374,00	12,63	1.239.512.923,62
2004	108.268.738,00	10,09	1.092.431.566,42
2005	105.655.973,00	10,41	1.099.878.678,93
2006	104.519.880,00	12,97	1.355.622.843,60
2007	109.744.635,00	14,33	1.572.640.619,55
2008	106.409.960,00	13,53	1.439.726.758,80
2009	60.421.969,00	9,51	574.612.925,19
2010	54.769.102,00	17,27	945.862.391,54

2011	65.427.878,00	16,13	1.055.351.672,14
2012	60.399.443,00	8,66	523.059.176,38

Fonte: IEA (2012).

Um dos problemas denunciados pelos citricultores e suas associações representativas (ASSOCITRUS e FAESP) é a prática de discriminação de preços por parte da indústria processadora. A prática de discriminação de preços *upstream* consiste em pagar preços diferentes para diferentes grupos de fornecedores de uma mesma matéria-prima.¹⁵ Argumenta-se que a indústria processadora paga preços consideravelmente maiores para um conjunto de grandes citricultores. Essa estratégia pode ser analisada sob duas óticas diferentes. Por um lado, a indústria pode argumentar que adota contratos de longo prazo com grandes citricultores com os objetivos de garantir suprimento de qualidade e em grande escala. Os contratos, por terem sido assinados em períodos diferentes, podem refletir preços também diferentes. Portanto, os diferenciais de preços seriam resultado de diferentes mecanismos de comercialização adotados entre os agentes econômicos para viabilizar suas estratégias de produção. Por outro lado, pode-se argumentar que a estratégia de discriminação de preços visa fortalecer a relação da indústria com um conjunto de grandes produtores, estimulando-os a aumentar sua produção à medida que se desestimula os produtores de pequeno e médio porte. De fato, são menores os custos totais de transacionar com um pequeno conjunto de grandes produtores do que de transacionar com um grande número de pequenos e médios produtores¹⁶, o que, combinado com o alto nível de integração vertical a montante, estaria levando a indústria a pagar preços baixos e excluir pequenos e médios citricultores da atividade. A discriminação de preços é uma conduta anticompetitiva que pode alterar significativamente a distribuição de excedentes ao longo da cadeia produtiva, gerando captura de quase-rendas pela indústria e redução no bem-estar social (excedente total) gerado nesse mercado. O próprio voto do relator Ricardo Ruiz no ATO DE CONCENTRAÇÃO n.º 08012.003065/2012-21 (2014), referente à formação do Consecitrus, mostrou que a diferenciação de preços tem gerado fortes assimetrias na distribuição de rendas no sistema agroindustrial do suco de laranja. Ademais, o relator chama atenção para outras formas de discriminação que implicam em preços menores

¹⁵ Na literatura econômica é mais comum encontrar exemplos de discriminação de preços ao consumidor final (discriminação de 1º, 2º e 3º graus). (VARIAN, 2006)

¹⁶ Existem alguns custos de transação que são relativamente fixos (por exemplo, custo de elaboração de contratos e custo de coleta de informações) portanto, esses custos são diluídos em transações de grande volume (SOUZA FILHO; PAULILLO, 2005)

pagos aos pequenos e médios citricultores. Um exemplo é a discriminação de qualidade entre pequenos e grandes citricultores, que supostamente não se justifica e estaria sendo adotada pela indústria para atrasar e/ou não comprar a fruta de pequenos citricultores.

O preço mensal da caixa de laranja para processamento industrial apresentou elevada volatilidade entre os anos de 2000 e 2013, o que, por sua vez, se configura em instabilidade adicional para os citricultores e dificulta ainda mais o planejamento da produção (Figura 1).

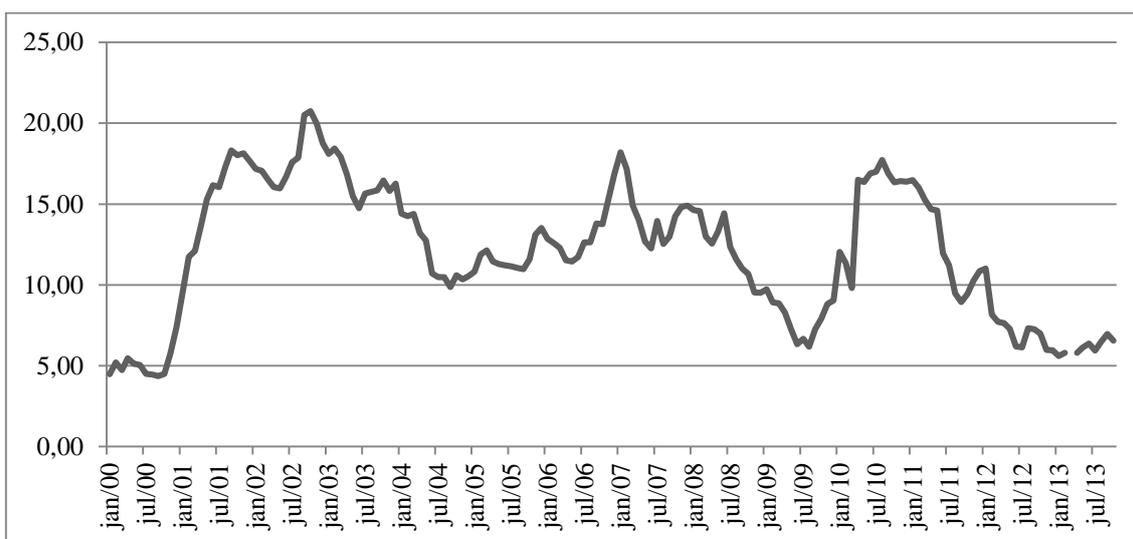


Figura 1. Evolução dos preços reais da caixa de laranja no Estado de São Paulo, janeiro/2000 a outubro/2013, corrigidos pelo IGP-DI para outubro de 2013.

Fonte: IEA (2013).

A alta volatilidade nos preços da caixa de laranja é bastante prejudicial para a viabilidade econômica da atividade, uma vez que a laranja é uma cultura permanente com retornos de médio/longo prazo. Como um pomar tem vida útil de 20 anos e começa a produzir apenas no terceiro ano, o recebimento de preços baixos durante algumas safras pode comprometer toda a sustentabilidade financeira da produção. Após realizado o investimento de formação do pomar, o citricultor tem altos custos de saída e pode desejar continuar operando no curto prazo mesmo que receba preços inferiores ao seu custo variável médio de produção. Essa situação pode resultar em endividamento e perda gradual do patrimônio do produtor rural.

Os preços baixos observados nos anos de 2012 e 2013 e a alta volatilidade nos preços podem estar relacionados com a alta concentração no mercado de laranja e com o aumento na produção própria de laranja pelas indústrias processadoras. Essa última

estratégia possibilita que a indústria utilize as frutas de seus pomares próprios como instrumento estratégico de barganha nas transações com citricultores independentes. Em períodos de excesso de oferta, a indústria prioriza o esmagamento da laranja produzida em seus pomares e reduz consideravelmente as compras de laranja de citricultores independentes, o que exerce forte pressão baixista sobre os preços da caixa de laranja (AZEVEDO, 1999; FIGUEIREDO et al., 2013; SOUZA FILHO; CARRER, 2013).

Os dois fatores acima mencionados conferem maior poder de barganha para a indústria processadora nas negociações com os citricultores, levando à possibilidade de exercício de poder de mercado e pagamento de preços baixos na compra da laranja, inclusive com renegociação de contratos a preço fixo. Ademais, no complexo agroindustrial citrícola os estoques são formados pela indústria processadora, que pode utilizar-se de informação privilegiada sobre os estoques de suco para deprimir os preços da caixa de laranja. Por exemplo, a indústria pode divulgar que os estoques de suco são altos mesmo que isso não seja verdade, sinalizando para o mercado que a demanda por laranja será pequena na safra e, por consequência, deprimindo o preço do produto. Neste caso, a indústria compraria a laranja a um preço mais baixo e reduziria seus custos de produção. Essa pode ser classificada como uma situação de “captura de eficiência econômica”, à medida que a indústria consegue aumentar sua eficiência de custo mediante o pagamento de preços baixos que reduzem a eficiência de lucro dos citricultores. Martins e Margarido (2014) utilizaram um modelo econométrico de função de transferência com variáveis de intervenção para avaliar se a divulgação dos estoques de suco de laranja feita pela CitrusBR afetava a formação dos preços da caixa de laranja. Os autores verificaram que há efeito significativo e prolongado, confirmando a hipótese de que é possível o uso de informações de estoque de suco para afetar os preços da caixa de laranja.

Em uma situação de mercado concorrencial, poder-se-ia argumentar que o preço do produto é formado a partir das forças de oferta e demanda. Portanto, os baixos preços da caixa de laranja durante os anos de 2012 e 2013 seriam resultado de excesso de oferta e/ou escassez de demanda pelo produto. Do lado da oferta, não é possível verificar considerável alta na produção de laranjas durante o período. Na realidade, nota-se uma queda no número de caixas produzidas em 2012 e 2013 (Tabela 1). Do lado da demanda, apesar de argumentar-se queda no consumo mundial do suco de laranja; entretanto, não se percebeu uma redução considerável no preço de exportação do produto (Figura 2).

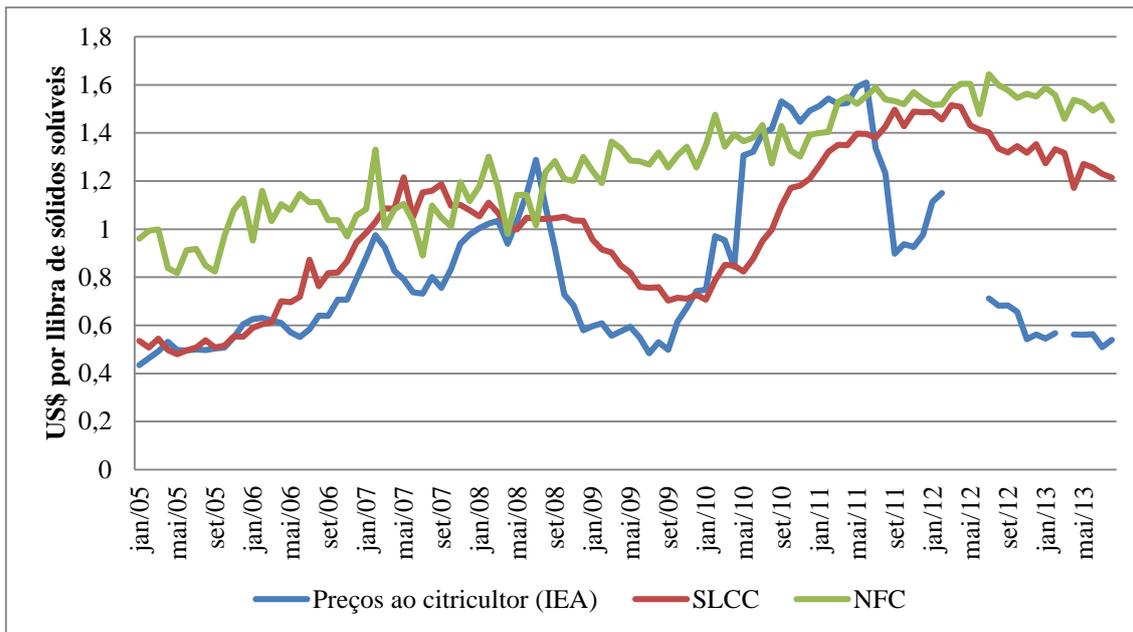


Figura 2. Preço recebido pelo citricultor (IEA), preço médio de exportação de SLCC e preço médio de exportação de NFC, em US\$ por libra de sólidos solúveis, janeiro de 2005 a agosto de 2013.

Fonte: Souza Filho e Carrer (2013).

A Figura 3 mostra que a margem de comercialização da indústria processadora de suco, calculada a partir da diferença entre o preço de venda do suco de laranja e o preço da caixa de laranja, ambos expressos em libra de sólidos solúveis¹⁷, apresentou considerável alta durante os anos de 2012 e 2013. Ademais, Figueiredo et al. (2013) constataram que há assimetria na transmissão do preço do suco de laranja para o preço da laranja pago aos citricultores. Em média, há repasse mais rápido e com maior intensidade das quedas no preço do suco, quando comparado às elevações do mesmo. Esse conjunto de evidências indica que a indústria processadora tem capacidade para exercer unilateralmente forte influência no processo de formação dos preços da caixa de laranja, o que tende a afetar de forma negativa a eficiência de lucro dos citricultores.

¹⁷ Os preços da laranja são divulgados em Reais por caixa de 40,8 quilos. Para transformá-los em US\$ por libra de sólidos solúveis, deve-se obter o rendimento em libras de sólidos solúveis em cada caixa de laranja. Segundo Neves (2010), o rendimento industrial médio no Brasil de 1995 a 2009 foi de 238 caixas de laranja para se obter 1 tonelada de FCOJ 66 Brix. Segundo Florida Department Of Citrus, Economic and Market Research Department (2013, pág. 45) e Neves (2010, pág. 134), uma tonelada métrica de SLCC a 66 Brix contém 1.455 libras de sólidos. Dividindo-se essa última quantidade pelo número de caixas necessárias para obtê-la, tem-se a quantidade de sólidos por caixa de laranja (SOUZA FILHO; CARRER, 2013).

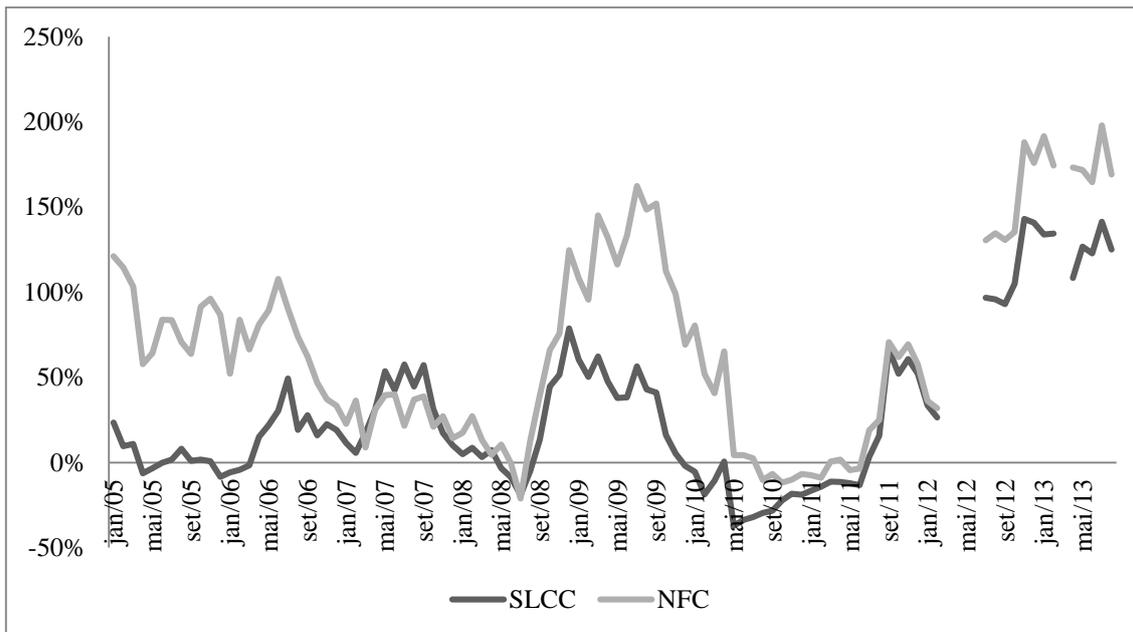


Figura 3. Margens brutas de comercialização da agroindústria processadora, SLCC e NFC sem subprodutos, janeiro de 2005 a agosto de 2013, em % sobre o preço pago ao produtor (IEA).

Fonte: Souza Filho e Carrer (2013).

Em contraste com o comportamento decrescente dos preços verificado nos últimos anos estão os custos operacionais médios de produção de laranja (Tabela 9), o que aumenta ainda mais as dificuldades para operar na atividade citrícola. Fatores como o aumento no preço dos fertilizantes, a maior necessidade do uso de defensivos associada à incidência de doenças, o aumento nas despesas de colheita e o aumento no salário mínimo (preço da mão-de-obra) explicam o comportamento de alta no custo médio de produção de laranja.

Antes de analisar os dados da Tabela 9, há de se considerar que os mesmos apresentam médias para o setor, ou seja, há citricultores que recebem preços diferentes dos apresentados na Tabela 9, bem como aqueles que possuem custos de produção diferentes dos apresentados, dado que há forte diferenciação de preços¹⁸ e heterogeneidade tecnológica na atividade citrícola. Dessa forma, os citricultores podem obter lucro acima ou abaixo da média do setor.

¹⁸ A diferenciação de preços pode ocorrer tanto devido aos diferentes mecanismos de comercialização adotados pela indústria em suas relações comerciais com os citricultores, como também devido ao uso de poder de mercado pela primeira. No caso do uso de diferentes mecanismos de comercialização, é natural que transações feitas no mercado spot sejam operacionalizadas a preços diferentes de transações feitas mediante contratos de longo prazo, uma vez que os preços dos contratos de longo prazo foram negociados em período diferente dos preços vigentes no mercado spot.

Tabela 9. Evolução dos custos médios de produção e do lucro médio por caixa de laranja na citricultura paulista, 2008 a 2012.

Ano	Preço médio da caixa (R\$)*	Custo operacional médio (R\$)**	Custo total médio (R\$)**	Lucro operacional (R\$)	Lucro econômico (R\$)
2008	10,09	11,07	13,99	-0,98	-3,90
2009	6,53	10,24	13,80	-3,71	-7,27
2010	12,62	11,71	13,90	0,91	-1,28
2011	11,99	12,38	13,36	-0,39	-1,37
2012	7,85	12,97	13,94	-5,12	-6,09

* IEA (2012)

** Os dados de 2008 e 2009 são do Cepea (Revista Hortifruti Brasil) e os dados de 2010, 2011 e 2012 são da CONAB. Todos os dados referem-se ao custo médio de produzir uma caixa de 40,8 kg de laranja. A diferença é que, enquanto o custo operacional não considera os custos de oportunidade, o custo total os considera.

Fonte: elaboração própria.

Pode-se observar que, se levado em consideração apenas o custo operacional médio, os citricultores obtiveram um pequeno lucro operacional no ano de 2010. Contudo, se considerados os custos de oportunidade do capital investido na atividade, todos os anos são caracterizados por lucro econômico médio negativo. Esse resultado é um indicativo de que um grupo de citricultores está tendo redução líquida no seu patrimônio. Cabe destacar que, dadas as condições do mercado em que vendem, os citricultores devem buscar incessantemente por ganhos de eficiência em custos, sob pena de tornar a atividade economicamente inviável. Nesse sentido, não apenas a pressão de custos oriunda de problemas fitossanitários e tecnológicos, mas também os preços médios pagos pela indústria processadora de suco também são de fundamental importância para determinar a viabilidade econômica da atividade.

A Tabela 10 mostra, de forma detalhada, a formação do custo total de produção de laranja na região de Limeira (Sul do cinturão citrícola) no ano safra 2012/13. Pode-se notar que os adubos e defensivos são bastante representativos na composição do custo total de produção de laranja (responsáveis por 26,8% do custo total). Ademais, o uso de máquinas e a mão-de-obra também estão entre os itens com maior representatividade no custo total de produção de laranja. Os quatro itens acima mencionados representam, em conjunto, aproximadamente 60% do custo total de produção de um pomar citrícola. Se considerados apenas os custos operacionais de produção, esse valor aumenta para 65% do custo.

Tabela 10. Custo total de produção estimado para um pomar de laranja em Limeira, safra 2012/13*.

Discriminação	(R\$/ha)	R\$/caixa	(Participação %)
I - DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA			
1 - Operação com avião	0,00	0,00	0,00
2 - Operação com máquinas	1.448,23	1,45	10,38
3 - Aluguel de máquinas	0,00	0,00	0,00
4 - Mão-de-obra temporária	2.500,00	2,50	17,93
5 - Mão-de-obra fixa	605,00	0,61	4,34
6 - Mudas	0,00	0,00	0,00
7 - Fertilizantes	1.642,97	1,64	11,78
8 - Defensivos	2.094,83	2,09	15,02
9 - Outros (desp.adm/marc.terraços e ruas/Imp. e taxas)	609,55	0,61	4,37
TOTAL DAS DESPESAS DE CUSTEIO DA LAVOURA (A)	8.900,58	8,90	63,82
II - DESPESAS PÓS-COLHEITA			
1 - Transporte externo	1.390,00	1,39	9,97
2 - Assistência Técnica	199,41	0,20	1,43
Total das Despesas Pós-Colheita (B)	1.589,41	1,59	11,40
III - DESPESAS FINANCEIRAS			
1 - Juros	841,20	0,84	6,03
Total das Despesas Financeiras (C)	841,20	0,84	6,03
CUSTO VARIÁVEL (A+B+C = D)	11.331,19	11,33	81,25
IV - DEPRECIACIONES			
1 - Depreciação de benfeitorias/instalações	11,53	0,01	0,08
2 - Depreciação de implementos	19,48	0,02	0,14
3 - Depreciação de máquinas	32,81	0,03	0,24
4 - Depreciação do pomar	1.285,15	1,29	9,21
Total de Depreciações (E)	1.348,97	1,35	9,67
V - OUTROS CUSTOS FIXOS			
1 - Manutenção periódica de máquinas	13,12	0,01	0,09
2 - Encargos Sociais	275,82	0,28	1,98
3 - Seguro do capital fixo	3,06	0,00	0,02
Total de Outros Custos Fixos (F)	292,00	0,29	2,09
Custo Fixo (E+F = G)	1.640,97	1,64	11,77
CUSTO OPERACIONAL (D+G = H)	12.972,16	12,97	93,01
VI - RENDA DE FATORES			
1 - Remuneração esperada sobre capital fixo	34,65	0,03	0,25
2 - Remuneração esperada sobre o pomar	39,65	0,04	0,28
3 - Terra	900,00	0,90	6,45
Total de Renda de Fatores (I)	974,30	0,97	6,99
CUSTO TOTAL (H+I = J)	13.946,46	13,94	100,00

* Custo estimado com os seguintes parâmetros: população de 400 plantas/hectare; fase produtiva relativa ao 7º ano de produção; produtividade média de 2,50 caixas/planta; preços tomados em fevereiro de 2012; Local: Limeira, SP.
Fonte: CONAB/DIGEM/SUINF/GECUP (2012).

É importante mencionar ainda que a formação dos custos de produção é um assunto controverso entre pesquisadores e agentes do setor. Existem diversas estimativas de custos de produção que atribuem diferentes coeficientes técnicos para os fatores de produção e que, conseqüentemente, resultam em diferentes valores finais para o custo total. Por exemplo, estimativa da Associtrus (2011) mostrou que o custo total de produção de uma caixa de laranja foi de R\$ 16,32 e o custo operacional (excluídos os custos de oportunidade) de R\$ 14,25 no ano safra 2011/12. Por sua vez, Neves (2010) estima que o custo operacional de produção dos pomares próprios da indústria processadora foi de R\$ 7,26/caixa na safra 2009/10. Já os dados da CONAB (2012), acima apresentados, indicam que o custo operacional foi de R\$ 12,97/caixa e o custo total de R\$ 13,94/caixa na safra 2012/13.

Vale destacar que o uso de ferramentas gestão dos custos de produção é importante para os citricultores tornarem decisões, dado o cenário de preços desfavoráveis observado. Deve-se buscar sempre a eficiência em custos; seja alocando os fatores de produção de forma correta diante de seus preços relativos, seja minimizando o uso de tais fatores para determinado nível de produção. Uma gestão eficiente de custos pode diferenciar os citricultores que estão deixando a atividade daqueles que permanecem operando no setor e obtendo lucro positivo (ou pelo menos igual a zero).

2.3.2. Comercialização da laranja

Outro aspecto fundamental para determinar a eficiência econômica dos citricultores é o processo de comercialização da laranja. Apesar de a indústria processadora de suco ser o canal que absorve a maior parcela de laranjas do cinturão citrícola, existem outros canais de distribuição que também podem ser utilizados pelos citricultores. O citricultor pode vender sua fruta para barracões (*packing houses*), intermediários, cooperativas, varejistas e mercado institucional.¹⁹ O produtor pode, ainda, arrendar parte da capacidade ociosa de uma indústria para processar sua fruta e vender diretamente ao mercado (quase integração/*toll processing*) ou integrar a venda da fruta *in*

¹⁹ Um exemplo de mercado institucional que vêm absorvendo uma parcela de frutas da região de Bebedouro é o programa da prefeitura daquele município que oferece suco de laranja na merenda escolar.

natura por meio da posse de barracões (hierarquia) (PAULILLO et al., 2007; MELLO, 2008; MELLO; PAULILLO, 2010).

A escolha de diferentes canais de comercialização pode ser uma estratégia interessante para o citricultor reduzir seu risco de dependência da indústria processadora e receber preços mais altos na venda da laranja. Contudo, conforme já mencionado, o mercado de frutas de mesa valoriza um produto com maior qualidade que demanda tratamentos culturais diferenciados. Portanto, no curto prazo, não é tão simples a tarefa de alterar o escoamento da produção destinada à indústria para o mercado de frutas *in natura*. Ademais, a demanda de laranja de mesa não é grande o suficiente para absorver um eventual excesso de oferta caso os citricultores resolvessem realocar a produção para esse mercado, o que, por sua vez, reduziria consideravelmente o preço do produto no mercado de mesa.

No que tange às estruturas de governança adotadas para coordenar as transações, Mello e Paulillo (2009; 2010) verificaram que, de uma forma geral, os citricultores adotam estruturas de governança híbridas (contratos) para comercializar com a indústria processadora e mercado spot para comercializar com os outros canais de distribuição (barracões, intermediários, varejistas e mercado institucional). Contratos bem desenhados são importantes para gerenciar riscos e reduzir os custos de transação, uma vez que as transações com a indústria processadora possuem alto nível de especificidade e ocorrem em um ambiente de pouca confiança e grande incerteza. Já o mercado spot garante maior flexibilidade para os citricultores comercializarem sua produção e aproveitarem possíveis variações positivas nos preços durante o ano safra. Há, ainda, a possibilidade de o mesmo citricultor comercializar uma parcela de sua produção por meio de contratos e o restante adotando o mercado spot, situação encontrada por Mello e Paulillo (2010) e classificada na literatura como forma plural de governança.²⁰ Essa situação foi encontrada para aqueles citricultores que diversificam seus canais de distribuição, isto é, comercializam uma parcela da produção com a indústria adotando contratos e outra parcela com o mercado de mesa mediante o mercado spot.

Os citricultores podem também comercializar os insumos (mudas, defensivos, fertilizantes e máquinas) e o produto final por meio de pools ou cooperativas. Em ambos os casos, objetiva-se aumentar o volume de compras/vendas de forma a obter maior poder

²⁰ Nesse caso, o mesmo citricultor pode aproveitar-se das complementaridades que as diferentes estruturas de governança podem proporcionar. A relação entre a adoção de formas plurais de governança e a eficiência na produção citrícola será mais explorada no próximo capítulo do trabalho.

de negociação e, conseqüentemente, preços favoráveis. A comercialização via pools ou cooperativas traz ainda como externalidade positiva a difusão de informações, uma vez que geralmente os produtores que participam desses grupos compartilham informações importantes sobre o negócio e, muitas vezes, traçam estratégias de produção e comercialização conjuntas. Em que pese essas possibilidades, o grau de coordenação horizontal na citricultura paulista é baixo, o que, por sua vez, pode ser considerado um entrave organizacional que reduz a competitividade da citricultura (PAULILLO et al., 2007).

Ainda no âmbito das relações comerciais entre citricultores e indústria processadora, é importante destacar que, ao ocorrer a fusão das indústrias Citrovita (do grupo Votorantim) e Citrosuco (do grupo Fischer) em 2011, o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) e as partes envolvidas (representantes da indústria) acordaram em formalizar um Termo de Compromisso de Desempenho (TCD) para que a fusão fosse aprovada pelo órgão regulador. O TCD teve como objetivo melhorar as condições de comercialização de laranja pelos citricultores, sendo a criação de um conselho formado por entidades representativas dos citricultores e da indústria processadora uma das propostas indicadas.²¹ Esse conselho foi denominado Consecitrus e possui os objetivos principais de discutir, estruturar, implementar e institucionalizar um mecanismo justo de precificação da caixa de laranja, o qual deve balizar as transações entre citricultores e indústria processadora. A ideia do modelo Consecitrus é que os excedentes obtidos na venda do suco de laranja sejam distribuídos de acordo com o valor agregado por cada um dos elos da cadeia produtiva, reduzindo-se assim as assimetrias na distribuição de rendas na cadeia. No contexto do Consecitrus deveriam ser discutidas várias questões de caráter técnico (coeficientes tecnológicos para realizar as estimativas de custos e investimentos, princípios de repartição de sobras ou do preço final, consideração de diferenciais de rendimentos, etc), institucional (entidades que representam legitimamente os citricultores) e político (entidades que deverão monitorar e acompanhar os levantamentos dos parâmetros técnicos que definirão o modelo).

²¹ Também ficou estabelecido no TCD o compromisso da Citrovita e da Citrosuco em disponibilizarem uma série de informações para melhorar as condições de comercialização de laranja, bem como o compromisso dessas indústrias em não aumentar a área com produção própria de laranja (integração vertical).

2.3.3. Política agrícola

Por fim, é importante abordar as políticas agrícolas disponíveis para a citricultura brasileira. A principal delas é a política de crédito rural, na qual o governo disponibiliza crédito com taxa de juros subsidiada (6,75% ao ano para a maioria das linhas de financiamento) para os citricultores investirem e/ou custearem a produção citrícola. No ano de 2012, os citricultores tomaram um montante de R\$ 954.861.489,13 para o custeio da produção e R\$ 83.577.248,42 para a realização de investimentos²² nos pomares citrícolas (Figura 4). Esse montante foi disponibilizado por meio de 8.511 contratos de crédito para custeio e 1.339 contratos para investimento, o que resulta em uma média de R\$ 105.425,25 por contrato de crédito rural (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2012).

O uso correto dos recursos do crédito rural é uma ferramenta de auxílio para os citricultores custearem suas despesas com fertilizantes, defensivos e tratos culturais, bem como para a adoção de novas tecnologias de produção. Todos esses fatores são importantes para determinar as eficiências técnica e econômica na produção citrícola. Em que pesem tais benefícios, diante de um cenário de preços baixos na venda do produto, o citricultor pode não conseguir quitar suas dívidas de crédito e ter suas garantias executadas pelas instituições financeiras, o que, no médio prazo, pode levar à perda de patrimônio e consequente saída de citricultores da atividade.

²² É importante destacar que o Anuário Estatístico do Crédito Rural não separa os recursos para compra de máquinas e equipamentos por cultura agrícola. Portanto, os valores apresentados de recursos para investimento na citricultura estão subestimados. Os recursos de investimento separados por atividade agrícola são aqueles direcionados à formação da produção (formação dos pomares no caso da citricultura).

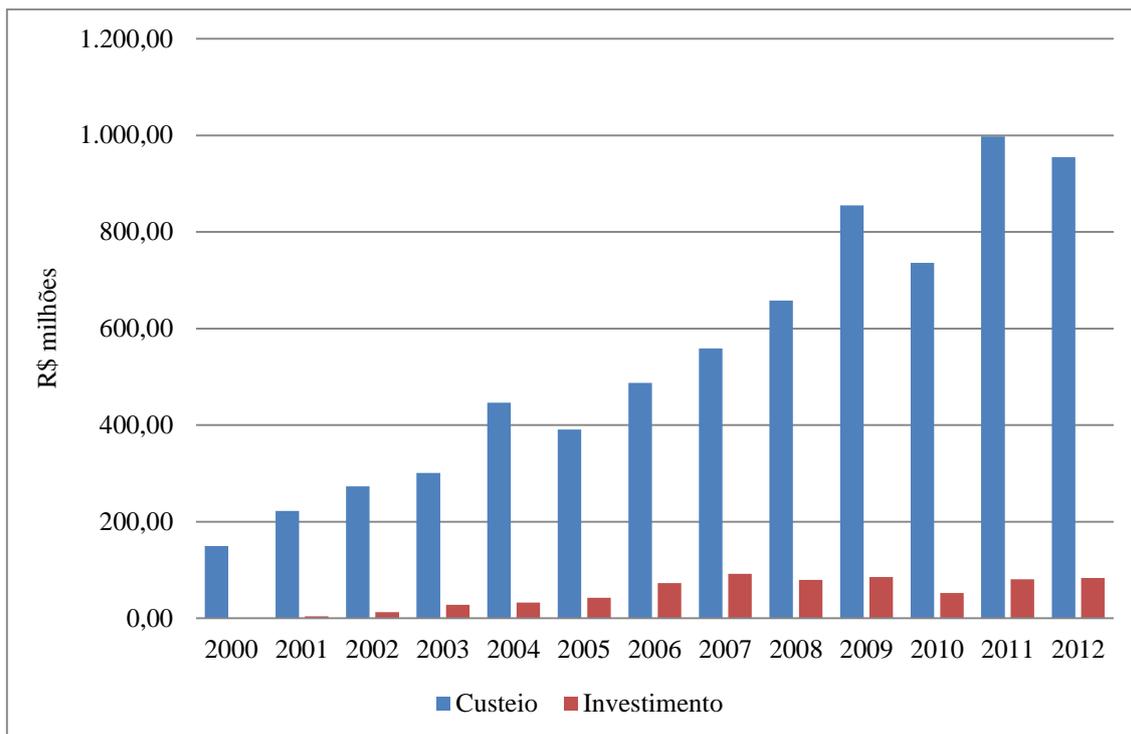


Figura 4. Evolução dos recursos do crédito rural aplicados na citricultura brasileira, 2000-2012, em R\$ milhões.

Fonte: Banco Central do Brasil (2012).

Há também a possibilidade de se utilizar a política de garantia de preços mínimos (PGPM). Entretanto, essa política ainda é timidamente utilizada na citricultura, tendo sido adotada no ano safra 2012/13 em decorrência da crise de preços da laranja. No ano safra 2012/13, o governo realizou leilões de Prêmio Equalizador Pago ao Produto Rural (PEPRO), um dos mecanismos de operacionalização da PGPM. Os leilões de PEPRO consistem no pagamento de um prêmio para os citricultores que participarem do leilão e comprovarem a venda da laranja para a indústria processadora de suco. Esse prêmio, cujo valor máximo foi de R\$ 3,16/caixa, tem o objetivo de igualar o preço da caixa de laranja recebido pelo citricultor na venda para a indústria ao preço mínimo estabelecido pelo governo, que no ano safra 2012/13 foi de R\$ 10,10 por caixa. Neste mesmo ano safra, cada citricultor possuía um limite de 10.000 caixas de laranja que poderiam ser comercializadas via PEPRO. Para o ano safra 2013/14, o governo federal anunciou aumento no preço mínimo e no número de caixas por produtor, os quais passaram, respectivamente, para R\$ 11,45/caixa e 15.000 caixas de laranja (MAPA, 2014). É importante destacar que as intervenções do governo federal por meio de leilões de PEPRO para a citricultura foram pontuais e pouco efetivas. Logo, não há evidências de que essa

política tenha sido capaz de afetar a confiança nas decisões de produção dos citricultores, tampouco que tenha sido capaz de reverter um cenário de três anos de preços baixos para um conjunto de citricultores.

3. FRONTEIRAS E DETERMINANTES DE EFICIÊNCIA

Este capítulo está dividido em três seções. A primeira, baseada nos principais estudos que fundamentaram a teoria microeconômica de fronteiras de eficiência, apresenta o arcabouço conceitual necessário para a construção e análise das fronteiras de eficiência técnica e econômica das firmas. A segunda seção apresenta e discute formas funcionais e características de funções microeconômicas de produção, custos e lucro que geralmente são adotadas para estimar as fronteiras e os índices de eficiência das firmas. Na terceira seção são apresentados e discutidos possíveis fatores determinantes dos diferenciais de eficiência técnica e econômica entre as firmas. Esses fatores foram levantados com base em diferentes vertentes da teoria econômica e por meio de revisão de estudos empíricos sobre eficiência aplicados à produção agropecuária. Nesta seção, formulam-se hipóteses para um conjunto de fatores determinantes dos diferenciais de eficiência técnica e econômica entre produtores rurais. Posteriormente, essas hipóteses serão testadas por meio de modelos econométricos e estatísticas descritivas, tendo como base uma amostra de propriedades citrícolas do Estado de São Paulo.

3.1. FRONTEIRAS DE EFICIÊNCIA TÉCNICA, DE CUSTO E DE LUCRO

A teoria microeconômica neoclássica pressupõe que as firmas possuem o objetivo de maximizar o lucro e/ou minimizar os custos de produção sujeito às restrições tecnológicas. Um dos postulados da teoria microeconômica é o de que as firmas operam de forma tecnicamente eficiente. Assume-se que as firmas escolhem combinações eficientes dos fatores de produção diante da tecnologia de produção disponível, o que é representado pelas isoquantas da teoria da produção. Desta forma, as firmas produzem em algum ponto da função de produção, sendo admitidas apenas ineficiências na escolha da escala de produção. No mundo real, é bastante plausível esperar que algumas firmas encontrem restrições até mesmo para operar sobre a função de produção.²³ Além disso, mesmo que a firma deseje maximizar seu lucro e/ou minimizar seu custo total de produção, ela pode encontrar restrições de ordem tecnológica, gerencial e/ou institucional para tal, o que a impossibilitaria de alcançar seus objetivos econômicos.

²³ Uma firma que não opera sobre a função de produção também não opera sobre uma isoquanta, isto é, não produz o máximo de produto que seria possível com a dotação de fatores utilizada e a tecnologia disponível. Essa firma estaria operando no seu conjunto de produção, porém não alcançaria a fronteira desse conjunto (a fronteira de produção máxima permitida por esse conjunto), a qual é denominada pela teoria microeconômica neoclássica como função de produção (CHAMBERS, 1988; VARIAN, 2006).

As situações expostas no parágrafo anterior ilustram a possibilidade de existirem ineficiências técnica e econômica dentro das firmas, cabendo à teoria econômica incorporar essas possibilidades em seus modelos de análise. Ademais, uma vez identificadas as ineficiências das firmas, é importante que sejam investigadas as causas de tais ineficiências. Em outras palavras, é crucial a compreensão dos fatores que diferenciam as firmas que operam de forma eficiente daquelas que não o fazem.

A teoria das fronteiras de eficiência, desenvolvida a partir dos trabalhos seminais de Koopmans (1951), Debreu (1951) e Farrell (1957), tem a preocupação central de construir fronteiras de eficiência e, a partir destas, calcular/estimar os índices de ineficiência das firmas que não operam sobre as fronteiras. As fronteiras de produção, custos e lucros funcionam como um *benchmarking* com o qual podem ser comparados os desempenhos produtivos e econômicos de diferentes firmas da mesma indústria. A comparação entre as firmas que operam sobre as fronteiras e aquelas que não operam permite classificá-las em dois grupos: eficientes e ineficientes.

Koopmans (1951) apresentou uma definição formal e amplamente utilizada de eficiência técnica: uma firma é tecnicamente eficiente se um aumento em um produto que a firma produz requer redução na produção de outro produto ou o aumento no uso de, pelo menos, um dos fatores de produção da firma. Ou ainda, a redução no uso de um fator de produção necessita de um aumento no uso de, pelo menos, outro fator de produção ou uma redução no nível de produção da firma tecnicamente eficiente. Assim, para Koopmans (1951), uma firma tecnicamente ineficiente pode produzir o mesmo nível de produção utilizando menos fatores de produção ou pode utilizar a mesma dotação de fatores para produzir um nível de produção maior do que o nível que produz.

Por sua vez, Debreu (1951) e Farrell (1957) desenvolveram uma medida de eficiência técnica. Essa medida leva em consideração a tecnologia disponível, todos os fatores de produção utilizados e o produto obtido pela firma. Com uma orientação de redução no uso dos fatores de produção, a medida pode ser definida como:

Eficiência técnica = 1 - a máxima redução proporcional possível no uso de todos os fatores de produção, dada a tecnologia disponível e um determinado nível de produção.

Se a firma for tecnicamente eficiente, não será possível reduzir o uso de fatores de produção e continuar produzindo a mesma quantidade de produto, logo a medida de eficiência técnica assume valor um. Para firmas ineficientes, é possível reduzir proporcionalmente o uso dos fatores de produção de forma a obter a mesma quantidade

de produto, e a medida de eficiência técnica assume valores menores do que um. Com uma orientação de aumento do produto, a medida de Debreu-Farrell é definida como:

Eficiência técnica = 1 - o máximo de aumento proporcional no produto que é possível com a tecnologia disponível e com os fatores de produção utilizados.

Firmas eficientes tecnicamente não conseguem aumentar o nível de produção com a mesma dotação de fatores e com a tecnologia disponível, e a medida assume valor igual a um. Já as firmas tecnicamente ineficientes poderiam utilizar melhor os fatores de produção e a tecnologia disponível de forma a aumentar o nível de produção.

Para relacionar as medidas de eficiência de Debreu-Farrell à definição de Koopmans e à estrutura de tecnologia de produção, é necessário introduzir algumas notações matemáticas e terminologias.²⁴ Suponha que as firmas utilizem fatores de produção $x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}_+^N$ para produzir produtos $y = (y_1, \dots, y_m) \in \mathbb{R}_+^M$, onde x é um vetor de fatores de produção e y é um vetor de produtos. A tecnologia de produção pode ser representada pelo conjunto de produção:

$$T = \{(y, x) : x \text{ pode produzir } y\}. \quad (1)$$

A definição de eficiência técnica de Koopmans pode agora ser representada formalmente como $(y, x) \in T$ é tecnicamente eficiente se, e somente se, $(y', x') \notin T$ para $(y', -x') \geq (y, -x)$.

A tecnologia de produção pode ser representada por um conjunto de produção:

$$P(x) = \{y : (x, y) \in T\}, \quad (2)$$

que para todo $x \in \mathbb{R}_+^N$ há isoquantas de produção:

$$I(x) = \{y : y \in P(x), \lambda y \notin P(x), \lambda > 1\} \quad (3)$$

e subconjuntos de produção eficientes:

$$E(x) = \{y : y \in P(x), y' \notin P(x), y' \geq y\}, \quad (4)$$

e os três conjuntos satisfazem $E(x) \subseteq I(x) \subseteq P(x)$.

A função distância com orientação produto de Shepard (1970) provém de uma representação funcional da tecnologia de produção. A função distância com orientação produto é:

$$D_o(x, y) = \min\{\lambda : (y/\lambda) \in P(x)\}, \quad (5)$$

²⁴As representações formais da tecnologia de produção, da função distância de produção e das medidas de eficiência técnica, de custos e de lucro apresentadas neste trabalho estão fortemente baseadas em Coelli; Rao e Battese (1998), Fried; Lovell e Schmidt (2008) e Bogetoft e Otto (2011).

Para $y \in P(x)$, $D_o(y,x) \leq 1$, e para $y \in I(x)$, $D_o(x,y) = 1$. Dadas as tradicionais suposições em torno de T , a função distância com orientação produto é não crescente em x , e não decrescente, homogênea de grau +1 e convexa em y .

A medida de eficiência técnica de Debreu-Farrell orientada para o máximo produto pode agora ser interpretada de maneira mais formal como valor da função:

$$TE_o(x,y) = \max\{\phi: \phi y \in P(x)\}, \quad (6)$$

e segue-se a partir de (5) que:

$$TE_o(x,y) = [D_o(x,y)]^{-1}. \quad (7)$$

Para $y \in P(x)$, $TE_o(x,y) \geq 1$, e para $y \in I(x)$, $TE_o(x,y) = 1$.

A representação demonstrada acima estava pressupondo $N > 1$ e $M > 1$. No caso de um produto único ($M=1$), como é o caso da produção de laranja que será analisada no presente estudo, tem-se:

$$D_o(x,y) = y/f(x) \leq 1 \Leftrightarrow y \leq f(x), \quad (8)$$

em que $f(x) = \max\{y: y \in P(x)\}$ é uma fronteira de produção que define a máxima quantidade de um escalar de produto que pode ser obtido com o vetor de fatores de produção x . Nesse caso, a medida de eficiência técnica orientada para o produto em (7) torna-se a razão entre o produto máximo que poderia ser produzido diante da tecnologia disponível e o produto atualmente produzido pela firma:

$$TE_o(x,y) = [D_o(x,y)]^{-1} = f(x)/y \geq 1. \quad (9)$$

Caso a eficiência técnica seja orientada para o uso mínimo dos fatores de produção, torna-se necessário replicar a formalização da eficiência técnica apresentada nos parágrafos anteriores, contudo agora voltada para o uso mínimo dos fatores. Neste caso, a tecnologia de produção pode ser representada por um conjunto de fatores de produção:

$$L(y) = \{x: (y,x) \in T\} \quad (10)$$

que para todo $y \in \mathbb{R}_+^M$ há isoquantas de fatores de produção:

$$l(y) = \{x: x \in L(y), \lambda x \notin L(y), \lambda < 1\} \quad (11)$$

e subconjuntos eficientes de fatores de produção:

$$E(y) = \{x: x \in L(y), x' \notin L(y), x' \leq x\}, \quad (12)$$

e os três conjuntos satisfazem $E(y) \subseteq I(y) \subseteq L(y)$.

A função distância com orientação para o uso dos fatores de produção (*inputs*) introduzida por Shepard (1953) pode ser descrita como:

$$D_I(y,x) = \max\{\lambda: (x/\lambda) \in L(y)\}. \quad (13)$$

Para $x \in L(y)$, $D_I(y,x) \geq 1$, e para $x \in I(y)$, $D_I(y,x) = 1$. Dadas as tradicionais suposições em torno de T , a função distância orientada para o uso dos fatores de produção $D_I(y,x)$ é não crescente em y e não decrescente, homogênea de grau +1 e côncava em x .

A medida de eficiência técnica de Debreu-Farrell orientada para o uso mínimo dos fatores de produção pode ser agora interpretada como valor da função:

$$TE_I(y,x) = \min \{ \theta : \theta x \in L(y) \} \quad (14)$$

e segue-se a partir de (13) que:

$$TE_I(y,x) = 1/D_I(y,x). \quad (15)$$

Para $x \in L(y)$, $TE_I(y,x) \leq 1$, e para $x \in I(y)$, $TE_I(y,x) = 1$, ou seja, a firma opera sobre uma isoquanta, minimiza o uso dos fatores para determinado nível de produção e, por consequência, é tecnicamente eficiente.

A Figura 5 ilustra as medidas de eficiência técnica orientadas para o nível máximo de produção e para o uso mínimo dos fatores de produção. Nesse caso, representa-se o produtor A , que está localizado abaixo da fronteira de produção, ou seja, não está operando de forma tecnicamente eficiente. A ineficiência técnica desse produtor pode ser mensurada horizontalmente, utilizando-se a orientação de uso mínimo dos fatores, ou verticalmente, utilizando-se a orientação de produto máximo e a equação (6). O produtor A , que utiliza o vetor de fatores de produção x^A e produz o produto y^A , seria tecnicamente eficiente se aumentasse o nível de produção com a mesma dotação de fatores (passando para o ponto $\phi y^A, x^A$) ou se reduzisse o uso dos fatores para obter o mesmo nível de produção (passando para o ponto $y^A, \theta x^A$). Em ambos os casos, esse produtor passaria a operar sobre a fronteira de produção T , que mostra o nível máximo de produção y para cada dotação de fatores x e para a tecnologia de produção disponível. Vale destacar que essa fronteira de produção pode apresentar retornos crescentes, decrescentes ou constantes à escala, a depender do método adotado para estimá-la, das pressuposições em torno da função que representa a tecnologia de produção e dos dados de produção disponíveis.²⁵

²⁵ Uma tecnologia com retornos decrescentes à escala implica que quando a firma aumenta o uso dos fatores em uma proporção t , o produto cresce em uma proporção menor do que t . No caso de retornos constantes, o aumento dos fatores em uma proporção igual a t gera um aumento do produto na mesma proporção. Já para retornos crescentes, o aumento no uso dos fatores na proporção t resulta em um aumento do produto em uma proporção maior do que t .

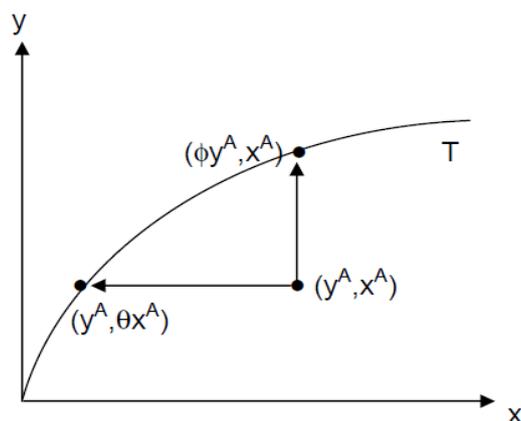


Figura 5. Eficiência técnica.

Fonte: Fried; Lovell e Schmidt (2008).

Diferente da medida de eficiência técnica, a medida de eficiência econômica é definida e mensurada de acordo com os objetivos econômicos da firma e com as informações disponíveis dos preços relevantes. Se o objetivo da firma (ou o objetivo que o pesquisador definiu para a firma) for minimizar o custo total de produção, a medida de eficiência econômica de custos pode ser obtida pela razão entre o custo total mínimo para operar determinado volume de produção e o custo total da firma ao operar esse mesmo volume de produção. Nesse caso, além de informações sobre a dotação de fatores, são necessários também os preços dos fatores de produção. A medida de eficiência de custos possui dois componentes: componente de eficiência técnica orientada para o uso dos fatores e componente de eficiência alocativa. A eficiência técnica, conforme já apresentado, implica em operar determinado nível de produção utilizando a menor dotação de fatores possível diante da tecnologia de produção disponível. A eficiência alocativa, por sua vez, ocorre quando a firma escolhe a combinação ótima dos fatores de produção diante dos preços relativos dos mesmos. Nesse ponto, a inclinação da tangente da isoquanta (relação entre os produtos marginais dos fatores) é igual à inclinação da isocusto (relação entre os preços dos fatores).

O problema da eficiência em custos é semelhante ao problema microeconômico de encontrar as demandas condicionadas pelos fatores de produção (x_1^c, x_2^c, x_n^c). Quando a firma escolhe suas demandas condicionadas ótimas, ela opera ao menor custo possível para determinado nível de produção. Portanto, a firma eficiente em custos deve escolher suas demandas condicionadas observando as características da tecnologia de produção, os preços dos fatores (w_1, w_2, w_n) e o nível do produto (y), de forma a operar esse nível de produção alcançando o menor custo total possível. Já a firma ineficiente em custos

encontra limitações; seja para fazer a melhor combinação possível dos fatores diante de seus preços relativos (ineficiência alocativa), seja para minimizar o uso dos fatores para dado nível de produção (ineficiência técnica). Desta forma, para ser eficiente em custos, a firma precisará, necessariamente, ser tecnicamente e alocativamente eficiente (COELLI; RAO; BATTESE, 1998).

Para formalizar o exposto no parágrafo anterior, suponha uma firma operando em um mercado concorrencial que objetiva minimizar seu custo total para determinado nível de produção. Assumindo que a firma opera com o uso de dois fatores de produção²⁶, x_1 e x_2 , para produzir o nível de produto y , tem-se o seguinte problema de otimização condicionada:

$$\text{Min } C = w_1x_1 + w_2x_2 \quad (16)$$

$$\text{S.a.: } y = f(x_1, x_2)$$

O lagrangiano para esse problema pode ser definido como:

$$L = w_1x_1 + w_2x_2 + \lambda(y - f(x_1, x_2)) \quad (17)$$

Diferenciando-se a equação (17) com relação a x_1 , x_2 e λ , tem-se:

$$\frac{\partial L}{\partial x_1} = w_1 - \lambda \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0 \quad (18)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2} = w_2 - \lambda \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0 \quad (19)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = y - f(x_1, x_2) = 0 \quad (20)$$

Dividindo-se a equação (18) pela equação (19) é satisfeita a condição de primeira ordem de que a relação entre os preços dos fatores deve ser igual à relação entre os produtos marginais dos fatores (condição de equilíbrio). Em termos matemáticos, tem-se:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{\frac{\partial y}{\partial x_1}}{\frac{\partial y}{\partial x_2}} = \frac{Pmg \ x1}{Pmg \ x2} \quad (21)$$

A firma que atende essa condição é alocativamente eficiente, ou seja, aloca os fatores de forma ótima dados os preços relativos dos mesmos. A partir de (21) é possível perceber que a condição de equilíbrio implica que, para que o custo total seja minimizado, a relação entre o valor gasto (em R\$) e a produtividade marginal deve ser a mesma para todos os fatores de produção. Caso essa condição não seja atendida, a firma pode alterar a alocação dos fatores e reduzir seu custo total, ou seja, não está operando com custo total mínimo.

²⁶ O mesmo raciocínio pode ser adotado para o caso de mais fatores de produção. Os exemplos aqui apresentados utilizam o caso de dois fatores para fins de simplificação.

A solução da condição de equilíbrio (equação 21) para x_1 ou x_2 e a posterior substituição na equação (20) resulta nas funções de demanda condicionadas dos fatores de produção²⁷. Essas funções mostram a escolha ótima dos fatores x_1 e x_2 diante de seus preços e do nível de produção escolhido pela firma. Assim, tem-se que $x_1^c = f(w_1, w_2, y)$ e $x_2^c = f(w_1, w_2, y)$ em que x_1^c é a demanda condicionada pelo fator x_1 e x_2^c é a demanda condicionada pelo fator x_2 .

Substituindo-se as funções de x_1^c e x_2^c na função objetivo do problema de otimização, é encontrada a função de custo, que depende do nível de produção escolhido pela firma e dos preços dos fatores de produção pagos pela firma: $C = f(w_1, w_2, y)$.²⁸ Essa função genérica mostra o custo total mínimo para cada nível de produção escolhido pela firma²⁹. Ou seja, essa função microeconômica de custo é uma fronteira de custo.

A Figura 6 ilustra uma fronteira de custo e uma firma localizada acima da fronteira, isto é, operando com ineficiência de custos (no ponto representado pela produção y^A e pelo custo total $w^T x^A$). Essa firma poderia reduzir seu custo total de produzir o produto y^A realocando a combinação dos fatores de produção de acordo com seus preços relativos e/ou utilizando-os de maneira tecnicamente eficiente. Para decompor a ineficiência de custos em seus componentes de ineficiência alocativa e técnica, é necessário formalizar a representação da fronteira de custo.

²⁷ Demandas condicionadas pelo fato de estarem condicionadas a determinado nível de produção escolhido pela firma.

²⁸ Quando a firma encontra limitações para alterar a dotação de um ou mais fatores de produção, situação bastante comum no curto prazo, as quantidades físicas desses fatores irão aparecer em sua função custo no lugar dos preços de tais fatores.

²⁹ Na apresentação acima, não foi assumida forma funcional para a função de produção e, conseqüentemente, para a função de custo. Nas estimações econométricas, é necessário que se especifique a priori uma forma funcional. A próxima seção do trabalho irá tratar das formas funcionais que as funções de produção, custo e lucro podem assumir.

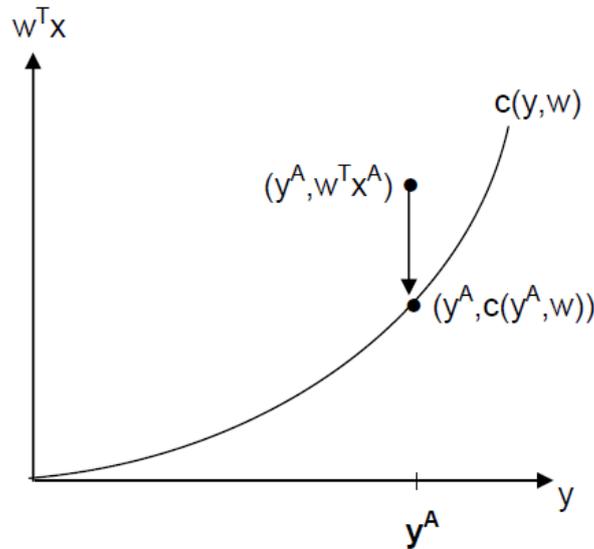


Figura 6. Fronteira de custo.

Fonte: Fried; Lovell e Schmidt (2008).

Supondo que as firmas se deparam com os preços dos fatores $w = (w_1, \dots, w_N) \in \mathbb{R}_{++}^N$ e objetivam minimizar o custo total de produção, tem-se que a função de custo mínimo ou fronteira de custo é definida como:

$$c(y, w) = \min_x \{ w^T x : D_I(y, x) \geq 1 \}. \quad (22)$$

A medida de eficiência de custos é obtida pela razão entre o custo total mínimo e o custo total observado da firma:

$$CE(x, y, w) = c(y, w) / w^T x \quad (23)$$

Essa medida assumirá valor menor ou igual a um, sendo o valor unitário possível apenas quando o custo total da firma for igual ao custo total mínimo de produção, o que, por sua vez, indica que a firma é eficiente em custos. A medida de eficiência alocativa dos fatores de produção pode ser obtida a partir da medida de eficiência de custos:

$$AE_I(x, y, w) = CE(x, y, w) / TE_I(y, x)^{30} \quad (24)$$

As medidas de eficiência técnica e alocativa que compõem a eficiência de custos também apresentam valores menores ou iguais a um, com o valor unitário indicando firmas eficientes. É importante observar que a eficiência de custos é o produto da eficiência técnica com a eficiência alocativa ($CE = TE_I \times AE_I$). A Figura 7 apresenta a decomposição da eficiência de custos em eficiência técnica e eficiência alocativa.

³⁰ TE_I refere-se à eficiência técnica orientada para o uso mínimo dos fatores de produção, que pode ser representada pelo movimento de (y^A, x^A) para $(y^A, \theta x^A)$ na Figura 6. É evidente que, para calcular a eficiência de custos e a eficiência alocativa, será necessário calcular também a eficiência técnica orientada para o uso mínimo dos fatores de produção.

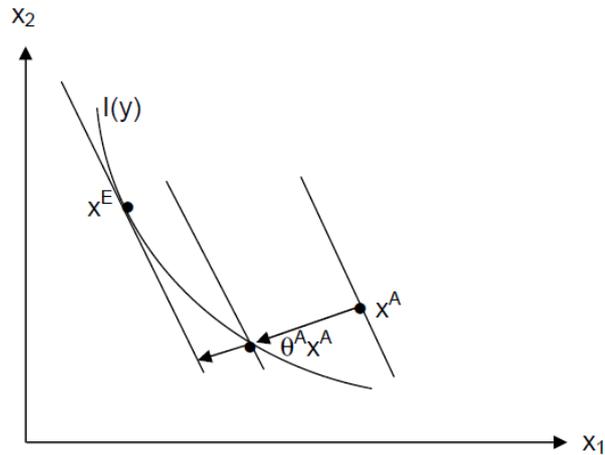


Figura 7. Decomposição da eficiência de custos.

Fonte: Fried; Lovell e Schmidt (2008).

O vetor de fatores de produção x^E minimiza o custo total de produzir o vetor de produto y , dados os preços dos fatores w e a tecnologia de produção disponível. O vetor de fatores x^E está no ponto de tangência da isoquanta $I(y)$ com a linha de isocusto, ou seja, nesse ponto a relação entre os produtos marginais dos fatores de produção é igual à relação entre os preços pagos pelos fatores. Portanto, dados os preços dos fatores de produção, $w^T x^E$ é o custo mínimo de produção do vetor de produto y . A firma que utiliza o vetor de fatores de produção x^A possui ineficiência técnica e alocativa no processo produtivo. A ineficiência técnica pode ser representada pela distância entre x^A e $\theta^A x^A$. Nesse caso, pode-se verificar que, diante da tecnologia de produção disponível, a firma poderia reduzir o uso dos fatores x_1 e x_2 e ainda continuar operando o mesmo nível de produção. Por sua vez, a ineficiência alocativa é representada pela distância entre $\theta^A x^A$ e x^E . A ineficiência alocativa reflete a inabilidade da firma em encontrar a combinação ótima dos fatores diante de seus preços relativos, ou seja, a firma poderia se mover ao longo da isoquanta $I(y)$ de forma a encontrar as demandas dos fatores minimizadoras do custo total de produção (demandas condicionadas dos fatores). A distância total de x^A até x^E reflete a ineficiência de custos da firma representada na Figura 7.

Se o objetivo da firma for maximizar o lucro, caso bastante comum e assumido com frequência na teoria microeconômica neoclássica, a medida de eficiência econômica será a eficiência de lucros, a qual compreende a eficiência técnica, a eficiência de custos, a eficiência de escala e a eficiência de receita (para o caso de produção de mais de um produto). A firma eficiente em lucros deve, necessariamente, alcançar todas essas eficiências mencionadas.

O problema da eficiência em lucros é análogo ao problema microeconômico de encontrar as demandas pelos fatores de produção que maximizam o lucro total da firma. Supondo que a firma é uma tomadora de preços, a condição de primeira ordem necessária para encontrar as demandas dos fatores de máximo lucro é que o valor do produto marginal de cada fator de produção se iguale ao preço pago por cada unidade dos fatores. Ou seja, a firma eficiente em lucros irá comprar fatores de produção exatamente até a quantidade na qual eles gerem um retorno para a firma que seja igual ao preço que é pago por eles no mercado de fatores. Ao operar com as demandas dos fatores de máximo lucro, a firma irá produzir até o seu custo marginal de produção igualar-se à receita marginal (preço de venda do produto em mercados concorrenciais), o que garante que, diante da tecnologia disponível e dos preços de venda do produto (p) e de compra dos fatores de produção (w_1, w_2, w_n), a firma estará maximizando seu lucro total.

Para formalizar o exposto no parágrafo anterior, suponha uma firma que objetiva maximizar seu lucro total e opera em um mercado concorrencial. Assumindo que a firma opera com o uso de dois fatores de produção, x_1 e x_2 , para produzir um produto, y , tem-se o seguinte problema de otimização irrestrita:

$$\text{Max } \pi = P \cdot y(x_1, x_2) - (w_1 x_1 + w_2 x_2) \quad (25)$$

Diferenciando-se a equação (25) com relação a x_1 e x_2 e igualando a zero, tem-se:

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_1} = p \cdot \frac{\partial y}{\partial x_1} - w_1 = 0 \quad (26)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial x_2} = p \cdot \frac{\partial y}{\partial x_2} - w_2 = 0 \quad (27)$$

As equações (26) e (27) mostram a condição de primeira ordem para o lucro máximo: o valor do produto marginal de cada fator (preço de venda do produto multiplicado pelo produto marginal do fator de produção) deve ser igual ao preço pago pelo fator. A lógica microeconômica que fundamenta essa condição é a de que a firma não deve mais comprar fatores a partir do ponto em que eles custarem mais do que o valor que geram para a firma. Essa condição assegura que a firma irá igualar sua receita marginal ao custo marginal de produção.

Resolvendo o sistema de duas equações e duas variáveis (equações 26 e 27), são encontradas as demandas ótimas pelos fatores x_1 e x_2 . Essas demandas estão em função do preço de venda do produto e dos preços pagos pelos fatores: $x_1 = f(w_1, w_2, p)$ e $x_2 = f(w_1, w_2, p)$. *Ceteris paribus*, para maiores preços de venda do produto final, a firma tem incentivos para comprar mais fatores de produção e aumentar a produção, de forma a

obter o lucro máximo para esse preço (igualar receita marginal a custo marginal). Nesse caso, deve-se aumentar o nível de produção por meio do maior uso de fatores, o que, por sua vez, aumentará o custo marginal (supondo uma curva de custo marginal em formato de U em decorrência de rendimentos decrescentes de escala a partir de certo nível de produção) até que este último se iguale novamente à receita marginal da firma (preço do produto na concorrência). Para maiores preços dos fatores, a firma tem incentivos para reduzir a demanda pelos fatores e produzir menos, uma vez que suas curvas de custo total e marginal são deslocadas para cima em decorrência de aumentos nos preços dos fatores. Essa situação leva a firma a reduzir o uso de fatores e, conseqüentemente, a produção para um novo ponto no qual o custo marginal se iguale novamente à receita marginal.

Substituindo-se as funções de demanda dos fatores na função objetivo do problema de otimização, chega-se à função de lucro: $\pi = f(w_1, w_2, p)$. Vale destacar que, se utilizado o conceito de maximização de lucro no curto prazo, um dos fatores de produção deve ser fixo. Portanto, a quantidade física desse fator, em substituição ao seu preço, aparece como uma variável na função de lucro. Por exemplo, supondo o fator x_1 como fixo, a função de lucro no curto prazo assume a seguinte forma: $\pi = f(x_1, w_2, p)$.

A função microeconômica de lucro mostra o lucro máximo que a firma pode obter diante de sua tecnologia de produção, dos preços dos fatores, da quantidade do (s) fator (es) fixo (s) (apenas para o caso de maximização no curto prazo) e do preço de venda do produto. Logo, a função microeconômica de lucro é uma fronteira de lucro.

Para representar a eficiência de lucros, suponha uma firma que tem o objetivo de maximizar seu lucro e se defronta com os preços dos produtos que vende $p \in \mathbb{R}^M_{++}$ e com os preços dos fatores de produção que utiliza $w \in \mathbb{R}^N_{++}$. A função de lucro máximo, ou fronteira de lucros, é definida como:

$$\pi(p, w) = \max_{y, x} \{ (p^T y - w^T x) : (y, x) \in T \}. \quad (28)$$

Se o conjunto de produção T é fechado e convexo, e se os produtos e os fatores de produção são livremente disponíveis, a fronteira de lucros é dual a T no senso de (28) e:

$$T = \{ (y, x) : (p^T y - w^T x) \leq \pi(p, w) \quad \forall p \in \mathbb{R}^M_{++}, w \in \mathbb{R}^N_{++} \}. \quad (29)$$

A medida de eficiência de lucros é então obtida pela razão entre o lucro máximo possível de ser alcançado e o lucro atual da firma:

$$\pi E(y, x, p, w) = \pi(p, w) / (p^T y - w^T x). \quad (30)$$

Dessa forma, a firma será eficiente em lucros somente se seu lucro for igual ao lucro máximo que poderia ser obtido diante da tecnologia disponível, dos preços dos

fatores, do preço do produto e da quantidade que a firma produz e vende. No caso da eficiência de lucros, o preço de venda do (s) produto (s) aparece como um fator determinante. Esse caso é interessante de ser investigado na citricultura, pois, conforme mencionado na Introdução deste trabalho, um conjunto de citricultores pode estar operando de forma tecnicamente eficiente e recebendo preços baixos na venda da laranja para a indústria, o que se reflete na eficiência de lucros dos mesmos.

A Figura 8 ilustra e apresenta a decomposição da eficiência de lucros. O lucro da firma, representado pelos vetores de produto e fatores (y^A, x^A) , é menor do que o lucro máximo que ela poderia obter, representado por (y^E, x^E) . Na figura, são ilustradas duas possíveis decomposições da eficiência de lucros. Uma decomposição adota a eficiência técnica orientada para o uso mínimo dos fatores (movimento de y^A, x^A para $y^A, \theta^A x^A$) e o componente de eficiência alocativa é representado pelo movimento de $(y^A, \theta^A x^A)$ para (y^E, x^E) . A outra forma de decompor a eficiência de lucros adota a eficiência técnica orientada para o produto máximo (movimento de y^A, x^A para $\phi y^A, x^A$). Neste caso, o componente de eficiência alocativa é o movimento de $(\phi y^A, x^A)$ para (y^E, x^E) . Em ambas as abordagens, a eficiência alocativa possui um componente orientado para a combinação ótima dos fatores diante do vetor de preços w e outro componente orientado para a combinação ótima dos produtos diante do vetor de preços p , sendo este último irrelevante para o caso de uma tecnologia com produto único. Há, ainda, um componente de eficiência de escala, visto que o lucro máximo ocorrerá apenas na escala ótima de produção. Em suma, a ineficiência de lucros da firma que opera com (y^A, x^A) pode ser decomposta em: i) ineficiência técnica, ii) ineficiência alocativa na escolha do mix de produção de diferentes produtos diante do vetor de preços de venda p , iii) ineficiência alocativa na alocação dos fatores de produção diante do vetor de preços w e iv) ineficiência na escolha da escala de produção.

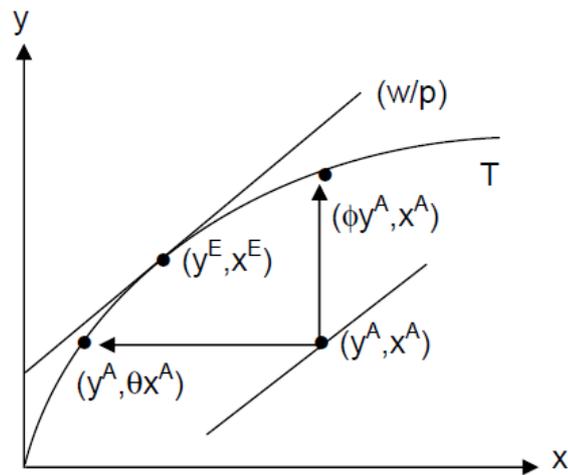


Figura 8. Decomposição da eficiência de lucros.

Fonte: Fried; Lovell e Schmidt (2008).

Por fim, é importante mencionar que, ao contrário das fronteiras de eficiência técnica e de custos, que refletem apenas o comportamento da firma³¹, a eficiência de lucros reflete condições da estrutura do mercado no qual a firma está inserida (GREENE, 2008). Portanto, torna-se necessário, por exemplo, investigar se a firma é tomadora de preços ou formadora de preços antes de proceder às análises. No caso das unidades de produção de laranja, as firmas são tomadoras de preços, sendo incapazes de alterar preços de mercado com alterações nos seus níveis individuais de produção. Isso não significa que estejam operando em um mercado de concorrência perfeita, dado que estão diante de poucos compradores com poder de mercado, ou seja, trata-se de um mercado de oligopsônio. Portanto, há possibilidade de discriminação de preços, ocorrência de quebras contratuais e outras condutas anticompetitivas por parte da indústria, as quais poderiam influenciar a eficiência de lucros dos citricultores (PAULILLO, 2007; FIGUEIREDO et al., 2013; ATO DE CONCENTRAÇÃO n.º 08012.003065/2012-21, 2014). Essas questões são mais bem investigadas na seção 3.3 e no capítulo dos resultados, os quais tratam dos fatores determinantes das eficiências técnica e econômica.

³¹ Em casos de concentração nos mercados de fatores de produção, a eficiência de custos também pode ser influenciada pelas condições de estrutura de mercado. Contudo, caso haja possibilidade de substituição de fatores no processo produtivo (tecnologia de produção sem proporções fixas), as firmas podem dirimir esse problema, alocando os fatores de acordo com seus preços relativos e utilizando mais intensamente os fatores com preços menores.

3.2. FORMAS FUNCIONAIS³²

Conforme exposto na seção anterior, a lógica que fundamenta as análises de eficiência tem seus pilares na teoria microeconômica neoclássica, sendo, no entanto, os desvios das firmas com relação às funções microeconômicas de produção, custo e lucro admitidos e tratados como ineficiências. O grande avanço da teoria de fronteiras de eficiência é considerar que existem firmas operando abaixo (no caso de produção e lucro) ou acima (no caso de custo) de suas fronteiras/funções, hipótese até então desconsiderada pela teoria microeconômica neoclássica, a qual admitia apenas ineficiências na escolha da escala de produção. Desta forma, para estimar índices de eficiência técnica, de custo e de lucro adotando-se abordagens econométricas/paramétricas, é necessário que sejam estimadas funções de produção, custo e lucro. No caso de abordagens não paramétricas (DEA, por exemplo), não é necessário estimar funções de produção, custo e lucro para calcular os índices de eficiência técnica e econômica das firmas. Os modelos DEA “calculam” ao invés de “estimarem” as fronteiras e os índices de eficiência com base em lógica de programação matemática e especificações lineares para a tecnologia de produção (MURILLO-ZAMORANO, 2004), conforme será mais discutido na Metodologia do trabalho.

A seguir, são apresentadas as principais propriedades das funções *Cobb-Douglas* e *translog*, amplamente utilizadas em análises de eficiência (COELLI; RAO; BATTESE, 1998; GREENE, 2008). Vale destacar que não se objetiva uma exposição exaustiva dessas formas funcionais; apenas apresentar as suas principais características e propriedades teóricas.

3.2.1. Função Cobb-Douglas

A função de produção *Cobb-Douglas*, muito utilizada nos manuais de teoria microeconômica, foi desenvolvida e aplicada pioneiramente por Cobb e Douglas (1928) em análise sobre a produção industrial norte-americana. Conforme será discutido com mais detalhes na presente subseção, uma das principais vantagens da função Cobb-Douglas está no fato de ela atender às principais pressuposições teóricas em torno de uma função de produção, que, de acordo com Chambers (1988) são:

i) monotonicidade: se $x' \geq x$, tem-se que $f(x') \geq f(x)$, em que $f(\cdot)$ representa uma função de produção e x é um vetor de fatores de produção;

³² Essa seção está fortemente baseada em livros e textos de microeconomia intermediário-avançada, como por exemplo, Chambers (1988), Binswanger (1972), Boisvert (1982), Nicholson e Snyder (2011), Varian (2009) e Silberberg e Suen (2000).

ii) concavidade: $f(\theta x^0 + (1 - \theta)x^*) \geq \theta f(x^0) + (1 - \theta)f(x^*)$ para $0 \leq \theta \leq 1$;

iii) essencialidade dos fatores: $f(0_n) = 0$, em que 0_n é um vetor de zeros;

iv) $f(x)$ é contínua;

v) $f(x)$ é duas vezes diferenciável.

A função de produção Cobb-Douglas para dois fatores de produção (x_1 e x_2) e um produto (y) pode ser representada da seguinte forma:

$$y = f(x_1, x_2) = \beta_0 \cdot x_1^{\beta_1} \cdot x_2^{\beta_2} \quad (31)$$

em que o parâmetro positivo β_0 está relacionado à escala de produção e os parâmetros positivos β_1 e β_2 ($0 < \beta_1 < 1$ e $0 < \beta_2 < 1$) representam o impacto do uso dos fatores x_1 e x_2 sobre o produto (y). Para simplificar o desenvolvimento da função, será pressuposto que o parâmetro β_0 é igual a um.³³ Diferenciando-se a função (31) com relação aos fatores de produção, obtém-se o produto marginal de cada fator, que mostra a produção adicional da firma decorrente do emprego de unidades adicionais do fator em questão, mantendo-se a dotação do outro fator fixa³⁴:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = \beta_1 x_1^{\beta_1 - 1} \cdot x_2^{\beta_2} = Pmg_{x_1} \quad (32)$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = \beta_2 x_1^{\beta_1} \cdot x_2^{\beta_2 - 1} = Pmg_{x_2} \quad (33)$$

Conforme pode-se observar em (32) e (33), os produtos marginais dos fatores são positivos, atendendo a uma importante propriedade teórica das funções de produção (propriedade de monotonicidade, segundo a qual aumentos no uso dos fatores não podem reduzir o produto). É natural esperar que os produtos marginais sejam positivos, uma vez que seria economicamente irracional empregar unidades adicionais de determinado fator a partir do ponto em que esse fator não contribui mais para a produção da firma.³⁵ A função Cobb-Douglas atende também à premissa de rendimentos marginais decrescentes

³³ Essa pressuposição não altera o desenvolvimento teórico e matemático da função. Em análises econômicas que utilizam dados em painel, o parâmetro β_0 assume uma função importante de mostrar as mudanças tecnológicas ocorridas ao longo do tempo. Como as análises empíricas deste estudo não utilizam dados em painel, o parâmetro β_0 não assume papel de destaque.

³⁴ Geralmente, adota-se o emprego de uma unidade adicional do fator de produção para calcular o produto marginal deste fator. Por exemplo, o produto marginal do fator x_1 seria a produção adicional decorrente do emprego de uma unidade adicional do fator x_1 mantendo-se o uso do fator x_2 constante.

³⁵ Essa situação de produto marginal negativo é classificada em alguns manuais de microeconomia como estágio III da produção no curto prazo (estágio III de Cassels). Nesse estágio, não há mais possibilidade de a firma aumentar seu produto utilizando-se de quantidades adicionais dos fatores variáveis, uma vez que os fatores fixos limitam o crescimento da produção. Por exemplo, uma fábrica que tem um número limitado de máquinas e um tamanho fixo de instalações não pode aumentar sua produção indefinidamente contratando mais operários e comprando mais matéria-prima.

(concavidade na função de produção). Isto é, a função Cobb-Douglas garante que os produtos marginais sejam positivos, porém decrescentes. Para verificar essa propriedade teórica, é necessário checar as condições de segunda ordem da função. Calculando a segunda derivada da função (31) com relação aos fatores, tem-se:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} = (\beta_1 - 1)\beta_1 \frac{y}{x_1^2} \quad (34)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} = (\beta_2 - 1)\beta_2 \frac{y}{x_2^2} \quad (35)$$

Como em funções de produção do tipo Cobb-Douglas é imposto que $0 < \beta_1 < 1$ e $0 < \beta_2 < 1$, o resultado das segundas derivadas será negativo, o que, por sua vez, implica em rendimentos marginais decrescentes para os fatores de produção. Por exemplo, conforme um agricultor aumenta o uso de adubo em sua produção e mantém os outros fatores fixos (terra, trabalho e capital), a contribuição marginal de cada adubação para a produção será cada vez menor. As segundas derivadas com valor negativo implicam também que a matriz Hessiana de uma função Cobb-Douglas seja negativa semidefinida, garantindo uma função de produção bem comportada (côncava com isoquantas convexas) como nos manuais de microeconomia básica.

Uma importante medida econômica que pode ser calculada a partir de funções de produção é a elasticidade parcial da produção com relação aos fatores de produção. Essa medida mostra como a produção varia conforme ocorrem alterações no uso de determinado fator de produção, apresentando relação direta com o produto marginal do fator. A grande vantagem da medida de elasticidade parcial da produção é que ela é apresentada em termos percentuais, sendo, portanto, de fácil interpretação. Por exemplo, a elasticidade parcial da produção com relação ao fator x_1 mostra a variação percentual na produção diante de um aumento de um ponto percentual no uso do fator x_1 . A interpretação para o fator x_2 é análoga. Matematicamente, tem-se:

$$E_{yx_1} = \frac{\partial y}{\partial x_1} \frac{x_1}{y} = \frac{Pmg_{x_1}}{Pme_{x_1}} \quad (36)$$

$$E_{yx_2} = \frac{\partial y}{\partial x_2} \frac{x_2}{y} = \frac{Pmg_{x_2}}{Pme_{x_2}} \quad (37)$$

em que E_{yx_1} e E_{yx_2} são as elasticidades parciais da produção com relação aos fatores x_1 e x_2 , respectivamente. Conforme as equações (32) e (33), as primeiras derivadas da função de produção com relação aos fatores são definidas como os produtos marginais dos fatores. Já a produção dividida pela quantidade física do fator pode ser definida como o produto médio (produtividade média) do fator em questão. Portanto, pode-se notar que as elasticidades parciais da produção também podem ser calculadas dividindo-se o

produto marginal pelo produto médio do fator. Para calcular os retornos de escala (ou a elasticidade total da produção) de uma função *Cobb-Douglas* (ou qualquer outra função de produção) basta somar as elasticidades parciais da produção com relação aos fatores. Assim, tem-se que:

$$\varepsilon = E_{yx1} + E_{yx2} \quad (38)$$

em que ε é a elasticidade total da produção. Se $\varepsilon = 1$, a tecnologia de produção apresenta retornos constantes de escala, isto é, ao multiplicar todos os fatores por um escalar t , o produto também será multiplicado por esse mesmo escalar; se $\varepsilon > 1$, a tecnologia apresenta retornos crescentes de escala, isto é, ao multiplicar todos os fatores por um escalar t , o produto será multiplicado por um escalar maior do que t ; e se $\varepsilon < 1$, a tecnologia apresenta retornos decrescentes de escala, isto é, ao multiplicar todos os fatores por um escalar t , o produto será multiplicado por um escalar menor do que t . O conceito de elasticidade total da produção é importante para caracterizar o tamanho ótimo das firmas diante da tecnologia de produção disponível. Tecnologias de produção caracterizadas por retornos crescentes de escala ($\varepsilon > 1$) sugerem a existência de grandes firmas no setor analisado, à medida que tecnologias caracterizadas por retornos decrescentes de escala ($\varepsilon < 1$) sugerem a existência de várias pequenas firmas.

É importante destacar que os estudos empíricos que estimam a tecnologia de produção a partir de uma função de produção *Cobb-Douglas* utilizam sua forma logarítmica devido à linearidade nos parâmetros (COELLI; RAO; BATTESE, 1998; GREENE, 2008). Aplicando logaritmos naturais em (31), obtêm-se:

$$\ln y = \ln\beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 \quad (39)$$

Nesse caso, devido às propriedades de derivação de logaritmos, os parâmetros estimados (β_1 e β_2) já se apresentam em elasticidades parciais da produção com relação aos fatores. Portanto, para calcular os retornos à escala (elasticidade total da produção) em uma função de produção *Cobb-Douglas* logarítmica, basta somar os valores dos parâmetros estimados na função. A função de produção *Cobb-Douglas* em sua forma logarítmica também atende à propriedade de concavidade. Para checar a propriedade de monotonicidade, basta verificar se os sinais dos parâmetros estimados (β_1 e β_2) são positivos. É fácil perceber que a função *Cobb-Douglas* em sua forma logarítmica também é duas vezes diferenciável.

A função de produção Cobb-Douglas possui características que tornam o seu uso bastante atrativo, principalmente devido à imposição de algumas restrições *a priori* que atendem aos pressupostos da teoria microeconômica da produção, quais sejam:

i) A função de produção Cobb-Douglas impõe que a taxa marginal de substituição técnica³⁶ (TMST) entre os fatores de produção seja decrescente, atendendo à premissa de tendência a não especialização no uso dos fatores e resultando nas tradicionais isoquantas convexas dos livros básicos de microeconomia;

ii) Por ser um monômio de grau $\beta_1 + \beta_2$, a função Cobb-Douglas é homogênea de grau $\beta_1 + \beta_2$, ou seja, multiplicando todos os fatores por um número positivo t , o produto irá crescer em $t^{\beta_1 + \beta_2}$. Portanto, pode-se inferir os retornos à escala de uma função Cobb-Douglas apenas conhecendo-se os parâmetros da função. Se $\beta_1 + \beta_2 = 1$, a função irá apresentar retornos constantes; se $\beta_1 + \beta_2 > 1$, a função irá representar retornos crescentes e se $\beta_1 + \beta_2 < 1$, a função irá apresentar retornos decrescentes de escala;

iii) As funções de produção *Cobb-Douglas* também irão resultar em funções de custo e lucro com propriedades “bem comportadas” que respeitam as condições de segunda ordem e, portanto, que estão alinhadas aos principais pressupostos da teoria microeconômica neoclássica.

Em que pesem as características acima mencionadas, a função de produção Cobb-Douglas impõe algumas restrições indesejáveis que podem limitar as análises empíricas. As principais restrições impostas pela função Cobb-Douglas são:

i) Elasticidades parciais de substituição de Allen e Morishima com valor igual a um: as medidas de elasticidade de substituição de Allen e Morishima mostram a facilidade/dificuldade que as firmas têm para substituir os fatores de produção durante o processo produtivo. Uma elasticidade de substituição alta indica que há facilidade para a firma trocar um fator por outro quando, por exemplo, alteram-se os preços relativos dos fatores. O limite seria uma função de produção com fatores que se substituem perfeitamente, a qual representa uma tecnologia de produção com substitutibilidade perfeita entre os fatores. Já uma elasticidade de substituição baixa indica que a firma tem

³⁶ A taxa marginal de substituição técnica pode ser calculada a partir da razão entre os produtos marginais dos fatores de produção. Assim, $TMST_{x_2/x_1} = \frac{Pmg_{x_1}}{Pmg_{x_2}} = \frac{\beta_1 x_1^{\beta_1 - 1} \cdot x_2^{\beta_2}}{\beta_2 x_1^{\beta_1} \cdot x_2^{\beta_2 - 1}} = \frac{\beta_1}{\beta_2} \frac{x_2}{x_1}$. A TMST mostra a taxa pela qual pode-se substituir o fator x_2 pelo fator x_1 sem que se altere o nível de produção da firma. É fácil perceber que essa taxa está relacionada com as produtividades marginais dos fatores. Por exemplo, se $Pmg_{x_1} = 2$ e $Pmg_{x_2} = 1$, a taxa de troca será igual a dois. Ou seja, para abrir mão de uma unidade de x_1 e manter o mesmo nível de produção, são necessárias duas unidades de x_2 .

dificuldade em substituir seus fatores no processo produtivo. Neste caso, o limite seria uma função de produção com proporções fixas entre os fatores (impossibilidade de substituição de fatores). A função Cobb-Douglas sempre apresenta elasticidade de substituição igual à unidade (tanto elasticidade de Allen, como também de Morishima), o que pode não representar corretamente o comportamento da tecnologia de produção das firmas no mundo real.

ii) Elasticidade total da produção e elasticidades parciais da produção com relação aos fatores não variam de acordo com a quantidade de fatores ou produto. A função Cobb-Douglas assume que as elasticidades da produção com relação aos fatores e, conseqüentemente, a elasticidade total da produção apresentam o mesmo valor para todas as firmas analisadas. Ou seja, não é admitido que as firmas operem em diferentes regiões de retornos à escala, pressupondo-se, por consequência, que todas as firmas da amostra (independentemente da quantidade adotada de fatores e/ou produzida do produto) estão operando em uma mesma região de retornos à escala.

Assumindo-se que a função Cobb-Douglas seja apropriada para representar a tecnologia de produção, pode-se definir a função custo Cobb-Douglas como³⁷:

$$c(w_1, w_2, y) = y^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2}} w_1^{\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2}} w_2^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2}} \frac{\beta_1 + \beta_2}{\beta_1^{\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2}} \beta_2^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2}}} \quad (40)$$

Os parâmetros β_1 e β_2 , associados à tecnologia de produção, também são importantes na função de custo total. Supondo os preços dos fatores de produção constantes, tem-se que se $\beta_1 + \beta_2 = 1$, o custo total cresce linearmente em relação ao produto (y); se $\beta_1 + \beta_2 > 1$, o custo total cresce menos do que linearmente em relação ao produto e; se $\beta_1 + \beta_2 < 1$, o custo total cresce mais do que linearmente em relação ao produto. Cada um desses casos resultará em um formato típico de curvas de custo dos manuais de microeconomia.

Uma medida importante em funções de custo, que também está relacionada com as características da tecnologia de produção, é a elasticidade custo com relação à produção. Essa medida mostra a variação percentual no custo total decorrente de variações percentuais na produção da firma, mantendo-se os preços dos fatores constantes. Matematicamente, pode-se calcular a elasticidade custo da seguinte forma:

³⁷ Essa função de custo é o resultado do problema de minimização de custos apresentado a partir da equação (16) da seção 3.1. Naquela seção não foi assumida nenhuma forma funcional para o desenvolvimento do problema. Caso fosse assumida uma tecnologia do tipo Cobb-Douglas, o resultado do problema de minimização condicionada ao nível de produção seria a função de custo apresentada em (40).

$$EC(w_1, w_2, y) = \frac{\partial C(w_1, w_2, y)}{\partial y} \frac{y}{C(w_1, w_2, y)} \quad (41)$$

Como $\frac{\partial C}{\partial y}$ é, por definição, o custo marginal (Cmg) da firma e $\frac{y}{C}$ é o inverso do custo médio (Cme), é possível reescrever a equação da elasticidade custo como:

$$EC(w_1, w_2, y) = \frac{Cmg}{Cme} \quad (42)$$

Pela equação (42), pode-se verificar que se o custo marginal for menor do que o custo médio, a firma apresenta uma elasticidade custo menor do que a unidade. Nesse caso, o aumento de, por exemplo, 1% na produção acarreta em um aumento menor do que de 1% no custo total da firma. Caso custo marginal e custo médio sejam iguais, a elasticidade custo é igual à unidade, sendo que um aumento de 1% na produção resulta no aumento de exatamente 1% no custo total. Por fim, se o custo marginal for maior do que o custo médio, a elasticidade custo apresenta valor superior à unidade, o que indica que um aumento de 1% na produção resulta em aumento superior a 1% no custo total. O índice de economias de escala (IES), calculado a partir da elasticidade custo, pode ser formalizado como:

$$IES = 1 - EC \quad (43)$$

Quando $EC < 1$, $IES > 0$, o que indica a existência de economias de escala no processo de produção. Quando $EC = 1$, $IES = 0$, portanto, não há economias nem deseconomias de escala na produção. Já quando $EC > 1$, $IES < 0$, indicando deseconomias de escala no processo. É importante ressaltar que o conceito de economias/deseconomias de escala é de grande utilidade para o produtor decidir o tamanho da firma. Portanto, apesar de em análises empíricas verificar-se o uso deste conceito para situações de curto prazo, o mesmo é mais adequado para o longo prazo. O motivo para tal é que no longo prazo os proprietários das firmas podem alterar o uso de todos os fatores de produção e, conseqüentemente, escolher entre diferentes tamanhos de firma, o que não ocorre no curto prazo.

Outro ponto importante a ser mencionado é que as economias de escala podem ser reais ou pecuniárias. No primeiro caso, tem-se uma redução no custo médio de longo prazo decorrente do uso mais eficiente dos fatores para maiores tamanhos de planta, o que é uma característica intrínseca de algumas tecnologias de produção (refino de petróleo, por exemplo). Economias de escala reais podem resultar de maior especialização do trabalho em grandes firmas, da necessidade de grandes investimentos acompanhada do uso mais eficiente do capital para maiores tamanhos de planta produtiva,

da lei dos grandes números, entre outros fatores. Por sua vez, no caso de economias de escala pecuniárias tem-se uma redução no custo médio de longo prazo em decorrência do pagamento de preços mais baixos para a compra de grandes volumes dos fatores de produção. Por exemplo, quando a firma aumenta seu tamanho, ela pode aumentar também seu poder de negociação no mercado de matérias-primas, pressionando seus fornecedores e pagando preços mais baixos pelas matérias-primas. Neste último caso mencionado, a firma obtém uma economia de escala decorrente de maior poder de barganha na comercialização de insumos e não como uma característica intrínseca de sua tecnologia de produção.

Em funções de custo Cobb-Douglas é possível calcular as demandas condicionadas dos fatores de produção diretamente a partir da função de custo total (abordagem dual). Em estimativas empíricas, essa propriedade é bastante interessante, pois dificilmente são estimadas as demandas condicionadas dos fatores. Normalmente estimam-se funções de custo e, a partir dessas funções, é possível inferir algumas características da tecnologia de produção e da alocação ótima dos fatores a partir da abordagem dual (COELLI; RAO; BATTESE, 1998). Aplicando-se o lema de Shephard³⁸ na função de custo, obtêm-se as funções de demanda condicionada dos fatores de produção:

$$\frac{\partial c(w_1, w_2, y)}{\partial w_1} = x_1^c(w_1, w_2, y) \quad (44)$$

$$\frac{\partial c(w_1, w_2, y)}{\partial w_2} = x_2^c(w_1, w_2, y) \quad (45)$$

As funções de custo Cobb-Douglas obedecem à condição de simetria, segundo a qual as derivadas parciais cruzadas das demandas condicionadas com relação aos preços dos fatores são iguais, independentemente da ordem adotada para calculá-las. A condição de simetria implica em matrizes de segunda ordem (Hessiana e Hessiana Orlada) simétricas. Pelo teorema de Young, tem-se que:

$$\frac{\partial x_1^c(w_1, w_2, y)}{\partial w_2} = \frac{\partial^2 c(w_1, w_2, y)}{\partial w_1 \partial w_2} = \frac{\partial^2 c(w_1, w_2, y)}{\partial w_2 \partial w_1} = \frac{\partial x_2^c(w_1, w_2, y)}{\partial w_1} \quad (46)$$

Assim como no caso da função de produção, os estudos empíricos que estimam funções de custo Cobb-Douglas também adotam sua forma logarítmica devido à linearidade nos parâmetros. Cabe destacar que as propriedades acima desenvolvidas

³⁸ O lema de Shephard é derivado do teorema do envelope, bastante utilizado na microeconomia. Para mais detalhes sobre o teorema do envelope, ver Simon e Blume (2009).

podem ser facilmente aplicadas à função de custo Cobb-Douglas logarítmica. Aplicando logaritmos naturais na função custo, tem-se:

$$\ln C = \beta_0 + \beta_1 \ln w_1 + \beta_2 \ln w_2 + \beta_3 \ln y \quad (47)$$

Nesse caso, o índice de economias de escala (IES) é calculado diretamente subtraindo-se o parâmetro β_3 da unidade ($1 - \beta_3$). Percebe-se também que o parâmetro β_3 apresenta a elasticidade custo (EC) em uma função Cobb-Douglas logarítmica.

As equações (40) e (47) mostram funções de custo que representam o comportamento de uma firma (ou um conjunto de firmas) que está minimizando seu custo total no longo prazo, isto é, quando todos os fatores de produção são variáveis. No curto prazo, quando alguns fatores de produção são fixos, há inflexibilidade da firma em alterá-los quando seus preços se alteram. Portanto, quando se assume que a firma está adotando um comportamento de minimização de custo no curto prazo, as quantidades físicas dos fatores de produção fixos (ao invés de seus preços) aparecem na função de custo.

As principais propriedades que uma função custo deve atender são:

i) Não negatividade: essa propriedade mostra que é impossível produzir quantidades positivas de produto a custo zero. Qualquer volume de produção positivo implica em um custo de produção também positivo.

ii) Homogeneidade linear nos preços dos fatores: a função de custo total deve ser homogênea de grau um nos preços dos fatores de produção. Essa propriedade implica que se os preços dos fatores aumentarem em uma proporção t , o custo total de produção deve aumentar exatamente nessa mesma proporção. Essa propriedade também implica que a firma não altera a forma como combina os fatores se os preços destes fatores se alterarem exatamente na mesma proporção. Por exemplo, se os preços de todos os fatores que a firma utiliza aumentarem em 10%, a firma não altera a proporção com que faz o mix dos fatores. A partir desta propriedade, pode-se concluir que a firma está preocupada com os preços relativos dos fatores ao fazer suas alocações ótimas. Em estimativas empíricas, essa propriedade é atendida se o somatório dos parâmetros estimados associados aos preços dos fatores (β 's) for igual a um.

iii) Comportamento não decrescente em y , w_1 e w_2 : se a firma estiver minimizando seu custo total para determinado nível de produção, aumentos na produção ou nos preços dos fatores devem, necessariamente, aumentar o custo total da firma. Se essa propriedade não for atendida, a firma não estava minimizando seu custo total antes do aumento no

nível de produção ou nos preços dos fatores. Matematicamente, pode-se escrever essa propriedade como:

$$\begin{aligned}\frac{\partial C(w_1, w_2, y)}{\partial y} &\geq 0 \\ \frac{\partial C(w_1, w_2, y)}{\partial w_1} &\geq 0 \\ \frac{\partial C(w_1, w_2, y)}{\partial w_2} &\geq 0\end{aligned}\tag{48}$$

iv) Cônica e contínua nos preços dos fatores (w_1 e w_2): a concavidade nos preços dos fatores é condição suficiente (condição de segunda ordem) para que se possa obter um custo mínimo, hipótese fundamental na teoria microeconômica neoclássica. Já a continuidade implica que a função custo pode ser diferenciada em relação aos preços dos fatores. A continuidade é fundamental para a minimização do custo, como também para aplicar a abordagem dual às funções de custos e inferir aspectos da tecnologia de produção a partir de tais funções.

v) Monotonicidade nos preços dos fatores: as parcelas de custos relacionadas aos fatores de produção devem ser não negativas. Ou seja, o uso de fatores deve apresentar relação positiva com o custo total e aumentos nos preços dos fatores devem aumentar o custo total, o que, por sua vez, pode ser verificado a partir dos resultados dos parâmetros estimados.

As propriedades acima apresentadas são facilmente checadas e/ou impostas na função Cobb-Douglas. Contudo, as mesmas restrições impostas pela função de produção Cobb-Douglas também são impostas para a função de custo, uma vez que essas funções são duais. Desta forma, a função custo Cobb-Douglas assume que, independentemente do nível de produção escolhido, todas as firmas apresentam o mesmo coeficiente de elasticidade custo e o mesmo índice de economias de escala. Ademais, devido à imposição de elasticidade de substituição unitária entre os fatores, as possibilidades de substituição dos fatores quando ocorrem alterações em seus preços relativos são limitadas ao se assumir uma tecnologia do tipo Cobb-Douglas.

A função de lucro Cobb-Douglas pode ser escrita como:

$$\pi = \beta_0 w_1^{\beta_1} w_2^{\beta_2} p^{\beta_3}\tag{49}$$

No caso da função de lucro, os parâmetros estimados mostram o impacto dos preços dos fatores e do preço de venda do produto sobre o lucro total da firma. Em estimativas empíricas, é esperado que os parâmetros β_1 e β_2 apresentem valores negativos

e o parâmetro β_3 apresente valor positivo, conforme preconizado pela teoria microeconômica.

Assim como no caso da função de custo, para inferir questões relacionadas à tecnologia de produção a partir de uma função de lucro é possível calcular as demandas ótimas dos fatores e a função de oferta da firma a partir da equação (49). Aplicando-se o lema de Hotelling, também derivado do teorema do envelope, tem-se que:

$$\frac{\partial \pi (w_1, w_2, p)}{\partial w_1} = -x_1 (w_1, w_2, p) \quad (50)$$

$$\frac{\partial \pi (w_1, w_2, p)}{\partial w_2} = -x_2 (w_1, w_2, p) \quad (51)$$

$$\frac{\partial \pi (w_1, w_2, p)}{\partial p} = y (w_1, w_2, p) \quad (52)$$

A função de lucro também deve atender à condição de simetria. Pelo teorema de Young:

$$-\frac{\partial x_1 (w_1, w_2, p)}{\partial w_2} = \frac{\partial^2 \pi (w_1, w_2, p)}{\partial w_1 \partial w_2} = \frac{\partial^2 \pi (w_1, w_2, p)}{\partial w_2 \partial w_1} = -\frac{\partial x_2 (w_1, w_2, p)}{\partial w_1} \quad (53)$$

Em estimativas empíricas, utiliza-se a função de lucro Cobb-Douglas em sua forma logarítmica devido às facilidades de se estimar os parâmetros lineares. Aplicando-se logaritmos naturais em (49), tem-se:

$$\ln \pi = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln w_1 + \beta_2 \ln w_2 + \beta_3 \ln p \quad (54)$$

Vale notar que as equações (49) e (54) apresentam funções de lucro de longo prazo, nas quais todos os fatores de produção são considerados variáveis e, portanto, suas quantidades físicas não aparecem na função. Na maximização do lucro no curto prazo, quando as firmas não conseguem alterar o uso de todos os fatores de produção, as quantidades físicas dos fatores fixos (ao invés de seus preços) aparecem como variáveis exógenas (explicativas) da função lucro.

Uma função de lucro deve atender às seguintes propriedades teóricas:

i) Não decrescente em p : aumentos no preço de venda do produto não podem reduzir o lucro máximo da firma, mantidos os preços dos fatores constantes. Conforme pode-se notar pela equação (52), a derivada primeira da função lucro com relação ao preço de venda do produto apresenta sinal positivo.

ii) Não crescente em w : aumentos nos preços dos fatores não podem aumentar o lucro máximo da firma, mantido o preço de venda do produto constante. Conforme pode-se notar pelas equações (50) e (51), as derivadas primeiras da função lucro com relação aos preços dos fatores apresentam sinal negativo.

iii) Homogeneidade linear nos preços dos fatores e no preço do produto: assim como no caso da função de custo, a função de lucro também deve ser homogênea de grau 1 nos preços. Por um lado, aumentos nos preços dos fatores em uma proporção t devem reduzir o lucro nessa mesma proporção, mantido o preço de venda do produto constante. Por outro lado, aumentos no preço de venda do produto em uma proporção t devem aumentar o lucro nessa mesma proporção, mantido os preços dos fatores constantes.

iv) Contínua nos preços (p , w_1 e w_2): essa condição é necessária para garantir a diferenciação da função de lucro, o que, por sua vez, é necessário tanto para encontrar o lucro máximo, como também para aplicar o lema de Hotelling.

v) Convexa nos preços (p , w_1 e w_2): essa propriedade é necessária para que a função de lucro tenha um ponto de máximo. Essa propriedade ocorre quando a função de produção é estritamente côncava. Em outras palavras, a tecnologia de produção deve apresentar, a partir de algum nível de produção, retornos decrescentes de escala para que se obtenha um determinado produto de máximo lucro. Caso não apresente retornos decrescentes para nenhum nível de produção, o produtor pode aumentar indefinidamente sua produção e seus lucros.

A sexta propriedade da função lucro só é válida para situações de longo prazo, isto é, quando a firma pode alterar o uso de todos os fatores de produção.

vi) $\pi(p, w_1, w_2) \geq 0$ para $p, w_1, w_2 \geq 0$: essa propriedade implica que no longo prazo a firma só deve continuar operando se seu lucro econômico for maior ou igual a zero (preço de venda maior ou igual ao custo total médio). Caso contrário, poderia vender seus ativos e fechar as portas. No curto prazo, a firma pode continuar operando mesmo com um lucro econômico negativo (preço menor do que o custo total médio), desde que o preço de venda do produto seja maior ou igual ao custo variável médio de produção. Neste caso, a firma consegue pagar seus custos variáveis de produção e, portanto, deve continuar operando na expectativa de preços maiores ou deslocamentos favoráveis em suas funções de custo (devido a reduções nos preços dos fatores, por exemplo).

3.2.2 Função Translog

A função de produção transcendental logarítmica (translog), cujo desenvolvimento foi realizado por Christensen, Jorgenson e Lau (1971; 1973), é uma das formas funcionais flexíveis mais utilizadas em análises de produção e eficiência (COELLI; RAO; BATTESE, 1998). A função translog é uma expansão de Taylor de

segunda ordem de uma função de produção subjacente não especificada.³⁹ Ao contrário da função Cobb-Douglas, a função translog permite que as medidas de elasticidade de substituição entre os fatores assumam qualquer valor, o que é importante para verificar as diferentes possibilidades de substituição permitidas pela tecnologia de produção. Ademais, é possível verificar retornos de escala para diferentes níveis de produção e uso de fatores. Essa característica possibilita que firmas de uma mesma amostra operem em diferentes regiões de retornos de escala, o que, por sua vez, é bastante plausível no mundo real. Devido a essas características flexíveis da função translog, seu uso é bastante atraente.

A função de produção translog, em sua forma genérica, pode ser escrita como⁴⁰:

$$\ln y = \ln\beta_0 + \sum_i^n \beta_i \ln x_i + \frac{1}{2} \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j \quad (55)$$

em que β 's são os parâmetros estruturais da função de produção e os índices i e j representam os fatores de produção utilizados. Percebe-se, a partir de (55), que caso todos os β_{ij} sejam iguais a zero, a função translog se reduz a uma função de produção Cobb-Douglas. Em estimativas empíricas, podem-se utilizar diferentes testes estatísticos (teste-F, teste de Wald, teste de razão de máxima verossimilhança, entre outros) para checar se os parâmetros β_{ij} são todos estatisticamente iguais a zero, portanto, se a forma funcional translog não se reduz a uma forma funcional Cobb-Douglas. Na presente seção, a função translog é desenvolvida sob o pressuposto de que os parâmetros β_{ij} são diferentes de zero.

Os produtos marginais dos fatores de produção podem ser calculados diretamente a partir de (55). Diferenciando-se a função translog com relação à quantidade de um fator x_i , tem-se o produto marginal de x_i :

$$f_i = Pmg_{x_i} = \frac{\partial y}{\partial x_i} = \left[\frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_i} \right] \left[\frac{y}{x_i} \right] = [\beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j] \left[\frac{y}{x_i} \right] \quad (56)$$

No caso de pelo menos um $\beta_{ij} < 0$, o produto marginal do fator x_i pode assumir valores negativos conforme $x_j \rightarrow \infty$, violando a propriedade teórica de monotonicidade. Pode-se calcular também a elasticidade parcial da produção com relação aos fatores a partir de (55):

³⁹ Neste trabalho, a função translog é interpretada como uma função de produção que reflete características de uma tecnologia de produção. Portanto, as propriedades puramente matemáticas de uma expansão de Taylor de segunda ordem serão deixadas de lado. Ao leitor interessado, consultar Allen (1937, pp. 456-58) e Boisvert (1982, pp. 13-19).

⁴⁰ Para facilitar o desenvolvimento da função translog, será utilizada sua forma genérica em detrimento da forma funcional com dois fatores e um produto. Contudo, a função translog para dois fatores e um produto pode ser facilmente representada como: $\ln y = \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 + \beta_{12} \ln x_1 \ln x_2 + (1/2)[\beta_{11}(\ln x_1)^2 + \beta_{22}(\ln x_2)^2]$.

$$E_{x_i} = \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_i} = \beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j \quad (57)$$

A elasticidade da produção, que já teve sua interpretação econômica apresentada na subseção anterior deste trabalho, também deve assumir valor positivo para garantir a condição de monotonicidade. Percebe-se que as equações (56) e (57) estão diretamente relacionadas. Desta forma, quando a elasticidade parcial da produção com relação ao fator x_i apresentar valor negativo, o produto marginal desse fator irá apresentar o mesmo sinal (e vice-versa). É possível conferir, a partir da equação (56) ou (57), a condição de monotonicidade de uma função translog para cada uma das firmas da amostra.

Em funções de produção do tipo translog, deve-se verificar as condições de segunda ordem para checar a condição de concavidade (que resulta nas tradicionais isoquantas convexas). As segundas derivadas parciais diretas e cruzadas podem ser obtidas aplicando-se a regra da cadeia em (55):

$$f_{ii} = \frac{\partial^2 y}{\partial x_i^2} = y[\beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j] \frac{-1}{x_i^2} + \frac{1}{x_i} \left[y \left(\frac{\beta_{ii}}{x_i} \right) + \frac{y}{x_i} (\beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j)^2 \right] = \frac{y}{x_i^2} \left[\beta_{ii} + (\beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j - 1)(\beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j) \right] \quad (58)$$

$$f_{ij} = \frac{\partial^2 y}{\partial x_i \partial x_j} = \frac{1}{x_i} \left[y(\beta_{ij}) \frac{1}{x_j} + (\beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j)(\beta_j + \sum_i^n \beta_{ij} \ln x_i) \frac{y}{x_j} \right] = \frac{y}{x_i x_j} \left[\beta_{ij} + (\beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j)(\beta_j + \sum_i^n \beta_{ij} \ln x_i) \right] \quad (59)$$

Para garantir que a função de produção translog seja quase-côncava (isoquantas estritamente quase-convexas), a matriz Hessiana Orlada deve ser negativa definida, ou seja, os menores principais dessa matriz devem alternar de sinal, com o primeiro elemento apresentando sinal negativo. A matriz Hessiana Orlada, obtida a partir das derivadas de primeira e segunda ordem da equação (55), pode ser escrita como:

$$\begin{bmatrix} 0 & f_1 & f_2 & \cdots & f_n \\ f_1 & f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_2 & f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_n & f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nn} \end{bmatrix} \quad (60)$$

Como as primeiras e segundas derivadas da função translog variam de acordo com os parâmetros estimados e conforme se alteram as quantidades dos fatores de produção, não há garantias *a priori* de que as isoquantas sejam globalmente convexas e que a função de produção seja côncava. Contudo, Berndt e Christensen (1973) mostraram que em estimativas empíricas há regiões no espaço dos fatores de produção para as quais a condição de convexidade das isoquantas é satisfeita. Se essas condições puderem ser

verificadas para um conjunto de pontos de dados da função estimada, a região “bem comportada” tende a ser grande o suficiente para representar de forma satisfatória a função de produção. Ademais, pelas equações (57) e (58), tem-se que para obter produtos marginais positivos, porém decrescentes (lei dos rendimentos marginais decrescentes), $E_{xi} > 0$ e $(E_{xi} - 1) \cdot E_{xi} > \beta_{ii}$ se $\beta_{ii} < 0$.

Os retornos à escala (elasticidade total da produção) em uma função translog também podem ser calculados a partir da soma das elasticidades parciais da produção com relação a cada fator de produção (FRISCH, 1965; FERGUSON, 1969). Entretanto, ao contrário da função Cobb-Douglas, na função translog os retornos à escala se alteram conforme ocorrem alterações na quantidade dos fatores de produção utilizados pelas firmas. Isto se dá, pois a função translog em sua forma original não é uma função homogênea, podendo, no entanto, ser transformada em uma função homogênea a partir da imposição de algumas restrições⁴¹. Matematicamente, é possível representar a elasticidade total da produção como:

$$\varepsilon = \sum_i^n E_{xi} = \sum_i^n \beta_i + \left[\sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln x_j \right] \quad (61)$$

Percebe-se que a elasticidade total da produção também é variável conforme se alteram as dotações dos fatores e, portanto, a produção propriamente dita. Essa característica permite investigar em qual região de retornos à escala cada firma está operando. A partir dessa medida, é possível também estabelecer o tamanho ótimo (escala ótima de operação) das firmas de determinado setor.

Por sua vez, a função custo translog pode ser escrita como:

$$\ln C(w, y) = \beta_0 + \sum_i^n \beta_i \ln w_i + \beta_y \ln y + \frac{1}{2} \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_i^n \beta_{iy} \ln w_i \ln y + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln y)^2 \quad (62)$$

em que β 's são os parâmetros estruturais da função custo, w são os preços dos fatores, y é o produto e os índices i e j representam os fatores de produção. A função custo translog deve atender a condição de simetria. Pelo teorema de Young, tem-se que $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ para $i \neq j$ em relação aos parâmetros estimados na função.

⁴¹ A condição de homogeneidade se dá quando é possível fazer com que $\sum_{i=1}^n \beta_{ij} = \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = 0$. Neste caso, o grau de homogeneidade da função de produção translog será dado por $\sum_{i=1}^n \beta_i$. Em funções translog homogêneas, a elasticidade total da produção (retornos à escala) pode ser obtida apenas somando-se os parâmetros diretos relacionados a cada fator (“parâmetros de primeira ordem” β_i 's). Portanto, em uma função translog homogênea, a elasticidade total de escala deixa de variar conforme a dotação de fatores. Para maiores detalhes, ver Boisvert (1982 p. 9-12).

Conforme já mencionado, a homogeneidade linear nos preços dos fatores de produção é definida como: $\lambda C(y, w_1, w_2, \dots, w_n) = C(y, \lambda w_1, \lambda w_2, \dots, \lambda w_n)$. A homogeneidade nos preços implica que, para dado nível de produção, se todos os preços aumentarem em determinada proporção (1%, por exemplo), o custo total das firmas deve aumentar nessa mesma proporção. Essa propriedade teórica implica que:

$$\sum_i^n \beta_i = 1; \sum_i^n \beta_{iy} = \sum_i^n \beta_{ij} = \sum_j^n \beta_{ij} = \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} = 0 \quad (63)$$

Para impor a homogeneidade nos preços dos fatores em estimativas econométricas, deve-se dividir o custo e o preço dos outros fatores pelo preço de um fator qualquer. O preço do fator de produção utilizado para impor a homogeneidade não entra diretamente na estimativa da função. No entanto, como a condição de homogeneidade linear nos preços indica que $\sum_i^n \beta_i = 1$, o parâmetro do preço do fator que não é estimado diretamente na função custo (preço utilizado para impor a homogeneidade) deve, obrigatoriamente, ser igual à unidade menos o somatório dos outros parâmetros associados aos preços dos fatores. Os parâmetros de segunda ordem do fator adotado para impor a homogeneidade na função podem igualmente ser obtidos a partir da condição $\sum_i^n \beta_{iy} = \sum_i^n \beta_{ij} = \sum_j^n \beta_{ij} = \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} = 0$.

Binswanger (1974) destaca que a homogeneidade nos preços dos fatores na função custo translog não impõe homogeneidade de grau um nos fatores na função de produção dual. Portanto, não são impostas restrições nas elasticidades de substituição entre os fatores ou nas elasticidades preço da demanda dos fatores, o que torna a função translog mais flexível do que outras formas funcionais da teoria microeconômica.

As propriedades de monotonicidade e concavidade nos preços dos fatores devem ser conferidas localmente na função custo translog. A condição de monotonicidade, como já destacado, é satisfeita se as parcelas de custo forem não negativas. De acordo com Chambers (1988), a condição de concavidade nos preços dos fatores é satisfeita se a matriz Hessiana for negativa semidefinida.⁴² Portanto, em estimativas empíricas, é necessário calcular as segundas derivadas da função custo translog, montar a matriz Hessiana e calcular seus menores principais para checar a condição de concavidade nos preços dos fatores de produção.⁴³

⁴² A condição necessária para que a matriz Hessiana seja negativa semidefinida é que todos os seus elementos diagonais sejam não positivos. Já a condição suficiente é que o primeiro menor principal seja não positivo e todos os outros menores principais alternem de sinal (CHAMBERS, 1988).

⁴³ Conte e Ferreira Filho (2007) mostram que a condição de concavidade nos preços da função custo pode também ser verificada por meio dos sinais das elasticidades diretas dos fatores de produção, que devem ser todos negativos.

Podem-se calcular as demandas condicionadas dos fatores e as parcelas ótimas de custo pela teoria da dualidade. Aplicando-se o lema de Shephard na função custo translog, tem-se:

$$x_i^c(w, y) = \frac{\partial C(w, y)}{\partial w_i} = \frac{\partial \ln C(w, y)}{\partial \ln w_i} \frac{C}{w_i} = (\beta_i + \sum_j^n \beta_{ij} \ln w_j + \beta_{iy} \ln y) \frac{C}{w_i} \quad (64)$$

em que x_i^c é a demanda condicionada pelo fator x_i . A partir de (64), é possível calcular a parcela ótima de custo do fator x_i (denominada S_i), ou seja, a participação ótima do fator x_i no custo total de produção da firma:

$$S_i(w, y) = \frac{w_i x_i^c}{C} = \beta_i + \beta_{iy} \ln y + \sum_j^n \beta_{ij} \ln w_j \quad (65)$$

Vale ressaltar novamente que as equações de parcelas de custo devem ser não negativas para atender à condição de monotonicidade. A diferença entre as equações (64) e (65) é que, enquanto a primeira equação mostra a demanda condicionada ótima (quantidade física do fator) para determinado nível de produção, a segunda mostra a parcela ótima de custo (percentual sobre o custo total) relativa a cada fator de produção.

É possível também calcular as elasticidades parciais de substituição entre os fatores e a elasticidade preço de cada fator de produção. Existem diferentes medidas de elasticidade de substituição e preço na literatura microeconômica, sendo a elasticidade de substituição parcial de Allen bastante utilizada em estudos empíricos (CHRISTENSEN; GREENE, 1976; ALBUQUERQUE, 1987; CASTRO et al., 2005). Essa medida mostra o efeito de alterações no preço de um fator (w_j , por exemplo) sobre a quantidade utilizada de outro fator (x_i , por exemplo), mantendo-se os preços dos demais fatores e a produção constantes. A partir das medidas de elasticidade de substituição, podem-se verificar as possibilidades de troca entre os fatores permitidas pela tecnologia de produção, o que, por sua vez, é de grande utilidade para as firmas adaptarem-se às alterações que ocorrem nos preços dos fatores.

Conforme apresentado em Christensen e Greene (1976), podem-se calcular as elasticidades parciais de substituição de Allen (σ_{ij}) como:

$$\sigma_{ij} = (\beta_{ij} + S_i S_j) / S_i S_j \quad (66)$$

$$\sigma_{ii} = [\beta_{ii} + S_i(S_i - 1)] / S_i^2 \quad (67)$$

A equação (67) é importante para calcular a elasticidade preço da demanda do próprio fator (η_{ii}), como segue:

$$\eta_{ii} = \sigma_{ii} S_i \quad (68)$$

Essa medida mostra a variação percentual na quantidade demandada do fator i como resposta a variações percentuais em seu próprio preço.

O índice de economias de escala (IES), medida de bastante interesse no presente estudo, é calculado subtraindo-se a elasticidade custo (EC) da unidade. Na função custo translog, têm-se a seguinte equação:

$$IES = 1 - \frac{\partial \ln C(w,y)}{\partial \ln y} = 1 - (\beta_y + \beta_{yy} \ln y + \sum_i^n \beta_{iy} \ln w_i) \quad (69)$$

É notório a partir de (69) que o IES na função custo translog varia conforme o nível de produção, podendo, portanto, ser calculado para as diferentes escalas de operação das firmas de um mesmo setor. No caso da citricultura, essa característica é importante para verificar se a hipótese de existência de significativas economias de escala levantada por Neves (2010) é justificada por dados reais de produção das firmas citrícolas.

A partir da função custo translog em sua forma original (equação 62), é possível impor as restrições de homoteticidade, homogeneidade e elasticidades de substituição unitárias (CHRISTENSEN; GREENE, 1976). Uma função custo corresponde a uma estrutura de produção homotética apenas se for possível escrevê-la como uma função separada em termos do produto (y) e dos preços dos fatores (w_i). Assim, deve-se fazer com que os parâmetros β_{iy} (parâmetros de interação do produto com os preços dos fatores) da função translog sejam iguais a zero. Em uma estrutura de produção homotética, pode ainda ser imposta a restrição de homogeneidade. Para isso, a elasticidade custo deve ser constante em todos os pontos de dados (não variar com a produção e com o uso dos fatores). Desta forma, a condição de homogeneidade é imposta quando β_{iy} e β_{yy} são iguais a zero. Por fim, para fazer com que as elasticidades de substituição entre os fatores sejam iguais a zero, basta eliminar os termos de segunda ordem dos preços dos fatores na função custo translog ($\beta_{ij} = 0$).

A função lucro translog pode ser representada como:

$$\ln \pi(w, p) = \beta_0 + \beta_p \ln p + \sum_i^n \beta_i \ln w_i + \frac{1}{2} \sum_i^n \sum_j^n \beta_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_i^n \beta_{pw} \ln p \ln w_i + \frac{1}{2} \beta_{pp} (\ln p)^2 \quad (70)$$

em que π é o lucro total, calculado a partir da diferença entre receita total e custo total; p é o preço de venda do produto; w_i e w_j são os preços dos fatores i e j , respectivamente; e β 's são os parâmetros da função. A mesma observação sobre maximização de lucro no curto/longo prazo feita para a função Cobb-Douglas também cabe para a função translog. Caso seja definida uma função lucro de curto prazo para

representar o comportamento das firmas, os valores físicos dos fatores de produção fixos (ou semi-fixos) devem entrar na função em substituição aos seus preços.

A função lucro translog deve atender todas as propriedades mencionadas na subseção anterior (não decrescente em p , não crescente em w , homogênea de grau um nos preços, contínua e convexa em p e não negativa para $p > 0$). Essas propriedades devem ser verificadas localmente a partir das estimativas empíricas, assim como no caso da função custo translog.

3.3. FATORES DETERMINANTES DAS EFICIÊNCIAS TÉCNICA E ECONÔMICA

As fronteiras de eficiência, conforme apresentadas na seção 3.1, proporcionam um ótimo benchmarking para um mundo ideal sem desperdícios e erros de alocação dos fatores e do nível de produção das firmas (plenamente eficiente). Contudo, essa não é a realidade quando existem custos de transação e outras imperfeições de mercado (COASE, 1937; 1960). Nestes casos, é natural que existam ineficiências na alocação e no uso dos fatores e a questão crucial passa a ser a identificação dos fatores que determinam essas ineficiências.⁴⁴

Em seu estudo pioneiro, Leibenstein (1966) destacou que um conjunto de fatores gerenciais, como por exemplo, criação de incentivos internos, utilização de contratos adequados, melhor monitoramento de atividades produtivas e adoção de melhores práticas de gestão da produção podem diferenciar firmas eficientes de firmas ineficientes. O autor classificou esse conjunto de fatores como “*X-efficiency*”. Leibenstein (1996) mostrou ainda, por meio de vários exemplos em indústrias e firmas de diferentes países, que alterações nos incentivos internos das firmas e na estrutura de organização da produção (alterações no layout de fábricas, mudanças nos fluxos de produção, programas de redução de perdas, maior treinamento de funcionários, etc.) foram os principais fatores responsáveis pelos diferenciais de eficiência entre firmas/indústrias e pelos ganhos de produtividade das firmas/indústrias ao longo do tempo. Assim, os diferenciais de produtividade entre as firmas seriam, em grande parte, explicados pelos fatores de “*X-*

⁴⁴ Na literatura há estudos que se referem aos determinantes da eficiência e outros que se referem aos determinantes da ineficiência das firmas. O objetivo desses estudos é o mesmo; a diferença é que, enquanto os primeiros regressam índices de eficiência das firmas contra variáveis explicativas, os últimos regressam índices de ineficiência contra essas mesmas variáveis, o que muda apenas forma de interpretar o sinal das variáveis explicativas. Nesta subseção, falar-se-á em determinantes das eficiências ao invés de ineficiências das firmas.

efficiency” e não por diferenças no uso dos tradicionais fatores de produção (trabalho e capital), conforme a maioria dos autores acreditava.

Para Leibenstein (1966), firmas que operam em mercados concorrenciais possuem maior probabilidade de aumentarem a “*X-efficiency*”, uma vez que esse tipo de estrutura de mercado caracteriza-se pela existência de incentivos naturais para os gestores alcançarem seus objetivos técnicos e econômicos. Já estruturas de mercado imperfeitas (não concorrenciais) reduzem os incentivos e as motivações para os gestores das firmas, podendo resultar em ineficiências (*X-inefficiencies*). Nesse caso, dada a ausência de concorrência e incentivos de mercado, muitas vezes os gestores preferem maximizar sua função de utilidade (em detrimento do lucro da firma), evitando, por exemplo, demissões, cortes de custos e alterações no padrão de gestão da firma. Após o estudo de Leibenstein (1966), diversos outros estudos se preocuparam em estabelecer e discutir fatores que podem afetar a eficiência técnica e econômica das firmas (FRIED; LOVELL; SCHMIDT, 2008).

Como crítica ao estudo de Leibenstein (1966) e à abordagem de ineficiência técnica e econômica, Stigler (1976) argumentou que a ineficiência é, na realidade, um erro do analista. Para esse autor, a ineficiência resulta simplesmente do erro de não se levarem em consideração todos os fatores de produção e objetivos das firmas na análise. Assim, se todos os fatores de produção e objetivos da firma fossem incorporados nas funções (de produção, custo e lucro) estimadas, não restaria nenhuma ineficiência no processo de produção. O autor exemplifica com o caso do monopolista que objetiva maximizar sua função de utilidade e não sua função de lucro. Nesse caso, existem outros parâmetros subjetivos (lazer versus esforço, por exemplo) que são relevantes para definir o comportamento da firma monopolista, porém tais parâmetros dificilmente são incorporados em análises de eficiência, resultando, por sua vez, no conceito incorreto de ineficiência produtiva.

No presente estudo, refuta-se a ideia de Stigler (1976) em favor da abordagem de ineficiência técnica e econômica. Com relação à crítica que o autor fez à incorporação de todos os fatores de produção nas funções/fronteiras, pode-se utilizar a propriedade teórica de forte essencialidade para justificar a escolha dos fatores de produção. Conforme Chambers (1988), não é possível produzir quantidades positivas do produto com quantidades nulas de um fator de produção essencial. Portanto, são tratados como fatores de produção apenas aqueles fatores essenciais para a produção da laranja, a saber: terra, capital (máquinas e instalações físicas), mão-de-obra e matéria-prima (fertilizantes,

defensivos e mudas/plantas em produção).⁴⁵ Ademais, diante das características do mercado de laranja (ou qualquer outro mercado agrícola), é bastante difícil admitir que as firmas possuam objetivos diferentes de maximizar lucros e/ou minimizar custos de produção. Portanto, no presente estudo, assim como em todos os outros estudos que seguiram os trabalhos pioneiros de Koopmans (1951), Debreu (1951), Farrell (1957) e Leibenstein (1966), assume-se os desvios das firmas com relação às fronteiras como ineficiência, sendo fundamental uma melhor compreensão dos fatores que explicam esses desvios.

Na literatura de economia e gestão do agronegócio, há diversos estudos que adotaram a abordagem das fronteiras para mensurar a eficiência e identificar seus determinantes com base em dados de propriedades rurais (BATTESE; COELLI, 1995; COELLI; BATTESE, 1996; NGWENYA; BATTESE; FLEMING, 1997; SHARMA et al., 1999; WILSON et al., 1998, 2001; TRIP et al., 2002; WADUD, 2003; REIG-MARTÍNEZ; PICAZO-TADEO, 2004; PICAZO-TADEO; REIG-MARTÍNEZ, 2005; KARAGIANNIS; SARRIS, 2005; DAVIDOVA; LATRUFFE, 2007; DHEHIBI et al., 2007; SOLÍS et al., 2007, 2009; CHEN; HUFFMAN; ROZELLE, 2009; MOSHEIN; LOVELL, 2009; CEYHAN; HAZNECI, 2010; BACKMAN et al., 2011; CHANG; MISHRA, 2011; MANJUNATHA et al., 2013).⁴⁶

No que tange à agropecuária brasileira, são menos comuns estudos que adotaram a abordagem das fronteiras de eficiência e identificaram os fatores determinantes das eficiências com base em microdados de produção (VICENTE, 1999, 2002; SOUZA FILHO; PAULILLO, 2005; MAGALHÃES; CAMPOS, 2006; MAGALHÃES et al., 2011; SOUSA; CAMPOS; GOMES, 2012). Tal fato se deve, muito provavelmente, à indisponibilidade de microdados de propriedades rurais no Brasil. Os estudos de Vicente (2004), Helfand e Levine (2004) e Campos et al. (2012) analisaram fatores determinantes da eficiência na agropecuária brasileira utilizando dados agregados para municípios.

Os estudos de Reig-Martínez e Picazo-Tadeo (2004), Picazo-Tadeo e Reig-Martínez (2005), Souza Filho e Paulillo (2005) e Dhehibi et al. (2007) analisaram a

⁴⁵ Esses são os fatores de produção considerados nas funções de produção, custo e lucro estimadas. Assume-se que os fatores discutidos como determinantes das eficiências também afetam a produção das firmas. Entretanto, esses fatores não possuem a propriedade de forte essencialidade, não sendo, portanto, considerados diretamente na função de produção. Por exemplo, é possível produzir laranja sem utilizar contratos, porém pode ser mais eficiente produzir laranja sob um arranjo contratual minimizador de custos de transação.

⁴⁶ Bravo-Ureta et al. (2007) apresentam uma revisão de 167 estudos que analisaram a eficiência técnica de propriedades agropecuárias.

eficiência técnica e econômica na produção citrícola com base em dados primários de propriedades rurais da Espanha (no caso dos dois primeiros estudos), Brasil e Tunísia.

Reig-Martínez e Picazo-Tadeo (2004) utilizaram dados de 33 propriedades da região de Valência na Espanha e aplicaram o método não paramétrico (DEA) para construir uma fronteira de eficiência de lucros. O índice médio de eficiência de lucros das propriedades da amostra foi de 0,71, indicando que, na média, as propriedades analisadas poderiam aumentar seus lucros em 29% se reduzissem as ineficiências técnica, alocativa e de escala. Os autores constataram que seis propriedades operavam sobre a fronteira de eficiência, sendo consideradas, portanto, eficientes em lucros. As características dessas propriedades, como por exemplo, o tamanho e a composição da mão-de-obra (familiar ou contratada) foram comparadas com as características das demais propriedades da amostra. Com relação ao tamanho, observou-se que a menor propriedade eficiente possuía 1 hectare e a maior propriedade eficiente possuía 35 hectares (área considerada grande para a região analisada), o que mostra que tanto as pequenas como as grandes propriedades podem ser eficientes em lucros. A principal conclusão do estudo foi a de que as propriedades eficientes em lucros estão avançadas no processo de substituição de mão-de-obra familiar por mão-de-obra contratada (terceirização do fator mão-de-obra) e que essa estratégia poderia ser adotada pelas demais propriedades da região.

Picazo-Tadeo e Reig-Martínez (2005) aprofundaram as análises sobre a relação entre terceirização dos fatores de produção e eficiência de propriedades rurais produtoras de citrus na Espanha. O principal objetivo do estudo mencionado foi identificar se o processo de terceirização dos fatores mão-de-obra e capital resulta em maior eficiência técnica nas propriedades rurais. Teve-se, como hipótese central, que pequenas propriedades deveriam terceirizar os fatores mão-de-obra e capital como uma forma de dirimir os problemas relacionados à escala mínima de produção e aos custos de monitoramento. O argumento que embasou tal hipótese foi o de que as firmas e cooperativas que ofertavam mão-de-obra e capital poderiam se especializar em tais serviços, atendendo diversas pequenas propriedades simultaneamente, o que possibilitaria retornos crescentes à escala na oferta desses fatores de produção. Os produtores rurais não precisariam mais gerenciar e monitorar funcionários, o que também tenderia a reduzir custos de monitoramento. Ademais, os produtores rurais poderiam focar a atenção em outras atividades gerenciais estratégicas da propriedade (comercialização da produção, planejamento de plantios e replantios, etc.) e, até mesmo, trabalhar em outras firmas como uma forma de complementar a renda e reduzir os riscos

relacionados à dependência exclusiva da renda rural (diversificação de renda como estratégia de *hedge*). Com base em uma amostra de 23 propriedades, os autores utilizaram o método não paramétrico (DEA) para estimar uma fronteira de eficiência técnica orientada para o uso mínimo dos fatores de produção. O índice médio de eficiência técnica para a amostra foi de 0,633, mostrando que as propriedades rurais poderiam, em média, reduzir em 36,7% o uso dos fatores de produção (terra, capital próprio, capital terceirizado, mão-de-obra familiar, mão-de-obra terceirizada, pesticidas e nitrogênio) sem alterar o nível de produção. A relação entre terceirização dos fatores de produção e eficiência técnica mostrou-se positiva. As propriedades rurais ineficientes da amostra utilizavam, em média, 58,9% de mão-de-obra terceirizada com relação ao total de mão-de-obra e 11,5% de capital terceirizado com relação ao total de capital utilizado na produção. Uma propriedade eficiente típica deveria utilizar 76,5% de mão-de-obra terceirizada e 13,1% de capital terceirizado em seu processo produtivo. Assim, os autores confirmaram a hipótese de que a terceirização dos fatores de produção contribui para ganhos de eficiência técnica na produção citrícola. A principal implicação de tal resultado é que as propriedades rurais de pequeno porte poderiam superar as restrições de escala e reduzir custos de monitoramento e coordenação interna adotando a estratégia gerencial de terceirização dos fatores de produção. Do ponto de vista de políticas públicas, os autores sugeriram que fossem adotadas políticas não só para os produtores rurais, como também para as firmas e cooperativas que ofertavam os fatores de produção para as propriedades rurais.

Com base em dados de uma amostra de 120 propriedades citrícolas do Estado de São Paulo, Souza Filho e Paulillo (2005) estimaram a eficiência de lucro das propriedades e seus determinantes. Os autores verificaram que 55% das propriedades obtiveram índice de eficiência próximo a 85%. Verificou-se também que as grandes propriedades possuíam maior variabilidade em seus índices de eficiência do que as pequenas. Ademais, notou-se que as pequenas propriedades eram, em média, mais eficientes do que as grandes. Entre as pequenas propriedades rurais, cerca de 70% apresentaram índice de eficiência próximo a 85%, à medida que para a maior parcela das grandes propriedades (32%) o índice de eficiência apresentou-se menor ou igual a 70%. As variáveis que impactaram de forma negativa na eficiência de lucro das propriedades foram: problemas com compradores de laranja, comercialização com a indústria, participação em cooperativas e número de visitas técnicas na safra. Por outro lado, as variáveis que impactaram positivamente na

eficiência foram: idade, escolaridade, proximidade da propriedade de estradas asfaltadas e idade média do pomar.

O estudo de Dehibi et al. (2007) analisou a eficiência técnica na produção de citrus na Tunísia. Os autores preocuparam-se, principalmente, com a eficiência no uso de irrigação (*irrigation water efficiency*) pelas propriedades rurais. Utilizando o método paramétrico (fronteiras estocásticas de produção) e uma amostra de 144 propriedades localizadas em Nabeul, Tunísia, os autores calcularam índices de eficiência técnica e eficiência no uso de irrigação, bem como identificaram os determinantes das eficiências. A função de produção (*translog*) estimada indicou uma tecnologia caracterizada por retornos crescentes à escala (coeficiente de retornos à escala = 1,106), sendo que os insumos químicos apresentaram o maior coeficiente de elasticidade de escala entre os fatores de produção analisados. O índice médio de eficiência técnica orientada para o produto máximo foi de 67,7% e o índice médio de eficiência no uso de irrigação foi de 53% para a amostra de propriedades rurais. Tais resultados significam que, em média, os citricultores da amostra poderiam aumentar em 33,3% a produção de citrus com a mesma dotação de fatores e poderiam reduzir em 47% o uso de água no processo produtivo sem sacrificar o nível de produção e com a mesma dotação dos outros fatores de produção. Os fatores determinantes para a eficiência técnica e no uso de irrigação, com suas respectivas relações, foram: tamanho da propriedade (+), idade do produtor (+), nível de escolaridade (+), treinamento do agricultor (+), proporção de mão-de-obra familiar sobre o total de mão-de-obra (-) e percepção do citricultor com relação à disponibilidade de água na região (+).⁴⁷

Na sequência da presente seção são apresentados e discutidos fatores determinantes das eficiências técnica e econômica. Esses fatores foram identificados com base em diferentes vertentes da teoria econômica, em revisão de estudos empíricos e nas características tecnológicas e econômicas da citricultura paulista. Optou-se pela divisão dos fatores determinantes das eficiências/diferenciais de eficiência em quatro conjuntos mais amplos: (I) Fatores estruturais; (II) Fatores gerenciais; (III) Fatores de capital humano e social; (IV) Fatores institucionais. A divisão proposta tem a pretensão de tornar mais fácil a identificação de fatores que estão sob o controle das firmas e fatores que não estão, o que é importante para a elaboração de estratégias privadas e políticas públicas. Posteriormente, na apresentação do método do trabalho, serão construídas variáveis

⁴⁷ Apesar de os autores terem diferenciado os determinantes da eficiência técnica e de irrigação em duas regressões, os resultados dos modelos foram semelhantes.

proxies para cada fator discutido nessa subseção (classificadas como “variáveis z”). Essas variáveis permitirão, por meio de modelos econométricos, testar as hipóteses estabelecidas a seguir.

3.3.1. Fatores estruturais

Esses fatores estão relacionados com características técnicas da produção citrícola e das propriedades rurais e são utilizados com bastante frequência em estudos empíricos sobre eficiência na produção agropecuária. Os fatores estruturais determinantes das eficiências técnica e econômica apresentados nesta subseção são: tamanho da propriedade, adoção de tecnologia de irrigação, características do solo, incidência de doenças no pomar, adensamento do pomar e idade do pomar.

Tamanho da propriedade

A relação entre tamanho da propriedade rural e eficiência é um tema recorrente na literatura (CHRISTENSEN, GREENE, 1973; COELLI; BATTESE, 1996; NGWENYA et al., 1997; SHARMA et al., 1999; ASSUNÇÃO; GHATAK, 2003; ALVAREZ; ARIAS, 2004; HELFAND; LEVINE, 2004; KARAGIANNIS; SARRIS, 2005; GOMES; FERREIRA FILHO, 2007; MOSHEIN; KNOX LOVELL, 2009; MANJUNATHA et al., 2013). Por um lado, grandes propriedades rurais podem obter vantagens na compra dos insumos, venda do produto e maior acesso a recursos financeiros, bem como aproveitar-se de possíveis retornos crescentes de escala permitidos pela tecnologia de produção. Por outro lado, a partir de determinado tamanho da propriedade, é razoável esperar a existência de retornos decrescentes de escala. Além disso, em grandes propriedades é cada vez mais comum a separação da gestão e da posse/propriedade da terra (existência de administradores), levando à possibilidade de ocorrerem problemas de informação e monitoramento (problema do agente-principal) que podem configurar-se em ineficiência. As pequenas propriedades, por sua vez, possuem maior facilidade para mitigar os problemas de informação e monitoramento.

Na literatura empírica, existem tanto evidências de relação positiva entre tamanho e eficiência, como também evidências de relação negativa entre essas variáveis. Coelli e Battese (1996) encontraram uma relação positiva e estatisticamente significativa entre o tamanho de propriedades rurais da Índia e a eficiência técnica das mesmas. O estudo de Sharma et al. (1999) constatou que o tamanho da propriedade rural possui impacto positivo e significativo sobre as eficiências técnica, alocativa e econômica na produção de suínos no Havaí, Estados Unidos. O principal argumento para tal resultado é o de que

as grandes propriedades são mais intensivas no uso do fator capital e empregam menor número de trabalhadores por unidade de produção, o que, diante do alto nível dos salários daquele país, é importante para determinar a eficiência econômica. Ademais, verificou-se que as grandes propriedades pagam, em média, preços mais baixos pela ração dos animais, o que indica a existência economias de escala pecuniárias. Por sua vez, o estudo de Reig-Matínez e Picazo-Tadeo (2004) mostrou que tanto as pequenas como também as grandes propriedades citrícolas da região de Valência na Espanha eram eficientes em lucros, apontando para o fato de o tamanho não ter sido um determinante da eficiência econômica.

Alvarez e Arias (2004) desenvolveram um modelo teórico que inclui o índice de eficiência técnica da firma como uma das variáveis de sua função de oferta. O modelo assume que firmas mais eficientes comprem mais fatores de produção variáveis, utilizam os fatores de forma mais adequada e, como consequência, produzem níveis de produto maiores do que firmas menos eficientes. Ou seja, nesse modelo teórico a eficiência técnica é um condicionante do tamanho da produção. Para testar esse modelo, os autores utilizaram dados de produtores de leite da Espanha e identificaram a existência de relação positiva e estatisticamente significativa entre o índice de eficiência técnica e o nível de produção das propriedades rurais.

Helfand e Levine (2004) utilizaram dados do Censo Agropecuário de 1996 para analisar a eficiência técnica na produção agropecuária do Centro-Oeste. Os autores adotaram um modelo DEA para estimar os índices de eficiência técnica das propriedades e depois regressaram tais índices com um conjunto de variáveis explicativas, sendo uma delas a área das propriedades. Encontrou-se uma relação não linear entre o tamanho e a eficiência técnica das propriedades, sendo que essa relação apresentou o formato de U.⁴⁸ Propriedades com área entre 20-50 hectares apresentaram altos níveis de eficiência. Para propriedades entre a faixa de 200-2000 hectares, a eficiência técnica apresentou comportamento de declínio conforme aumentava o tamanho da propriedade. Por exemplo, uma propriedade típica com menos de 200 hectares seria tecnicamente mais eficiente do que uma propriedade típica com 1000 a 2000 hectares. Para propriedades com mais de 2000 hectares, a eficiência apresentou tendência de aumento conforme o tamanho das propriedades aumentava. A principal conclusão do estudo é que as grandes propriedades (com mais do que 2000 hectares) possuem melhor acesso aos mercados de

⁴⁸ Supondo que o índice de eficiência esteja no eixo vertical (y) e o tamanho da propriedade no eixo horizontal (x) de um plano bidimensional.

fatores de produção e produto e a serviços de assistência técnica, além de possuírem menor restrição ao crédito e adotarem tecnologias mais intensivas em capital. Daí se explicaria o diferencial de eficiência em favor destas.⁴⁹

Moshein e Knox Lovell (2009) estimaram funções de custo e calcularam índices de eficiência técnica, alocativa e de custos para uma amostra de propriedades leiteiras dos EUA. Os autores verificaram a existência de curvas de custo médio em formato de L, com coeficientes de elasticidade de escala positivos e significativos para todas as firmas da amostra. Esse resultado indica que as grandes propriedades obtêm economias de escala consideráveis quando comparadas às pequenas e médias. Encontrou-se também relação positiva e significativa entre o tamanho das propriedades e os índices de eficiência técnica, alocativa e de custos das mesmas. Concluiu-se que esses seriam os principais fatores explicativos para a tendência de aumento do tamanho médio das propriedades leiteiras norte-americanas verificada em anos anteriores ao estudo.

Manjunatha et al. (2013), em estudo sobre eficiência técnica e de lucros na agricultura da Índia, identificaram que, apesar de apresentarem lucro médio menor, as propriedades de pequeno porte utilizam melhor os fatores de produção e, portanto, são tecnicamente mais eficientes das que as grandes propriedades. O diferencial para o lucro maior das grandes propriedades seria então explicado pela maior eficiência alocativa e pelo maior preço de venda do produto final.

Na citricultura paulista, a relação entre tamanho e eficiência também tem sido motivo de debate. Neves (2010) afirma que a atividade é caracterizada por economias de escala, o que explicaria possíveis diferenciais de competitividade em favor das grandes propriedades (eficiência de escala). A própria estratégia de aumento da integração vertical para trás adotada pela indústria processadora estaria fundamentada nesse argumento, uma vez que as propriedades de posse da indústria são, majoritariamente, de grande porte. No entanto, inexistem análises técnicas e econômicas embasadas em consistentes métodos científicos que comprovem tal relação. Historicamente, sempre coexistiram pequenas e grandes propriedades na citricultura paulista (PAULILLO, 2007), o que pode fomentar a hipótese de que, na verdade, são outros os fatores explicativos para a recente saída dos pequenos e médios citricultores da atividade. Fatores como difícil acesso a recursos financeiros e dificuldades na comercialização da laranja (preços baixos mediante

⁴⁹ É natural que se os verdadeiros diferenciais de eficiência são melhor acesso a mercados, assistência técnica e uso de tecnologias mais intensivas, pequenas propriedades podem ser tão eficientes quanto as grandes, desde que também tenham acesso aos mercados, serviços e tecnologias que as grandes possuem.

discriminação de preços, por exemplo) podem gerar restrições aos pequenos e médios citricultores, impedindo-os de adotarem novas tecnologias de produção, não necessariamente dependentes de grande escala, e forçando-os a sair da atividade. Assim, os fatores explicativos para a saída das pequenas e médias propriedades podem não estar diretamente relacionados com os retornos de escala ou com a ineficiência técnica destas.

Desta forma, no presente estudo não há uma hipótese clara a respeito da relação entre tamanho e eficiência. Se, por um lado, espera-se que as grandes propriedades sejam mais eficientes em lucro, por outro lado, não se espera encontrar diferenças significativas nos índices de eficiência técnica e de custo entre pequenas e grandes propriedades. A lógica que fundamenta essa hipótese é a de que grandes propriedades possuem vantagens no relacionamento com a indústria compradora de laranja (as subseções 3.3.2 e 3.3.4 discutem fatores gerenciais e institucionais, como por exemplo, adoção e *enforcement* de contratos de venda), conseguindo preços e condições melhores na venda do produto. No entanto, não há evidências fortes o suficiente para pressupor que a citricultura paulista seja caracterizada por retornos crescentes e/ou economias de escala. Logo, a existência de maior eficiência de escala das grandes propriedades é ainda um pressuposto não necessariamente verdadeiro.

Adoção de tecnologia de irrigação

A irrigação é uma importante tecnologia para aumentar a produção, melhorar a qualidade do produto e reduzir riscos associados aos fatores climáticos. Propriedades rurais que adotam irrigação se tornam menos dependentes das condições pluviométricas da região (DILLON, 2011; CUNHA et al., 2013). Por exemplo, em períodos de estiagem, a irrigação pode reduzir consideravelmente as perdas de produção. Ademais, a utilização da tecnologia de irrigação tende a aumentar a fertilidade do solo e, conseqüentemente, a produtividade do fator terra (WADUD, 2003). Todos os fatores mencionados tendem a se refletir em maior eficiência na produção rural das propriedades que adotam a tecnologia de irrigação.

Dentre os estudos empíricos que analisaram a relação entre irrigação e produção, Battese e Coelli (1995) encontraram uma relação positiva entre a proporção de terras irrigadas e o valor da produção agropecuária em propriedades rurais da Índia. Wadud e White (2000), em estudo com produtores de arroz de Bangladesh, encontraram uma elasticidade da produção com relação à irrigação de 0,2445. Ou seja, um aumento de 1% no uso de irrigação tende a aumentar o produto das propriedades analisadas em 0,2445%, mantendo-se constante o uso dos outros fatores.

Vicente (2004) utilizou dados agregados do Censo Agropecuário 1996 para estimar índices de eficiência técnica, alocativa e de custos na produção agropecuária dos Estados brasileiros. O autor identificou impacto positivo e estatisticamente significativo da irrigação sobre a eficiência técnica estimada para os Estados, comprovando a hipótese de que, dada a dotação dos fatores de produção, o uso de irrigação resulta em maior produção rural nos Estados brasileiros. Por sua vez, Nyariki (2011) constatou que as propriedades rurais do Kenya que adotam tecnologia de irrigação possuem índices de eficiência técnica bastante superiores do que aquelas propriedades que não adotam essa tecnologia de produção.

Apesar das evidências teóricas e empíricas sobre a importância da irrigação para aumentar a produção e a produtividade dos fatores, a adoção desta tecnologia pode aumentar também os custos de produção. Se o produtor não fizer o manejo correto da tecnologia de forma a obter ganhos de produtividade que suplantem o aumento nos custos, pode-se até reduzir a eficiência econômica da propriedade rural. Além disso, dadas as crescentes preocupações com a sustentabilidade ambiental e com o uso de recursos naturais, deve-se obter o máximo de eficiência possível no uso da água. Assim, o uso de irrigação só é justificado se, de fato, resultar em maior eficiência técnica na produção rural.

A adoção da tecnologia de irrigação aumentou consideravelmente na citricultura paulista a partir da década de 2000 (NEVES, 2010). Alguns estudos indicam que sistemas de produção com irrigação proporcionam maior produção de laranja por hectare do que sistemas de produção não irrigados (PAULILLO et al., 2007; NEVES, 2010; GTAAC, 2013). Grizotto et al. (2011) constataram que o uso da tecnologia de irrigação impacta positivamente na produtividade do pomar e na qualidade das frutas. No presente estudo, espera-se encontrar relação positiva entre a adoção de tecnologia de irrigação e a eficiência técnica das propriedades rurais. Com relação às eficiências de custos e de lucros, a relação também tende a ser positiva, porém com menor intensidade do que no caso da eficiência técnica.

Fertilidade do solo

A fertilidade do solo é um importante fator explicativo para a eficiência técnica de propriedades rurais. Propriedades rurais localizadas em regiões que possuem solos com maior índice de fertilidade possuem maior probabilidade de operarem próximas à fronteira de eficiência técnica (WADUD; WHITE, 2000; COELLI; RAHMAN; THIRTLE, 2002; BINAM et al., 2004; LATRUFFE et al., 2004; VICENTE, 2004), visto

que solos mais férteis demandam menores volumes de fertilizantes, além de resultarem em maior produção por hectare. Por sua vez, propriedades com solos pouco férteis ou com alto nível de degradação do solo encontram fortes restrições para operar de forma tecnicamente eficiente (WADUD, 2003). Essas propriedades precisam utilizar grandes volumes de fertilizantes químicos e corretivos para corrigir as deficiências do solo.

Wadud (2003), em estudo com produtores de arroz de Bangladesh, verificou que a degradação do solo afeta negativamente e de maneira significativa tanto a eficiência técnica, como também as eficiências alocativa e de custos das propriedades rurais. O autor concluiu que políticas agrícolas orientadas para a recuperação do solo podem encontrar resultados ótimos no médio e longo prazo. Vicente (2004) verificou que as características do solo exercem influência significativa nas eficiências técnica e de custos da produção agropecuária no Brasil, portanto, essas características devem ser levadas em consideração para a formulação de políticas públicas.

No presente estudo, espera-se uma relação positiva (negativa) entre a fertilidade (degradação) do solo e os índices de eficiência técnica e econômica das propriedades rurais.

Incidência de doenças no pomar

A propagação de pragas e doenças nos pomares pode ser considerada uma das grandes ameaças para a competitividade da citricultura do Estado de São Paulo no médio e longo prazo. Dentre as principais doenças que afetam os pomares paulistas, podem-se mencionar: cancro cítrico, Clorose Variegada dos Citros (CVC), pinta preta e *greening* (PAULILLO, 2006; FIGUEIREDO, 2008; FUNDECITRUS, 2013). De uma forma geral, todas as doenças mencionadas resultam em perdas no produto médio por planta, além de aumentarem os custos de produção em decorrência da necessidade de maior uso de defensivos agrícolas (FARIAS et al., 2003; NEVES; LOPES, 2005). Apesar da existência de renomadas instituições de pesquisa que têm contribuído significativamente para o controle dessas doenças, dados do Fundecitrus (2013) mostram que a incidência é alta nos pomares paulistas.⁵⁰

Os problemas fitossanitários acima mencionados podem, em algumas situações, levar os citricultores à erradicação de talhões para que o problema seja totalmente solucionado. Nestes casos, há perdas consideráveis de produção associadas a aumentos

⁵⁰ Dados do Fundecitrus (2013) permitem verificar o percentual de talhões contaminados com cada uma das doenças nas diferentes regiões do cinturão citrícola. O capítulo 2 deste trabalho apresenta esses dados, bem como as características de cada uma das doenças aqui mencionadas.

no custo total de produção. Ou seja, cria-se um cenário econômico péssimo para o citricultor. Além disso, os altos custos com defensivos para prevenir e/ou controlar as doenças podem inviabilizar o uso adequado de outros fatores variáveis (fertilizantes e corretivos de solo), reduzindo a eficiência técnica das propriedades. Como a propagação de doenças pode ser bastante prejudicial ao pomar no curto prazo, os citricultores deixam de utilizar outros fatores variáveis para aplicar defensivos (PAULILLO, 2006).

Neste contexto, é natural esperar que as propriedades rurais com altos índices de incidência de doenças sejam tecnicamente e economicamente menos eficientes do que propriedades com índices de incidência mais baixos.

Adensamento do pomar

Segundo Paulillo (2006), uma das técnicas adotadas pelos citricultores com o objetivo de aumentar a produtividade dos fatores na produção de laranja é o adensamento dos pomares. Essa técnica de produção, que também vem sendo adotada em outras culturas agrícolas permanentes, consiste em aumentar o número de pés plantados por área, ou, analogamente, em reduzir o espaçamento entre as plantas.

Dados da Conab/CATI/IEA (2013) indicam que há forte tendência de adensamento nos pomares novos do cinturão citrícola paulista. Enquanto para os pomares em produção observa-se uma média de 367 pés de laranja por hectare, para os pomares novos (que ainda não entraram em produção) verifica-se uma média de 616 pés por hectare. Em algumas propriedades mais intensivas em tecnologia, esse número pode chegar em 800 pés por hectare.

A prática do adensamento possibilita o melhor aproveitamento do fator terra, elevando a produtividade deste fator de produção. Além disso, o plantio adensado ainda pode levar a reduções de custos, à medida que há maior aproveitamento dos fatores matéria-prima e capital, ou seja, é mais bem aproveitada a aplicação de herbicidas, defensivos, adubos e corretivos e empregam-se melhor os equipamentos e maquinário, que, num pomar adensado, percorrem uma área relativamente menor com o mesmo número de pés de laranja (PAULILLO, 2006). Grizotto et al. (2011) constataram, por meio de experimento em pomares de laranja com diferentes características, que o uso da tecnologia de adensamento aumenta consideravelmente o produto médio do fator terra (toneladas de laranja produzidas por hectare) e a qualidade das frutas (teor de sólidos solúveis e rendimento em suco).

Assim, pode-se estabelecer a hipótese de que a prática de adensamento influencia positivamente as eficiências técnica e econômica das propriedades citrícolas do Estado de São Paulo.

Idade dos pomares

Figueiredo et al. (2009) utilizaram dados agregados da produção de laranja no Estado de São Paulo para estimar a produtividade parcial (toneladas por hectare) dos pomares em função da idade dos mesmos. Por meio de métodos econométricos, os autores verificaram que, a partir dos três anos o pomar começa a produzir, apresentando ganhos de produtividade a cada ano subsequente até atingir o ponto de máximo aos 13 anos. A partir daí a produtividade passa a decrescer. Os maiores valores de produtividade parcial do pomar se deram entre os 8 e 13 anos, sendo esses, respectivamente, 2,29; 2,70; 2,72; 2,81; 2,84 e 2,87 caixas por pé de laranja. De fato, essa é uma característica do ciclo biológico da planta.

Os resultados encontrados por Figueiredo et al. (2009) mostram que há diferenças significativas de rendimento produtivo em função da idade dos pomares, o que, por sua vez, pode influenciar diretamente os índices de eficiência das propriedades rurais em uma análise *cross-section*. Por exemplo, propriedades rurais que tenham um maior número de talhões com idade concentrada na fase de alta produtividade parcial (8 a 13 anos) tendem a obter maior eficiência técnica do que aquelas que possuem pomares muito novos e/ou muito velhos. Dada essa característica biológica da planta, os citricultores devem se atentar para o planejamento das renovações no pomar, evitando, por exemplo, que uma grande parcela dos talhões entre em idade de baixa produção ao mesmo tempo, o que pode, em última instância, comprometer a viabilidade do negócio.

Souza Filho e Paulillo (2005) verificaram que propriedades com maior número de pomares em idade produtiva eram mais eficientes em lucro do que aquelas com maior número de pomares novos (entrando em produção). Nesse estudo, tem-se, como hipótese, que propriedades citrícolas com maior número de talhões na faixa dos 7 aos 14 anos são tecnicamente mais eficientes do que aquelas com talhões concentrados em outras faixas de idade produtiva.

3.3.2. Fatores gerenciais

A investigação de um conjunto de fatores gerenciais como possíveis determinantes das eficiências técnica e econômica é pouco difundida em estudos aplicados à agropecuária. Entretanto, em estudos aplicados a outros setores da economia,

fatores gerenciais são mais comumente testados como determinantes do desempenho das firmas. Lazear (2000) adotou a teoria do agente-principal como pano de fundo e identificou que a adoção de um mecanismo de remuneração por produtividade⁵¹ aumentou em 44% o produto médio do fator mão-de-obra em uma grande firma fornecedora de vidros para a indústria automobilística norte-americana. Tecles e Tabak (2010), em análise sobre a eficiência econômica dos bancos brasileiros, constataram que fatores gerenciais, como por exemplo, a estratégia de crescimento via fusões e aquisições e as decisões de alavancagem exercem influência significativa na eficiência dos bancos.

A difusão de ferramentas de gestão e comercialização é um dos fatores que explica os diferenciais de competitividade das cadeias produtivas agroindustriais brasileiras (SOUZA FILHO; BATALHA, 2009; BATALHA, 2007). Logo, essas ferramentas devem ser identificadas e analisadas como possíveis determinantes das eficiências de propriedades rurais. O modelo teórico proposto por Rougour et al. (1998) assume que o uso de ferramentas de gestão (por exemplo, uso de ferramentas de TI aplicadas à gestão e estabelecimento de planos de produção e comercialização) e a maneira como as decisões são tomadas afetam diretamente os processos de produção e, conseqüentemente, as eficiências técnica, alocativa e econômica de propriedades rurais. O autor constatou ainda, por meio de revisão bibliográfica, que poucos estudos empíricos testavam o efeito de variáveis gerenciais sobre o desempenho de propriedades rurais, abrindo uma agenda para esse tipo de pesquisa. Neste contexto, alguns estudos empíricos mais recentes verificaram que ferramentas de gestão são fundamentais para aumentar as eficiências técnica e econômica de propriedades rurais (WILSON et al., 1998, 2001; TRIP et al., 2002; SOLIS et al., 2009; CABRERA et al., 2010; BEGUM et al., 2011; CHANG; MISHRA, 2011).

Os fatores gerenciais apresentados e discutidos nesta subseção são: adoção de contratos para coordenar as transações de venda de laranja, adoção de formas plurais de governança na venda de laranja, terceirização da mão-de-obra e maquinário (capital), adoção de ferramentas de tecnologia da informação (TI) para a gestão da propriedade rural, recebimento de assistência técnica e/ou consultorias de gestão, objetivo que direciona a gestão da firma, escolha de diferentes canais de distribuição e diversificação da produção rural.

⁵¹ Em termos teóricos, esse mecanismo pode ser considerado um contrato de incentivo desenhado pelo principal (firma) para incentivar e monitorar o agente (trabalhadores), de forma que o agente aja de acordo com os objetivos do principal.

Adoção de contratos para coordenar transações de venda da laranja

A Economia dos Custos de Transação (ECT), fundamentada no trabalho seminal de Coase (1937) e desenvolvida por Williamson (1975; 1985; 1991), altera o foco principal das análises econômicas para as transações entre os agentes. Segundo a teoria mencionada, as firmas podem ser analisadas como um complexo de contratos que coordenam as transações externas e internas, objetivando não mais somente reduzir os custos de produção, como também os custos de transação. Estes últimos são todos aqueles custos inerentes ao processo de troca entre os agentes econômicos, como por exemplo, custos burocráticos, custos de obtenção de informações, custos de elaboração e análise de contratos, custos de adaptação e monitoramento de tarefas, custos de fazer cumprir (*enforcement*) os contratos, custos de criar incentivos para funcionários e fornecedores, custos de oportunidade para fazer as negociações, entre outros. Diante dos pressupostos comportamentais de oportunismo e racionalidade limitada e, conseqüentemente, da possibilidade de existir informação assimétrica, os custos de transação surgem e passam a ser fundamentais para determinar o funcionamento do sistema econômico.

Para reduzir os custos relacionados às transações, os agentes devem alinhar os atributos de cada transação (frequência, incerteza e especificidade de ativos) às estruturas de governança disponíveis. Williamson (1985) propõe três formas básicas de coordenação das transações, também chamadas de estruturas de governança: i) mercado clássico (*spot*) – representa a transação sem qualquer tipo de arranjo contratual, na qual a identidade das partes não é relevante, não há compromisso de continuidade da transação no futuro, sendo esta encerrada quando do pagamento no momento da entrega do produto e/ou serviço; ii) formas híbridas – as transações são executadas mediante contratos formais ou informais (de curto ou de longo prazo), existindo algum compromisso futuro entre as partes, sendo as cláusulas (com relação a preço, quantidade, qualidade, forma de entrega do produto, entre outras) negociadas entre os agentes que processam a transação; iii) integração vertical ou hierarquia – nesse caso, as transações entre agentes são absorvidas na hierarquia da firma. Ou seja, há uma internalização da transação pela própria firma.

Segundo Williamson (1985), o atributo da transação mais importante para a escolha da estrutura de governança minimizadora dos custos de transação é a

especificidade dos ativos envolvidos na transação.⁵² Ativos específicos possuem baixo ou nenhum valor de uso em outras atividades/transações, o que, diante do pressuposto de oportunismo dos agentes, pode resultar na apropriação de quase-rendas na transação.⁵³ Assim, quanto maior a especificidade do ativo negociado, maiores serão os custos de negociá-lo no mercado, portanto, estruturas de governança híbridas e integração vertical passam a ser mais eficientes para coordenar a transação.

Ao escolher estruturas de governança eficientes para coordenar suas transações, as firmas conseguem minimizar os custos de transação e criar um conjunto de incentivos que pode resultar em melhorias nos desempenhos econômico e operacional dentro das firmas (ZYLBERSZTAJN; FARINA, 1999). A alocação dos recursos, neste sentido, é influenciada pelas formas de coordenação das transações estabelecidas entre os agentes econômicos (WILLIAMSON, 1985, 1991; MENARD, 2013). De fato, Leibenstein (1966) já havia notado que problemas de governança e de informação assimétrica poderiam exercer influência negativa nas eficiências técnica e alocativa das firmas. A escolha de mecanismos de governança inadequados pode resultar em preços mais baixos na venda do produto (ou mais altos na compra dos insumos) e maiores custos de transação. Tais fatores podem reduzir as eficiências de custo e lucro das firmas. Com menores lucros e, portanto, menos capitalizadas, as firmas tendem a reduzir os investimentos, o que no médio prazo pode afetar também a eficiência técnica.

Adotando o referencial teórico da ECT, Mello e Paulillo (2009) verificaram que os citricultores paulistas que fizeram parte da amostra daquele estudo não possuem inabilidade para coordenar suas transações de venda de laranja. Verificou-se alinhamento entre os atributos das transações e as estruturas de governança adotadas pelos citricultores. As transações de venda de laranja para a indústria, que possuem alto nível de especificidade (temporal, locacional e ativo dedicado), eram, em sua grande maioria, coordenadas por contratos. Já as transações de venda para canais que comercializam a fruta *in natura* (barracões, intermediários, varejo e mercado institucional), que por sua vez possuem menor nível de especificidade, eram, em sua maioria, coordenadas no mercado spot. Concluiu-se que os citricultores adotam estruturas de governança que

⁵² Para Williamson (1991), existem cinco tipos de especificidade: i) especificidade locacional; ii) especificidade de ativos físicos; iii) especificidade de ativos humanos; iv) especificidade de ativos dedicados e v) especificidade temporal.

⁵³ Neste caso, quase-renda pode ser definida como a diferença entre o valor do ativo específico na presente transação e o valor deste mesmo ativo específico em outra transação (PERRY, 1989). Como é difícil reempregar o ativo em outra transação devido à sua especificidade, tal diferença tende a ser grande.

minimizam os custos de transação. Portanto, são eficientes na comercialização da laranja (MELLO; PAULILLO, 2009).

Em estudo com uma amostra de avicultores em Bangladesh, Begum et al. (2012) constataram que a participação dos avicultores em um arranjo contratual de longo prazo coordenado por uma grande agroindústria processadora aumenta significativamente os índices de eficiência técnica, alocativa e econômica das propriedades rurais. O modelo *tobit* estimado pelos autores mostrou que, tudo o mais mantido constante, 1% de aumento no número de fazendas operando com contratos aumentaria as eficiências técnica, alocativa e econômica em 0,05%; 0,09% e 0,14% respectivamente. O arranjo contratual analisado pelos autores é muito semelhante ao arranjo de coordenação vigente na cadeia agroindustrial de carne de frango do Brasil, no qual as agroindústrias fornecem insumos, assistência técnica e crédito para seus fornecedores de forma a aumentar seu controle sobre a produção da matéria-prima, bem como incentivar os fornecedores a adotarem novas tecnologias que permitem produzir com maior qualidade (SANTINI; SOUZA FILHO, 2005).

Neste trabalho, tem-se como hipótese que a adoção de contratos de longo prazo para a venda da laranja, acompanhada do recebimento dos preços pré-fixados nos contratos, possuem impacto positivo na eficiência econômica dos citricultores. Dadas as especificidades de ativos destacadas por Mello e Paulillo (2009; 2010), a adoção de contratos constitui uma estrutura de governança mais eficiente para os citricultores em suas transações com indústria processadora. Além disso, se os citricultores de fato receberem os preços pré-determinados, os contratos podem ser considerados mecanismos de gestão de risco de preço (*hedge* de preço). Esses mecanismos melhoram o planejamento financeiro da produção e podem influenciar de forma positiva nos índices de eficiência. O uso de mecanismos de gestão de risco pode ainda trazer outras externalidades positivas, como por exemplo, maior acesso ao crédito rural (CARRER; SOUZA FILHO; VINHOLIS, 2013), que, por sua vez, é importante para viabilizar investimentos e custear a produção.

Adoção de formas plurais de governança na venda da laranja

A adoção de mais de uma governança pela mesma firma para coordenar transações com características semelhantes foi classificada na literatura como formas plurais de governança (BRADACH; ECCLES, 1989). Por exemplo, uma mesma propriedade rural pode adotar contratos para comercializar uma parcela de sua produção

concomitantemente ao uso do mercado spot para comercializar o restante da produção. Vale notar que as formas plurais podem ser adotadas tanto para coordenar as transações de venda do produto, como também para coordenar as transações de compra dos insumos.

Estudos têm analisado essa estratégia de governança, bem como seus principais determinantes e suas potenciais vantagens (BRADACH, 1997; MOLS, 2000; AFFUSO, 2002; HEIDE, 2003; PARMIGIANI, 2007; SILVA; AZEVEDO, 2007; MELLO; PAULILLO, 2010; SCHNAIDER; SAES, 2011; BROOKES; ROPER, 2012; MENARD, 2013; CARRER et al., 2014). As principais vantagens apontadas na literatura para o uso de formas plurais são: i) redução nos custos de transação (MOLS, 2000; AFFUSO, 2002; MELLO; PAULILLO, 2010; SCHNAIDER; SAES, 2011); ii) aproveitamento de sinergias que as diferentes formas de governança podem propiciar (BRADACH; ECCLES, 1989; BRADACH, 1997; BROSSEAU; CODRON, 1997; SCHNAIDER; SAES, 2011; MENARD, 2011; CARRER et al., 2014); iii) melhor planejamento e controle da capacidade produtiva, do suprimento e da distribuição, resultando em maior eficiência produtiva (PARMIGIANI, 2007; PERRIGOT et al., 2009; CARRER et al., 2014); iv) monitoramento mais eficaz dos fornecedores externos com consequente redução da assimetria de informação nas transações (MOLS, 2000; HEIDE, 2003; MENARD, 2011); e v) maior flexibilidade para as firmas atenderem suas demandas (BROSSEAU; CODRON, 1997; SILVA; AZEVEDO, 2007; PERRIGOT et al., 2009; CARRER et al., 2014).

A vantagem de redução nos custos de transação é explicada pela possibilidade de as transações de uma mesma firma diferirem em termos de algum dos atributos transacionais básicos (frequência, incerteza ou especificidade de ativos), sendo que, nesse caso, a adoção de mais de uma estrutura de governança seria a solução mais eficiente para minimizar os custos de transação da firma (MELLO; PAULILLO, 2010). Todas as outras vantagens acima mencionados (ii, iii, iv e v) estão relacionadas à complementaridade que pode existir entre as diferentes estruturas de governança. Há algumas situações em que parte da função de um arranjo contratual pode contribuir para a eficiência de outro arranjo, revelando que, além de serem alternativas, as estruturas de governança podem ser complementares (BROSSEAU; CODRON, 1997; MENARD, 2013). Assim, a adoção de formas plurais pode ser uma estratégia eficiente para a firma coordenar as suas transações devido à possibilidade de explorar as complementaridades e sinergias que as diferentes estruturas de governança oferecem (HEIDE, 2003; MENARD, 2013; CARRER et al., 2014). Por exemplo, uma mesma fazenda pode comercializar uma parcela de sua

produção mediante contratos de longo prazo para minimizar os riscos de preço e mercado (hedge) e, concomitantemente, comercializar o restante da produção no mercado spot, se aproveitando de variações positivas no preço do produto e da flexibilidade característica dessa estrutura de governança.

Conforme exposto, os estudos revisados estabelecem um conjunto de vantagens decorrentes da adoção de formas plurais para as firmas coordenarem as suas transações. É bastante plausível admitir que o aproveitamento dessas vantagens tende a exercer impacto positivo sobre as eficiências técnica e econômica das firmas. No entanto, apenas os estudos de Botti et al. (2009) e Perrigot et al. (2009) investigaram empiricamente o efeito da adoção de formas plurais sobre a eficiência produtiva de um conjunto de firmas utilizando-se de métodos quantitativos. Ambos os autores trabalharam com amostras de hotéis franceses e verificaram relação positiva entre o uso de formas plurais e a eficiência operacional das firmas analisadas.

No âmbito da citricultura paulista, Mello e Paulillo (2010) verificaram que os citricultores empregam, simultaneamente, diferentes formas de governança (contratos e mercado spot, quase-integração e contratos, integração vertical e contratos etc) em suas transações de venda de laranja. Além de empregarem diferentes formas de governança, os citricultores também atendem simultaneamente a diferentes canais de distribuição (agroindústria processadora, *packing houses*, intermediários, varejistas e mercado institucional). Do total de 83 citricultores da amostra daquele estudo, 54 adotaram apenas uma forma de governança e 29 adotaram formas plurais. A forma plural mais utilizada pelos citricultores foi a combinação de contratos a termo com o mercado spot, sendo que todos os citricultores que adotaram formas plurais comercializavam com mais de um canal de distribuição (diversificação de canais de distribuição). O principal determinante para a adoção das formas plurais foi a existência de diferentes atributos nas transações (especificidade de ativos, incerteza e frequência) para os diferentes canais de distribuição com os quais os citricultores comercializaram (agroindústria, intermediários, *packing houses*, varejo e mercado institucional). Por exemplo, as transações com a agroindústria processadora possuem maior especificidade de ativos, ocorrem com maior frequência e são marcadas por grande incerteza e assimetria de informações, o que torna a governança contratual mais eficiente. Já as transações com outros canais de comercialização são, em sua maioria, menos frequentes, possuem menor incerteza e menor especificidade de ativos, o que torna o mercado spot a governança mais eficiente. Assim, o citricultor que

decidir vender para os dois canais de comercialização deve adotar formas plurais para coordenar as transações.

Mello e Paulillo (2010) constataram ainda que o volume de laranja comercializado e o preço médio recebido por caixa de laranja estão inversamente relacionados à adoção de formas plurais. Citricultores de grande porte, por conseguirem ofertar quantidades maiores de laranja para a agroindústria processadora, comercializam toda a sua produção com esse canal de distribuição por meio de contratos, nos quais recebem preços mais altos do que a média do mercado. Essa última evidência empírica coloca em dúvida a contribuição do uso de formas plurais para aumentar a eficiência econômica das propriedades citrícolas do Estado de São Paulo.

O presente estudo inova ao testar a adoção de formas plurais como um possível determinante das eficiências técnica e econômica de propriedades rurais. Conforme exposto, o conjunto de estudos revisados estabelece vários benefícios decorrentes dessa estratégia de governança. Contudo, não foram encontrados estudos que testaram o efeito da adoção de formas plurais sobre o desempenho técnico e econômico de propriedades rurais. Silveira et al. (2014), em análise sobre o uso de formas plurais nas transações entre pecuaristas e frigoríficos brasileiros, sugerem inclusive que sejam procedidos testes dessa ordem para enriquecer e dar maior robustez à teoria.

Não está estabelecida uma hipótese clara a respeito da relação entre a estratégia da adoção de formas plurais e as eficiências técnica e econômica das propriedades citrícolas. Por um lado, a teoria mostra que a adoção de formas plurais pode trazer diversos benefícios para as firmas, quais sejam: sinergias, redução de riscos, maior flexibilidade para atender diferentes demandas, menores custos de transação e monitoramento, redução da assimetria de informações etc. É evidente que esses benefícios podem contribuir significativamente para ganhos de eficiência técnica e econômica. Por outro lado, Mello e Paulillo (2010), em estudo aplicado à citricultura paulista, constataram o recebimento de preços mais baixos pelos citricultores que adotaram formas plurais na venda da laranja. O recebimento de preços mais baixos, por sua vez, afeta negativamente a eficiência de lucros das propriedades rurais.

Adoção de contratos de terceirização da mão-de-obra e de capital

Em seu clássico trabalho, Coase (1937) já havia destacado quais são os determinantes e os principais benefícios da terceirização dos fatores de produção. Apesar de não ter utilizado o termo terceirização, o autor percebeu que quando os processos de produção e coordenação dentro da firma começavam a ficar demasiadamente complexos,

os custos de recorrer ao mercado seriam mais baixos do que os custos de produzir internamente. Assim, seria vantajoso recorrer ao mercado sempre que o custo marginal de produzir o produto internamente fosse maior do que os custos de comprar o produto no mercado (preço do produto mais custos de transação). Portanto, a decisão de terceirizar determinados processos produtivos poderia reduzir os custos (de produção e coordenação interna) e aumentar a eficiência das firmas.

Picazo-Tadeo e Reig-Martínez (2005) encontraram forte relação entre o processo de terceirização da mão-de-obra e do capital e a eficiência técnica de propriedades citrícolas da Espanha. Conforme já mencionado, as firmas que disponibilizam os serviços de mão-de-obra e a locação do maquinário podem se especializar na oferta destes serviços, atender diversas propriedades simultaneamente e, em decorrência disso, operar com retornos crescentes de escala. Esses retornos crescentes podem ser repassados para os citricultores sob a forma de preços mais baixos na locação dos fatores de produção. Os citricultores também não precisam mais gerenciar a mão-de-obra em atividades complexas (colheitas, podas, pulverizações, aplicações de fertilizantes, etc), o que reduz custos de monitoramento e coordenação interna. Além dessas vantagens, ainda é possível que os citricultores operem outro negócio ou ofertem mão-de-obra em outros mercados como forma de obter renda complementar.

Paulillo (1999) discutiu as estratégias de terceirização no complexo agroindustrial citrícola do Estado de São Paulo. O autor constatou que grande parcela das agroindústrias processadoras de suco realizava a terceirização de atividades nos setores de recursos humanos, manutenção e colheita. Os principais benefícios identificados foram o maior tempo para pensar no negócio principal e a redução de custos administrativos e burocráticos. Quanto à produção de laranja, o autor menciona que o processo de terceirização começou a ganhar força em 1995 com o surgimento das cooperativas de mão-de-obra rural. Em um primeiro momento, essas cooperativas estavam vinculadas à agroindústria processadora, a qual, após a extinção do contrato-padrão, transferiu para os citricultores as responsabilidades e os custos de colheita. Entretanto, a partir de setembro de 1995, começaram a surgir cooperativas de mão-de-obra rural fora do controle industrial. Neste sentido, a articulação de interesses entre os citricultores e as cooperativas de trabalhadores poderia proporcionar os benefícios da terceirização para ambas as partes: redução de custos e maior agilidade no processo produtivo para os produtores vis-à-vis maior autonomia e flexibilidade para os trabalhadores rurais.

Dragone (2003) analisou as formas de organização da produção e as decisões de terceirização na citricultura dos Estados de São Paulo e Flórida. O autor identificou uma diversidade de formas organizacionais na produção de citrus na Flórida, com destaque para os *caretakers* (terceirizadores de serviços), que são as firmas responsáveis por ofertar serviços de gestão, comercialização, tratos culturais, assistência técnica e maquinário para os citricultores. Essas firmas são de fundamental importância para os citricultores de pequeno (0 a 40 ha) e médio porte (40 a 400 ha), visto que conseguem propiciar economias de escala que não eram alcançadas sem a terceirização de parte da produção (DRAGONE et al, 2002). No Estado de São Paulo, não há tantas formas organizacionais como na Flórida, o que pode reduzir a viabilidade econômica de propriedades de pequeno e médio porte devido à subutilização de fatores de produção fixos (maquinário e equipamentos agrícolas). Tais fatores apontam para a necessidade do melhor desenvolvimento de firmas e cooperativas que prestem serviços de terceirização para os citricultores paulistas (DRAGONE, 2003).

Apesar de os estudos de Paulillo (1999) e Dragone (2003) terem discutido os possíveis problemas e benefícios da terceirização dos fatores de produção na citricultura paulista, não foram procedidos testes empíricos acerca do impacto da terceirização sobre a eficiência das propriedades citrícolas. No presente estudo, espera-se encontrar relação positiva entre o nível de terceirização dos fatores de produção e as eficiências técnica e econômica das propriedades. Espera-se também que a terceirização seja mais importante para determinar as eficiências técnica e econômica das pequenas e médias do que das grandes propriedades.

Adoção de ferramentas de tecnologia da informação

Diversos estudos ressaltaram a baixa difusão de ferramentas de tecnologia da informação (TI) para a gestão de propriedades rurais (ZIJP, 1994; LOWENBERG-DeBOER, 1996; OHLMER et al., 1998; KUHLMANN; BRODERSEN, 2001). A adoção de uma nova tecnologia pelos agricultores é influenciada por fatores sócio-econômicos, características estruturais da propriedade rural, características da tecnologia, características do produtor e fatores institucionais (FEDER, 1993; SOUZA FILHO, 1997; KUHLMANN; BRODERSEN, 2001; SOUZA FILHO et al., 2011; VINHOLIS, 2013; CARRER et al., 2013). À medida que alguns produtores adotam uma nova tecnologia, eles podem aproveitar-se dos benefícios marginais proporcionados pela tecnologia, obtendo ganhos de produtividade que, se associados a reduções nos custos médios de produção, aumentam a eficiência econômica das propriedades.

A difusão de ferramentas de TI tem o potencial de auxiliar os agricultores no processo de tomada de decisões, influenciando na alocação de recursos e, conseqüentemente, na eficiência das propriedades rurais (ROGOOR et al, 1998; WILSON et al., 2001). Por exemplo, o acompanhamento do mercado pela internet permite que os agricultores obtenham, a um baixo custo, informações em tempo real sobre os preços relativos dos fatores de produção e dos produtos agropecuários. O conhecimento perfeito dos preços e da tecnologia de produção e de suas variações ao longo do tempo é determinante para o planejamento da produção e para a escolha das demandas ótimas pelos fatores e do nível ótimo de produção, conforme pressuposto pela teoria microeconômica. Por sua vez, sistemas gerenciais de controle de custos e produtividade também são fundamentais para os agricultores monitorarem e otimizarem o uso e a alocação dos recursos de produção, o que tende a se refletir em maior eficiência operacional.

Ferramentas de TI também podem facilitar a coordenação e o monitoramento dos processos produtivos dentro das propriedades rurais, reduzindo os custos de transação internos à firma.⁵⁴ Além disso, tais ferramentas são importantes para aumentar a coordenação, reduzir a assimetria de informações e, conseqüentemente, os custos de transação entre as firmas de uma mesma cadeia de produção agroindustrial (KUHLMANN; BRODERSEN, 2001).

Nos setores de manufatura e serviços é bastante alta a difusão de ferramentas de TI para auxiliar os processos técnicos (tecnologias de processamento de materiais) e gerenciais (tecnologias de processamento de informações) das firmas, existindo evidências empíricas de impacto positivo e estatisticamente significativo do uso de tais ferramentas sobre os índices de eficiência técnica e econômica (BRYNJOLFSSON; HITT, 2000; SHAO; LIN, 2002; BECKER et al., 2003). Muitas vezes, o uso dessas ferramentas gera ainda outras externalidades positivas, como por exemplo, inovações na estrutura organizacional das empresas. Essas inovações organizacionais são complementares às ferramentas de TI e só se tornaram viáveis a partir do uso de tais ferramentas (BRYNJOLFSSON; HITT, 2000).⁵⁵

⁵⁴ Custos de coordenação interna, de obtenção de informações e de monitoramento das atividades produtivas de uma firma são exemplos de custos de transação internos à firma.

⁵⁵ O arranjo organizacional “*home - office*”, adotado em diversos setores de atividade econômica, é um bom exemplo de inovação organizacional complementar ao desenvolvimento e à adoção de ferramentas de TI. Esse arranjo só é viável devido à redução nos custos de informação e monitoramento obtidos a partir do desenvolvimento de ferramentas de TI.

Apesar da baixa difusão, existem diversas ferramentas de TI aplicadas a sistemas de produção agropecuários. Dentre essas ferramentas, podem-se mencionar desde simples planilhas eletrônicas para custeio e outras atividades gerenciais até tecnologias mais avançadas, como por exemplo, sistemas integrados de gestão e técnicas de agricultura de precisão⁵⁶ (ZIJP, 1994; KUHLMANN; BRODERSEN, 2001; FRANCISCO; PINO, 2002). Mesmo que apresentem características diferentes, pressupõe-se, de uma forma geral, que a adoção das ferramentas de TI resulte em melhorias na gestão das propriedades rurais e, conseqüentemente, em ganhos de eficiência. É importante destacar ainda que os potenciais resultados positivos decorrentes do uso de ferramentas de TI estão condicionados às características de capital humano (agricultores e de seus funcionários), bem como à forma como eles utilizam as tecnologias para organizar as informações e tomar as decisões (ROUGOOR et al., 1998).

Seguindo o modelo teórico de Rougoor et al. (1998), Trip et al. (2002) construíram quatro variáveis gerenciais baseadas: (i) na qualidade do estabelecimento de objetivos, (ii) na qualidade do planejamento da produção, (iii) na qualidade da coleta e monitoramento de resultados operacionais e (iv) na qualidade da evolução do desempenho da firma. Com base em dados de produtores de flores da Holanda, os autores constataram que aqueles produtores com maior qualidade na coleta e monitoramento de dados e na evolução do desempenho operacional de suas firmas operavam com maiores índices de eficiência técnica.

Chang e Mishra (2011) analisaram a eficiência técnica e seus determinantes na produção de leite nos EUA. Os autores utilizaram uma variável que mensurava se as atividades produtivas eram monitoradas por meio de sistemas informatizados e outra variável que captava se as atividades produtivas eram automatizadas. As duas variáveis apresentaram sinal positivo e significância estatística no modelo econométrico estimado pelos autores, comprovando a relação positiva entre ferramentas de gestão e eficiência técnica.

⁵⁶ Kuhlmann e Brodersen (2001) apresentam as características e potencialidades de um sistema integrado de gestão aplicado à agropecuária. A partir de dados da produção, de preços relativos e do comportamento do mercado, esse sistema auxilia a tomada de decisões dos agricultores. Os autores ainda discutem os motivos para a baixa difusão destes sistemas. Já as técnicas de agricultura de precisão consistem em realizar geo-referenciamento da propriedade rural para analisar as características específicas do solo, da produção e da produtividade em cada espaço específico da fazenda. A partir disso, são aplicadas quantidades de insumos de acordo com as demandas de cada parcela da propriedade e o monitoramento da produção passa a ser feito de forma bastante detalhada. A adoção dessas técnicas pressupõe sistemas de informação bastante avançados. Os principais benefícios são redução no uso de insumos, ganhos de eficiência técnica e econômica e melhor controle da produção (LOWENBERG-DeBOER, 1996).

No que tange à citricultura paulista, Paulillo (2006) menciona que é cada vez mais comum o uso de ferramentas de TI pelos citricultores que estão mais preocupados com a organização da produção. Segundo o autor, as ferramentas são utilizadas para auxiliar desde o controle do estoque de insumos, trocas de peças nos tratores, inspeção de pragas, situação de cada talhão quanto a pragas e condições do solo, controle sobre a área roçada e pulverizada, até a organização da folha de pagamentos e controle de custos de produção. No entanto, há escassez de estudos que testaram a relação entre o uso de ferramentas de gestão e a eficiência de propriedades rurais, tanto na citricultura, como também em outras atividades agropecuárias no Brasil.

O presente estudo inova ao testar a relação entre o uso de ferramentas de TI (aplicadas à gestão) e as eficiências técnicas e econômicas de propriedades rurais. Tem-se, como hipótese de pesquisa, que há uma relação positiva entre a adoção de ferramentas de TI⁵⁷ e os índices de eficiência técnica e econômica das propriedades rurais.

Uso de assistência técnica e consultorias de gestão

A variável assistência técnica é frequentemente utilizada para explicar diferenciais de eficiência entre propriedades rurais, sendo que estudos encontraram relação positiva e estatisticamente significativa entre essas variáveis (WILSON et al., 2002; HELFAND; LEVINE, 2004; SOLÍS et al., 2007, 2009; CEYHAN; HAZNECI, 2010; CHANG; MISHRA, 2010). Agricultores que recebem informação e acompanhamento de técnicos capacitados possuem maior probabilidade de adotarem técnicas corretas para o manejo dos fatores fixos e variáveis de produção, o que, por sua vez, afeta diretamente a eficiência técnica da produção.

O melhor conhecimento das técnicas de produção facilita, ainda, na escolha e na substituição dos fatores variáveis utilizados em cada ano safra. Por exemplo, no caso de tecnologias de produção não caracterizadas por proporções fixas entre os fatores, os técnicos podem auxiliar os agricultores na substituição de um fator variável por outro quando da alteração nos preços relativos dos mesmos.

A principal limitação no uso da variável assistência técnica consiste na dificuldade em avaliar a qualidade da assistência. Muitos agricultores recebem assistência de técnicos ligados às indústrias fornecedoras de insumos que podem possuir apenas interesses

⁵⁷ Serão analisadas diferentes ferramentas de TI, como por exemplo, uso de internet para acompanhar o mercado, uso de planilhas eletrônicas de custeio, uso de sistemas integrados de gestão, uso de técnicas de agricultura de precisão, entre outras. No método do trabalho explica-se o processo de construção das variáveis.

comerciais. Nestes casos, a assistência técnica pode até reduzir a eficiência (VICENTE, 2004; MAGALHÃES et al., 2011). Em que pese essa limitação, espera-se encontrar relação positiva entre o recebimento de assistência técnica e a eficiência técnica das propriedades citrícolas.

Já o auxílio por meio de consultorias de gestão pode auxiliar os agricultores no processo de comercialização de insumos e produto, na tomada de decisões estratégicas e na identificação de alternativas para investir (ou reinvestir) seus recursos/lucros. Assim como no caso da assistência técnica, é extremamente difícil avaliar a qualidade das consultorias de gestão recebidas pelos agricultores. Apesar dessa limitação, também se pressupõe relação positiva entre o recebimento de consultorias de gestão e a eficiência econômica das propriedades.

Objetivo que direciona a gestão da firma

Para construir seus modelos de análise, a microeconomia neoclássica assume que os empresários objetivam maximizar seus lucros. Para tal, quando a firma é tomadora de preços, eles alocam os fatores de produção de acordo com seus preços relativos e escolhem o nível de produção de máximo lucro da firma. No caso de firmas com poder de fixação do preço de venda, este é escolhido com o mesmo objetivo de maximizar os lucros da firma.⁵⁸

Esse postulado da teoria microeconômica tradicional tem sido criticado por outras vertentes da teoria econômica que acreditam que os empresários possuem outros objetivos centrais, como por exemplo, aumentar a participação no mercado, maximizar o lucro no longo prazo, sobreviver no mercado, manter o poder da tecnoestrutura, gerar inovações, entre outros (TIGRE, 2005). Nesses casos, talvez a firma não busque a eficiência econômica no curto prazo, podendo até operar abaixo da fronteira. No longo prazo, após atingir seus objetivos, poderia então maximizar seu lucro e operar sobre a fronteira de eficiência econômica.

Rougoor et al. (1998) enfatizam que os objetivos que direcionam a gestão das firmas são importantes para determinar os índices de eficiência das mesmas. Os autores inclusive ressaltam a importância de testes empíricos sobre a relação entre eficiência e objetivos de gestão. Wilson et al. (2001) verificaram que os agricultores ingleses que tinham na maximização de lucro o principal objetivo de gestão eram tecnicamente mais eficientes do que aqueles que tinham outros objetivos. Ademais, as fronteiras de eficiência

⁵⁸ Independentemente da estrutura de mercado, a condição de primeira ordem necessária para o máximo lucro é que a receita marginal se iguale ao custo marginal.

econômica são construídas sobre o pressuposto de maximização de lucros/minimização de custos. Portanto, espera-se que aqueles citricultores que têm na maximização do lucro o principal objetivo de sua gestão sejam economicamente mais eficientes do que aqueles que não possuem esse objetivo principal.

Escolha de diferentes canais de comercialização

Conforme mencionado no capítulo 2 do presente trabalho, uma das estratégias que podem ser adotadas pelos citricultores é a diversificação dos canais de comercialização para a venda da laranja. Essa estratégia possibilita que o citricultor mantenha relacionamento comercial com agentes econômicos de diferentes canais de distribuição, os quais demandam o produto em períodos distintos e adotam estratégias de negociação também díspares. A estratégia de diversificação dos canais de comercialização é uma forma de reduzir os riscos de dependência de um único tipo de comprador, podendo ser considerada uma estratégia de *hedge* feita pelo citricultor.

Diante dos crescentes conflitos existentes entre citricultores e indústria processadora, comercializar uma parcela da produção com outros canais de distribuição pode ser vantajoso para o citricultor. Em períodos em que os preços do produto nos diferentes canais apresentem diferenças e que o citricultor possua frutas que atendam às demandas dos canais, ele pode aproveitar-se do diferencial de preços. Além disso, ao ter diferentes compradores, pode-se barganhar melhor no momento da venda do produto conseguindo preços mais altos.

É importante destacar que, para diversificar seus canais de distribuição, o citricultor precisa de uma estrutura fixa de produção com talhões que possuam diferentes variedades de laranja, com períodos de safra distintos e diferentes características de qualidade. Essa diversificação da estrutura produtiva pode resultar em custos de produção mais altos, uma vez que algumas variedades demandam tratamentos culturais diferenciados. Ademais, fica evidente que no curto prazo não é possível alterar essa estrutura fixa de produção para atender aos dois grandes mercados existentes (indústria e mesa), sendo a diversificação de canais de comercialização uma estratégia de longo prazo.

Com base em uma amostra de 120 citricultores do Estado de São Paulo, Paulillo et al. (2007) verificaram que a dificuldade na escolha de diferentes canais de comercialização é um dos principais entraves organizacionais para os citricultores. Os autores verificaram que 90% da produção de laranja dos citricultores que fizeram parte da amostra do estudo foram comercializadas com a indústria processadora. Essas transações são caracterizadas por alta assimetria informacional e reduzido poder de

negociação dos citricultores (PAULILLO et al., 2007), ficando evidente que a estratégia de diversificar canais de comercialização pode ser uma alternativa eficiente para os citricultores. De fato, utilizando a mesma amostra de citricultores, Souza Filho e Paulillo (2005) constataram que comercializar toda a produção com a indústria processadora tem influência negativa na eficiência de lucro das propriedades rurais. Portanto, aqueles citricultores que direcionam parcelas da produção (ou toda a produção) para outros canais de comercialização podem aumentar seus lucros.

No presente estudo, tem-se como hipótese que citricultores que comercializam sua fruta com diferentes canais de distribuição são economicamente mais eficientes do que aqueles que comercializam a totalidade de sua safra com a indústria processadora.

Diversificação da produção rural

Segundo Penrose (1974), a diversificação da produção compreende incrementos na variedade de produtos finais, na integração vertical e no número de áreas básicas de produção nas quais a firma opera. Na agropecuária, é comum encontrar firmas que produzem diferentes tipos de produtos compartilhando um conjunto de fatores de produção que são complementares aos processos produtivos. Neste sentido, Oliveira Filho et al. (2014) definem a diversificação na produção agropecuária como uma estratégia de alocação de ativos produtivos entre diferentes explorações geradoras de renda. Por exemplo, um agricultor pode utilizar os mesmos ativos fixos (principalmente tratores, implementos e benfeitorias) e humanos para produzir diferentes produtos na mesma fazenda. Nesse caso, além da otimização no uso dos fatores que são comuns aos diferentes processos de produção, é possível reduzir também o risco de dependência de uma única atividade. Ao escolher as atividades em que irá operar, o agricultor deve buscar a minimização do risco do retorno total de seu portfólio de atividades agropecuárias, buscando, por exemplo, atividades que apresentem ciclos de preços com correlação baixa ou negativa (COELLI; FLEMING, 2004; MCNAMARA; WEISS, 2005; OLIVEIRA et al., 2014).

De acordo com McNamara e Weiss (2005), os produtores rurais tendem a diversificar a produção buscando duas principais vantagens: redução de risco de preço e ganhos de eficiência. O risco de preço pode ser minimizado quando o produtor escolhe um portfólio de produtos com preços pouco correlacionados (ou negativamente correlacionados), estabilizando assim sua renda agrícola ao longo do tempo. Já os ganhos de eficiência estão associados às possíveis economias de escopo, cuja ocorrência pode ser explicada pelo melhor uso de fatores de produção complementares em fazendas com

diversificação na produção. Pode-se, por exemplo, reduzir a subutilização de fatores de produção quando é produzido mais de um produto na mesma propriedade rural. Funcionários e ativos fixos podem ser alocados em diferentes culturas e utilizados com maior eficiência quando há diversificação, resultando, assim, em economias de escopo.

Com o objetivo de testar hipótese relacionada à diversificação na agropecuária, alguns estudos empíricos investigaram a relação entre diversificação e eficiência das propriedades rurais (COELLI; FLEMING, 2004; WU; PRATO, 2006; RAHMAN, 2008; MANJUNATHA et al., 2013). Coelli e Fleming (2004) analisaram a diversificação na produção de agricultores de Papua Nova Guiné. Os autores encontraram efeito positivo da diversificação sobre os índices de eficiência técnica das propriedades rurais. O principal argumento utilizado para explicar o resultado foi o melhor uso de mão de obra e esforços gerenciais, que, em propriedades com maior diversificação, são mais bem distribuídos entre as atividades ao longo do ano. Wu e Prato (2006) analisaram a relação entre a diversificação na produção de propriedades rurais do Missouri-EUA e seus índices de eficiência técnica, alocativa e de custo. Os autores constataram que a diversificação da produção apresentou impacto negativo sobre as eficiências alocativa e de custo. A principal explicação para tal seriam os ganhos decorrentes da especialização do trabalho em propriedades com uma única (ou poucas) atividades agropecuárias. Rahman (2008) estudou a relação entre diversificação e eficiência de propriedades rurais em Bangladesh. O autor encontrou forte relação positiva entre a diversificação na produção das propriedades rurais e seus índices de eficiência técnica. Para o autor, a formulação de políticas agrícolas naquele país deveria, necessariamente, estimular a diversificação como uma estratégia de produção rural. Manjunatha et al (2013) analisaram a relação diversificação-eficiência técnica com base em dados de propriedades rurais da Índia. Os autores verificaram que a diversificação tem efeito positivo tanto na eficiência técnica, como também no lucro total das propriedades rurais. Para os autores, é fundamental que a estratégia de diversificação da produção seja mais bem difundida entre os agricultores indianos.

No âmbito da citricultura paulista, Neves (2010) argumenta que uma das alternativas para os agricultores que não estão conseguindo operar com lucros seria a diversificação da produção agropecuária. De fato, em períodos de preços baixos na venda de laranja, como os anos de 2012 e 2013, é bastante razoável esperar que aqueles agricultores com produção diversificada estejam menos expostos ao risco, conseguindo, por exemplo, cobrir os prejuízos da citricultura com possíveis lucros em outras atividades.

Assim, espera-se que propriedades rurais com produção diversificada sejam economicamente mais eficientes do que aquelas focadas exclusivamente na citricultura. Já em relação à eficiência técnica, não há hipótese estabelecida. Por um lado, há possíveis perdas de escala e de foco gerencial quando o agricultor diversifica sua produção. Por outro lado, há possibilidade de aproveitar-se de fatores de produção subutilizados (por exemplo, tratores e funcionários).

3.3.3. Fatores de capital humano e social

Conforme pressuposto pela Nova Economia Institucional (NEI), os agentes econômicos possuem racionalidade limitada⁵⁹, o que, por sua vez, implica na existência de informação assimétrica e na possibilidade de alocação não ótima dos recursos produtivos. Portanto, as características e habilidades dos indivíduos são fundamentais para diferenciar aqueles que conseguem identificar as melhores oportunidades para alocar seus recursos e, portanto, operar de forma mais eficiente em relação àqueles que não conseguem identificar tais oportunidades. O próprio uso correto de ferramentas de gestão para a tomada ótima de decisões está positivamente relacionado com as habilidades e competências gerenciais dos agricultores e/ou administradores das propriedades rurais (ROUGOOR et al. 1998; WILSON et al., 2001).

Na teoria econômica, o conjunto de habilidades, experiências, competências e qualificações dos indivíduos é denominado capital humano. Diante da mesma dotação de máquinas e ferramentas, trabalhadores com maior estoque de capital humano tendem a produzir mais do que aqueles com menor estoque de capital humano. Assim, o capital humano é um dos principais determinantes das produtividades do trabalho e do capital e, portanto, do crescimento econômico propriamente dito (BARRO, 2000). Além do capital humano, os contatos sociais dos agentes econômicos também são importantes para o compartilhamento de informações e o estabelecimento de relações econômicas, que, em última instância, são importantes para determinar possibilidades de alocação de recursos.

Segundo Rougoor et al. (1998), o processo de gestão das propriedades agrícolas é influenciado tanto pelas ferramentas e procedimentos adotados para processar as informações, como também pelas características de capital humano dos agricultores. Portanto, para mensurar a influência da gestão nos índices de eficiência de propriedades

⁵⁹ Racionalidade limitada entendida aqui como o comportamento que objetiva ser racional, mas que apenas consegue sê-lo parcialmente (SIMON, 1972). Ou seja, acredita-se que os agentes econômicos objetivam maximizar seus resultados, contudo, possuem restrições de ordem racional que os impedem de identificar todas as oportunidades e alternativas possíveis para atingir tal objetivo.

rurais, devem-se analisar tanto a adoção de ferramentas de gestão (subseção 3.2.2), como também as características de capital humano dos agricultores. Audibert et al. (2003), por sua vez, evidenciaram a importância de se levar em consideração variáveis de capital social dos agricultores como fatores determinantes da eficiência das propriedades agrícolas. Agricultores com maior conectividade podem obter mais informação sobre processos de produção e variáveis de mercado, gerenciando melhor suas propriedades rurais.

As variáveis que têm sido utilizadas para testar o efeito do capital humano e social são escolaridade do agricultor, experiência na produção rural, acesso à informação, treinamento e qualificação da mão-de-obra e associativismo, conforme apresentadas a seguir.

Escolaridade

Uma das formas de mensurar o conhecimento e, conseqüentemente, o capital humano dos indivíduos é por meio do grau de escolaridade que eles possuem. É provável que agricultores com maior escolaridade compreendam com maior facilidade os processos de produção agropecuários, o que tende a resultar em maior eficiência técnica. A escolaridade tende a impactar também de forma positiva nos processos de escolha ótima dos fatores de produção e de venda do produto final, influenciando a eficiência econômica. A escolaridade é ainda importante para o uso ótimo de ferramentas de gestão na tomada de decisões dos agricultores.

Battese e Coelli (1995) verificaram impacto positivo da escolaridade nos índices de eficiência técnica de agricultores indianos. Coelli e Battese (1996), utilizando uma amostra maior de agricultores indianos, encontraram novamente relação positiva e estatisticamente significativa da escolaridade na eficiência técnica das propriedades rurais. Vicente (2002) estimou índices de eficiência técnica e seus determinantes com base em uma amostra de propriedades rurais no Estado de São Paulo em dois períodos: 1973/74 e 1988/89. Em ambos os períodos analisados, constatou-se que a variável “escolaridade” possui impacto positivo e estatisticamente significativo na eficiência técnica das propriedades. Solís et al. (2007), em estudo com agricultores de Honduras e El Salvador, também encontraram relação positiva e estatisticamente significativa entre a escolaridade e os índices de eficiência técnica das propriedades rurais.

Os estudos de Wadud (2003), Vicente (2004) e Souza Filho e Paulillo (2005) encontraram resultados e apresentaram justificativas semelhantes para a relação entre escolaridade e eficiência alocativa na produção agropecuária. Wadud (2003) verificou

que a variável escolaridade foi importante e significativa para explicar os diferenciais de eficiência alocativa entre as propriedades rurais de Bangladesh que fizeram parte da amostra do estudo. Vicente (2004), em análise sobre eficiência técnica e alocativa na produção agropecuária brasileira, notou que a escolaridade dos agricultores foi a única variável com influência positiva e estatisticamente significativa na eficiência alocativa. Para os autores, agricultores com maior escolaridade possuem maior habilidade para acessar e processar informações sobre os preços relativos dos fatores de produção. Essa maior habilidade, por sua vez, aumenta a probabilidade dos agricultores fazerem escolhas ótimas para a demanda dos fatores e também de identificarem possibilidades de substituição dos fatores durante o processo produtivo.⁶⁰ Souza Filho e Paulillo (2005) também constataram que agricultores com maior escolaridade possuem maior habilidade para alocar os fatores diante de seus preços relativos, o que, por sua vez, impactou de forma positiva na eficiência de lucro das propriedades analisadas pelos autores.

Chang e Mishra (2011) constataram que os produtores de leite norte-americanos que concluíram o ensino superior possuem índices de eficiência técnica maiores do que aqueles que não possuem ensino superior. Esse resultado é consistente com o fato de que a educação aumenta a produtividade do trabalho e do capital (CHANG; MISHRA, 2011). Com base nas evidências teóricas e empíricas apresentadas, espera-se encontrar relação positiva entre a escolaridade dos citricultores e os índices de eficiência técnica e econômica de suas propriedades rurais.

Experiência na produção

Além da escolaridade, o conhecimento também pode ser obtido a partir da experiência acumulada na atividade produtiva (HÉBERT; LINK, 1988). Agricultores com maior tempo de experiência tendem a possuir maior conhecimento acerca das características da cultura, do solo e da tecnologia de produção. Além disso, a experiência na produção é importante para o agricultor alocar de forma ótima seus recursos escassos (BUAINAIN, 1997; BEGUM et al., 2012). Entretanto, agricultores mais experientes possuem maior resistência ao uso de novas técnicas de produção e gestão, o que, por sua vez, contribui de forma negativa para a eficiência produtiva (WADUD; WHITE, 2000; COELLI et al., 2002). Wadud (2003) argumenta que agricultores mais experientes

⁶⁰ Durante o ano-safra vigente (curto prazo), as únicas possibilidades de substituição ocorrem entre os fatores variáveis (trabalho e matérias-primas). Contudo, no longo prazo, o agricultor pode, por exemplo, escolher entre uma propriedade mais intensiva em capital ou uma propriedade mais intensiva em trabalho, a depender do custo de uso do capital e do nível de salários na região.

tendem a ser mais eficientes na combinação ótima dos fatores de produção (eficiência alocativa), à medida que agricultores mais novos e menos experientes são mais propensos à adoção de novas tecnologias, o que tende a torná-los tecnicamente mais eficientes.

Na literatura empírica, há tanto evidências de que a experiência do agricultor exerce impacto positivo nos índices de eficiência da propriedade agropecuária (SHARMA et al., 1999; VICENTE, 2002; SOUZA FILHO; PAULILLO, 2005; BEGUM et al., 2012), como também evidências de relação inversa entre experiência e eficiência (COELLI; BATTESE, 1996; MOSHEIM; LOVELL, 2009; OTITOJU; ARENE, 2010). Nesse estudo, espera-se encontrar relação positiva entre experiência e eficiência alocativa e relação negativa entre experiência e eficiência técnica. Para a eficiência econômica, não há hipótese estabelecida.

Acesso à informação

O acesso a diferentes fontes de informação, em conjunto com a habilidade no uso dessas informações, aumenta a probabilidade de os agentes econômicos identificarem boas oportunidades (BARON, 2007).

Para Rougour et al. (1998), acessar informações técnicas e de mercado é fundamental no processo decisório das propriedades rurais, influenciando diretamente nos desempenhos técnico e econômico das mesmas. Wilson et al. (2001), em estudo com uma amostra de produtores de trigo da Inglaterra, constataram que o acesso a diferentes fontes de informação pelos agricultores possui influência positiva e estatisticamente significativa na eficiência técnica das propriedades rurais. Segundo os autores, as diferentes fontes de informação utilizadas pelos agricultores melhoram consideravelmente o processo de tomada de decisões nas propriedades, o que se reflete em maiores índices de eficiência técnica.

Os citricultores do Estado de São Paulo possuem diferentes fontes de informação que podem auxiliá-los na tomada de decisões, como por exemplo, boletins pagos de mercado, informações públicas de preços e produção disponíveis na internet, jornais e revistas especializados em citricultura, trabalhos científicos relacionados à citricultura, boletins divulgados pelas associações do setor, etc.

Neste contexto, tem-se como hipótese que os citricultores que acessam um maior número de fontes de informação possuem maior probabilidade de tomarem decisões ótimas na gestão da propriedade. Desta forma, espera-se que esses citricultores sejam tecnicamente e economicamente mais eficientes do que aqueles que fazem pouco ou nenhum uso dessas fontes de informação.

Treinamento e qualificação da mão-de-obra

A produtividade do fator mão-de-obra é importante para determinar a eficiência técnica na produção rural. Funcionários que participam com frequência de treinamentos e que possuem maior nível de qualificação tendem a produzir mais do que aqueles menos qualificados. A qualificação da mão-de-obra tende a aumentar não apenas a produtividade do próprio fator de produção, como também a produtividade do fator capital, uma vez que funcionários mais qualificados possuem maior habilidade para operar máquinas e implementos agrícolas.

Carrer et al. (2013) constataram que a qualificação da mão-de-obra rural é um fator determinante para a adoção de sistemas de produção intensivos em tecnologia por pecuaristas de corte do Estado de São Paulo. A adoção de sistemas de produção intensivos em tecnologia, por sua vez, tende a apresentar correlação positiva com a eficiência técnica das propriedades rurais. Portanto, a qualificação da mão-de-obra pode ser importante para determinar a eficiência técnica das propriedades rurais. Yasar et al. (2011) verificaram que a qualificação da mão-de-obra possui impacto positivo sobre a eficiência técnica de um conjunto de firmas de diferentes países.

É bastante plausível pressupor que propriedades rurais com mão-de-obra qualificada sejam tecnicamente mais eficientes do que aquelas que possuem mão-de-obra com baixa qualificação.

Associativismo⁶¹

O associativismo é uma importante ferramenta de aglutinação de interesses e compartilhamento de informações entre os produtores rurais. As associações de classe sempre articulam interesses e buscam recursos de poder. Esses recursos podem variar de uma associação para outra, podendo ser financeiros, políticos, jurídicos, constitucionais, tecnológicos ou organizacionais (PAULILLO, 2007). Vários estudos encontraram correlação positiva entre participação em associações de classe e adoção de inovações tecnológicas na produção rural (SOUZA FILHO, 1997; SOUZA FILHO et al., 1999; CARRER et al., 2013; VINHOLIS, 2013). O uso dessas tecnologias, por sua vez, pode ser importante para determinar diferenciais de eficiência entre propriedades rurais (CHEN et al., 2009; NYARIKI, 2011).

⁶¹ Aqui entende-se como associativismo todos os tipos de associações de classe (Associtrus, por exemplo), pools de citricultores (Montecitrus, por exemplo) e outros grupos que possuam os objetivos de disseminar informações e aglutinar interesses comuns dos seus participantes.

Na citricultura paulista, além das associações de classe formais, existem também alguns *pools* de citricultores dedicados exclusivamente na comercialização de insumos e laranja e na disseminação de informações entre os seus membros. Esses *pools* podem trazer uma série de potenciais benefícios para os citricultores, quais sejam: preço melhor pago pela caixa (até 20% superior ao preço médio da safra); maior taxa de rendimento da fruta para produção do suco (5% superior); possibilidade de arrendar parte da capacidade de esmagamento da indústria (*toll processing*); acesso em comum a serviços de contabilidade, agrônomo, bancário e jurídico; compra por atacado e com preços mais baixos de insumos químicos e participação como acionista do patrimônio do pool (CHALITA, 2005). Esses benefícios tendem a afetar de forma positiva as eficiências técnica e econômica dos citricultores que participam de *pools*.

Em que pese todos os benefícios propiciados pelo associativismo, o grau de coordenação horizontal dos citricultores paulistas é extremamente baixo. A falta de representatividade é, inclusive, um dos problemas que vem afetando negativamente a competitividade da citricultura nos últimos anos (PAULILLO et al., 2007). No atual contexto de conflitos comerciais e da necessidade de alterações na regulação da cadeia citrícola, o associativismo é uma ferramenta de grande valia para os citricultores apresentarem suas demandas institucionais.

Diante das evidências teóricas e empíricas acerca da importância de associações formais e informais, no presente estudo tem-se como hipótese que os citricultores que participam de associações de classe e *pools* possuem maiores índices de eficiência técnica e econômica do que aqueles que não participam destas redes.

3.3.4. Fatores institucionais

Para North (1994), as instituições são restrições construídas pela sociedade que moldam e determinam as interações entre os agentes econômicos. As instituições são formadas por um conjunto de regras formais (leis, normas, constituições, etc.), informais (códigos de conduta, regras de comportamento, etc) e pelas suas características de *enforcement*. Como as instituições fornecem o suporte regulatório, normativo e coercitivo para as relações econômicas e sociais, elas afetam diretamente as decisões dos agentes microeconômicos (consumidores e firmas) e os custos de troca e transformação. Em última instância, o próprio desenvolvimento macroeconômico das nações está diretamente (e positivamente) correlacionado com a qualidade de suas instituições. Países com instituições que fazem valer os direitos de propriedade privada e de troca e que

respeitam a liberdade econômica dos agentes conseguem incentivar as firmas a alocarem seus recursos de forma ótima e continuarem realizando investimentos no longo prazo (NORTH, 1994; KLEIN; LUU, 2003).

Após o trabalho pioneiro de North (1994), estudos se preocuparam em identificar empiricamente a relação entre o ambiente institucional e o desempenho econômico de um conjunto de firmas e/ou países (KLEIN; LUU, 2003; FULGINITI et al., 2004; BOWEN; DECLERCQ, 2008; YASAR et al., 2011). Os estudos citados compartilham do argumento de que as instituições formais (sistema judiciário e regras para fazer negócios, por exemplo) e informais (códigos sociais de conduta comercial, por exemplo) fornecem todas as regras para a operação das firmas e para as relações comerciais entre firmas, determinando, em última instância, as estratégias e os custos de operação e transação desses agentes econômicos. Por exemplo, em um ambiente institucional no qual os contratos sejam totalmente respeitados ou que existam soluções judiciais eficientes para o não cumprimento de contratos, as firmas teriam incentivos para desenvolver estruturas eficientes de alocação de recursos e operariam com baixos custos de produção e transação. Nesse caso, existem incentivos para planejar no longo prazo e para realizar altos volumes de investimentos em ativos permanentes, o que exerce impacto positivo na eficiência técnica e econômica das firmas. Já no caso de não estarem bem estabelecidos os mecanismos de *enforcement* dos contratos, as firmas encontrariam restrições para alocar seus recursos de forma ótima, operando com altos custos de produção e transação e com baixa eficiência.

Zeza e Llambí (2002) desenvolveram um modelo teórico que mostra a influência de filtros institucionais sobre a propagação de políticas macroeconômicas e de incentivos de mercado para os agentes microeconômicos tomadores de decisão. Esses filtros atuam diretamente no canal de transmissão das políticas e incentivos de mercado para as firmas e podem criar entraves ou viabilizar os negócios destas últimas. Existem três níveis de filtros institucionais que afetam os agentes microeconômicos: i) filtros de nível macro, que atuam diretamente no desenho das políticas econômicas (por exemplo, desalinhamento entre as políticas de crédito e de câmbio para uma cadeia de produção exportadora); ii) filtros de nível meso, que atuam na transmissão/propagação da política (por exemplo, altos custos de transação e captura de renda resultantes de assimetria de poder de barganha nas transações entre os agentes – agricultores e agroindústria) e iii) filtros de nível micro, que atuam no âmbito da tomada de decisões dos agricultores (por exemplo, dificuldades de alterar o canal de comercialização do produto agrícola). Os

filtros institucionais podem aumentar consideravelmente os custos de transação e alterar a estrutura de incentivo das políticas econômicas, fazendo com que agentes econômicos homogêneos sejam afetados de forma distinta pela mesma política e/ou incentivo de mercado. Na citricultura está instaurado um ambiente de assimetria informacional e de poder de mercado, o que, por sua vez, aumenta consideravelmente os custos de transação para um conjunto de citricultores e pode criar entraves na organização da produção e comercialização da laranja para esses agricultores (PAULILLO et al., 2007). Aqueles citricultores que estão em um ambiente com maior assimetria informacional e que são mais diretamente afetados por condutas anticompetitivas praticadas pela indústria compradora de laranja têm menores incentivos para alocar seus recursos de forma ótima, alcançando, possivelmente, resultados não ótimos do ponto de vista da eficiência. Os próprios benefícios econômicos de políticas agrícolas destinadas a citricultores podem ser “capturados” pelo oligopsonio industrial, gerando uma ineficiência de mercado.

O modelo teórico desenvolvido por Zezza e Llambí (2002) é muito útil para estabelecer as hipóteses acerca dos fatores institucionais, visto que esse modelo ressalta a importância desses fatores (ou filtros) para a tomada de decisões e alocação de recursos produtivos pelas firmas, ou seja, estabelece uma relação entre instituições e eficiência das firmas. Os fatores institucionais determinantes das eficiências técnica e econômica das propriedades rurais analisados neste estudo são: ocorrência de problemas contratuais na venda da laranja, percepção de *enforcement* nos contratos comerciais, formação de expectativas com relação ao futuro da citricultura, acesso à política de crédito rural e acesso à política de garantia de preços mínimos.

Ocorrência de problemas contratuais na venda da laranja

A cadeia produtiva do suco de laranja é caracterizada por elevado grau de concentração industrial e alto poder de organização da agroindústria processadora frente a milhares de citricultores com pouco ou nenhum poder de mercado e com baixa capacidade de organização (PAULILLO, 2006; MELLO, 2008). Historicamente, são comuns as queixas de citricultores sobre o não cumprimento de contratos, alteração dos parâmetros pré-determinados nos contratos e discriminação de preços, o que, por sua vez, estaria influenciando negativamente a viabilidade econômica da atividade citrícola.

De acordo com Paulillo (2006), após a extinção do contato padrão em 1995, houve aumento no poder de barganha e na capacidade de a agroindústria processadora determinar parâmetros de contratos de compra da laranja. Figueiredo et al. (2013) constataram que a agroindústria possui poder de influenciar os preços da laranja (preços

da indústria causam, no sentido de Granger, os preços ao produtor) e também de repassar com maior intensidade as quedas às altas no preço do suco de laranja para os citricultores (assimetria na transmissão dos preços). Os fatos mencionados são bastante críticos para a eficiência econômica dos citricultores, principalmente daqueles que são afetados por tais condutas anticompetitivas.

Uma das possíveis formas de captar o exercício de poder de mercado pela indústria é verificando a ocorrência de quebras contratuais e/ou alterações nos parâmetros pré-definidos dos contratos de compra da laranja. Em ambos os casos, o *enforcement* dos contratos, que é determinado pelas leis contratuais (ambiente judiciário) e normas de conduta dos agentes (instituições informais), assume papel de fundamental importância para o desempenho econômico dos citricultores. Em um ambiente institucional caracterizado por leis contratuais pouco rígidas e normas de conduta de não cumprimento dos contratos, é evidente que o *enforcement* dos contratos será frouxo, facilitando as condutas anticompetitivas e influenciando negativamente na eficiência econômica das propriedades citrícolas afetadas por tais condutas. Esses citricultores podem fazer todo o planejamento da produção esperando o recebimento de um preço pré-determinado pelo contrato e, no momento de entregar a laranja para a indústria, receber um preço mais baixo. Há, ainda, o caso mais grave de a indústria já ter garantido seu suprimento com laranja de seus pomares próprios e recusar-se a receber a laranja contratada, configurando-se quebra contratual. Em ambas as possibilidades expostas, é notório o impacto negativo das condutas anticompetitivas na eficiência econômica dos citricultores possivelmente afetados.

A ocorrência de problemas contratuais é um tipo de filtro institucional que aumenta consideravelmente os custos de transação para os citricultores, gerando, possivelmente, problemas de alocação ótima dos recursos (ineficiência alocativa). Os citricultores que não foram afetados por esses problemas possuem maiores incentivos de mercado para alocar seus recursos de forma ótima e continuar operando na atividade. Souza Filho e Paulillo (2005) constataram empiricamente a influência negativa de problemas contratuais com o comprador (indústria) sobre a eficiência econômica de propriedades citrícolas. Portanto, estabelece-se a hipótese de que os citricultores que foram afetados por problemas contratuais na venda da laranja (pagamento de preços diferentes dos preços pré-determinados, recebimento de quantidade inferior à contratada, atraso no recebimento da fruta, não recebimento da fruta, etc.) são economicamente menos eficientes do que aqueles que não foram afetados por tais problemas. Assim, se

corroborada a hipótese construída acerca desse fator determinante, verificar-se-á que as condutas anticompetitivas adotadas pela indústria processadora exercem influência negativa sobre a eficiência econômica das propriedades citrícolas.

Percepção de enforcement dos contratos

Yasar et al. (2011), em análise sobre a influência das instituições no desempenho técnico e econômico de um conjunto de firmas, construíram uma variável que captava a percepção das firmas com relação ao cumprimento e aos direitos de propriedade dos seus contratos de negócios. Para tal, os autores apresentavam a seguinte afirmação para as firmas: “Tenho confiança de que o sistema judiciário garantirá meus direitos contratuais e de propriedade em caso de disputas comerciais”. A partir de tal afirmação, as firmas deveriam atribuir uma nota de concordância de 1 a 6, em que: 1. Discordo plenamente; 2. Discordo na maioria dos casos; 3. Discordo parcialmente; 4. Concordo parcialmente; 5. Concordo na maioria dos casos; 6. Concordo plenamente (YASAR et al., 2011, p. 650). A partir desta variável e de outras variáveis de controle (tamanho da firma, montante de investimentos em P&D, nível de internacionalização, qualificação da mão-de-obra, etc.), os autores adotaram modelos de regressão com variáveis instrumentais para captar o impacto do ambiente institucional sobre o desempenho das firmas. A hipótese central do estudo é a de que instituições que fazem valer os direitos de propriedade e o *enforcement* dos contratos incentivam a adoção de arranjos contratuais e o estabelecimento de relações comerciais entre os agentes, reduzindo custos de transação e aumentando a probabilidade de as firmas tomarem decisões ótimas de produção. Todos os modelos econométricos estimados pelos autores apresentaram os resultados esperados, corroborando fortemente com a hipótese estabelecida.

No presente estudo, também espera-se encontrar relação positiva entre a percepção de *enforcement* nos contratos e a eficiência econômica das propriedades rurais. Citricultores com a percepção de que terão seus direitos preservados em caso de disputas comerciais possuem maiores incentivos para adotar contratos de compra de insumos e venda de laranja, aproveitando-se de suas potenciais vantagens (*hedge* de preço, redução de custos de transação, melhor planejamento da produção, etc). Ademais, esses citricultores também têm maiores incentivos para investir na produção citrícola, que é caracterizada por retornos no médio prazo, do que aqueles não acreditam no *enforcement* dos contratos.

Formação de expectativas com relação ao futuro da citricultura

Conforme já discutido no presente estudo, os últimos quatro anos foram marcados por preços baixos e crescentes conflitos entre citricultores e indústria processadora de suco. Desenhou-se um cenário de desconfiança para uma parcela de citricultores que foram afetados pelo recebimento de preços abaixo dos custos variáveis médios, pelo atraso no pagamento dos contratos, pelo não recebimento das frutas, por perdas de produção em decorrência de problemas fitossanitários, etc. No entanto, nem todos os citricultores passaram por esses problemas. Existem citricultores que, nesse período de crise, operaram com contratos de venda de longo prazo, nos quais receberam preços acima dos preços de mercado. Esses citricultores possuem também relacionamento comercial diferenciado com a indústria, obtendo vantagens comerciais que o restante dos produtores não obtém. Ademais, alguns citricultores foram menos afetados por problemas fitossanitários e operam com custos de produção mais baixos do que a média do setor.

É bastante plausível esperar que os citricultores que foram afetados pelos problemas acima mencionados formaram expectativas desfavoráveis com relação ao futuro da citricultura. Conforme já explorado por Keynes (1936) em seu clássico trabalho, empresários com expectativas desfavoráveis retraem seus investimentos na atividade produtiva. Investimentos mais baixos tendem a reduzir a eficiência técnica e, por consequência, a produção da firma conforme seus ativos forem se deteriorando.

Pressupõe-se que aqueles citricultores que formaram expectativas desfavoráveis com relação ao futuro da atividade estão retraindo seus investimentos na citricultura e operando de forma menos eficiente do que aqueles que ainda possuem expectativas favoráveis e/ou neutras com relação ao futuro da atividade.

Acesso à política de crédito rural

A principal política agrícola vigente no Brasil é a política de crédito rural. A oferta do crédito rural é feita com taxa de juros subsidiada pelo governo federal, que, no ano-safra 2012/2013, foi de 6,75% ao ano para as principais linhas de custeio e investimento. Os recursos do crédito rural oficial são limitados por produtor, sendo que cada produtor rural pode tomar emprestado, no máximo, R\$ 650.000 para o custeio da produção por ano safra. Os limites para as diferentes linhas de investimento são variáveis e podem ser consultados no Plano Agrícola e Pecuário 2012/2013 (MAPA, 2013). A política de crédito rural é operacionalizada pelos bancos públicos e privados, os quais repassam os recursos do crédito aos produtores rurais.

O acesso ao crédito rural tem o potencial de reduzir a limitação orçamentária dos produtores, possibilitando a compra em proporções ótimas dos insumos variáveis, bem como a adoção de novas tecnologias intensivas em capital (HOFF; STIGLITZ, 1993; FEDER, 1993; DIAGNE et al., 2000). O modelo teórico proposto por Jensen (1986) assume que os benefícios relacionados à obtenção do crédito criam incentivos para as firmas quitarem suas obrigações de forma a conseguirem novos empréstimos. Esses incentivos resultam em esforços para ganhos de eficiência produtiva, o que tende a se refletir em uma maior eficiência das firmas que operam com crédito.

Para Davidova e Latruffe (2007), o processo de avaliação (*screening*) dos produtores rurais feito pelas instituições financeiras tende a resultar em uma maior concessão dos recursos do crédito rural para produtores tecnicamente mais eficientes, uma vez que esses produtores são vistos pelas instituições como mutuários de menor risco. Carrer et al. (2013), em estudo com bovinocultores de corte no Estado de São Paulo, constataram que, de fato, as instituições financeiras se preocupam em reduzir o risco de suas operações de crédito rural, selecionando produtores com maior intensidade em tecnologia e com menor probabilidade de inadimplência. Esses produtores são, possivelmente, tecnicamente e economicamente mais eficientes.

Alguns estudos empíricos encontraram relação positiva entre acesso ao crédito rural e eficiência na produção agropecuária (NASR et al., 1998; GIANNAKAS et al., 2001; SOLÍS et al., 2007; BACKMAN et al., 2011). Cabe mencionar que, apesar das evidências teóricas e empíricas acerca da importância do crédito como um determinante da eficiência na produção agropecuária, os benefícios associados ao uso do crédito rural estão fortemente correlacionados com a utilização correta dos recursos financeiros pelos produtores rurais. O uso dos recursos emprestados para propósitos diferentes daqueles pré-estabelecidos nos contratos de crédito afeta consideravelmente os riscos da operação para as instituições financeiras e a capacidade de pagamento do produtor. Essa situação é conhecida na literatura econômica como risco moral. Em casos de ocorrência de risco moral, é esperado que o crédito não tenha efeito positivo sobre a eficiência técnica, podendo, inclusive, afetá-la de maneira negativa no médio prazo. Ademais, em períodos de crise de preços dos produtos agropecuários, propriedades rurais que operam alavancadas no crédito estão expostas à possibilidade de inadimplência e à execução das garantias pelos credores, o que pode comprometer negativamente a eficiência econômica dessas propriedades. Nesse sentido, Jensen e Meckling (1976) destacam que as instituições financeiras tendem a repassar os custos de monitoramento dos empréstimos

para os mutuários. Portanto, quanto maior o nível de endividamento do agricultor, maiores seriam seus custos financeiros, o que, por sua vez, pode ter efeito negativo sobre a eficiência produtiva.

No presente estudo, espera-se que o acesso à política de crédito rural tenha efeito positivo sobre a eficiência na produção citrícola.

A Tabela 11 sintetiza as hipóteses construídas para os fatores determinantes das eficiências técnica e econômica das propriedades rurais.

Tabela 11. Fatores determinantes das eficiências técnica e econômica das propriedades rurais.

FATORES ESTRUTURAIS	Relação esperada*
Tamanho da propriedade	+/-
Adoção de irrigação	+
Fertilidade do solo	+
Incidência de doenças	-
Adensamento do pomar	+
Idade das plantas	-
FATORES GERENCIAIS	
Adoção de contratos de venda	+
Adoção de formas plurais de governança	+/-
Terceirização dos fatores de produção	+
Adoção de ferramentas de TI	+
Objetivo de gestão (maximizar lucro)	+
Uso de assistência técnica e consultoria	+
Uso de diferentes canais de comercialização	+
Diversificação da produção rural	+/-
FATORES DE CAPITAL HUMANO E SOCIAL	
Escolaridade	+
Experiência na agricultura	+/-
Acesso à informação	+
Qualificação da mão de obra	+
Associativismo	+
FATORES INSTITUCIONAIS	
Problemas contratuais	-
Percepção de <i>enforcement</i> dos contratos	+
Formação de expectativas na atividade	+
Acesso ao crédito rural	+

* Para as variáveis com sinal +/-, não há hipótese clara com relação ao seu efeito sobre a eficiência e/ou espera-se relação ambígua (efeito positivo na eficiência técnica e efeito nulo e/ou negativo na eficiência econômica, por exemplo).

4. MÉTODOS

Esse capítulo está dividido em três seções. Na primeira seção apresentam-se os modelos de análise de eficiência adotados para estimar as fronteiras de produção, custo e lucro. A segunda seção apresenta o critério de amostragem e faz uma descrição da amostra de propriedades citrícolas analisadas. A terceira seção apresenta as variáveis utilizadas para as estimativas econométricas das fronteiras de eficiência e dos determinantes das eficiências.

4.1 MODELOS DE ANÁLISE DE EFICIÊNCIA

O estudo empírico consiste em estimar fronteiras de eficiência técnica, de custo e de lucro para uma amostra de propriedades rurais (unidades de tomada de decisão com produção citrícola), bem como identificar os determinantes dos diferenciais de eficiência entre as propriedades. Para tal, podem ser utilizados modelos paramétricos (estatísticos) ou não paramétricos (matemáticos). Os primeiros ainda se dividem em modelos paramétricos de fronteira determinística ou estocástica, sendo que os modelos de fronteira estocástica, propostos pioneiramente por Aigner et al. (1977) e Meeusen e van den Broeck (1977), dominaram a literatura microeconômica de análises de eficiência. Por sua vez, dentre os modelos não paramétricos, o modelo de análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), desenvolvido a partir de Charnes et al. (1978), tem sido amplamente adotado em análises de eficiência. A principal característica desse modelo é o uso de ferramentas de programação linear para o cálculo dos índices de eficiência das firmas sem que seja imposta forma funcional para a tecnologia de produção e distribuição para os resíduos. Contudo, ao não estimar parâmetros associados à tecnologia de produção, o modelo DEA pode produzir resultados pouco confiáveis do ponto de vista teórico que não poderão ser diretamente observados pelo pesquisador. Além disso, todos os desvios das firmas com relação à fronteira calculada pelo DEA são tratados como ineficiência das firmas da amostra.

Os modelos paramétricos de fronteira estocástica possibilitam que as propriedades teóricas em torno da tecnologia de produção sejam examinadas a partir dos parâmetros estimados, o que não é possível de ser feito em modelos não paramétricos. Ademais, os modelos paramétricos de fronteira estocástica dividem o termo de erro das funções econométricas em duas parcelas: uma parcela relacionada à ineficiência da firma propriamente dita e uma segunda parcela relacionada a erros de especificação ou eventos aleatórios. Nesses modelos, o termo de erro não é totalmente classificado como

ineficiência da firma, o que consiste em um bom avanço em relação ao DEA e a outros modelos determinísticos. Devido a esses fatores, no presente estudo optou-se pela adoção de modelos paramétricos de fronteira estocástica para analisar a eficiência técnica e econômica na produção citrícola. A seguir, explica-se melhor a lógica dos modelos de fronteira estocástica.

4.1.1. Modelos paramétricos de fronteira estocástica

Os modelos paramétricos de fronteira estocástica utilizam a estatística/econometria para construir as fronteiras de eficiência, realizando-se estimativas de parâmetros associados às funções especificadas pelo analista (função de produção, custo ou lucro). Nesses modelos assumem-se, *a priori*, formas funcionais para as fronteiras de produção, custo e lucro, conforme descritas na seção 3.2 deste trabalho. A imposição de formas funcionais tem a vantagem de permitir que sejam analisadas, além da eficiência das firmas, outras características da tecnologia de produção, como por exemplo, elasticidades parciais da produção, retornos e economias de escala, e elasticidades de substituição de fatores. A análise dessas características também é de grande interesse para o presente estudo.

A partir da imposição de determinada forma funcional (Cobb-Douglas ou translog, por exemplo), os modelos de fronteira estocástica utilizam procedimentos estatísticos de máxima verossimilhança⁶² para estimar os parâmetros das fronteiras, as quais representam a máxima eficiência que as firmas da amostra poderiam operar.⁶³

Nas análises de eficiência, a principal preocupação do analista é com o termo de erro da fronteira estimada, ou seja, com os desvios das firmas em relação à máxima eficiência representada pela fronteira, que, conforme já mencionado, são divididos em ineficiência e eventos aleatórios. Ao especificar o modelo a ser utilizado, é necessária, além da imposição de uma forma funcional microeconômica, a escolha de alguma distribuição específica para o termo de erro, o que é alvo de crítica dos autores que utilizam abordagens não paramétricas (que não demandam pressuposições em torno do modelo). Na literatura econométrica, são encontradas quatro possíveis distribuições para os resíduos: distribuição meia-normal (*normal-half-normal*), distribuição truncada-

⁶² Estudos recentes têm utilizado a estatística bayesiana para estimar fronteiras de eficiência. Contudo, no presente estudo serão utilizados procedimentos de máxima verossimilhança, deixando, para o leitor interessado em procedimentos bayesianos, a sugestão de leitura de Greene (2008).

⁶³ Vale lembrar que no caso da fronteira de custo, a máxima eficiência que uma firma pode operar consiste no custo mínimo permitido pela tecnologia de produção e diante dos preços dos fatores.

normal (*truncated-normal*), distribuição exponencial (*normal-exponential*) e distribuição gamma (*normal-gamma*), sendo que cada uma dessas distribuições pode produzir resultados diferentes para a ineficiência das firmas (GREENE, 2008).

Com base em dados de firmas da indústria de geração de energia elétrica norte-americana, Greene (2008) estimou fronteiras de custo Cobb-Douglas adotando as distribuições meia-normal, exponencial e gama para testar as possibilidades de diferenças nos resultados de eficiência das firmas. Os resultados dos diferentes modelos apresentaram alta correlação entre os índices de ineficiência das firmas (entre 0,94 e 0,99), bem como valores muito semelhantes para a ineficiência média da amostra, o que indica que, na prática, a escolha de diferentes distribuições para os resíduos pode não alterar significativamente os resultados do modelo. De fato, Coelli et al. (1998) já haviam alertado para essa questão, mencionando que a escolha da distribuição dos resíduos não é tão fundamental quanto parece.

Supondo um único produto e vários fatores de produção, a função de fronteira estocástica de produção pode ser descrita como:

$$y_i = f(x_i; \beta) e^{(v_i - u_i)} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (71)$$

que pode ser linearizada e transformada em:

$$\ln(y_i) = f(x_i; \beta) + v_i - u_i \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (72)$$

em que y_i denota a produção da i -ésima firma; f é uma função de produção apropriada para representar a tecnologia de produção (por exemplo, Cobb-Douglas ou translog); x_i é um vetor de logaritmos das quantidades físicas dos fatores de produção utilizados pela firma; β é um vetor de parâmetros da função de produção a serem estimados; v_i é um termo de erro aleatório, independente e identicamente distribuído (i.d.d.); u_i é o termo de erro não negativo com distribuição meia-normal⁶⁴ associado à ineficiência técnica da i -ésima firma e i denota a i -ésima das N firmas da amostra. Supõe-se que v_i e u_i são independentes.

A medida de eficiência técnica da i -ésima firma é então definida pela razão entre a produção observada e a máxima produção possível para a sua dotação de fatores, especificada pela fronteira estocástica de produção, e, quanto mais próxima de um, maior a eficiência técnica da firma. Assim, tem-se que:

$$TE_i = y_i / y_i^* = f(x_i; \beta) e^{(v_i - u_i)} / f(x_i; \beta) e^{(v_i)} = e^{(-u_i)} \quad (73)$$

⁶⁴ Foram testadas diferentes distribuições para os resíduos nas estimativas econométricas do presente estudo. Contudo, diante das semelhanças nos resultados, optou-se pela distribuição meia-normal, amplamente utilizada na literatura.

A estimativa econométrica do índice de eficiência/ineficiência das firmas envolve estimar um conjunto de parâmetros associados aos fatores de produção e o termo de erro, sendo a ineficiência calculada a partir desse termo de erro. No modelo com distribuição meia-normal para os resíduos, desenvolvido por Aigner et al. (1977), pode-se escrever a função de densidade de v_i como:

$$f_v(v_i) = N[0, \sigma_v^2] = (1/\sigma_v)\phi(v_i/\sigma_v), -\infty < v_i < \infty \quad (74)$$

e

$$u_i = |U_i| \text{ em que } f_U(U_i) = N[0, \sigma_u^2] = (1/\sigma_u)\phi(U_i/\sigma_u), -\infty < U_i < \infty \quad (75)$$

em que ϕ denota uma função de densidade normal padrão. A função de densidade resultante para u_i pode então ser descrita como:

$$f_u(u_i) = [1/\Phi(0)](1/\sigma_u)\phi(u_i/\sigma_u), 0 \leq u_i < \infty \quad (76)$$

em que $\Phi(\cdot)$ é uma função de densidade cumulativa normal padrão. Normalmente, assume-se que o termo de erro simetricamente distribuído (v_i) é normal, o qual pode ser escrito por $f(v_i) = N[0, \sigma_v^2]$. O resultado final da função de densidade do termo inteiro de erro ($\varepsilon_i = (v_i - u_i)$) pode então ser representado como:

$$f_\varepsilon(\varepsilon_i) = \frac{2}{\sqrt{2\pi(\sigma_u^2 + \sigma_v^2)}} \left[\Phi \left(\frac{-\varepsilon_i(\sigma_u/\sigma_v)}{\sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}} \right) \right] \exp\left(\frac{-\varepsilon_i^2}{2(\sigma_u^2 + \sigma_v^2)}\right) \quad (77)$$

Os parâmetros de variância do modelo são normalmente parametrizados em termos de:

$$\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma^2 \quad (78)$$

$$\gamma = \frac{\sigma^2}{\sigma_s^2} \quad (79)$$

em que o parâmetro γ apresenta valor entre zero e um e, quanto mais próximo de um, maior a representatividade da ineficiência das firmas (u_i) para o termo inteiro de erro do modelo (ε_i). Por outro lado, quando $\gamma = 0$, as firmas estão operando sobre a fronteira e o modelo se reduz a um modelo tradicional de produção sem o termo de ineficiência (u_i). A partir da parametrização dos termos de variância, pode-se reescrever (77) como:

$$f_\varepsilon(\varepsilon_i) = \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \phi\left(\frac{\varepsilon_i}{\sigma}\right) \left[\Phi\left(\frac{-\varepsilon_i\lambda}{\sigma}\right) \right] \quad (80)$$

A estimativa dos parâmetros do modelo de fronteira estocástica (β , σ_u , σ_v e outros) pode ser feita por meio de procedimentos estatísticos de máxima verossimilhança. A função de máxima verossimilhança para o modelo com distribuição meia normal é escrita como:

$$\ln L(\alpha, \beta, \sigma, \lambda) = -N \ln \sigma - \text{constante} + \sum_i^N \left\{ \ln \Phi \left[\frac{-\varepsilon_i \lambda}{\sigma} \right] - \frac{1}{2} \left[\frac{\varepsilon_i}{\sigma} \right]^2 \right\} \quad (81)$$

A maximização da função de máxima verossimilhança e a estimativa dos parâmetros do modelo pode ser feita por diversos softwares estatísticos e econométricos, com por exemplo, FRONTIER 4.1, LIMDEP, Stata, R e outros. No presente estudo, utilizaram-se os softwares LIMDEP 10.0 (Econometric Software) e R (*package frontier*) para realizar as análises econométricas de eficiência.

Após a estimativa dos parâmetros do modelo, o valor de u_i (ineficiência da i -ésima firma) é finalmente obtido a partir da expectativa condicional de u_i diante do termo inteiro de erro ε_i . Battese e Coelli (1993) mostraram que a eficiência técnica da i -ésima firma pode ser obtida a partir da seguinte expressão:

$$TE_i = E[\exp(-u_i) | \varepsilon_i] = \exp(-\mu_* + \frac{1}{2} \sigma_*^2) \left(\frac{\Phi\left[\frac{\mu_*}{\sigma_*} - \sigma_*\right]}{\Phi\left(\frac{\mu_*}{\sigma_*}\right)} \right) \quad (82)$$

Para identificar como as variáveis estruturais, gerenciais, institucionais e de capital humano/social (“variáveis z ”⁶⁵) podem influenciar na produção e eficiência das firmas existem, basicamente, dois approaches metodológicos (COELLI et al., 1998; GREENE, 2004, 2008; HENNINGSEN, 2014). O primeiro approach consiste em incluir tais variáveis diretamente na função de produção e interpretar os coeficientes estimados como fatores que determinam a posição da fronteira e, conseqüentemente, que afetam o conjunto de possibilidades de produção das firmas. Assumindo que z seja um vetor de variáveis que afetam a fronteira de produção das firmas, tem-se que:

$$\ln y = \beta' \ln x_i + \alpha' z_i + v_i - u_i \quad (83)$$

em que β' são os parâmetros estruturais associados aos fatores de produção (terra, trabalho, capital e insumos/matéria-prima) e α' são os parâmetros associados às “variáveis z ” (estruturais, gerenciais, institucionais e de capital humano e social) que afetam a posição da fronteira e, conseqüentemente, as possibilidades de produção das firmas. A equação (83) é utilizada para analisar o efeito das “variáveis z ” sobre a fronteira de produção das firmas. Assim, têm-se o efeito de variáveis exógenas sobre a fronteira que determina o nível máximo de produção das firmas, indicando, por sua vez, quais são os fatores que podem contribuir para deslocamentos (positivos ou negativos) no conjunto de possibilidades de produção das firmas.

⁶⁵ O termo “variáveis z ” (*z-variables*) é utilizado na literatura para classificar variáveis não tratadas como fatores de produção, mas que também podem afetar a posição das fronteiras e os índices de eficiência técnica e econômica das firmas. Na seção 3.3 do presente trabalho foram construídas hipóteses em torno dessas variáveis.

O segundo approach metodológico, cuja utilização tem sido maior em estudos empíricos, faz com que o termo de erro associado à ineficiência das firmas (u_i) esteja diretamente em função de um vetor de “variáveis z ”. Os autores de alguns estudos empíricos seminais construíam novas regressões para identificar os determinantes da ineficiência das firmas a partir dos índices de ineficiência resultantes da equação (82). Ou seja, regressava-se as estimativas obtidas para a variável u_i contra um vetor de variáveis explicativas em um segundo estágio de análise. O grande problema dessas análises é que, para estimar o modelo de fronteira estocástica, assume-se que o termo de ineficiência (u_i) é independente e identicamente distribuído (i.i.d.). Entretanto, no segundo estágio de estimativas, é necessário fazer com que essa mesma variável esteja em função de um vetor de variáveis explicativas, o que reflete uma clara contradição.

Para solucionar esse problema metodológico, Battese e Coelli (1993; 1995) desenvolveram um modelo que estima os índices de ineficiência e seus determinantes em um único estágio. Nesse modelo, o termo de ineficiência u assume uma distribuição normal truncada positiva com um parâmetro constante de escala σ_u^2 e um parâmetro μ que depende de um vetor adicional de variáveis explicativas (determinantes dos diferenciais de eficiência/ineficiência). Assim, a partir da equação (72) é acrescentado um vetor de variáveis z para explicar os diferenciais de eficiência entre as firmas da amostra:

$$u \sim N^+(\mu, \sigma_u^2) \text{ com } \mu = \delta z \quad (84)$$

em que z_i é um vetor de variáveis determinantes da ineficiência (e, conseqüentemente, da eficiência) das firmas e δ é um vetor de parâmetros associados às variáveis determinantes da ineficiência/eficiência que devem ser estimados. Esses parâmetros dos fatores determinantes da ineficiência também são estimados por meio de procedimentos de máxima verossimilhança (BATTESE; COELLI, 1995). Nesse caso, verifica-se diretamente como as “variáveis z ” afetam os índices de ineficiência técnica das firmas (e não a posição da fronteira). Portanto, ao adotar o modelo de Battese e Coelli (1995), pode-se tratar os coeficientes das “variáveis z ” como determinantes dos diferenciais de eficiência entre as firmas.

É possível ainda calcular o efeito marginal das “variáveis z ” sobre a eficiência técnica das firmas. Essa medida mostra o efeito de unidades adicionais da “variável z ” sobre o índice de eficiência técnica da firma. Tomando a primeira derivada do índice de eficiência com relação a z , tem-se:

$$\frac{\partial TE}{\partial z} = (1 - \gamma) \left(\frac{\phi\left(\frac{\mu_* - \sigma_*}{\sigma_*}\right) e^{-\frac{\mu_* + \frac{1}{2\sigma_*^2}}}}{\sigma_* \Phi\left(\frac{\mu_*}{\sigma_*}\right)} - \frac{\Phi\left(\frac{\mu_* - \sigma_*}{\sigma_*}\right) \phi\left(\frac{\mu_*}{\sigma_*}\right) e^{-\frac{\mu_* + \frac{1}{2\sigma_*^2}}}}{\sigma_* (\Phi\left(\frac{\mu_*}{\sigma_*}\right))^2} - \frac{\Phi\left(\frac{\mu_* - \sigma_*}{\sigma_*}\right) e^{-\frac{\mu_* + \frac{1}{2\sigma_*^2}}}}{\Phi\left(\frac{\mu_*}{\sigma_*}\right)} \right) \frac{\partial \mu}{\partial z} \quad (85)$$

Cabe destacar que, após o desenvolvimento do modelo de um estágio para identificar fatores determinantes da ineficiência das firmas, esse approach metodológico passou a ser amplamente adotado na literatura. Ademais, foram desenvolvidos novos modelos de único estágio com diferentes imposições sobre a média e a distribuição em torno do termo de ineficiência (ALVAREZ et al., 2006). Devido à sua ampla adoção na literatura empírica, no presente estudo optou-se pela utilização do modelo tradicional de Battese e Coelli (1995) para identificar os determinantes das eficiências técnica e econômica das propriedades rurais.

Supondo que as firmas objetivam minimizar seu custo total de produção e que há informações disponíveis sobre os preços pagos pelos fatores, pode-se definir a função de fronteira estocástica de custo como:

$$\ln c_i = C(y_i; w_i; \beta) + v_i + u_i \quad i=1, 2, \dots, N. \quad (86)$$

em que c_i é o custo total de produção da i -ésima firma; $C(\cdot)$ é uma função custo apropriada (Cobb-Douglas ou translog, por exemplo); y_i é o logaritmo da produção da i -ésima firma; w_i é o vetor de logaritmos dos preços pagos pelos fatores de produção; β é o vetor de parâmetros a serem estimados; v_i é o termo de erro aleatório e u_i é o termo de erro não negativo associado à ineficiência de custo da i -ésima firma. É importante notar que o termo de ineficiência é adicionado à fronteira de custo (ao invés de ser subtraído, como no caso da fronteira de produção), uma vez que a fronteira representa o custo mínimo que a firma poderia operar.

Os parâmetros da fronteira de custo também são obtidos por meio de procedimentos de máxima verossimilhança, que consistem em encontrar o menor custo possível para cada nível de produção e preço dos fatores (GREENE, 2008). A medida de eficiência de custo da i -ésima firma pode então ser obtida pela razão entre o custo mínimo representado pela fronteira (com $u_i = 0$) e o custo da firma, que resulta em:

$$EE_i = e^{-u_i} \quad (87)$$

A medida de eficiência econômica de custo (EE) também irá apresentar valores entre zero e um, sendo que a unidade representa uma firma eficiente, isto é, que minimiza o custo total para os preços dos fatores e o nível de produção escolhido. No caso da eficiência em custo, o componente de ineficiência (u_i) ainda pode ser dividido em duas partes: uma parte relacionada à ineficiência técnica e uma segunda parte associada à

ineficiência alocativa. Separar essas duas parcelas em estimativas econométricas de fronteiras de custo tem sido um desafio para os econométricos.⁶⁶ Como o foco principal do presente estudo é estimar índices de eficiência e identificar seus determinantes, não há necessidade de entrar nesse mérito.

Assim como no caso da ineficiência técnica, pode-se incluir um vetor de variáveis determinantes da posição da fronteira de custo ou adotar o modelo de estágio único proposto por Battese e Coelli (1995) para identificar fatores determinantes da eficiência/ineficiência de custo das firmas.

Se o objetivo da firma for maximizar seu lucro, pode-se definir a fronteira estocástica de lucro como:

$$\ln \pi_i = \pi(p_i, w_i, \beta) + v_i - u_i \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (88)$$

em que π_i é o lucro total da i -ésima firma; $\pi(\cdot)$ é uma função de lucro apropriada; p_i é o preço de venda da caixa de laranja; w_i é o vetor de preços dos fatores de produção; β é o vetor de parâmetros da função lucro a serem estimados; v_i é o termo de erro aleatório e u_i é o termo de erro não negativo associado à ineficiência de lucro da i -ésima firma. Os parâmetros são estimados por meio de procedimentos de máxima verossimilhança e também é possível acrescentar um vetor de variáveis determinantes da ineficiência de lucro das firmas da amostra.

4.2. AMOSTRA

Realizou-se uma pesquisa de campo para a coleta de dados primários junto a uma amostra de citricultores com propriedades rurais localizadas no Estado de São Paulo, tal que permitisse a aplicação dos modelos de eficiência. Segundo dados do LUPA (2008), na safra 2007/2008 existiam 20.720 unidades de produção agropecuárias (UPAs) destinadas à produção de laranja no Estado de São Paulo.⁶⁷ A Figura 9 mostra a distribuição geográfica dessas UPAs.

Para construir a amostra de propriedades rurais do presente estudo, foram selecionados dois conjuntos de municípios (circulados em vermelho na Figura 9) que concentram uma grande parcela de citricultores e da produção de laranja do Estado:

⁶⁶ O desafio de separar a ineficiência de custo em ineficiência técnica e alocativa é também classificado como problema de Greene. Neste aspecto, o método não paramétrico (DEA) apresenta uma grande vantagem, uma vez que não há problemas para fazer essa separação naquele modelo.

⁶⁷ Neves (2010) apresenta dados da CitrusBR para 2009, em que o número de produtores é de 12.627 no cinturão citrícola. CONAB/CATI/IEA (2014) apresentam um número de 10.100 citricultores para a safra 2013/2014. Em que pesem essas informações mais recentes, os dados do LUPA são censitários e publicamente disponíveis para o conjunto dos municípios do estado de São Paulo; por isso, foram utilizados para a construção da amostra de propriedades rurais.

45,2% do total de UPAs e 36,04% do total da área plantada (Tabela 12). Optou-se por selecionar apenas dois conjuntos de municípios, ao invés de obter uma amostra para todo o Estado, para reduzir custos e tempo de coleta, considerando a necessidade de entrevistas presenciais. Os municípios selecionados estão localizados na região Central, na região Sul e na região Norte do cinturão citrícola, conforme classificação de Neves (2010) com base em dados da produção de laranja e na localização das indústrias processadoras de suco de laranja. Vale destacar que essas regiões são conhecidas como as regiões tradicionais do cinturão citrícola, uma vez que a citricultura paulista se desenvolveu pioneiramente nessas regiões.

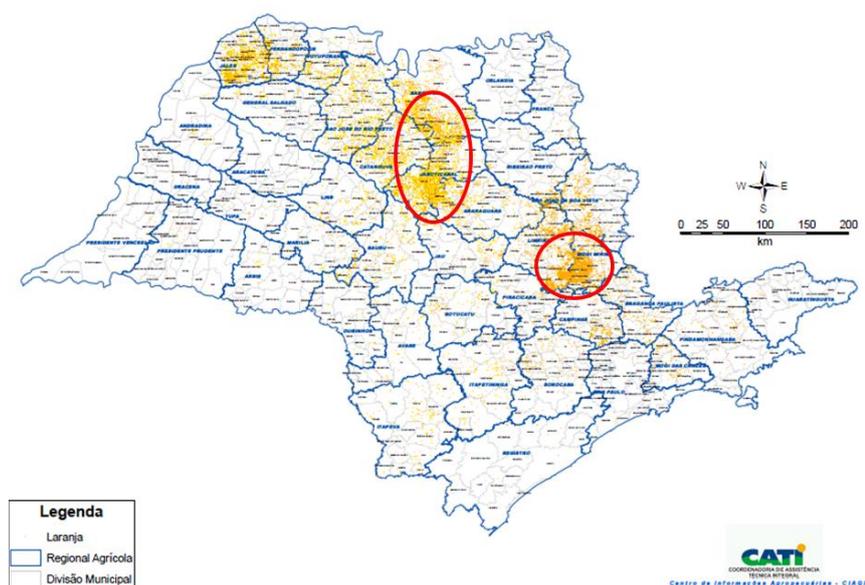


Figura 9. Distribuição geográfica das unidades de produção de laranja no Estado de São Paulo.

Fonte: LUPA (2008).

Para calcular o tamanho da amostra, adotou-se o critério de amostragem aleatória simples.⁶⁸ Com um erro amostral de 10% e um nível de confiança de 95%, é necessário obter uma amostra de 97 UPAs. Vale destacar que, a partir de dados mais recentes, como aqueles apresentados em Neves (2010) e CONAB/CATI/IEA (2013), pode-se verificar uma queda considerável no número de propriedades citrícolas no Estado de São Paulo

⁶⁸ A fórmula utilizada para o cálculo do tamanho mínimo necessário da amostra é: $n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{E^2 \cdot (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$ em que n é o tamanho da amostra; Z é a abscissa da curva normal padrão, fixado um nível de confiança; N é o tamanho da população; E é o erro amostral admitido, expresso em decimais; p é a estimativa verdadeira da proporção de um dos níveis da variável escolhida, sendo que normalmente adota-se o valor de 0,5 para p quando não se tem essa informação e q = 1-p.

nos últimos seis anos. Portanto, a representatividade da amostra deste estudo, calculada a partir de dados do LUPA (2008), tende a ser muito maior para o período atual.

Para selecionar os produtores da amostra e realizar as entrevistas, foram obtidas listas de citricultores junto às associações de classe, sindicatos rurais e empresas de apoio da cadeia citrícola (fornecedores de insumos, cooperativas de citricultores e instituições financeiras). A partir dessas listas, os citricultores foram sorteados aleatoriamente e contatados pelo entrevistador. No caso de recusa ou outra impossibilidade de se realizar a entrevista com o citricultor, procurou-se obter a indicação de outro próximo da sua propriedade.

Tabela 12. Número de UPAs destinadas à produção de laranja e área de laranja plantada nos municípios selecionados para a amostra do estudo.

MUNICÍPIO	UPAs		Área	
	Número	%/total do Estado	Hectare	%/total do Estado
Itápolis	1.412	6,81	31.671,40	4,27
Limeira	1.219	5,88	15.810,00	2,13
Tabatinga	690	3,33	14.359,10	1,94
Mogi Mirim	598	2,89	10.428,60	1,41
Artur Nogueira	502	2,42	4.847,50	0,65
Conchal	502	2,42	9.394,10	1,27
Bebedouro	404	1,95	18.053,20	2,44
Taquaritinga	352	1,70	7.537,90	1,02
Borborema	345	1,67	9.361,40	1,26
Araras	296	1,43	8.441,50	1,14
Ibitinga	292	1,41	13.584,30	1,83
Piraçununga	280	1,35	12.012,10	1,62
Monte Azul Paulista	276	1,33	9.662,60	1,30
Engenheiro Coelho	267	1,29	4.204,40	0,57
Pirangi	215	1,04	2.366,20	0,32
Barretos	200	0,97	16.638,30	2,24
Mogiguaçu	182	0,88	17.580,70	2,37
Outros *	1.338	6,45	61.235,70	8,26
TOTAL	9.370	45,22	267.189,00	36,04

* Estão incluídos os municípios de Matão, Gavião Peixoto, Taiacu, Taiúva, Taquaral, Cajobi, Monte Alto, Paraíso, Embaúba, Mogi Guaçu, Cosmópolis, Holambra e Cordeirópolis.

Fonte: LUPA (2008).

Durante a realização da pesquisa de campo, obteve-se uma amostra de 100 propriedades rurais. No entanto, devido a inconsistências em algumas informações, duas propriedades foram excluídas da amostra. Assim, a amostra final consistiu em 98 propriedades rurais com produção citrícola localizadas nas regiões Central, Sul e Norte da fronteira citrícola do Estado de São Paulo. A Tabela 13 apresenta a localização

geográfica das propriedades rurais que fizeram parte da amostra do presente estudo. As entrevistas para a coleta de dados foram realizadas de forma presencial junto aos proprietários e/ou gerentes das propriedades no período de janeiro a outubro de 2014. Os dados coletados referem-se ao ano safra 2013/14 (*cross section*).⁶⁹

Tabela 13. Distribuição geográfica das propriedades rurais da amostra do estudo.

Município	UPAs	% do total
Itápolis	15	15,3%
Ibitinga	12	12,2%
Conchal	11	11,2%
Araras	9	9,2%
Aguai	8	8,2%
Mogi Mirim	8	8,2%
Bebedouro	7	7,1%
Barretos	5	5,1%
Limeira	5	5,1%
Monte Azul Paulista	4	4,1%
Engenheiro Coelho	3	3,1%
Mogi Guaçu	3	3,1%
Outros	8	8,2%
Total	98	100%

Vale destacar que também foram aplicados cinco questionários semi-estruturados junto a agentes-chave (representantes de associações de classe de citricultores e da indústria, especialistas de mercado e agentes de apoio) para a coleta de informações de caráter qualitativo que auxiliaram na elaboração do questionário estruturado aplicado aos citricultores e na interpretação posterior dos resultados.

4.3. VARIÁVEIS DE ANÁLISE

Para coletar as informações necessárias à construção das fronteiras de eficiência e identificação dos fatores determinantes das eficiências, elaborou-se um questionário estruturado com 82 questões, o qual foi aplicado presencialmente junto aos citricultores.

⁶⁹ A principal limitação de estudos com dados do tipo *cross-section* está na impossibilidade de analisar as características das firmas e as mudanças nos padrões tecnológicos, organizacionais e institucionais ao longo do tempo. No entanto, grande parte dos estudos de economia e gestão agrícola no Brasil que utilizam dados primários de propriedades rurais são realizados para um único período de tempo (*cross-section*). O presente estudo, pioneiro na coleta e análise de dados primários de propriedades citrícolas, abre uma agenda para a atualização desses dados e estudos posteriores com base em dados em painel.

As informações do questionário estruturado estão divididas em cinco blocos: i) características sócio-econômicas do citricultor; ii) características estruturais da produção (uso de fatores, produção, problemas fitossanitários e tecnologias de produção); iii) características de comercialização de insumos e produto (preços pagos e recebidos, arranjos contratuais adotados, etc.); iv) ferramentas de gestão e v) ambiente institucional e formação de expectativas (Apêndice A).

A Tabela 14 apresenta a descrição das variáveis utilizadas para estimar as fronteiras de eficiência técnica (modelos estocásticos de produção Cobb-Douglas e translog). Conforme destacado no capítulo 2 do presente trabalho, os fatores de produção considerados essenciais para a produção de laranja são a terra, a mão de obra, o capital (máquinas e implementos agrícolas), os adubos/fertilizantes e os produtos fitossanitários/defensivos. Assim, as fronteiras de produção são estimadas considerando-se esses cinco fatores de produção.

Tabela 14. Variáveis adotadas para estimar as fronteiras de eficiência técnica das propriedades rurais.

Variável	Descrição
Produção (y)	Número de caixas de laranja produzidas na safra 2013/14.
Área (x_1)	Área com pés de laranja em produção na safra 2013/14 (em hectares).
Mão de obra (x_2)	Horas de mão de obra empregadas na produção de laranja na safra 2013/14.
Capital (x_3)	Fluxo anual de serviço dos tratores e principais implementos agrícolas utilizados na produção de laranja na safra 2013/14 (em horas-máquina).
Fertilizantes (x_4)	Quantidade de fertilizantes NPK utilizada na produção de laranja na safra 2013/14 (em kg).
Defensivos (x_5)	Despesa total com defensivos (acaricidas, pesticidas, herbicidas e inseticidas) na safra 2013/14*.

* Como são utilizados diversos defensivos com diferentes medidas (litros e kg), foi necessário utilizar o valor total gasto com defensivos em detrimento da quantidade física utilizada. A partir dessa variável, pode-se obter o preço dos defensivos por pé em produção, variável importante para as funções de custo e lucro. Essa estratégia também foi utilizada por Reig-Martínez e Picazo-Tadeo (2004) e Picazo-Tadeo e Reig-Martínez (2005).

A fronteira de produção translog, estimada por procedimentos de máxima verossimilhança, pode então ser descrita como:

$$\begin{aligned} \ln y = & \beta_0 + \beta_1 \ln x_1 + \beta_2 \ln x_2 + \beta_3 \ln x_3 + \beta_4 \ln x_4 + \beta_5 \ln x_5 + \\ & \beta_{11} \left(\frac{1}{2} \ln^2 x_1 \right) + \beta_{12} \ln x_1 \ln x_2 + \beta_{13} \ln x_1 \ln x_3 + \beta_{14} \ln x_1 \ln x_4 + \beta_{15} \ln x_1 \ln x_5 + \\ & \beta_{22} \left(\frac{1}{2} \ln^2 x_2 \right) + \beta_{23} \ln x_2 \ln x_3 + \beta_{24} \ln x_2 \ln x_4 + \beta_{25} \ln x_2 \ln x_5 + \beta_{33} \left(\frac{1}{2} \ln^2 x_3 \right) + \\ & \beta_{34} \ln x_3 \ln x_4 + \beta_{35} \ln x_3 \ln x_5 + \beta_{44} \left(\frac{1}{2} \ln^2 x_4 \right) + \beta_{45} \ln x_4 \ln x_5 + \beta_{55} \left(\frac{1}{2} \ln^2 x_5 \right) - \\ & u + v \end{aligned} \quad (89)$$

em que β são os parâmetros estruturais estimados, x_i são os fatores de produção conforme definido na Tabela 14, u é o termo de ineficiência técnica e v é o termo de erro aleatório.

A partir de (89), basta fazer com que os parâmetros de interação entre os fatores (β_{ij}) sejam iguais a zero (condição de homogeneidade) para retornar a uma fronteira de produção do tipo Cobb-Douglas. Para expandir o modelo estocástico de produção de forma a incluir as “variáveis z ” como determinantes da fronteira, basta adicioná-las à equação (89). Os parâmetros estimados irão mostrar o efeito das “variáveis z ” sobre as possibilidades de produção das propriedades. Como a fronteira de produção mostra níveis máximos de produção para cada dotação de fatores e para a tecnologia disponível, ao incluir as variáveis z diretamente na fronteira de produção, mensura-se o efeito dessas variáveis sobre a posição da fronteira mantidas as outras variáveis do modelo (dotação de fatores de produção) constantes. Variáveis z que apresentarem sinal positivo aumentam a possibilidade de produção das propriedades rurais diante da mesma quantidade de fatores, podendo, conseqüentemente, aumentar a produtividade dos fatores de produção.

Caso seja adotado o modelo de um único estágio proposto por Battese e Coelli (1995), o termo de ineficiência da equação (89) dever estar em função das “variáveis z ”, conforme equação (84) da subseção anterior. Nesse caso, tem-se o efeito direto das variáveis z sobre os índices de ineficiência das propriedades. No presente estudo, optou-se por adotar os dois approaches metodológicos, uma vez que a interpretação para os resultados obtidos a partir dos parâmetros das “variáveis z ” é diferente nos modelos.

A descrição das variáveis utilizadas para estimar as fronteiras de custo pode ser observada na Tabela 15. Vale destacar que alguns gastos relevantes, como por exemplo, custos de formação do pomar, custos de transporte, custo de seguros e financiamentos e custos de oportunidade não foram incluídos na função custo devido à dificuldade e/ou subjetividade em apurá-los. Estudos empíricos que estimaram funções de custo adotaram essa mesma estratégia devido aos mesmos problemas (MOSHEIM; KNOX LOVELL,

2009; BEGUM et al., 2012). As principais pretensões das estimativas econométricas de funções de custo são inferir questões relacionadas à tecnologia de produção (índices de economias de escala, elasticidades de substituição dos fatores, etc). Quando se adota a abordagem de fronteiras de eficiência de custo, objetiva-se também identificar problemas na alocação ótima e no uso dos fatores de produção pelas firmas. Assim, vale ressaltar que, ao contrário de estimativas contábeis de custo, os custos apurados para o presente estudo não têm a pretensão de apontar exatamente o gasto para se produzir uma caixa de laranja, mas sim de mostrar as características da tecnologia de produção e os diferenciais de eficiência na alocação de fatores de produção pelas propriedades rurais. Portanto, ao analisar os resultados do trabalho, o leitor deve atentar mais para as medidas econômicas obtidas a partir dos coeficientes e para os índices de eficiência econômica estimados do que para os valores de custo das propriedades propriamente ditos.

Tabela 15. Variáveis adotadas para estimar as fronteiras de eficiência de custo das propriedades rurais.

Variável	Descrição
Custo (C)*	Gasto total com os fatores de produção mão de obra, capital, fertilizantes e defensivos (somatório dos preços médios multiplicados pelas quantidades físicas utilizadas).
Produção (y)	Número de caixas de laranja produzidas na safra 2013/14.
Preço da mão de obra (w_1)	Gasto total com mão de obra dividido pela quantidade de horas trabalhadas na safra 2013/14 = preço da hora de mão de obra.
Preço do capital (w_2)	Somatório dos gastos com manutenção, depreciação, óleo diesel e energia elétrica dividido pela quantidade de horas máquina utilizada na safra 2013/14 = preço da hora máquina.
Dispêndio (w_3)	Gasto total com fertilizantes NPK + gasto total com defensivos (produtos fitossanitários) dividido pelo número de pés de laranja em produção na safra 2013/14.

* Não estão incluídos custos com formação de pomar, custos associados ao uso da terra, custos de transporte e custos de oportunidade.

Verifica-se, a partir da Tabela 15, que foi construída uma variável denominada “dispêndio” para as estimativas econométricas da função custo. Essa variável consiste na

agregação dos gastos com defensivos e adubação. Foi necessário agregar tais gastos e construir um índice de preço médio por pé em produção devido a problemas de multicolinearidade e autocorrelação entre os resíduos que estavam distorcendo os resultados das fronteiras de custo. A estratégia de agregação é bastante comum em análises econométricas de custo e há vários exemplos de estudos que adotaram essa estratégia na literatura de economia agrícola (GOMES; FERREIRA FILHO, 2007; CONTE; FERREIRA FILHO, 2007; MOSHEIM; KNOX LOVELL, 2009). Ademais, o custo de oportunidade relacionado ao uso da terra não foi incluído como variável exógena na função custo devido à sua alta correlação com a produção, o que também gerou fortes problemas de multicolinearidade nos modelos econométricos.⁷⁰

A fronteira de custo translog estimada pode então ser descrita como:

$$\ln\left(\frac{C}{w_3}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{w_1}{w_3}\right) + \beta_2 \ln\left(\frac{w_2}{w_3}\right) + \beta_y \ln y + \beta_{11} \frac{1}{2} \ln\left(\frac{w_1}{w_3}\right)^2 + \beta_{12} \ln\frac{w_1}{w_3} \ln\frac{w_2}{w_3} + \beta_{22} \frac{1}{2} \ln\left(\frac{w_2}{w_3}\right)^2 + \beta_{y1} \ln y \ln\frac{w_1}{w_3} + \beta_{y2} \ln y \ln\frac{w_2}{w_3} + \beta_{yy} \frac{1}{2} \ln y^2 + u + v \quad (90)$$

em que β são os parâmetros estruturais estimados, w_i são os preços dos fatores de produção conforme definido na **Tabela 15**, y é a produção de laranja das firmas, u é o termo de ineficiência de custo e v é o termo de erro aleatório.

Percebe-se, a partir de (84), que a variável “dispêndio” (w_3) foi utilizada para impor a condição de homogeneidade linear nos preços da função custo. Os parâmetros relacionados a essa variável são obtidos por diferença:

$$\beta_3 = 1 - (\beta_1 + \beta_2) \quad (91)$$

$$\beta_{13} = -\beta_{11} - \beta_{12} \quad (92)$$

$$\beta_{23} = -\beta_{12} - \beta_{22} \quad (93)$$

$$\beta_{33} = -\beta_{13} - \beta_{23} \quad (94)$$

$$\beta_{y3} = -\beta_{y1} - \beta_{y2} \quad (95)$$

É importante mencionar que a variável adotada para impor a restrição de homogeneidade linear nos preços não interfere nos resultados dos parâmetros e índices

⁷⁰ Foram estimados modelos econométricos utilizando-se os preços dos defensivos e fertilizantes como variáveis separadas, bem como adicionando-se o custo de oportunidade associado ao uso da terra como variável exógena. Contudo, tais modelos apresentaram sérios problemas de multicolinearidade e heterocedasticidade, sendo pouco recomendável adotá-los nas análises.

de eficiência estimados. Desta forma, pode-se escolher o preço de qualquer um dos fatores de produção para impor a homogeneidade e obtê-lo, em seguida, por diferença.

A partir da equação (90) é possível impor um conjunto de restrições na função translog. Para impor a condição de homoteticidade é necessário escrever a função custo separada em termos de produto e preço dos fatores ($\beta_{yi}=0$). Em uma função custo homotética, pode-se ainda impor a condição de homogeneidade fazendo com que a elasticidade custo com relação à produção seja constante ($\beta_{yy}=0$). Além disso, é possível fazer com que as elasticidades de substituição entre os fatores sejam iguais à unidade eliminando os termos de interação entre os preços dos fatores ($\beta_{ij}=0$). Ao impor essas três restrições na função translog, retorna-se a uma função de custo do tipo Cobb-Douglas.

Assim como no caso da função de produção, também é possível incluir “variáveis z” na função custo ou fazer o termo de ineficiência de custo como função de tais variáveis. No primeiro caso, verifica-se o efeito das “variáveis z” sobre a posição da fronteira de custo das propriedades rurais. No segundo caso, obtêm-se o efeito direto das “variáveis z” sobre a ineficiência de custo.

A Tabela 16 apresenta a descrição das variáveis utilizadas para estimar as fronteiras de eficiência de lucro. As únicas variáveis que aparecem na função de lucro e que não estão presentes na análise de custo são o lucro das propriedades, o preço médio de venda da produção de laranja e a área com laranja em produção. A variável área foi incluída na função lucro por se tratar de uma função lucro de curto prazo, em que se assume a impossibilidade dos citricultores alterarem o uso de todos os fatores de produção (existência de fatores quase fixos). Essa variável não foi incluída na função custo devido ao interesse em se investigar a existência de economias de escala (conceito de longo prazo), bem como em decorrência dos problemas de multicolinearidade que essa variável gerou na função custo.

Um dos problemas encontrados para realizar as análises de eficiência de lucro foi a existência de lucro variável negativo para 31 propriedades da amostra. A solução encontrada para tal foi excluir essas observações das análises de lucro, uma vez que não é possível utilizar valores negativos para as variáveis nas funções Cobb-Douglas e translog. Dessa forma, as análises de eficiência de lucro são realizadas apenas para a amostra de 67 propriedades rurais que operaram com lucro variável positivo na safra 2013/14. Ademais, a redução nos graus de liberdade imposta pela amostra de 67 propriedades impossibilitou o uso da forma funcional translog na estimativa da fronteira

de lucro. Vale ainda destacar que foram testadas algumas estimativas de fronteiras de lucro adotando-se a forma funcional translog. Contudo, os problemas de graus de liberdade decorrentes da redução no número de observações levaram a resultados bastante inconsistentes. Assim, assumiu-se essa limitação e adotou-se apenas a forma funcional Cobb-Douglas para as análises de eficiência de lucro.

A fronteira de lucro variável (de curto prazo) Cobb-Douglas estimada pode ser descrita como:

$$\ln\left(\frac{Lv}{p}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln\left(\frac{w_1}{p}\right) + \beta_2 \ln\left(\frac{w_2}{p}\right) + \beta_3 \ln\left(\frac{w_3}{p}\right) + \delta \ln x_1 - u + v \quad (96)$$

Percebe-se, a partir de (96), que o preço de venda do produto foi utilizado para impor a condição de homogeneidade linear nos preços da função lucro Cobb-Douglas. O parâmetro associado a essa variável pode ser obtido por diferença:

$$\beta_p = 1 - (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) \quad (97)$$

Ao adotar uma forma funcional de curto prazo para a função lucro e utilizar a área como fator fixo (ou quase fixo), é possível investigar diretamente o efeito da área sobre o lucro das propriedades rurais a partir do parâmetro estimado δ . Essa relação é de particular interesse no presente estudo, visto que, conforme discutido anteriormente, espera-se encontrar uma relação positiva entre tamanho e lucro.

Tabela 16. Variáveis adotadas para calcular a eficiência de lucro das propriedades rurais.

Variável	Descrição
Lucro variável (Lv)	Receita total obtida com as vendas de laranja na safra 2013/14 menos custo de produção (omitidos os custos de oportunidade, custos financeiros e custos de formação do pomar).
Preço de venda da laranja (p)	Preço médio de venda da caixa de 40,8 kg de laranja na safra 2013/14.
Área (x_1)	Área com pés de laranja em produção na safra 2013/14 (em hectares). Fator de produção considerado fixo para as análises de lucro.
Preço da mão de obra (w_1)	Gasto total com mão de obra dividido pela quantidade de horas trabalhadas na safra 2013/14 = preço da hora de mão de obra.
Preço do capital (w_2)	Somatório dos gastos com manutenção, depreciação, óleo diesel e energia elétrica dividido pela quantidade de horas máquina utilizada na safra 2013/14 = preço da hora máquina.

Dispêndio (w_3)

Gasto total com fertilizantes NPK + gasto total com defensivos (produtos fitossanitários) dividido pelo número de pés de laranja em produção na safra 2013/14.

Para testar as hipóteses acerca dos fatores determinantes das eficiências técnica e econômica das propriedades rurais (ver seção 3.3 do referencial teórico), foram construídas 23 “variáveis z ” (Tabela 17). É importante notar que não há nenhuma variável relacionada ao tamanho da firma na Tabela 17, apesar de existirem hipóteses sobre essa variável na seção 3.3. Para checar as hipóteses da relação tamanho-eficiência (técnica, de custos, de escala e de lucro), foram calculadas medidas de retornos e economias de escala e observadas as relações diretas entre o nível de produção e os índices de eficiência das propriedades. Portanto, a variável “tamanho da firma” não foi considerada uma “variável z ”, uma vez que é mais adequado (e usual) analisar o tamanho ótimo das firmas de determinado setor a partir das características da tecnologia de produção (retornos e economias de escala).

Vale destacar que, devido a problemas de especificação dos modelos (perda de graus de liberdade, multicolinearidade, entre outros), não foi possível estimar um modelo para cada fronteira de eficiência (produção, custo e lucro), tal que todas as “variáveis z ” estivessem incluídas. Isto, por sua vez, justifica a estratégia metodológica de estimar diferentes modelos econométricos para analisar as variáveis mais importantes (isto é, aquelas que apresentam significância estatística) para explicar a posição das fronteiras e os diferenciais de eficiência entre as propriedades da amostra.

Tabela 17. Descrição das “variáveis z ” utilizadas para identificar os fatores determinantes das eficiências técnica e econômica das propriedades rurais.

Variável	Descrição
Irrigação	Variável <i>dummy</i> de valor igual a 1 se o produtor utiliza irrigação na produção de laranja e 0 caso contrário.
Fertilidade	Índice de fertilidade do solo construído a partir da percepção do citricultor: 1 = pouco fértil; 2 = fértil; 3 = muito fértil.
<i>Greening</i>	Variável obtida a partir do percentual de incidência de <i>greening</i> nos pomares em produção.
Adensamento	Número de plantas em produção dividido pela área em produção.
Idade pomar	Idade média do pomar.

Contratos	Variável <i>dummy</i> de valor igual a 1 se o produtor adotou contratos (a termo ou de longo prazo) para vender a laranja e 0 caso contrário.
Formas plurais	Variável <i>dummy</i> de valor igual a 1 se o produtor adotou duas ou mais governanças para as transações de laranja e 0 caso contrário.
Terceirização	Variável <i>dummy</i> de valor igual a 1 se o produtor usou trabalho e capital terceirizados e 0 caso contrário.
Ferramentas TI gestão	Índice com valor de 0 a 8 que mede o uso de 8 ferramentas de gestão: i) planilhas eletrônicas de custo; ii) registros de estoque de insumos; iii) registros de produção, produtividade e incidência de doenças por talhão; iv) uso de sistemas informatizados e integrados de gestão; v) acesso à internet para acompanhamento do mercado; vi) técnicas de agricultura de precisão; vii) certificações de qualidade; viii) uso de ferramentas para compartilhar informações com outros produtores.
Maximização lucro	Variável com valor de 1 a 5 (1 = completa discordância e 5 = completa concordância) obtida a partir da seguinte afirmação: “Meu principal objetivo na gestão da citricultura é obter o maior lucro possível”.
Assistência	Variável <i>dummy</i> com valor igual a 1 se o produtor recebeu assistência técnica e/ou de gestão para a produção de laranja e 0 caso contrário.
Canais comercialização/Venda indústria	Variável <i>dummy</i> com valor igual a 1 se o produtor vendeu laranja só para a indústria e 0 caso tenha vendido também para outros canais de comercialização.
Diversificação	Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) calculado a partir da área total e da área com diferentes culturas agropecuárias nas propriedades rurais. Apresenta valor entre 0 e 1 e, quanto mais próximo de 1, mais concentrada a produção rural em apenas uma cultura.
Escolaridade	Anos de escolaridade formal do agricultor.
Experiência	Anos de experiência de trabalho na agricultura.
Informação	Índice com valor de 0 a 5 que mede o uso de até 5 fontes de informação: i) internet; ii) boletins de consultoria pagos; iii) jornais e revistas do setor; iv) informação de técnicos; v) informação junto a outros agricultores.
Qualificação MO	Índice construído a partir da percepção do citricultor com relação à qualificação de seus funcionários permanentes: 1 = pouco

	qualificados; 2 = qualificados; 3 = muito qualificados.
Associativismo	Variável <i>dummy</i> com valor igual a 1 se o produtor participa de pelo menos uma organização de interesse ligada à citricultura (associações de classe, pools, sindicato rural, câmara setorial, cooperativas, etc) e 0 caso contrário.
Problemas contratuais	Índice com valor de 0 a 6 que mede a ocorrência de até seis diferentes tipos de problemas contratuais na venda de laranja nos últimos três anos: i) recebimento de preço diferente do preço acordado; ii) atraso no recebimento da fruta pelo comprador; iii) atraso no pagamento da fruta pelo comprador; iv) recebimento abaixo da quantidade contratada pelo comprador; v) não recebimento da fruta contratada pelo comprador; vi) outro problema que gerou perda financeira considerável.
Percepção <i>enforcement</i>	Variável com valor de 1 a 5 (1 = completa discordância e 5 = completa concordância) obtida a partir da seguinte afirmação: “Tenho confiança de que o sistema judiciário garantirá meus direitos contratuais e de propriedade em caso de disputas comerciais (por exemplo, com a indústria processadora de suco ou com invasão de terras)”.
Expectativas	Variável com valor de 1 a 5 (1 = completa discordância e 5 = completa concordância) obtida a partir da seguinte afirmação: “O ambiente de disputas comerciais e práticas anticompetitivas da indústria processadora de suco de laranja afetou de forma negativa meus investimentos na citricultura nos últimos anos e continua afetando minhas expectativas com relação ao futuro da atividade”.
Crédito	Percentual de uso de crédito rural com relação ao custo variável: alavancagem financeira com recursos oficiais do crédito rural.

5. ANÁLISES DE EFICIÊNCIA

Os resultados deste trabalho estão divididos em cinco seções. Inicia-se com uma breve apresentação das principais medidas de estatística descritiva das variáveis adotadas para estimar as fronteiras e os determinantes de eficiência técnica e econômica. Na segunda seção, apresentam-se os resultados obtidos a partir das fronteiras estocásticas de produção. Nesta seção discutem-se as características da tecnologia de produção, os índices de eficiência técnica das propriedades rurais, bem como os fatores determinantes da posição da fronteira de produção e dos diferenciais de eficiência técnica das propriedades analisadas. A terceira seção apresenta os resultados das fronteiras de custo, sendo discutidos, de forma detalhada, o índice de economias de escala (IES), as elasticidades de substituição entre os fatores e o formato das funções de custo. Ademais, são apresentadas as análises dos fatores determinantes da fronteira e dos diferenciais de eficiência de custo. Na quarta seção, são apresentados os resultados obtidos a partir da fronteira de lucro e os determinantes da eficiência de lucro. A quinta seção apresenta as implicações dos resultados deste trabalho para a formulação de políticas públicas e estratégias privadas.

5.1. ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

Essa seção tem o objetivo de apresentar algumas características da amostra de 98 propriedades rurais. Para tal, são apresentadas estatísticas descritivas dos seguintes conjuntos de variáveis: i) uso dos fatores e produção (variáveis da fronteira de produção/eficiência técnica); ii) preço pago pelos fatores de produção e preço de venda do produto (variáveis das fronteiras econômicas de custo e lucro); iii) características dos citricultores e; iv) aspectos de gestão e tecnologia e ambiente institucional (variáveis testadas como determinantes das eficiências).

As estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para estimar as fronteiras de eficiência técnica podem ser observadas na Tabela 18.⁷¹

Verifica-se que a produção média de laranja para a amostra de 98 propriedades rurais analisadas foi de 59.281,91 caixas no ano safra 2013/14, com máximo de 500.000 caixas, mínimo de 600 caixas e desvio padrão de 82.677,26 caixas. Esses dados mostram que a amostra do estudo possui propriedades rurais com diversas escalas de produção, o

⁷¹ Para as estimativas econométricas das fronteiras de produção Cobb-Douglas e translog, tais variáveis são logaritimizadas. Contudo, para descrever as características da amostra, é muito mais interessante e usual apresentar as estatísticas descritivas das variáveis em suas formas originais.

que, por sua vez, é importante para estimar e analisar as medidas de retornos e economias de escala, conforme será feito nas duas próximas seções.

Tabela 18. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas fronteiras de eficiência técnica.

Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Produção (y) (em caixas)	59.281,91	82.677,26	600,00	500.000,00
Área (x ₁) (em hectares)	75,31	103,70	1,90	639,00
Mão de obra (x ₂) (em horas)	8.064,51	13.683,25	398,00	71.992,00
Capital (x ₃) (em horas)	2.530,41	3.033,48	100,00	16.700,00
Fertilizantes (x ₄) (em kg)	60.021,54	90.151,77	840,00	500.000,00
Defensivos (x ₅) (em R\$)	110.146,10	173.754,80	1.400,00	1.038.000,00

Fonte: dados da pesquisa de campo.

Com relação aos fatores de produção utilizados pelas propriedades, a área de laranja em produção foi de 75,31 hectares na média da amostra. A propriedade rural com menor área de pés de laranja em produção possui 1,9 hectares e a propriedade com maior área em produção possui 639 hectares de laranja. Tal informação está diretamente relacionada com as diferentes escalas de produção das propriedades rurais da amostra, uma vez que área e produção possuem forte correlação e normalmente são utilizadas como *proxies* para o tamanho das propriedades rurais.

A média de horas de mão de obra empregadas pelas 98 propriedades rurais na produção de laranja foi de 8.064,51 horas. Se dividido esse valor por 1988 horas (quantidade considerada de horas por trabalhador no ano safra 2013/14), pode-se inferir que uma propriedade que reflita a média da amostra empregou, aproximadamente, quatro funcionários na produção de laranja no ano safra 2013/14. Ademais, a propriedade com maior uso de mão-de-obra empregou 36 funcionários na produção de laranja na safra 2013/14 (71.992 horas trabalhadas). Essa propriedade possui 382 hectares de laranja em produção, o que, por sua vez, resulta em um funcionário para cada 10,6 hectares. Esse dado reflete uma importante característica sócio-econômica da atividade citrícola que é a intensidade em mão de obra (geração de empregos), conforme já destacado por Paulillo (2007). Por outro lado, diante de aumentos no nível de salários em decorrência da escassez de mão de obra rural que se intensificou a partir dos anos 2000, o uso em excesso deste fator de produção pode levar a resultados econômicos insatisfatórios para os citricultores.

A quantidade média de uso do fator capital foi de 2.530,41 horas máquina, sendo que a propriedade com maior uso utilizou 16.700 horas e a com menor uso utilizou apenas 100 horas máquina na safra 2013/14. Vale ressaltar que todas as propriedades analisadas possuem ao menos um trator e um conjunto de implementos (pulverizador, roçadeira e adubadora), sendo que a propriedade com maior uso em capital possui 25 tratores. Ademais, verificou-se que a estratégia de terceirização dos fatores trabalho e capital, na concepção de “*outsourcing*” discutida por Picazo-Tadeo e Reig-Martínez (2006), não é uma prática comum na citricultura paulista. A única exceção pode ser feita à mão de obra para colheita, que é contratada sob a forma de diárias pela maioria das propriedades rurais. Essa prática é comum a todas as propriedades que vendem laranja para a indústria de suco.

Com relação ao uso de fertilizantes, foram aplicados, em média, 60.021,54 kg de fertilizantes NPK nas plantas em produção, com máximo de 500.000 kg e mínimo de 840 kg. Apesar de todas as propriedades rurais da amostra terem aplicado formulações NPK, essas não são as mesmas para todas as propriedades. A formulação específica do fertilizante depende muito de características do solo e das recomendações técnicas estabelecidas. Algumas formulações específicas (20-00-20 e 20-05-20) são comumente utilizadas nas propriedades analisadas.

Conforme já mencionado, o uso de defensivos não foi medido em quantidade física, mas sim em despesa total (R\$). Neste sentido, o gasto médio das propriedades com defensivos foi de R\$ 110.146,10, sendo que a propriedade que teve a maior despesa com defensivos gastou R\$ 1.038.000 e a propriedade com menor despesa gastou R\$ 1.400 na safra 2013/14. O uso de defensivos se intensificou bastante a partir da difusão do *greening* em meados dos anos 2000.

Cabe ainda destacar que o elevado desvio padrão observado para todas as variáveis apresentadas na Tabela 18 decorre do fato de a amostra do estudo possuir propriedades de pequeno, médio e grande porte, cuja produção e uso de fatores de produção variam consideravelmente.

As discussões técnicas e econômicas entre as organizações e agentes econômicos do setor citrícola normalmente são embasadas em medidas de produção e uso dos fatores com relação à área em produção (que, de certa forma, neutralizam o efeito escala). De fato, ao dividir-se a produção e as quantidades físicas dos outros fatores pela área, podem-se extrair informações relevantes das propriedades rurais. A Tabela 19 apresenta as estatísticas descritivas de tais medidas para a amostra de 98 propriedades rurais.

Tabela 19. Medidas de produção e uso de fatores por área em produção.

Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Produção/área	752,13	279,96	173,78	1.636,36
Mão de obra/área	116,71	76,19	28,40	439,20
Capital/área	42,12	21,55	4,74	133,33
Fertilizantes/área	807,24	393,30	240,92	2.625,00
Defensivos/área	1.421,35	752,47	157,98	4.890,84

Fonte: dados da pesquisa de campo.

A produção por hectare para a média da amostra foi de 752,13 caixas, com máximo de 1.636,36 e mínimo de 173,78 caixas por hectare. A grande diferença entre a produção mínima e a máxima, e o elevado desvio padrão de 279,96 caixas/hectare, mostram que a produtividade parcial da terra apresentou considerável variação entre as 98 propriedades analisadas. Ademais, a média de 725,13 caixas por hectare da amostra do presente estudo apresenta-se 25,39% superior à média de 578,3 caixas por hectare que foi divulgada pela CONAB/CATI/IEA (2014). Isso indica que, na média, a amostra de propriedades rurais aqui analisadas possui produtividade parcial da terra maior do que a população de propriedades citrícolas do Estado de São Paulo.

Com relação à mão de obra, empregou-se, em média, 116,71 horas de trabalho por hectare de laranja em produção (0,06 funcionários por hectare ou 1 funcionário para cada 16,77 hectares). O uso médio de horas máquina por hectare de laranja em produção foi de 42,12 horas. Percebe-se que, apesar de as propriedades utilizarem o fator capital com alguma intensidade, a atividade citrícola ainda é bastante intensiva no uso do fator mão de obra. Diversas operações técnicas (plantio e replantio, podas, aplicações de produtos fitossanitários, colheita) ainda são feitas, majoritariamente, de forma manual, o que, por sua vez, ajuda a explicar a intensidade em mão de obra na atividade.

Os citricultores da amostra do estudo aplicaram, em média, 807,24 kg de fertilizantes NPK por hectare de laranja em produção. O citricultor mais intensivo em adubação aplicou 2.625 kg de fertilizantes NPK por hectare, enquanto o menos intensivo aplicou apenas 240,92 kg por hectare. Na opinião de muitos citricultores e engenheiros agrônomos entrevistados na pesquisa de campo, a adubação é um dos aspectos mais importantes para determinar a produção ótima e a qualidade no produto final.

Os gastos com defensivos por hectare foram, em média, de R\$ 1.421,35, com mínimo de R\$ 157,98, máximo de R\$ 4.890,84 e desvio padrão de R\$ 725,47. A grande

variação nos gastos com defensivos se explica tanto pela diferença nos níveis de incidência de pragas e doenças entre as propriedades, como também pelas diferenças entre os citricultores no que diz respeito à capacidade financeira e desejo de continuar investindo na atividade. Uma parcela de citricultores afirmou ter reduzido os gastos com adubos e defensivos em decorrência de preços baixos recebidos pela laranja nas últimas três safras. Nos últimos anos, muitos produtores abandonaram a atividade, conforme já relatado.

As estatísticas descritivas das variáveis adotadas para estimar as fronteiras de custo podem ser observadas na Tabela 20. Além das variáveis utilizadas diretamente nos modelos econométricos (custo, preço dos fatores e produção), também são apresentadas as parcelas de custo (gasto com o fator x_i /custo de produção) com relação a cada um dos fatores de produção.

Tabela 20. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas fronteiras de eficiência de custo.

Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Custo (C)	925.449,02	1.291.540,71	23.412	7.091.490
Produção (y)	59.281,91	82.677,26	600,00	500.000,00
Preço da mão de obra (w_1)	8,41	1,36	6,11	11,74
Parcela mão de obra (S_1)	0,23	0,09	0,08	0,49
Preço do capital (w_2)	18,37	3,01	12,1	26,35
Parcela capital (S_2)	0,19	0,08	0,07	0,47
Dispêndio (w_3)*	5,32	2,16	0,93	11,57
Parcela dispêndio (S_3)	0,58	0,13	0,18	0,83

Nota: * a variável dispêndio foi construída a partir do somatório dos gastos com defensivos e fertilizantes dividido pelo número total de plantas em produção.

Fonte: dados da pesquisa de campo.

Na média da amostra, o custo de produção foi de R\$ 955.449,02, com mínimo de R\$ 23.412, máximo de R\$ 7.091.490,00 e desvio padrão de R\$ 1.291.540,71. Os gastos com defensivos e fertilizantes (variável dispêndio) representaram, na média da amostra, a maior parcela dos custos (58%), sendo que o índice de preço médio dos defensivos e fertilizantes por planta em produção foi de R\$ 3,22. A mão de obra representou, em média, 23% do custo das propriedades e o preço médio da hora de mão de obra foi de R\$ 8,41. O gasto médio por hora máquina foi de R\$ 18,37 e o capital representou, em média, 19% do custo das propriedades rurais.

Se comparados os dados da Tabela 20 com as despesas de custeio de lavoura apresentadas pela CONAB (Tabela 10), verifica-se que as parcelas de custo com relação aos fatores apuradas no presente estudo não diferem muito daquelas apuradas pela CONAB (22,3% para mão de obra, 27% para dispêndio e 16,3% para capital/operação com máquinas).⁷²

Cabe destacar novamente que esse estudo não tem a pretensão de realizar um levantamento de custos de ordem contábil (custeio). As medidas de custo aqui apresentadas são uma aproximação dos gastos das 98 propriedades analisadas com um conjunto de fatores de produção (trabalho, capital, fertilizantes e defensivos). Gastos, como despesas de formação e depreciação do pomar, despesas com transporte e despesas com financiamento e seguro, não foram considerados diretamente na análise. A preocupação maior do estudo foi de obter um conjunto de informações fidedignas que permitissem a estimativa econométrica de funções de custo, as quais possibilitassem a análise de aspectos técnicos e econômicos da atividade citrícola.

A Tabela 21 mostra as estatísticas descritivas das variáveis adotadas para realizar as análises de eficiência de lucro. É interessante notar que as únicas variáveis que aparecem na função de lucro e que não estão presentes na função custo são o preço médio de venda da laranja e o lucro (margem de lucro variável) obtido com a citricultura praticada nas propriedades rurais.

Tabela 21. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na fronteira de eficiência de lucro.

Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Lucro variável (LV)	199.660,65	539.790,92	-372.955,31	3.361.107,50
Preço de venda (P)	9,56	4,95	1	42,13
Preço da mão de obra (w_1)	8,41	1,36	6,11	11,74
Preço do capital (w_2)	18,37	3,01	12,1	26,35
Dispêndio (w_3)	5,32	2,16	0,93	11,57

Fonte: dados da pesquisa de campo.

O lucro variável das propriedades, considerando a média da amostra, foi de R\$ 199.660,65, com máximo de R\$ 3.361.107,50 e mínimo de -R\$ 372.955,31. Das 98 propriedades analisadas, 31 fecharam a safra 2013/14 com lucro/margem de lucro

⁷² As parcelas da CONAB foram calculadas dividindo-se o gasto com os fatores pelo total de despesas de custeio da lavoura.

variável negativo (prejuízo). Vale destacar que, se incluídas as despesas omitidas das análises do presente estudo (custo de formação do pomar, custos financeiros e custos de oportunidade dos fatores), o número de propriedade da amostra com saldo negativo se tornaria ainda maior. Se tais despesas fossem incluídas no cálculo do custo de produção, muito possivelmente grande maioria delas apresentaria prejuízo econômico.

Para verificar as diferentes características presentes nas transações de venda de laranja dos citricultores da amostra (cuja influência no lucro tende a ser grande), dividiram-se os compradores de laranja em dois grandes grupos: indústria e outros compradores. O grupo “indústria” refere-se às três grandes processadoras (Cutrale, Citrovida-Citrosuco e Dreyfuss), bem como outras pequenas indústrias ainda presentes no mercado de suco de laranja. Já no grupo “outros compradores”, foram considerados os barracões (*packing house*), cooperativas, mercado institucional (prefeituras, por exemplo), varejo e intermediários (que colocam a fruta nos barracões ou direto no varejo). Vale destacar que um conjunto de citricultores comercializa laranja com cooperativas. Essas cooperativas, por sua vez, arrendam parte da fábrica das indústrias para processar uma parcela da laranja comprada dos citricultores cooperados e transformá-la em suco de laranja. A outra parcela da laranja é comercializada pelas cooperativas diretamente com o varejo. Como a governança das transações entre os citricultores cooperados e as cooperativas é bastante diferente daquela presente nas transações com as indústrias, consideraram-se as cooperativas no grupo “outros compradores”. A Tabela 22 apresenta o valor, o volume e as estruturas de governança adotadas nas vendas para os dois grupos.

Tabela 22. Características das transações de venda de laranja para a indústria processadora de suco de laranja e outros compradores.

	Indústria	Outros compradores
Volume de vendas (cx. de 40,8 kg)	2.926.305	2.937.510
Valor das vendas	R\$ 27.025.851,37	R\$ 32.688.076,63
Número de transações	77	190
<i>Mercado spot</i>	22	169
<i>Contrato a termo</i>	39	15
<i>Contrato longo prazo</i>	16	3
<i>Integração vertical</i>	0	3

Fonte: resultados da pesquisa.

Nota-se que o volume de vendas para os dois grupos mostrou-se bastante próximo, com diferença de 11.205 caixas em favor do grupo “outros compradores”. Por sua vez, o

valor das vendas foi consideravelmente superior nas transações feitas com outros compradores (diferença de R\$ 5,662 milhões), indicando que esse grupo pagou preços médios mais altos nas transações. O número total de transações de laranja dos citricultores da amostra foi de 267, com o grupo “outros compradores” apresentando um número de transações bastante superior ao do grupo indústria. Essa diferença tem relação direta com as características dos dois grandes grupos de compradores. Normalmente, as transações com o grupo “outros compradores” são feitas em diferentes épocas da safra e os volumes negociados em cada transação são pequenos. Ou seja, os citricultores fazem várias pequenas transações com o mercado de mesa (outros compradores) durante o mesmo ano safra. Já as transações com a indústria são de grande volume e geralmente negociadas antes da safra. De fato, em decorrência de sua escala de operação, as indústrias processadoras podem comprar grandes volumes de laranja de uma só vez, reduzindo custos de transação e garantindo suprimento.

As estruturas de governança adotadas pelos citricultores da amostra do presente estudo para coordenar suas transações com os diferentes compradores estão alinhadas àquelas encontradas nos estudos de Mello e Paulillo (2009, 2010). Por um lado, as transações com o grupo “outros compradores” são coordenadas, majoritariamente, via mercado spot. Algumas poucas transações (9,4% do total) foram feitas mediante contratos a termo e contratos de longo prazo, sendo que todas essas transações tiveram como compradores duas das principais cooperativas presentes no mercado (Coagrosol e Cocer). Três transações com o grupo “outros compradores” foram internalizadas por citricultores que possuem barracões próprios e vendem a fruta direto para o varejo. Por outro lado, a maioria das transações com a indústria (50,6%) foi coordenada por contratos a termo de curto prazo (apenas uma safra). O mercado spot foi a estrutura adotada em 28,6% das transações e os contratos de longo prazo em 20,7% das transações de venda para a indústria processadora. As diferenças nos preços recebidos pelos citricultores entre os grupos de compradores e entre as estruturas de governança adotadas são apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23. Preço de venda da laranja de acordo com o grupo e com a estrutura de governança adotada pelo citricultor.

	Indústria				Outros compradores			
	Média	D.P.	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
Preço médio	8,60	2,64	1,5	15	10,30	6,07	1,00	42,13
Preço spot	6,23	1,71	1,5	8	9,85	6,41	1	42,13
Preço termo	8,87	2,07	5	15	11,82	2,82	10	20
Preço longo prazo	11,21	2,15	8	15	12,5	0,71	12	13
Preço IV*	-	-	-	-	15,86	2,03	14,4	18,18

*integração vertical.

Fonte: dados da pesquisa de campo.

O preço médio recebido na venda da laranja para o grupo “outros compradores” foi de R\$ 10,30, com mínimo de R\$ 1,00, máximo de R\$ 42,13 e desvio padrão de R\$ 42,13. Nota-se considerável desvio padrão no preço de venda para o esse grupo, cuja ocorrência pode ser explicada pelas diferenças na qualidade da fruta e na estratégia dos citricultores. Os citricultores que receberam preços altos nas vendas para compradores do grupo “outros compradores” possuem frutas de mais alto padrão de qualidade e comercializam há algum tempo exclusivamente (ou quase exclusivamente) com os compradores desse grupo. Esses citricultores vendem fruta para barracões de grande porte e cooperativas e possuem relacionamento comercial diferenciado e histórico de transações com os compradores. Muitos desses citricultores adotam contratos para coordenar suas transações, o que não é uma prática comum nas transações para esse grupo. Já os citricultores que receberam preços extremamente baixos são aqueles que não conseguiram (ou não quiseram) vender a fruta para a indústria e realocaram as suas vendas para o mercado de mesa. Esses citricultores não possuem o padrão de qualidade demandado por esse grupo e comercializaram a fruta em condições de negociação bastante desfavoráveis, recebendo, conseqüentemente, preços mais baixos. Todos esses citricultores venderam a produção por meio do mercado spot.

O preço médio recebido na venda da laranja para o grupo “indústria” foi de R\$ 8,60, com mínimo de R\$ 1,50, máximo de R\$ 15 e desvio padrão de R\$ 2,64. Conforme era esperado, o preço médio de venda para a indústria é inferior àquele praticado nas vendas para o mercado. Ademais, se descontado o custo médio de colheita (R\$ 2,60/caixa) e frete (R\$ 1,00/caixa), a sobra nas vendas para a indústria pode chegar a R\$ 5/caixa, o que representa metade do preço médio nas vendas para o mercado de mesa.

Aspecto de particular interesse no presente estudo é a variação nos preços de acordo com as diferentes estruturas de governança nas vendas de laranja para a indústria processadora de suco. Como ressaltado pelo relator Ricardo Ruiz no ATO DE CONCENTRAÇÃO n.º 08012.003065/2012-21 (2014), a estratégia de discriminação de preços adotada pela indústria está relacionada ao pagamento de preços altos para grandes citricultores por meio de contratos de longo prazo vis-à-vis o pagamento de preços extremamente baixos no mercado spot para pequenos citricultores. De fato, o preço médio praticado pela indústria nos contratos de longo prazo (R\$ 11,21) é consideravelmente superior ao preço médio praticado nas transações no mercado spot (R\$ 6,23). Ademais, o volume médio por transação nos contratos de longo prazo é de 66.896 caixas, à medida que, no mercado spot, o volume médio é de apenas 15.743 caixas por transação.

A Tabela 24 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis estruturais, de capital humano e social, gerenciais e institucionais (“variáveis z”) adotadas para identificar os fatores determinantes das posições das fronteiras e dos diferenciais de eficiência técnica e econômica das propriedades rurais.⁷³

Tabela 24. Estatísticas descritivas das “variáveis z”.

	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Irrigação	0,32	0,47	0	1,00
Fertilidade	2,18	0,58	1,00	3,00
<i>Greening</i>	0,11	0,15	0	0,8
Adensamento	451,12	100,05	285,71	800,00
Idade pomar	8,65	3,81	3	23,44
Contratos	0,61	0,49	0,00	1,00
Formas plurais	0,38	0,49	0	1,00
Terceirização	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferramentas TI gestão	3,18	2,04	0,00	8,00
Maximização lucro	4,84	0,42	3,00	5,00
Assistência	0,51	0,50	0	1
Canais comercialização	0,44	0,50	0	1
Diversificação	0,60	0,27	0,15	1,00
Escolaridade	12,40	4,95	2	18
Experiência	23,90	11,63	4	58
Informação	2,67	1,29	0	5
Qualificação MO	1,89	0,64	1	3
Associativismo	1,41	0,91	0	3

⁷³ O Apêndice B apresenta a matriz de correlação entre as variáveis z.

Problemas contratuais	1,43	1,68	0	6
<i>Enforcement</i>	2,41	1,57	1	5
Expectativas	4,09	1,46	1	5
Crédito	1,51	2,25	0	10,69

Fonte: dados da pesquisa de campo.

Com relação às características estruturais das propriedades rurais, percebe-se que 32% das propriedades analisadas utilizaram a tecnologia de irrigação no ano safra 2013/14. O índice de fertilidade do solo foi, em média, de 2,18 (em uma escala de 1 a 3); indicando que a maioria dos citricultores considera o solo de sua propriedade fértil para a citricultura. O percentual médio de incidência de *greening* nas propriedades analisadas foi de 11%, o que confirma a tendência crescente de incidência da doença (ver Tabela 5). O número médio de pés de laranja em produção por hectare foi de 451, com máximo de 800 e mínimo de 286. A idade média dos pomares em produção nas propriedades analisadas foi de 8,65 anos. Vale destacar que a idade mínima de três anos ocorreu devido ao fato de terem sido considerados para as análises de eficiência apenas os pomares em produção. Não é correto comparar pomares com idade inferior a três anos e, portanto, com produção muito baixa (ou sem produção) com pomares em plena produção. Nesse estudo, levou-se em consideração essa questão, ajustando, inclusive, o uso e os gastos com fatores apenas para as áreas com pomares em produção.

No que tange aos aspectos gerenciais das propriedades, nota-se que 61% dos produtores adotaram contratos para comercializar a produção de laranja. Se dividido esse número entre contratos de curto prazo (uma safra) e contratos de longo prazo, verifica-se que apenas 16 citricultores operaram sob arranjos contratuais de longo prazo (mais de uma safra). Como já destacado, os contratos possuem tanto a função de minimizar os custos de transação, como também de pré-fixar o preço de venda (*hedge* de preço) e facilitar o planejamento da produção. Dentre os 98 citricultores da amostra, 38% adotaram diferentes estruturas de governança para comercializar a laranja na safra 2013/14. A combinação de governanças mais comum foi o uso de contratos de curto prazo e o mercado spot. Essa estratégia é comum para os citricultores que comercializam parte da produção com o mercado de mesa e o restante com a indústria processadora. Há ainda três casos de citricultores que internalizaram uma parcela da produção por meio da posse de barracões e comercializaram o restante com a indústria processadora por meio de contratos de longo prazo. A prática de terceirização dos fatores de produção (*outsourcing*) não foi observada nas propriedades rurais, o que, por sua vez, impossibilita testar a

hipótese construída em torno dessa variável. Verificou-se que, na média da amostra, são adotadas 3,18 ferramentas de gestão de um total de oito possíveis, o que aponta para um nível baixo de difusão de tais ferramentas na citricultura. No que tange objetivo de gestão, grande maioria dos citricultores concordou plenamente que o seu principal objetivo de gestão é maximizar o lucro (média de 4,84 com o máximo possível sendo 5). O recebimento de assistência técnica e de gestão tem sido frequente para 51% das propriedades da amostra. A venda de toda a produção de laranja da safra 2013/14 para a indústria foi realizada por 43 citricultores, sendo que o restante da amostra vendeu também (ou apenas) para outros compradores. O índice HHI para diversificação/concentração da produção apresentou valor médio de 0,60, com mínimo de 0,15 e máximo de 1. Vale lembrar que, quanto mais próximo da unidade, mais concentrada a produção rural em poucas culturas (ou, no limite, apenas uma).

Dentre as variáveis de capital humano e social, notou-se que a escolaridade média da amostra foi de 12,4 anos de estudo, com máximo de 18 e mínimo de 2 anos. O tempo médio de experiência com trabalhos na agricultura foi de 23,9, o que indica que, em média, os agricultores da amostra são bastante experientes. Percebe-se que, em média, os citricultores utilizam apenas 2,67 de um total de cinco fontes de informação pesquisadas. O índice médio de qualificação da mão de obra foi de 1,89, indicando que, na média, os citricultores consideram os funcionários qualificados ou pouco qualificados para operar na citricultura. A variável associativismo, que mede a participação dos citricultores em três tipos de organizações (sindicato rural, cooperativas e associações de classe), apresentou valor médio de 1,41 com mínimo de 0 e máximo de 3.

Com relação aos aspectos institucionais investigados, nota-se que, em média, os citricultores tiveram a ocorrência de 1,43 de um total possível de seis tipos de problemas contratuais nas últimas três safras. O índice de percepção de *enforcement* nos contratos comerciais apresentou valor médio de 2,41 (em uma escala de 1 a 5, com 5 indicando total confiança nas instituições), o que reflete que os citricultores confiam pouco no *enforcement* dos contratos de compra e venda e, conseqüentemente, nos direitos de propriedade privada propriamente ditos. O índice de formação de expectativas com relação ao futuro da atividade apresentou valor médio de 4,09 (em uma escala de 1 a 5, onde 5 representa expectativas muito desfavoráveis), indicando que as expectativas dos produtores com relação ao futuro da atividade são bastante ruins. O nível de alavancagem com recursos do crédito rural (crédito/despesas operacionais de safra) apresentou valor

médio de 1,51, o que reflete alto nível de alavancagem com recursos oficiais do crédito rural na atividade citrícola.

5.2. EFICIÊNCIA TÉCNICA⁷⁴

As análises de eficiência técnica estão divididas em três subseções. A primeira subseção apresenta os resultados das fronteiras de produção translog e Cobb-Douglas, discutindo as características da tecnologia de produção para cada modelo estimado. Na segunda subseção, são apresentados e discutidos os índices de eficiência técnica das propriedades da amostra. A terceira subseção apresenta uma análise dos fatores determinantes da eficiência técnica das propriedades rurais analisadas.

5.2.1. Fronteiras de produção

Os resultados dos modelos econométricos estimados para as fronteiras estocásticas de produção Cobb-Douglas e translog são apresentados na Tabela 25. Para não incorrer no erro de escolher uma forma funcional inadequada, foram estimadas duas fronteiras de produção (Cobb-Douglas e translog).⁷⁵ Conforme será discutido a seguir, os resultados obtidos a partir dos dois modelos apresentaram muitas semelhanças, o que indica que os dados se ajustaram bem a ambas as formas funcionais e que as mesmas parecem ser adequadas para representar a tecnologia de produção das propriedades rurais da amostra. A única diferença considerável está no fato de que a função de produção translog, por não ser uma função homogênea, permite que sejam identificadas diferentes medidas de elasticidade de escala para as propriedades da amostra. Por sua vez, a função de produção Cobb-Douglas, por ser uma função homogênea ($\beta_{ij} = 0$), retorna o mesmo coeficiente de elasticidade de escala para todas as propriedades rurais da amostra, podendo produzir conclusões equivocadas sobre os retornos à escala na atividade analisada. Assim, a função translog é mais adequada para analisar os retornos de escala.

⁷⁴ Todas as análises econométricas foram feitas por meio dos softwares R (package “frontier” desenvolvido por Coelli e Henningsen, 2013) e LIMDEP 10 (Econometric Software). Os apêndices C, D e E apresentam os índices de eficiência técnica, de custo e de lucro (sem a inclusão de determinantes da eficiência) de cada uma das propriedades rurais.

⁷⁵ Poderiam ter sido estimadas mais fronteiras de produção com diferentes restrições sobre o modelo translog (homogeneidade e elasticidades de substituição unitárias). No entanto, as fronteiras de produção Cobb-Douglas e translog apresentaram resultados bastante consistentes, representando de forma satisfatória a tecnologia de produção. Assim, para fins de simplificação da análise, apresentam-se apenas os resultados obtidos a partir das fronteiras de produção Cobb-Douglas e translog,

Tabela 25. Fronteiras estocásticas de produção Cobb-Douglas e translog.

Variável	Modelo 1: Cobb-Douglas		Modelo 2: translog	
	Parâmetro	Pr(> z)	Parâmetro	Pr(> z)
Constante	3,400	0,000***	0,374	0,001***
lnx ₁ (hectares)	0,550	0,000***	0,425	0,000***
lnx ₂ (horas mão de obra)	-0,015	0,820	0,087	0,321
lnx ₃ (horas máquina)	0,261	0,006***	0,296	0,009***
lnx ₄ (kg NPK)	0,296	0,000***	0,225	0,023**
lnx ₅ (gastos defensivos)	0,032	0,639	-0,001	0,990
lnx ₁ x lnx ₁	-	-	0,084	0,862
lnx ₁ x lnx ₂	-	-	-0,166	0,519
lnx ₁ x lnx ₃	-	-	0,182	0,463
lnx ₁ x lnx ₄	-	-	0,044	0,887
lnx ₁ x lnx ₅	-	-	-0,178	0,375
lnx ₂ x lnx ₂	-	-	0,178	0,574
lnx ₂ x lnx ₃	-	-	0,306	0,164
lnx ₂ x lnx ₄	-	-	-0,128	0,513
lnx ₂ x lnx ₅	-	-	-0,125	0,402
lnx ₃ x lnx ₃	-	-	-0,629	0,024**
lnx ₃ x lnx ₄	-	-	-0,039	0,859
lnx ₃ x lnx ₅	-	-	0,123	0,513
lnx ₄ x lnx ₄	-	-	0,155	0,649
lnx ₄ x lnx ₅	-	-	-0,064	0,714
lnx ₅ x lnx ₅	-	-	0,168	0,403
Parâmetros de variância				
σ_s^2	0,236	0,000***	0,237	0,004***
γ	0,827	0,000***	0,928	0,000***
Log-Likelihood	-29,636	-	-19,456	-
Eficiência média	0,726		0,716	
N = 98				

*** significativo a 1%; ** significativo a 5%; * significativo a 10%.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em ambos os modelos estimados, o parâmetro de variância γ apresentou valor próximo de um (0,83 na função Cobb-Douglas e 0,93 na função translog) e significância estatística ao nível de 1%, o que, por sua vez, significa que o termo de ineficiência é muito importante para explicar os desvios das propriedades rurais com relação às fronteiras de produção, independentemente da forma funcional adotada para realizar as análises. Adicionalmente, calculou-se a proporção da variância total dos modelos que é explicada

pelo termo de ineficiência, isto é: $\text{var } u / (\text{var } u + \text{var } v)$. Na fronteira de produção Cobb-Douglas, 63,50% da variância total é explicada pela ineficiência das propriedades rurais da amostra. Na fronteira de produção translog, essa proporção foi de 82,30%, indicando que o termo de ineficiência representa a maior parcela da variância total nos dois modelos estimados. Ademais, realizou-se o teste de razão de máxima verossimilhança (*likelihood-ratio test*) para testar a hipótese nula de que não há ineficiência técnica na produção de laranja das propriedades rurais analisadas.⁷⁶ Em ambos os modelos, o qui-quadrado calculado excedeu o qui-quadrado tabelado ao nível de 5% de significância estatística.⁷⁷ Assim, pode-se concluir que os modelos estocásticos com a inclusão do termo de ineficiência são mais adequados do que os modelos tradicionais de produção (sem o termo de ineficiência) para explicar a produção de laranja pelas propriedades rurais da amostra.

Na função Cobb-Douglas, com exceção do parâmetro da variável “mão de obra”, todos os outros parâmetros apresentaram sinal positivo (condição de monotonicidade). Em que pese o sinal negativo do parâmetro associado à mão de obra, o mesmo não apresentou significância estatística. Ou seja, não é possível afirmar que o fator de produção “mão de obra” exerce impacto negativo na produção de laranja das propriedades rurais analisadas. O parâmetro da variável “defensivos” também não se mostrou estatisticamente significativo ao nível de 5% no modelo Cobb-Douglas. Com exceção desses dois parâmetros, todos os outros parâmetros do modelo apresentaram significância estatística ao nível de 1%. Esse resultado indica que o capital (horas máquina), a área (hectares) e o uso de fertilizantes (kg de NPK) são importante para explicar o volume de produção citrícola das propriedades analisadas.

A não significância estatística do fator mão de obra pode estar relacionada ao uso em excesso desse fator de produção, fazendo com que unidades adicionais de mão de obra deixem de apresentar influência positiva na produção de laranja das propriedades rurais. De fato, na seção 5.1 verificou-se que as propriedades rurais utilizam o fator mão de obra de forma bastante intensiva. No caso dos defensivos, pode-se argumentar que esse fator de produção é muito mais importante para evitar perdas de produção decorrentes de pragas e doenças do que para gerar ganhos de produção propriamente ditos. Assim, se todas as propriedades rurais da amostra (ou a maioria delas) utilizam defensivos em

⁷⁶ Caso a hipótese nula seja aceita, tem-se que $\gamma = 0$ e, portanto, o modelo se reduz a um modelo tradicional de produção estimado pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

⁷⁷ No modelo de produção Cobb-Douglas, o qui quadrado calculado apresentou valor de 3,5271. No modelo translog, o qui quadrado calculado foi de 8,6647. O qui quadrado tabelado com 1% de significância estatística é de 5,412 e com 5% é de 2,706.

proporções ótimas, esse fator não vai explicar significativamente os diferenciais de produção entre elas, conforme observado nos modelos econométricos.

Os parâmetros estimados na fronteira de produção Cobb-Douglas podem ser interpretados diretamente como parâmetros de elasticidade parcial da produção. Desta forma, um aumento de 1% na área de laranja em produção resulta em um aumento de 0,55% na produção de laranja, *ceteris paribus*. Com relação ao capital, pode-se notar que um aumento de 1% na quantidade de horas máquina tende a aumentar a produção de laranja em 0,26%, *ceteris paribus*. Já com relação ao uso de fertilizantes, verifica-se que um aumento de 1% na quantidade aplicada de fertilizantes NPK resulta em um aumento de 0,30% na produção de laranja, *ceteris paribus*.

A elasticidade de escala (somatório das elasticidades parciais) apresentou valor de 1,12 na fronteira de produção Cobb-Douglas. Essa medida mostra que um aumento de 1% no uso de todos os fatores de produção aumenta a produção de laranja das propriedades rurais analisadas em 1,12%, refletindo a existência de retornos crescentes de escala para as propriedades analisadas. Contudo, pelo fato de o valor da elasticidade de escala ter se apresentado próximo à unidade, testou-se a hipótese nula de retornos constantes de escala ($\epsilon = 1$). Pelo teste de Wald, verificou-se que a restrição de retornos constantes não é estatisticamente significativa a 10%. Assim, pode-se aceitar a hipótese de retornos crescentes de escala no modelo Cobb-Douglas.

A função translog foi estimada utilizando-se as variáveis divididas pelos seus valores médios para a amostra (normalizadas para os valores médios), o que é usualmente feito em análises empíricas (ALVAREZ, ARIAS, 2004; RAHMAN; RAHMAN, 2008; MANJUNATHA et al., 2013; HENNINGSSEN, 2014).⁷⁸ Com exceção do parâmetro estimado para a variável x_5 (defensivos), todos os outros parâmetros de primeira ordem da função translog apresentaram sinal positivo. Além disso, o parâmetro associado à variável x_5 apresentou valor muito próximo de zero e sem significância estatística. Assim, nota-se que a função translog estimada respeita a condição de monotonicidade para a média da amostra. Ao contrário da função Cobb-Douglas, a função de produção translog não é globalmente côncava (resultando em isoquantas convexas), sendo, portanto, necessário checar as condições de concavidade para as propriedades da amostra. Tais

⁷⁸ No caso de formas funcionais que não são sensíveis às unidades de medida (por exemplo, Cobb-Douglas e translog), trabalhar com as variáveis divididas pelas suas respectivas médias (x_i/\bar{x}) não afeta os resultados das medidas econômicas relativas à tecnologia de produção (elasticidade de escala, elasticidades de substituição, etc), visto que os valores dos coeficientes de segunda ordem não são alterados.

condições foram checadas calculando-se as primeiras e segundas derivadas, bem como o determinante da matriz Hessiana Orlada para a média da amostra, conforme equações (56), (58), (59) e (60). Verificou-se que a condição de concavidade foi respeitada para a média da amostra.

Ao utilizar as variáveis divididas pelos seus valores médios, podem-se interpretar os coeficientes de primeira ordem da função translog como as elasticidades parciais da produção para a média da amostra.⁷⁹ No modelo translog, um aumento de 1% na área em produção resulta em um aumento de 0,42% na produção de uma propriedade rural que represente a média da amostra (para uso dos fatores e para produção), mantidos os outros fatores de produção constantes. Com relação ao capital, um aumento de 1% na quantidade de horas máquina aumenta em 0,30% a produção de laranja de uma firma que represente a média da amostra, *ceteris paribus*. A elasticidade parcial da produção com relação ao uso de fertilizantes foi de 0,22% para a média da amostra. A variável “mão de obra” deixou de apresentar sinal negativo na função translog, entretanto, seu coeficiente continua não apresentando significância estatística. Verifica-se ainda que os parâmetros de primeira ordem da função translog apresentaram resultados bastante semelhantes àqueles estimados na função Cobb-Douglas, indicando que há consistência nos resultados obtidos a partir de ambos os modelos e que os fatores de produção mais importantes para a produção citrícola das propriedades rurais analisadas são terra, capital e fertilizantes.

A elasticidade de escala da função translog para a média da amostra foi de 1,03. Como esse valor encontra-se muito próximo de um, é bastante razoável assumir que, considerando a tecnologia de produção representada pela função translog, há retornos constantes de escala para a média da amostra.⁸⁰ Esse resultado é interessante e indica que uma propriedade que represente a média da amostra de 98 propriedades rurais está operando com escala ótima de produção, isto é, na região de retornos constantes de escala.

Conforme já mencionado, a função translog é mais adequada para analisar os retornos de escala devido à sua maior flexibilidade. Essa forma funcional permite que seja calculada a elasticidade de escala para diferentes quantidades físicas de fatores de produção. Utilizando-se a equação (57), foram calculadas as elasticidades parciais da

⁷⁹ Como os logaritmos das médias das variáveis divididas pelos seus valores médios são iguais a zero, os coeficientes de primeira ordem da função translog podem ser interpretados diretamente como as elasticidades parciais da produção para a média a amostra (para uma firma que represente a média da amostra), conforme pode ser provado utilizando-se a equação (57).

⁸⁰ Isso significa que uma firma que representa a média da amostra das 98 firmas analisadas está operando em uma região de retornos constantes de escala. Ou seja, se essa firma duplicar o uso de todos os fatores de produção, sua produção também deverá ser duplicada.

produção com relação aos cinco fatores de produção para todas as propriedades rurais da amostra. As elasticidades de escala para cada uma das propriedades rurais foram então obtidas a partir do somatório de suas elasticidades parciais com relação aos fatores de produção (Tabela 26).

Tabela 26. Elasticidades de escala das propriedades rurais calculadas a partir da fronteira de produção translog.

Grupo	Faixas de elasticidade de escala	Número de propriedades	%
I	< 0,95	15	15,31%
II	0,95 a 0,99	8	8,16%
III	1 a 1,049	13	13,27%
IV	1,05 a 1,10	15	15,31%
V	1,101 a 1,21	17	17,35%
VI	> 1,21	30	30,61%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Na Tabela 26, as propriedades rurais foram divididas em seis grupos de acordo com seus índices de elasticidade de escala. Os grupos I e II concentram as propriedades que operam com retornos decrescentes de escala. Verifica-se que 23 propriedades rurais (23,5% da amostra) estão operando com retornos decrescentes de escala. Essas propriedades já se aproveitaram dos ganhos de escala permitidos pela tecnologia de produção e poderiam aumentar a produtividade média dos fatores reduzindo a escala de operação (quantidade física de todos os fatores de produção utilizados). Entretanto, é importante mencionar que as propriedades do grupo II (elasticidade de escala entre 0,95 e 0,99) estão operando muito próximas à escala ótima de produção (região de retornos constantes de escala). As propriedades do grupo III (elasticidade de escala entre 1 e 1,049) também estão operando próximas à região de retornos constantes de escala. Desta forma, observa-se que, considerando a tecnologia de produção representada pela função translog, 21 propriedades (21,4% da amostra) operam na região de escala ótima (ou muito próximas dessa região). Já as 62 propriedades rurais dos grupos IV, V e VI (63,3% da amostra) podem aproveitar-se de ganhos de escala aumentando o uso de todos os fatores de produção e, conseqüentemente, produzindo volumes maiores de laranja com uma maior produtividade média dos fatores, uma vez que estão operando com retornos crescentes de escala. A situação que mais chama atenção é das 30 propriedades rurais que estão no grupo VI, as quais poderiam obter ganhos significativos na produtividade média dos fatores se aumentassem a escala de operação (para cada aumento de 1% no uso

de todos os fatores, essas propriedades obteriam ganhos na produção de laranja de, no mínimo, 1,21%).

Para inferir a área ótima na produção citrícola das propriedades da amostra, analisou-se a relação entre a área de laranja em produção e os índices de elasticidade de escala das propriedades rurais (Figura 10).

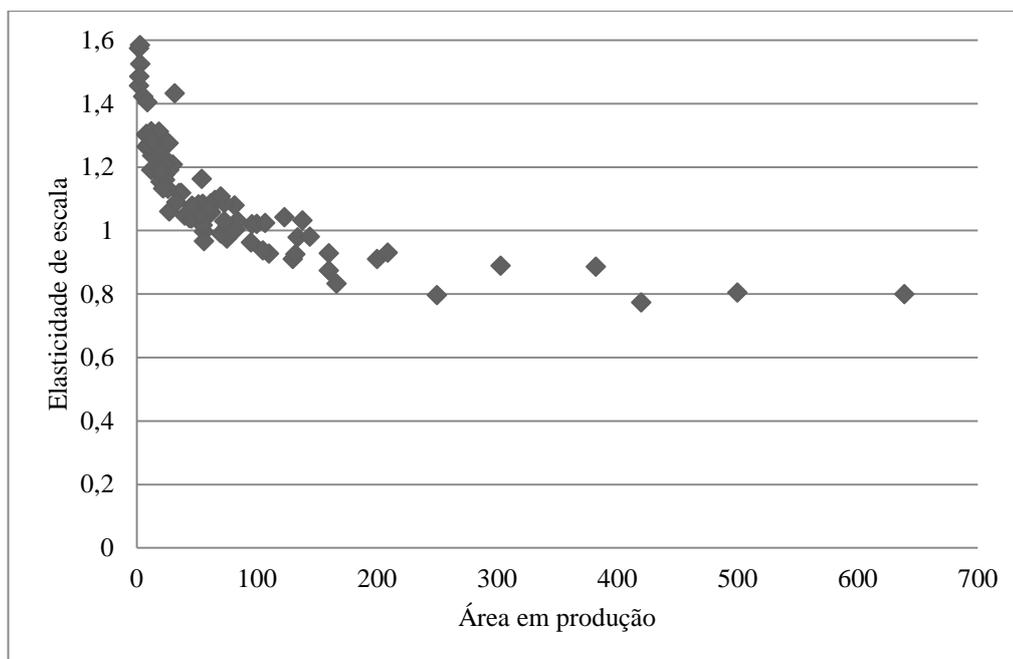


Figura 10. Relação entre elasticidades de escala e área de laranja em produção.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Pode-se notar que há uma relação não linear entre os índices de elasticidade de escala e a área das propriedades rurais, sendo que, de uma forma geral, propriedades com menos de 50 hectares de laranja em produção podem aproveitar-se significativamente de ganhos de escala aumentando o uso de todos os fatores de produção. Todas as propriedades do grupo VI ($\epsilon > 1,21$) possuem menos do que 35 hectares de laranja em produção. A partir de 50 hectares, os índices de elasticidade de escala começam a se reduzir consideravelmente para as propriedades rurais da amostra. Isso indica que as propriedades com mais do que 50 hectares passam a aproveitar-se dos ganhos de escala permitidos pela tecnologia de produção. A área ótima de operação está entre 80 e 120 hectares, visto que, quase a totalidade das propriedades rurais com índices de elasticidade de escala entre 0,96 e 1,04 possui área em produção dentro deste intervalo. Além disso, todas as propriedades rurais da amostra que possuem mais do que 138 hectares de laranja em produção estão operando com retornos decrescentes de escala. Essas propriedades já

se aproveitaram de todos os ganhos de escala permitidos pela tecnologia de produção e poderiam aumentar a produtividade média dos fatores de produção reduzindo a escala de operação. Esse resultado refuta a hipótese de Neves (2010) acerca da existência de fortes retornos crescentes de escala para a citricultura no Estado de São Paulo.⁸¹

Ademais, considerando-se um produto médio da terra de 752,13 caixas por hectare (média da amostra) e uma área ótima de 100 hectares, tem-se que a escala ótima de produção estaria em torno de 75.000 caixas de laranja por ano safra. De fato, ao relacionar os índices de elasticidade de escala com a produção das propriedades rurais da amostra, percebe-se que a escala ótima de produção (aquela para a qual $\varepsilon = 1$) está na faixa das 75.000-95.000 caixas de laranja (Figura 11).

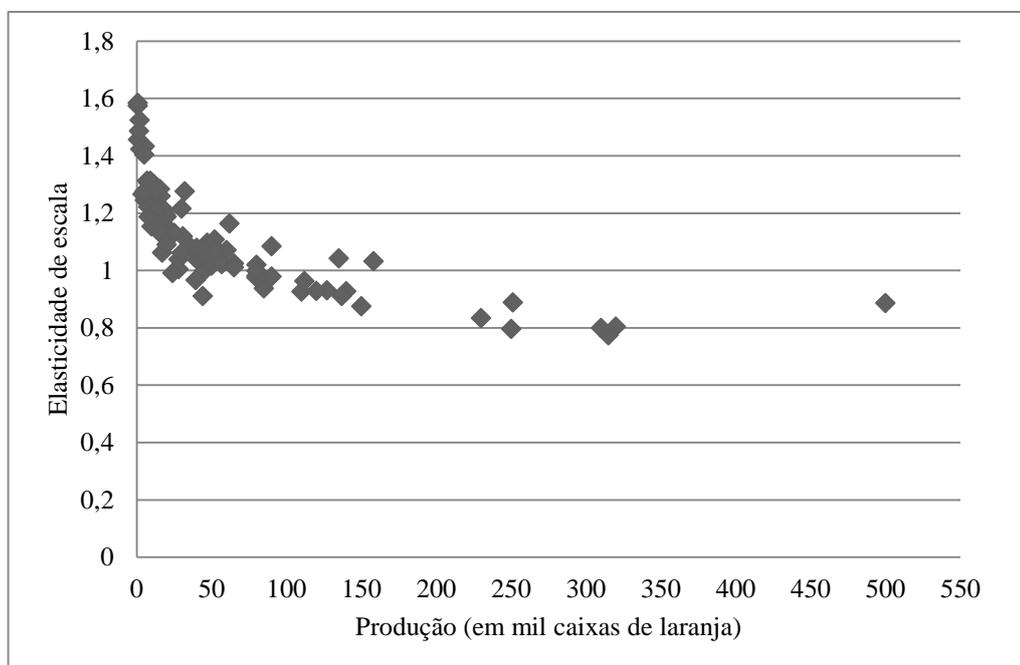


Figura 11. Elasticidades de escala e produção de laranja.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Por fim, foram feitos dois testes estatísticos para testar se o modelo translog se reduz a um modelo Cobb-Douglas. No teste de razão de máxima verossimilhança, aceita-se a hipótese nula, ou seja, o modelo translog se reduz a um modelo Cobb-Douglas ao nível de 1% de significância estatística. Nesse caso, seria mais adequado representar a tecnologia de produção por meio da forma funcional Cobb-Douglas. Contudo, ao adotar

⁸¹ Como em todos os estudos de microeconomia aplicada à produção, os resultados aqui obtidos estão condicionados ao conjunto de dados coletados e às pressuposições teóricas em torno da tecnologia de produção (formas funcionais adotadas).

o teste de Wald, rejeita-se a hipótese nula com 1% de significância estatística, o que indica que o modelo translog seria mais apropriado para representar a tecnologia de produção das propriedades da amostra. Como os dois modelos se ajustaram bem aos dados e produziram resultados semelhantes (tanto com relação aos parâmetros estimados, como também com relação aos índices de eficiência das propriedades), a escolha de uma forma funcional específica (entre as duas utilizadas) não implica em diferenças significativas quanto à interpretação dos resultados.

5.2.2. Índices de eficiência técnica

A partir das estimativas econométricas das fronteiras de produção, os índices de eficiência técnica das propriedades rurais foram obtidos pela equação (75). A Tabela 27 sintetiza os resultados dos índices de eficiência técnica estimados a partir das fronteiras de produção Cobb-Douglas e translog.

Tabela 27. Índices de eficiência técnica estimados a partir das fronteiras de produção Cobb-Douglas e translog.

Faixas de eficiência/Número de propriedades	Modelo 1: Cobb-Douglas	Modelo 2: translog
<50%	7	11
50-70%	28	28
70,01-80%	26	21
80,01-90%	33	30
>90,01%	4	8
Eficiência média	0,726	0,716
Desvio padrão	0,138	0,162
Máximo	0,928	0,950
Mínimo	0,366	0,299
Índice de correlação	0,89***	

*** significativo a 1%.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Percebe-se que, independente da forma funcional adotada, as propriedades da amostra podem aumentar consideravelmente a produção de laranja utilizando-se da mesma dotação de fatores de produção. No modelo Cobb-Douglas, os índices de eficiência técnica das propriedades rurais apresentaram-se entre o intervalo de 36,6% e 92,8%, com média de 72,6% e desvio padrão de 13,8%. Neste modelo, a firma mais eficiente da amostra produz 92,8% do máximo que poderia produzir e a firma menos eficiente da amostra produz apenas 36,6% do máximo possível com sua dotação de

fatores de produção e diante da mesma tecnologia disponível. Pelos resultados do modelo Cobb Douglas, em média, as propriedades rurais produzem apenas 72,6% da produção máxima que poderiam obter sem alterar as quantidades que utilizam dos fatores de produção.

Considerando o modelo translog, os índices de eficiência técnica das propriedades rurais analisadas apresentaram-se entre o mínimo de 29,9% e o máximo de 95%, com média de 71,6% e desvio padrão de 16,2%. Assim, verifica-se que, em média, as propriedades rurais analisadas produzem aproximadamente 72% do máximo que poderiam produzir com a mesma quantidade física de fatores e diante da mesma tecnologia de produção. Neste sentido, percebe-se que há espaço significativo para ganhos de eficiência técnica entre as propriedades.

A alta variação nos índices de eficiência técnica pode estar bastante relacionada ao período de crise de preços pelo qual a atividade citrícola passou a partir de 2012 (ver seção 2.3). Em um cenário de preços baixos na venda do produto, muitos citricultores tiveram que reduzir a demanda pelos fatores de produção, utilizando-os, muitas vezes, em proporções subótimas, o que, por sua vez, resulta em ineficiência técnica. No entanto, é de fundamental importância compreender as características daquele conjunto de propriedades que, mesmo diante de um cenário de preços baixos, conseguem operar com altos índices de eficiência técnica. A própria formulação de estratégias privadas e políticas públicas deve, necessariamente, levar em consideração as características das propriedades rurais mais eficientes.

Para sistematizar as análises, é útil dividir as propriedades rurais em diferentes faixas de acordo com seus índices de eficiência técnica, conforme foi feito na Tabela 27. No modelo de produção Cobb-Douglas, percebe-se que 37 propriedades (37,7% da amostra) estão operando relativamente próximas às suas fronteiras de produção (apresentam índices de eficiência maiores do que 80%), com quatro propriedades produzindo mais do que 90% do máximo possível (faixa de alta eficiência produtiva). Por outro lado, 35 propriedades (35,7% da amostra) estão operando em uma faixa de baixa eficiência (índices inferiores a 70%), sendo bastante crítica a situação das sete propriedades que operam com índices de eficiência inferiores a 50% (produzem menos da metade do que poderiam produzir com a mesma dotação de fatores).

Os índices de eficiência estimados a partir do modelo translog refletem um cenário semelhante: por um lado, 39 propriedades rurais operam na faixa de baixa eficiência técnica (inferior a 70%), com 11 operando na faixa crítica de eficiência menor do que

50%; por outro lado, 38 propriedades operam relativamente próximas às suas fronteiras de produção (eficiência superior a 80%), sendo que oito operam na faixa de alta eficiência técnica e produzem mais do que 90% do máximo permitido.

Antes de proceder às análises econométricas acerca dos fatores determinantes da eficiência técnica, é interessante descrever algumas características de produção e uso dos fatores de produção das propriedades mais eficientes. Consideraram-se como propriedades mais eficientes da amostra, as oito propriedades rurais que, de acordo com os resultados da fronteira de produção translog, estavam operando com índices de eficiência técnica superiores a 90% (faixa de alta eficiência técnica).⁸² Algumas características operacionais dessas propriedades encontram-se na Tabela 28.

Tabela 28. Características de produção e uso dos fatores das propriedades rurais com índices de eficiência superiores a 90%.

	Propriedades							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Eficiência	95%	94,6%	93%	92,6%	92,6%	91,6%	91%	90,5%
Produção (y)	11.500	90.000	62.000	140.000	112.000	16.000	50.000	158.261
y*	12.105	95.137	66.667	151.188	120.950	17.467	54.945	174.874
Área (x ₁)	8	55	54	110	95	18,5	55	138
E _{yx1}	0,54	0,41	0,56	0,49	0,57	0,68	0,54	0,61
Pme x ₁	1.437	1.636	1.145	1.273	1.179	865	909	1.147
Trabalho (x ₂)	1.391	9.676,8	5.964	9.940	4.473	1.390	1.988	9.940
E _{yx2}	0,12	0,25	0,24	0,21	-0,04	0,10	0,01	0,19
Pme x ₂	8,3	9,3	10,4	14,1	25	11,5	25	15,9
Capital (x ₃)	500	2.600	1.800	6.000	3.000	700	2.000	4.000
E _{yx3}	0,17	0,25	0,24	-0,05	0,05	0,11	0,00	0,09
Pme x ₃	23	34,6	34,4	23,3	37,3	22,86	25	39,6
NPK (x ₄)	12.000	44.500	26.000	85.000	73.000	11.000	15.000	90.000
E _{yx4}	0,30	0,16	0,21	0,20	0,33	0,32	0,19	0,31
Pme x ₄	0,96	2,02	2,38	1,65	1,53	1,45	3,33	1,76
Defens. (x ₅)	13.000	83.531	32.600	200.000	120.000	12.317	100.000	60.000
E _{yx5}	0,16	0,01	-0,10	0,09	0,05	0,05	0,27	-0,21
Pme x ₅	0,88	1,08	1,90	0,7	0,93	1,30	0,5	2,64
ε	1,30	1,08	1,16	0,93	0,96	1,26	1,02	1,03

Nota: y* é a produção ótima da firma, isto é, aquela produção que seria obtida caso o índice de eficiência técnica da firma fosse igual à unidade (produção de máxima eficiência); E_{yx} são as elasticidades parciais

⁸² As firmas mais eficientes foram as mesmas em ambos os modelos econométricos estimados. A diferença é que, no modelo translog, há oito firmas operando com índices de eficiência técnica superiores a 0,9, à medida que, no modelo Cobb-Douglas, apenas quatro firmas operam nessa faixa.

da produção com relação aos fatores de produção; ε é a elasticidade de escala; P_{me} são os produtos médios dos fatores (y/x_i).

Fonte: resultados da pesquisa.

Percebe-se que há propriedades com diferentes escalas de produção operando com alta eficiência técnica para a dotação de fatores que possuem (de 11.500 caixas com 8 hectares a 158.261 caixas com 138 hectares de laranja). Por um lado, a firma com maior índice de eficiência técnica da amostra produziu, na safra 2013/14, 11.500 caixas de laranja com uma área em produção de 8 hectares. Diante das características da citricultura paulista (ver capítulo 2) e da amostra do presente estudo (ver seção 5.1), essa firma pode ser considerada uma propriedade rural de pequeno porte. Existem também propriedades rurais com escala de produção média (em torno de 60 mil caixas por ano) e alta (superior a 100 mil caixas por ano) operando muito próximas à fronteira de eficiência técnica. Assim, os resultados das estimativas econométricas de eficiência técnica mostram que é possível obter alta eficiência técnica na citricultura com diferentes tamanhos de propriedade rural. No entanto, as propriedades que operam em regiões de consideráveis retornos crescentes/decrescentes podem aumentar ainda mais a produtividade total dos fatores alterando o volume de produção.

A Figura 12, ao relacionar os índices de eficiência técnica com o nível de produção das firmas, confirma que há propriedades com diferentes escalas de produção operando nas diferentes faixas de eficiência. No entanto, todas as propriedades com eficiência técnica inferior a 60% possuem escala de produção menor do que 100.000 caixas.

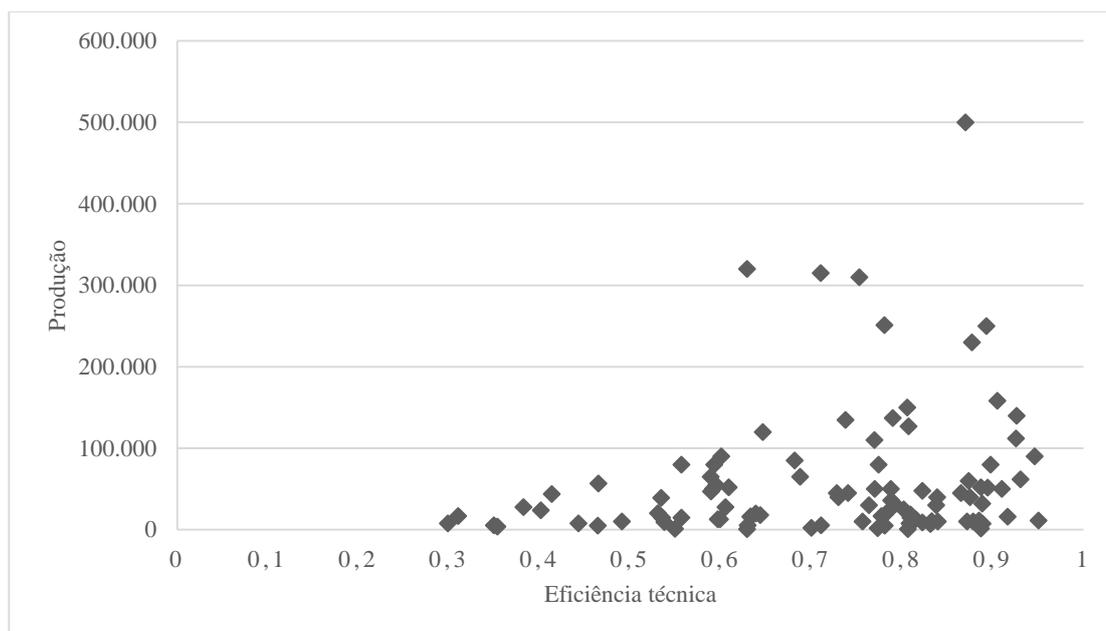


Figura 12. Relação entre índices de eficiência técnica e produção das propriedades.

Fonte: resultados da pesquisa.

É importante destacar que uma firma pode ser tecnicamente eficiente e ainda assim operar em uma região de consideráveis retornos crescentes ou decrescentes de escala. O conceito de eficiência técnica trata de uma relação entre o produto máximo/ótimo e a dotação de fatores utilizada pela firma em determinado período.⁸³ Já o conceito de retornos de escala trata da escolha da escala ótima de operação pela firma, ou seja, da escolha do seu tamanho (quantidades físicas dos fatores de produção) diante da tecnologia de produção disponível. Nesse último caso, pode-se falar em eficiência de escala. As propriedades 1, 3 e 6 possuem altos índices de eficiência técnica e operam em uma região com consideráveis retornos crescentes de escala. Essas propriedades têm pouco espaço para aumentar sua eficiência produtiva (produzir mais utilizando a mesma dotação de fatores), contudo, podem aumentar a eficiência de escala aumentando a dotação de todos os fatores de produção e, conseqüentemente, produzindo volumes maiores de laranja. Por sua vez, a firma 4 opera com alto nível de eficiência técnica, porém em uma região de consideráveis retornos decrescentes de escala. Essa firma poderia aumentar sua eficiência de escala escolhendo um tamanho de operação (quantidades físicas de todos os fatores) menor. O melhor cenário possível se dá quando uma firma opera com alto índice de eficiência técnica e em uma região de escala ótima (retornos constantes), situação bastante próxima daquela em que se encontram as propriedades 5, 7 e 8 da Tabela 28.

A Tabela 28 mostra também as quantidades físicas, os produtos médios e as elasticidades parciais dos cinco fatores de produção das propriedades rurais com maior eficiência técnica da amostra. É bastante interessante comparar os produtos médios das propriedades rurais mais eficientes com os produtos médios da (média da) amostra de 98 propriedades. A Tabela 29 apresenta uma análise comparativa das produtividades médias entre a média das 8 propriedades com índices de eficiência técnica superiores a 90% e a média da amostra de 98 propriedades rurais. Além dessa análise, a Tabela 29 compara também o uso dos fatores trabalho, capital, fertilizantes (NPK) e defensivos ponderado pela área em produção para os dois grupos de propriedades rurais (eficientes x média da amostra).

⁸³ Se considerada a eficiência técnica orientada para o produto, conforme realizado nas análises econométricas das fronteiras de produção do presente estudo.

Tabela 29. Comparação entre os produtos médios dos fatores de produção para a média das propriedades mais eficientes (eficiência técnica superior a 90%) vis-à-vis a média da amostra de 98 propriedades.

	Amostra	Eficientes	Varição %
Produção (y)	59.281,91	79.970	34,90%
Pme área (x ₁)	752,12	1.199	59,40%
Pme trabalho (x ₂)	8,95	14,9	66,48%
Pme capital (x ₃)	21,60	30	38,89%
Pme NPK (x ₄)	1,08	1,9	75,93%
Pme defensivos (x ₅)	0,66	1,24	87,88%
x ₂ /x ₁	116,71	97,6	-16,37%
x ₃ /x ₁	42,12	41,55	-1,35%
x ₄ /x ₁	807,24	731,40	-9,39%
x ₅ /x ₁	1.421,35	1.218,44	-14,28%

Fonte: resultados da pesquisa.

É notória a diferença entre as produtividades médias dos fatores de produção⁸⁴ das oito propriedades com índices de eficiência superiores a 90% vis-à-vis a média da amostra. Enquanto a produtividade média da terra é de 752,12 caixas por hectare para a média da amostra, as oito propriedades mais eficientes operam com produtividade média da terra de, em média, 1.199 caixas por hectare (variação de 59,4%). No caso da mão de obra, a variação entre os dois grupos é ainda maior: o produto por hora trabalhada apresentou-se, em média, 66,48% superior no grupo das propriedades mais eficientes. O capital é o fator de produção que apresentou menor variação percentual de produto médio entre os dois grupos de propriedades, mas ainda assim houve variação significativa de quase 40%. Os fertilizantes NPK e defensivos apresentaram as maiores diferenças de produtividade média entre os dois grupos: variação de 74,3% para os fertilizantes e 88,31% para os defensivos.

Observa-se, também, que o uso médio de todos os fatores ponderados pela área em produção é menor nas propriedades eficientes do que com relação à média da amostra. Por exemplo, foram empregadas 116,71 horas de trabalho por hectare para a média da amostra, à medida que, para as oito propriedades mais eficientes, empregou-se, em média, 97,6 horas de trabalho por hectare de laranja em produção (variação negativa de 16,4%). Assim, há evidências empíricas de que as propriedades menos eficientes têm

⁸⁴ Média das produtividades médias é o termo mais correto.

possibilidade de reduzir a quantidade média de mão de obra por área sem prejudicar a produção de laranja. A interpretação para os outros fatores de produção é análoga. Essa diferença no uso dos fatores ponderada pela área reflete, de fato, uma característica de propriedades mais eficientes, as quais conseguem produzir volumes maiores de produto utilizando dotações menores (ou, no limite, iguais) de fatores de produção. Ademais, tanto os parâmetros estimados nas fronteiras Cobb-Douglas e translog, como também os dados de uso de mão de obra/área e gastos com defensivos/área apresentados na Tabela 29 indicam que, para aumentar a eficiência técnica, é importante reduzir o uso desses dois fatores de produção, tendência já observada nas propriedades rurais mais eficientes da amostra.

Por fim, vale destacar que os dados das propriedades com altos níveis de eficiência técnica apresentados na Tabela 29 podem ser utilizados em um processo de *benchmarking*, em que as propriedades menos eficientes poderiam aumentar consideravelmente a produção com a mesma dotação de fatores e/ou reduzir o uso dos fatores sem prejudicar o nível de produção.

Conforme observado nas análises de eficiência técnica apresentadas nesta subseção, há diferenciais significativos nos índices de eficiência entre as propriedades rurais analisadas. A identificação, por meio de análises econométricas, dos fatores que explicam esses diferenciais é de fundamental importância para subsidiar estratégias de gestão e políticas públicas voltadas à atividade citrícola, especialmente em um processo de *benchmarking*. A próxima subseção deste trabalho traz uma análise dos fatores determinantes dos diferenciais de eficiência técnica das propriedades rurais da amostra.

5.2.3. Fatores determinantes da eficiência técnica

Conforme discutido na metodologia do presente trabalho, existem basicamente duas formas de identificar variáveis não classificadas como fatores de produção (classificadas na literatura como “variáveis z ”) que podem afetar a fronteira de produção, bem como explicar diferenciais de eficiência entre as propriedades. A primeira é incluir tais variáveis diretamente nas fronteiras de produção e analisar o efeito dessas variáveis sobre a fronteira (equação 83). A segunda forma, mais utilizada na literatura de análises de eficiência, é incluir um vetor de variáveis explicativas para o termo de erro associado à ineficiência técnica das firmas (equação 84). No primeiro caso, o objetivo é verificar se as “variáveis z ” afetam a posição da fronteira de produção, podendo, em última instância, aumentar/reduzir a produtividade e eficiência das firmas. No segundo caso, objetiva-se

analisar se as “variáveis z ” afetam diretamente o termo de ineficiência das firmas (u_i), sendo, nesse caso, classificadas como fatores determinantes dos diferenciais de eficiência entre as firmas (COELLI et al., 1998; GREENE, 2008).

No presente estudo, adotaram-se as duas estratégias metodológicas acima descritas para: i) identificar as “variáveis z ” que afetam as possibilidades de produção dos citricultores (posição da fronteira de eficiência) e ii) verificar quais “variáveis z ” determinam os diferenciais de eficiência técnica das propriedades rurais. A seguir, são apresentados os efeitos das “variáveis z ” sobre a fronteira de produção e sobre os índices de ineficiência técnica das propriedades rurais.

5.2.3.1. Efeito das variáveis z sobre a fronteira de produção

Para analisar o efeito de variáveis estruturais, gerenciais, humanas/sociais e institucionais (classificadas como “variáveis z ”) sobre a fronteira de produção foram estimados diversos modelos econométricos incluindo essas variáveis diretamente na fronteira de produção translog.⁸⁵ Adicionando-se as “variáveis z ” à equação (83) é possível verificar o impacto dessas variáveis sobre a posição da fronteira de produção e, conseqüentemente, sobre as possibilidades de produção das propriedades analisadas. Os modelos foram estimados adotando-se diferentes combinações de “variáveis z ”, que, por sua vez, foram selecionadas de forma a dirimir problemas de ajuste do modelo aos dados (multicolinearidade e heterocedasticidade, por exemplo).

Para simplificar a apresentação e discussão dos resultados, a Tabela 30 mostra apenas os modelos econométricos que apresentaram resultados consistentes (verificados por meio de testes estatísticos) e um conjunto de variáveis z com significância estatística; ou seja, as variáveis mais importantes que afetam a posição da fronteira de produção e, conseqüentemente, as possibilidades de produção das propriedades. Os coeficientes dessas variáveis z mostram o efeito de cada uma delas sobre a fronteira de produção das propriedades rurais. A ideia da análise é verificar quais variáveis afetam de forma positiva/negativa a posição da fronteira de produção e, por conseqüência, as possibilidades de produção de laranja das propriedades.

⁸⁵ Todas as análises de fatores determinantes da eficiência técnica foram realizadas adotando-se a forma funcional translog para representar a tecnologia de produção das propriedades rurais.

Tabela 30. Efeito das “variáveis z” sobre a fronteira de produção das propriedades rurais.

Variável	Modelos Econométricos				
	A	B	C	D	E
Constante	0,20*	-0,71***	0,06	0,09	0,49***
lnx1(hectares)	0,50***	0,46***	0,41***	0,22**	0,26**
lnx2 (horas mão de obra)	-0,02	0,04	0,09*	0,06	0,12
lnx3 (horas máquina)	0,35***	0,37***	0,30***	0,42***	0,31***
lnx4 (kg NPK)	0,23**	0,24***	0,14**	0,33***	0,42***
lnx5 (gasto defensivos)	-0,06	-0,07*	0,02	-0,07	-0,03
lnx1 x lnx1	0,57	0,79*	0,01	0,01*	0,20
lnx1 x lnx2	-0,33	-0,42*	-0,19	-0,29	-0,26
lnx1 x lnx3	0,44	-0,01	0,33*	-0,27	-0,08
lnx1 x lnx4	-0,28	-0,33*	0,15	-0,82***	-0,13***
lnx1 x lnx5	-0,41**	0,06	-0,38***	0,14	0,02
lnx2 x lnx2	0,25	0,39**	0,09	-0,14	-0,49
lnx2 x lnx3	0,44*	0,44*	0,35**	0,57**	0,74***
lnx2 x lnx4	-0,25	-0,25	-0,02	-0,02	0,13
lnx2 x lnx5	0,01	-0,14	-0,14	-0,14	-0,12
lnx3 x lnx3	-1,33***	-0,36*	-0,66***	-0,66***	-0,61***
lnx3 x lnx4	0,25	0,25	-0,28*	-0,11*	-0,21
lnx3 x lnx5	0,05	0,05	0,23	0,24	0,22
lnx4 x lnx4	-0,08	0,17	-0,06	0,39	0,21
lnx4 x lnx5	0,06	0,06	0,13	0,13	0,07
lnx5 x lnx5	0,42***	-0,07	0,07	0,07	-0,23
z1 (irrigação)	0,33***	-	-	-	-
z2 (<i>greening</i>)	-0,58***	-	-	-	-
z4(adensamento)	-	0,00***	-	-	-
z5 (idade pomar)	-	0,09***	-	-	-
z6 (idade pomar^2)	-	-0,01***	-	-	-
z7 (gestão TI)	-	-	0,03***	-	-
z8(versificação)	-	-	0,21***	-	-
z9 (forma plural)	-	-	0,22***	-	-
z10 (assist. técnica)	-	-	-	0,33***	-
z11(qualificação.)	-	-	-	0,15***	-
z12 (associativismo)	-	-	-	0,01	-
z13 (escolaridade)	-	-	-	0,06	-
z14 (prob. contrato)	-	-	-	-	-0,14***
z15 (<i>enforcement</i>)	-	-	-	-	0,05**
z16 (crédito)	-	-	-	-	-0,02*
Parâmetros de variância					
σ_s^2	0,47***	0,50***	0,46***	0,48***	0,37***
γ	0,98***	0,99***	0,99***	0,97***	0,96***
Log-Lik	-14,6	-22,32	-15,34	-17,38	12,76
Chi-squared	32,49***	38,57***	41,93***	34,63***	27,40***

Eficiência média N = 98	0,70	0,75	0,72	0,72	0,76
----------------------------	------	------	------	------	------

*** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo a 10%.

Fonte: resultados da pesquisa.

Dentre as variáveis classificadas com estruturais, verifica-se que o uso de tecnologia de irrigação, a técnica de adensamento das plantas e a idade do pomar apresentaram efeito positivo e estatisticamente significativo sobre a posição da fronteira de produção das propriedades. Os coeficientes dessas variáveis podem ser interpretados como o efeito das variáveis sobre a fronteira de produção e, conseqüentemente, sobre as possibilidades de produção de laranja das propriedades rurais. Assim, a fronteira de produção daqueles que adotam tecnologia de irrigação é, em média, 33,6% superior à fronteira daqueles que não irrigaram, o que, em última instância, mostra o efeito positivo da tecnologia de irrigação sobre a produção das propriedades rurais. Esse resultado confirma a importância da tecnologia de irrigação sobre a produtividade citrícola, conforme discutido no referencial teórico do presente estudo.

A técnica de adensamento também apresentou efeito positivo sobre a fronteira de produção de laranja das propriedades analisadas, indicando que essa técnica afeta positivamente as possibilidades de produção de laranja das propriedades rurais. Como a variável adensamento é contínua (número de pés em produção dividido pela área), o coeficiente estimado apresenta o efeito de unidades adicionais dessa variável sobre a fronteira de produção. O aumento de 1% na intensidade do adensamento tende a afetar a produção e posição da fronteira das propriedades rurais em 0,001%, *ceteris paribus*.

Para mensurar o efeito da idade dos pomares sobre a fronteira de produção, foram utilizadas duas variáveis: idade dos pomares e idade dos pomares ao quadrado. A primeira variável apresentou sinal positivo, mostrando que, a princípio, cada ano adicional das plantas afeta de forma positiva a produtividade citrícola das propriedades. Já a segunda variável apresentou sinal negativo, mostrando que esse efeito tem um limite. Ou seja, para pomares muito velhos, a relação entre idade e produção deixa de ser positiva e passa a ser negativa. Esse resultado era esperado e reflete uma característica biológica da produção citrícola. Pomares com idade média entre 6-12 anos têm capacidade de produzir volumes maiores de laranja do que pomares com idades entre 2-6 e 12-20 anos.

O percentual de incidência do *greening* afetou a fronteira de produção de forma bastante negativa e estatisticamente significativa. Esse resultado mostra que toda a preocupação dos produtores e organizações do setor com essa doença é pertinente. Propriedades rurais com alta incidência de *greening* têm capacidade de produção inferior

àquelas propriedades com baixa incidência dessa doença. O coeficiente de -0,58 mostra que, em média, cada ponto percentual adicional de incidência de *greening* reduz a fronteira de produção em 0,58%.

Dentre as oito variáveis gerenciais testadas nas análises econométricas (ver Tabela 11 e Tabela 17), quatro apresentaram efeito positivo e significância estatística sobre as possibilidades de produção das propriedades rurais, sendo elas: uso de ferramentas de gestão, adoção de formas plurais para coordenar transações de venda de laranja, índice de concentração/diversificação da produção e assistência técnica.

A relação positiva e estatisticamente significativa entre o índice de ferramentas de gestão e a produção/fronteira de produção das propriedades rurais ressalta a importância de modernização da gestão na agricultura. Produtores que adotam um maior número de ferramentas de gestão (planilhas de controle de custo, técnicas de agricultura de precisão, acesso à internet para acompanhar mercado, etc) têm possibilidade de produzir maiores volumes de laranja do que aqueles que adotam um número menor de tais ferramentas. Assim, é importante que os produtores se qualifiquem para operar essas ferramentas e as adotem para auxiliar no processo de tomada de decisões gerenciais e operacionais na medida em que elevem suas escalas de produção. O coeficiente estimado para a variável mostra que, em média, cada percentual adicional de adoção de ferramentas de gestão desloca a fronteira de produção em aproximadamente 0,03%, aumentando as possibilidades de produção de laranja das propriedades rurais.⁸⁶

A estratégia de adotar diferentes estruturas de governança para coordenar as transações de venda de laranja mostrou-se relevante para deslocar a fronteira de produção das propriedades rurais. Os benefícios associados a uma coordenação eficiente das transações tendem a se difundir para dentro das firmas, gerando ganhos de produtividade. Assim, os tomadores de decisões devem preocupar-se cada vez mais com aspectos relacionados à comercialização da produção, objetivando sempre minimizar os custos de transação. O coeficiente estimado mostra que produtores que adotam formas plurais têm possibilidade de produzir, em média, 22,5% a mais do que aqueles que não adotam essa estratégia de coordenação.

O índice de diversificação da produção também apresentou impacto positivo sobre a fronteira de produção das propriedades rurais analisadas. O valor desse índice está entre

⁸⁶ Como a variável consiste em um índice com oito ferramentas de gestão, a adoção de uma ferramenta implica em um aumento de 12,5% (1/8), aumentando a fronteira em 0,37%. Ou seja, cada ferramenta de gestão adotada tende a aumentar as possibilidades de produção 0,37%, *ceteris paribus*.

zero e um e, quanto mais próximo da unidade, mais concentrada a produção rural em uma única cultura. Desta forma, o sinal positivo do coeficiente estimado indica que propriedades que concentram sua produção na citricultura possuem maiores possibilidades de produção de laranja do que propriedades rurais que diversificam a produção em diferentes culturas. Nesse sentido, diante da mesma dotação de fatores e da tecnologia disponível, a especialização da produção aumenta a quantidade de produto que as propriedades rurais podem produzir. A principal hipótese para explicar esse resultado está no fato de que ao concentrar a produção rural, há possibilidade de ganhos de produtividade associados à especialização.

O coeficiente positivo e estatisticamente significativo da variável assistência confirma o efeito positivo do recebimento de assistência técnica e de gestão sobre as possibilidades de produção das propriedades rurais. A assistência técnica é uma importante ferramenta de difusão de informações, práticas de manejo e novas tecnologias. Por sua vez, as consultorias de gestão (ainda pouco difundidas na agricultura) auxiliam no planejamento e no processo de tomada de decisões dentro das propriedades rurais. Tais benefícios tendem a se refletir em maiores possibilidades de produção, conforme mostra o coeficiente dessa variável.

As variáveis institucionais que apresentaram significância estatística nos modelos econométricos de produção foram: problemas contratuais, percepção de *enforcement* e crédito rural. As duas primeiras variáveis apresentaram o sinal esperado, à medida que a última apresentou resultado contrário ao esperado.

Conforme discutido nos capítulos 2 e 3 deste trabalho, as relações de mercado entre citricultores e indústria processadora de suco têm sido caracterizadas por fortes conflitos e assimetria de poder de barganha (AZEVEDO, 1996; PAULILLO, 2006; FIGUEIREDO et al., 2013). A variável problemas contratuais tem o objetivo de mensurar o efeito de conflitos comerciais sobre a produção e eficiência das propriedades rurais. Vale destacar que essa variável, construída a partir do questionamento aos citricultores sobre a ocorrência de uma série de problemas nas transações de venda de laranja (ver questionário no Apêndice A), pode refletir, além dos problemas propriamente ditos, aspectos da percepção dos citricultores. Portanto, deve-se tomar cuidado ao interpretar o resultado obtido, que pode conter um viés relacionado ao pessimismo de alguns produtores com a atividade nos últimos anos. O efeito negativo e estatisticamente significativo confirma a hipótese de que a ocorrência de problemas contratuais aumenta os custos de transação e reduz as possibilidades de produção das propriedades rurais. Ou

seja, diante da mesma dotação de fatores e da tecnologia disponível, propriedades rurais que foram afetadas por um maior número de problemas contratuais tendem a produzir uma quantidade de produto menor do que aquelas que foram menos afetadas por tais problemas. Além de aumentar os custos de transação, a ocorrência de problemas contratuais pode também criar expectativas desfavoráveis nos produtores, levando-os à redução de investimentos na atividade ao longo do tempo. A combinação desses fatores reduz a produção e produtividade das propriedades rurais e, no longo prazo, pode forçar a saída de um conjunto de citricultores da atividade. O coeficiente estimado para essa variável mostra que, cada ponto percentual adicional de problemas contratuais reduz, em média, em 0,13% as possibilidades de produção das propriedades afetadas por esses problemas nos últimos três anos.⁸⁷

Por sua vez, a variável *enforcement* visa captar a percepção dos citricultores com relação ao ambiente institucional que permeia a atividade. Pressupõe-se que aqueles que acreditam no poder das instituições para fazer valer os contratos possuem maiores incentivos para adotarem contratos eficientes, bem como para aumentar os investimentos na atividade. Ademais, essa variável também possui alguma correlação com as experiências vividas pelos produtores no que diz respeito aos conflitos comerciais. O efeito positivo e estatisticamente significativo da variável confirma a hipótese de que aqueles que acreditam nas instituições possuem maiores incentivos para operar arranjos ótimos e aumentar os investimentos na produção. Tais incentivos se refletem em maiores possibilidades de produção para esses citricultores, como verificado nas análises econométricas do presente estudo.

A variável crédito, medida por meio do percentual de recursos de crédito rural com relação às despesas operacionais na citricultura, apresentou efeito negativo e estatisticamente significativo na fronteira de produção. Esse resultado não era esperado, uma vez que os recursos do crédito rural têm o potencial de viabilizar investimentos e custear despesas correntes de safra a um custo bastante baixo (6,75% ao ano). Contudo, os citricultores com maior nível de alavancagem podem ser justamente aqueles que encontraram maiores dificuldades financeiras para operar a atividade nos últimos anos. Portanto, diante da ausência de recursos próprios, tais produtores estariam utilizando os

⁸⁷ Como a variável consiste em um índice com seis possíveis problemas contratuais, a ocorrência de um problema contratual implica em um aumento de 16,67% (1/6) na variável, reduzindo a posição da fronteira em 2,17%. Ou seja, cada problema contratual ocorrido tende a reduzir as possibilidades de produção 2,17%, *ceteris paribus*.

recursos do crédito rural simplesmente para cobrir prejuízos acumulados, não se aproveitando dos benefícios que esse instrumento financeiro pode trazer para a produção e produtividade. Tal fato explica o impacto negativo dessa variável sobre a fronteira de produção.

Por fim, a única variável de capital humano e social que apresentou significância estatística nos modelos estimados foi a qualificação da mão de obra. O efeito positivo dessa variável mostra que os citricultores que consideram seus funcionários bastante qualificados possuem maiores possibilidades de produção do que aqueles que consideram seus funcionários pouco qualificados. Esse resultado reflete a importância da qualificação da mão de obra para ganhos de produtividade, apresentando alinhamento com as teorias econômicas de capital humano.

5.2.3.2. Efeito das variáveis z sobre os índices de ineficiência técnica

O modelo de um único estágio proposto por Battese e Coelli (1995) foi utilizado para identificar os fatores determinantes dos diferenciais de eficiência técnica na produção citrícola das propriedades rurais analisadas (equação 84). Os resultados desse modelo apresentam o efeito direto das “variáveis z ” sobre a ineficiência das firmas (u_i), e não sobre a fronteira de produção (conforme análise da subseção anterior).

Os modelos também foram estimados adotando-se diferentes combinações de “variáveis z ”, que, por sua vez, foram selecionadas de forma a dirimir problemas de ajuste do modelo aos dados. Os modelos foram todos testados (testes de máxima verossimilhança e de Wald) para garantir que podem ser utilizados para analisar os determinantes da eficiência das propriedades rurais. Visando simplificar a apresentação e discussão dos resultados, a Tabela 31 mostra apenas os modelos econométricos mais bem ajustados e com as variáveis mais importantes (estatisticamente significativas) para explicar os diferenciais de eficiência técnica entre as propriedades rurais da amostra.

Na Tabela 31 são apresentados os coeficientes das variáveis, que mostram apenas o sentido da relação entre a variável e o índice de ineficiência das propriedades rurais. Os efeitos marginais de cada variável sobre a eficiência técnica das propriedades também foram calculados por meio da equação (85). Os efeitos marginais foram todos calculados para a média da amostra de 98 propriedades. O coeficiente e o efeito marginal sempre irão apresentar sinais contrários. Isso ocorre porque o coeficiente mostra o sentido da relação entre a “variável z ” e a ineficiência, à medida que o efeito marginal mostra o efeito de unidades adicionais da “variável z ” sobre a eficiência técnica das propriedades.

Tabela 31. Efeito das “variáveis z” sobre a ineficiência técnica das propriedades rurais: fatores determinantes dos diferenciais de eficiência técnica.

Variável	Modelos Econométricos				
	A	B	C	D	E
Constante	0,32***	0,32***	0,29***	0,25***	0,29***
lnx1(hectares)	0,46***	0,41***	0,38***	0,30***	0,41***
lnx2 (horas mão de obra)	0,03	0,11	0,10	0,11	0,05
lnx3 (horas máquina)	0,30***	0,26**	0,26***	0,28***	0,35***
lnx4 (kg NPK)	0,23***	0,24***	0,24***	0,33**	0,19***
lnx5 (gasto defensivos)	-0,00	-0,01	0,01	-0,02	0,02
lnx1 x lnx1	0,16	-0,06	0,39	0,54	0,28
lnx1 x lnx2	-0,24	-0,10	-0,18	-0,36**	-0,30*
lnx1 x lnx3	0,22	0,13	0,22	-0,27	0,09
lnx1 x lnx4	0,04	0,14	-0,13	-0,13	0,07
lnx1 x lnx5	-0,19	-0,16	-0,30*	-0,02	-0,17
lnx2 x lnx2	0,03	0,30	0,28	-0,33	-0,09
lnx2 x lnx3	0,37*	0,23*	0,24	0,68***	0,44***
lnx2 x lnx4	-0,06	-0,14	-0,11	0,11	0,02
lnx2 x lnx5	-0,07	-0,20	-0,15	-0,03	-0,05
lnx3 x lnx3	-0,63**	-0,62**	-0,66***	-0,42*	-0,34*
lnx3 x lnx4	-0,05	-0,05	-0,06	0,08	-0,07
lnx3 x lnx5	0,05	0,21	0,15	-0,02	-0,07
lnx4 x lnx4	0,11	0,14	0,27	0,03	0,00
lnx4 x lnx5	-0,07	-0,13	-0,04	-0,04	-0,06
lnx5 x lnx5	0,19	0,24	0,27	0,04	0,22*
Determinantes ineficiência					
z1 (irrigação)	-0,75***	-	-	-	-
z2 (greening)	0,84**	-	-	-	1,07***
z3(adensamento)	-0,00	-	-	-	-
z4 (idade pomar)	-0,02	-	-	-	-
z5 (idade pomar^2)	0,07	-	-	-	-
z6 (gestão TI)	-	-	-0,20***	-	-
z7(diversificação)	-	-0,03	-	-	-
z8 (forma plural)	-	-	-0,25*	-	-1,55**
z9 (acesso informação)	-	-	-	-	-0,78***
z10 (venda indústria)	-	0,08	-	-	-
z11 (assist. técnica)	-	-0,76**	-0,08	-	-
z12(qualificação)	-	-0,10	-	-	-
z13 (associativismo)	-	-0,21	-	-	-
z14 (escolaridade)	-	0,02	0,18	-	-
z15 (expectativas)	-	-	0,19***	-	0,91**
z16 (prob. contrato)	-	-	-	0,18***	-
z17 (enforcement)	-	-	-	-0,09**	-

z_{18} (crédito)	-	-	-	0,12	-
Parâmetros de variância					
σ_s^2	0,23***	0,27***	0,09***	0,48***	0,33**
γ	0,91***	0,94***	0,80***	0,97***	0,94***
Log-Lik	-13,91	-13,66	12,20	-17,38	8,00
Chi-squared	19,76***	20,26***	71,97***	34,63***	63,59***
Eficiência média	0,74	0,73	0,75	0,72	0,79
N = 98					

Fonte: resultados da pesquisa

As variáveis estruturais que apresentaram significância estatística no modelo foram irrigação e *greening*. O sinal negativo do coeficiente associado à irrigação mostra que essa variável exerce impacto negativo na ineficiência das propriedades rurais, isto é, propriedades rurais que adotam essa tecnologia são menos ineficientes (mais eficientes) do que aquelas que não adotam. O efeito marginal da variável, calculado para a média da amostra, mostra que a adoção da tecnologia de irrigação tende a aumentar o índice de eficiência técnica das propriedades em 0,035 (3,5%), *ceteris paribus*. Tal resultado confirma a hipótese de que a tecnologia de irrigação é um fator determinante para explicar os diferenciais de eficiência técnica na produção citrícola.

A variável *greening* apresentou efeito positivo na ineficiência das propriedades, o que, por sua vez, indica que quanto maior a incidência de *greening*, menor a eficiência técnica das propriedades rurais. O efeito marginal dessa variável mostra que, em média, cada ponto percentual adicional de incidência de *greening* tende a reduzir a eficiência técnica das propriedades rurais em 0,044 (4,4%), *ceteris paribus*. Esse resultado indica a necessidade ações para dirimir a incidência do *greening* (a exemplo de inspeções de controle, cursos para manejo integrado uso de defensivos e pesquisa científica

As variáveis gerenciais com efeito significativo sobre a eficiência técnica das propriedades rurais são: uso de ferramentas de gestão, adoção de formas plurais de governança e recebimento de assistência técnica e de gestão.

O uso de ferramentas de gestão apresentou impacto positivo na eficiência técnica das propriedades, conforme era esperado. O efeito marginal, calculado para a média da amostra, indica que cada ferramenta de gestão adicional que o agricultor adota tende a aumentar a eficiência técnica da propriedade rural em 0,0132 (1,32%), *ceteris paribus*. O resultado encontrado confirma que o uso de ferramentas de auxílio à tomada de decisões gerenciais é importante para determinar ganhos de eficiência técnica na produção citrícola. Ferramentas de gestão, tais como aquelas incluídas no indicador construído

(controle de custos, monitoramento da produção por talhão, uso de internet para acompanhar mercado, uso de técnicas de agricultura de precisão, registro e controle de estoques, certificações de qualidade e uso de sistemas pacotes informatizados de gestão), são fundamentais para melhorar o planejamento e controle da produção, otimizando o processo de tomada de decisões e a eficiência técnica propriamente dita.

A adoção de formas plurais para coordenar as transações de venda de laranja também apresentou efeito positivo e estatisticamente significativo na eficiência técnica das propriedades rurais. O efeito marginal calculado para a variável mostra que o uso dessa estratégia de governança tende a aumentar a eficiência técnica das propriedades rurais em 0,045 (4,5%), mantidas as outras variáveis do modelo constantes. A recente literatura das formas plurais indica que há uma série de benefícios associados ao uso dessa estratégia de coordenação, como por exemplo: redução nos custos de transação, aproveitamento de sinergias entre as estruturas de governança, redução de assimetrias de informação nas transações e maior flexibilidade para atender às demandas de diferentes canais de comercialização. No caso da citricultura, o uso de formas plurais está associado à diversificação dos canais de comercialização, permitindo ao citricultor aproveitar-se dos preços mais altos pagos no mercado de fruta de mesa vis-à-vis a garantia de venda por meio de contratos com a indústria processadora. Todos os benefícios mencionados tendem a se refletir em maior eficiência no processo produtivo, conforme constatado no presente estudo. Esse resultado confirma a hipótese de que o uso de estratégias apropriadas de comercialização afeta diretamente o desempenho operacional das propriedades rurais. Cabe ainda destacar que, apesar dos desenvolvimentos recentes na teoria das formas plurais, não foram encontrados estudos que relacionaram o uso dessa estratégia de coordenação com a eficiência técnica de um conjunto de propriedades rurais utilizando métodos estatísticos robustos.

O resultado encontrado para a variável assistência confirma a importância da assistência técnica e de gestão para a eficiência na produção rural. Conforme já discutido, a assistência técnica é uma importante ferramenta de difusão de informações, técnicas de manejo e novas tecnologias, que, por sua vez, são fundamentais para determinar a eficiência no processo produtivo. O recebimento de assistência técnica e de gestão pelos citricultores tende a aumentar a eficiência técnica em 0,025 (2,5%), *ceteris paribus*. Esse ganho de eficiência pode ser suficiente para pagar o custo associado à assistência, tornando a assistência técnica uma importante ferramenta para melhorar o desempenho econômico das propriedades.

A ocorrência de problemas contratuais, a percepção de *enforcement* nos contratos e a formação de expectativas são as variáveis institucionais que apresentaram significância estatística nos modelos econométricos estimados. As três variáveis apresentaram a relação esperada, confirmando as hipóteses construídas em torno delas.

A ocorrência de problemas contratuais afeta de forma negativa e bastante considerável o índice de eficiência técnica das propriedades rurais. Em média, cada problema contratual adicional ocorrido nos últimos três anos safra reduz a eficiência técnica das propriedades rurais em 0,068 (6,8%), tudo mais mantido constante. Problemas contratuais são fatores geradores de custos de transação, cuja solução consome recursos financeiros e esforços gerenciais, impactando de forma negativa a eficiência produtiva das propriedades rurais afetadas por tais problemas. Um maior equilíbrio nas relações comerciais entre citricultores e compradores de laranja poderia aumentar a eficiência no processo de produção rural, como também para gerar ganhos de coordenação que tendem a beneficiar toda a cadeia produtiva. A própria ideia de criação do Consecitrus, brevemente discutida no capítulo 2, tem o objetivo central de reequilibrar as relações comerciais entre citricultores e indústria processadora. Tal modelo teria o potencial de reduzir custos de transação e, por consequência, gerar eficiências na citricultura.

A variável de percepção de *enforcement* apresentou relação positiva com a eficiência técnica das propriedades rurais, sendo seu efeito marginal igual a 0,033 (3,3%). Produtores que acreditam no poder de *enforcement* das instituições (nesse caso, principalmente no judiciário via execução e cumprimento de contratos comerciais) possuem incentivos para realizar investimentos de médio e longo prazo (adoção de novas tecnologias, expansão dos pomares, etc), bem como para usar fatores de produção de forma mais eficiente. Os investimentos de médio e longo prazo são fundamentais para modernizar a estrutura de produção e gestão das propriedades, tornando possíveis ganhos de eficiência técnica. Ademais, produtores com maior confiança no *enforcement* dos contratos comerciais tendem a adotar arranjos organizacionais que reduzem custos de transação, e, em última instância, também geram eficiência no processo de produção.

A variável expectativas também apresentou resultado esperado e significância estatística ao nível de 1%. O resultado dessa variável confirma a hipótese de que aqueles citricultores que formaram expectativas desfavoráveis com relação à atividade citrícola operam com eficiência técnica mais baixa do que aqueles cujas expectativas são positivas ou neutras. O principal efeito da deterioração das expectativas é a redução na motivação do agricultor e, conseqüentemente, nos incentivos para a alocação e uso ótimo dos fatores

de produção. Esse resultado confirma o efeito de aspectos que afetam o processo de tomada de decisões sobre a eficiência técnica, conforme modelo teórico de Rougoor et al. (1998). Vale destacar que as expectativas desfavoráveis se formaram em um ambiente de concentração industrial e conflitos comerciais entre citricultores e indústria compradora de laranja. Uma melhor regulação nas relações comerciais entre citricultores e industriais pode reestabelecer um ambiente de expectativas favoráveis, alterando a motivação dos agricultores e os incentivos para a alocação e uso ótimo dos fatores de produção.

5.3. EFICIÊNCIA DE CUSTO

As análises de eficiência de custo também estão divididas em três subseções. A primeira subseção apresenta os resultados das fronteiras de custo estimadas, discutindo as características da tecnologia de produção para cada modelo estimado. Na segunda subseção, são apresentados e discutidos os índices de eficiência de custo das propriedades rurais da amostra. A terceira subseção apresenta uma análise dos fatores determinantes da eficiência de custo das propriedades rurais analisadas.

5.3.1. Fronteiras de custo

Para analisar as características tecnológicas (possibilidades de substituição de fatores e economias de escala) e os diferenciais de eficiência econômica das propriedades rurais, também foram estimadas duas fronteiras de custo com diferentes imposições teóricas.⁸⁸ A Tabela 32 apresenta os resultados obtidos a partir das estimativas econométricas das fronteiras de custo Cobb-Douglas e translog.

⁸⁸ Poderiam ter sido apresentados os resultados de mais 4 fronteiras de custo, estimadas a partir da imposição de restrições (homoteticidade, homogeneidade e elasticidades de substituição unitárias entre os fatores) na função translog. No entanto, os resultados não diferem consideravelmente daqueles apresentados para o modelo translog. Assim, para não estender demasiadamente as análises, apresentam-se apenas os resultados das fronteiras de custo Cobb-Douglas e translog.

Tabela 32. Fronteiras estocásticas de custo Cobb-Douglas e translog.

Variável	Modelo 1: Cobb-Douglas		Modelo 2: translog	
	Parâmetro	Pr(> z)	Parâmetro	Pr(> z)
Constante (β_0)	1,061	0,000***	-0,4413	0,000***
lnw ₁ (preço mão de obra) (β_1)	0,005	0,966	0,0192	0,863
lnw ₂ (preço capital) (β_2)	0,684	0,000***	0,6232	0,000***
lnw ₃ (dispêndio) (β_3)	0,310	0,000***	0,3576	0,000***
lny (produção) (β_y)	0,785	0,000***	0,8713	0,000***
lnw ₁ x lnw ₁ (β_{11})	-	-	0,1434	0,871
lnw ₁ x lnw ₂ (β_{12})	-	-	0,2217	0,811
lnw ₁ x lnw ₃ (β_{13})	-	-	-0,3651	0,233
lnw ₂ x lnw ₂ (β_{22})	-	-	-0,7739	0,464
lnw ₂ x lnw ₃ (β_{23})	-	-	0,5527	0,087*
lnw ₃ x lnw ₃ (β_{33})	-	-	-0,1882	0,403
lny x lny (β_{yy})	-	-	0,0873	0,000***
lny x lnw ₁ (β_{y1})	-	-	-0,0096	0,910
lny x lnw ₂ (β_{y2})	-	-	-0,0766	0,463
lny x lnw ₃ (β_{y3})	-	-	0,0862	0,041**
Parâmetros de variância				
σ_s^2	0,236	0,000***	0,242	0,000***
γ	0,861	0,000***	0,981	0,000***
var(u)/var(u) + var(v)	0,693	-	0,949	-
Log-Likelihood	-23,225	-	-12,467	-
qui-quadrado	2,567*	-	8,856***	-
Eficiência média	0,726	-	0,694	-
N = 98				

*** significativo a 1%; ** significativo a 5%; * significativo a 10%.

Fonte: resultados da pesquisa.

Em ambos os modelos estimados, o parâmetro de variância γ apresentou valor próximo de um (0,83 na função Cobb-Douglas e 0,98 na função translog) e significância estatística ao nível de 1%, o que, por sua vez, significa que o termo de ineficiência é importante para explicar os desvios das propriedades rurais com relação às fronteiras de custo. Calculou-se também a proporção da variância total dos modelos que é explicada pelo termo de ineficiência, isto é: $\text{var } u / (\text{var } u + \text{var } v)$. Na fronteira de custo Cobb-Douglas, 69,30% da variância total é explicada pela ineficiência das propriedades da amostra. Na fronteira de produção translog, essa proporção foi de 95%, indicando que o termo de ineficiência representa a maior parcela da variância total nos dois modelos estimados. Ademais, realizou-se o teste de razão de máxima verossimilhança (*likelihood-ratio test*) para testar a hipótese nula de que não há ineficiência de custo na produção de

laranja das propriedades analisadas.⁸⁹ No modelo translog, o valor do qui quadrado calculado excedeu o valor do qui quadrado tabelado a 1% de significância estatística, rejeitando fortemente a hipótese nula. Já no modelo Cobb-Douglas, a hipótese nula é rejeitada apenas ao nível de 10% de significância estatística.⁹⁰

Ambos os testes estatísticos realizados para comparar o ajuste dos modelos aos dados (teste de razão de máxima verossimilhança e teste de Wald) indicam rejeição da hipótese nula de que o modelo translog se reduz ao modelo Cobb-Douglas com 1% de significância estatística. Assim, o modelo translog é muito mais adequado para representar a tecnologia de produção e, conseqüentemente, o comportamento da função custo das propriedades. Em que pese essa constatação, a seguir são analisados os resultados de ambos os modelos para fins de comparação e identificação de possíveis padrões. É evidente que será dada maior ênfase aos resultados obtidos a partir da função custo translog.

No modelo Cobb-Douglas, com exceção ao parâmetro da variável “preço da mão de obra”, todos os outros parâmetros estimados apresentaram significância estatística ao nível de 1%. Os parâmetros β_1 , β_2 e β_3 estimados no modelo Cobb-Douglas representam as parcelas ótimas de custo das propriedades rurais com relação aos fatores mão de obra, capital e dispêndio (defensivos + fertilizantes). Como todos os parâmetros apresentaram sinal positivo, verifica-se que a função estimada respeita a condição de monotonicidade. A restrição de homogeneidade linear nos preços foi imposta dividindo-se o custo e o preço dos fatores “mão de obra” e “capital” pelo preço do “dispêndio”. A concavidade nos preços e a existência de elasticidades de substituição unitárias entre os fatores (isto é, com valores iguais a -1) são pressupostos na função Cobb-Douglas.

As parcelas ótimas de custo obtidas a partir dos parâmetros da função custo Cobb-Douglas confirmam os resultados obtidos nas funções de produção de que as propriedades rurais deveriam reduzir o uso e, conseqüentemente, os gastos com mão de obra. Entretanto, acredita-se ser muito difícil (se não impossível) que a mão de obra possa representar apenas 0,5% do custo de produção das propriedades rurais, conforme indica a função estimada. Nesse caso, o mais importante do ponto de vista prático não é o

⁸⁹ Caso a hipótese nula seja aceita, tem-se que $\gamma = 0$ e, portanto, o modelo se reduz a um modelo tradicional de custo estimado pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

⁹⁰ No modelo de custo Cobb-Douglas, o qui quadrado calculado apresentou valor de 2,567. No modelo translog, o qui quadrado foi de 8,856. O qui quadrado tabelado com 5% de significância estatística é de 2,706 e com 1% de significância é de 5,412.

número em si, mas o fato de que ele indica a tendência de intensificação de capital na atividade citrícola.

A elasticidade custo na função Cobb-Douglas é obtida diretamente a partir do parâmetro β_y . O valor de 0,785 mostra que um aumento de 1% na produção tende a aumentar o custo das propriedades rurais em 0,785%, *ceteris paribus*. A partir desse resultado, verifica-se existência de economias de escala, o que é confirmado calculando-se o índice de economias de escala ($1-\beta_y=0,215$). Para checar a consistência desse resultado, utilizou-se o teste de Wald para investigar a hipótese nula de que a elasticidade de escala da função custo Cobb-Douglas é igual à unidade (retornos constantes de escala). A hipótese nula foi rejeitada com 1% de significância estatística, o que confirma a existência de economias de escala para todas as propriedades rurais da amostra na função de custo Cobb-Douglas.

Conforme já discutido no presente trabalho, a função de custo Cobb-Douglas apresenta um único índice de economias de escala para todas as firmas da amostra. Esse resultado pode levar à equivocada conclusão de que há economias de escala para todos os tamanhos de firma dentro de um mesmo setor (CHRISTENSEN; GREENE, 1976; CHAMBERS, 1988; GARCIA; FERREIRA FILHO, 2005), possibilitando, por exemplo, que o tamanho ótimo da firma seja infinito.⁹¹ Assim, a partir do desenvolvimento da forma funcional translog por Christensen et al. (1973), a mesma passou a ser amplamente utilizada em análises empíricas para investigar as economias de escala em diferentes atividades econômicas (CHRISTENSEN; GREENE, 1976; NOULAS et al., 1990; GARCIA; FERREIRA FILHO, 2005; GOMES; FERREIRA FILHO, 2007).

No modelo de custo translog, mais indicado para analisar as características tecnológicas e os índices de eficiência econômica das propriedades rurais, sete dos 15 parâmetros estimados apresentaram significância estatística. Nesse modelo, é necessário checar a condição de monotonicidade por meio do cálculo das parcelas ótimas de custo a partir da função estimada. Por meio da equação (65), foram calculadas as parcelas ótimas de custo (estimadas) para a média da amostra, cujos resultados foram todos positivos, respeitando a condição de monotonicidade: S_{MO} (parcela mão de obra) = 0,047 (4,7%);

⁹¹ O clássico trabalho de Coase (1937) mostra que, além de questões tecnológicas (que se refletem em economias ou deseconomias de escala), os custos de transação também aparecem como determinantes do tamanho ótimo das firmas. Do ponto de vista teórico (e metodológico), seria muito interessante incluir um componente de custo de transação nas funções custo e testar tal hipótese. Contudo, do ponto de vista empírico é muito difícil coletar e medir custos de transação.

S_{CAP} (parcela capital) = 0,581 (58,1%) e S_{DISP} (parcela defensivos + fertilizantes) = 0,372 (37,2%).

Conforme apresentado na Tabela 20, as parcelas de custo observadas das propriedades rurais da amostra foram, em média, de 22,9% para a mão de obra, 19,2% para o capital e 57,9% para os defensivos e fertilizantes (dispêndio). Em conjunto com o resultado obtido na função de custo Cobb-Douglas e nos modelos de produção, as análises aqui realizadas indicam uma tendência de substituição entre capital e mão de obra na produção citrícola (intensificação em capital). O cálculo das elasticidades cruzadas de substituição, apresentado abaixo, permite observar que os fatores são, de fato, substitutos. Ou seja, dadas as características tecnológicas da atividade citrícola, é possível substituir um fator pelo outro no processo de produção das propriedades analisadas.

A Tabela 33 apresenta as elasticidades diretas e cruzadas dos fatores de produção, calculadas conforme equações (67) e (68) para a média da amostra. Segundo Conte e Ferreira Filho (2007), a condição de concavidade nos preços da função custo translog será respeitada se as elasticidades diretas dos fatores apresentarem valor negativo. Percebe-se que todas as elasticidades diretas apresentaram valor negativo, confirmando que a função de custo translog estimada respeita a condição de concavidade para a média da amostra.

Tabela 33. Estimativas das elasticidades de substituição (cruzadas e diretas) dos fatores mão de obra, capital e dispêndio.

Elasticidades diretas e cruzadas			
	Mão de obra	Capital	Dispêndio
Mão de obra	-0,16	3,74	-1,89
Capital		-1,75	1,35
Dispêndio			-1,31

Fonte: resultados da pesquisa.

Em relação às elasticidades cruzadas, sinal positivo indica que os fatores são substitutos e sinal negativo indica relação de complementaridade entre os fatores no processo de produção. A relação de substituição indica que, quando o preço do fator x_i aumenta, o fator x_j (substituto de x_i) é utilizado com maior intensidade no processo produtivo. A relação de complementaridade, por sua vez, indica o contrário. Com base nos resultados da Tabela 33, nota-se que os fatores “mão de obra” e “capital” são substitutos no processo de produção de laranja. Ou seja, é possível trocar um fator pelo

outro quando ocorrem alterações em seus preços relativos, conforme era esperado. Por sua vez, a relação entre os fatores “mão de obra” e “dispêndio” é de complementaridade. De fato, não se esperava que fosse possível substituir um pouco de trabalho por aplicações de adubos e defensivos (e vice-versa) quando ocorrem alterações nos preços relativos desses fatores. Por fim, a relação de substituição entre “capital” e “dispêndio” apresentou sinal contrário ao esperado. O sinal positivo mostra relação de substitubilidade, indicando que é possível substituir um pouco de capital por adubações e/ou aplicações de defensivos (e vice-versa) quando ocorrem alterações nos preços relativos desses fatores.

A partir dos parâmetros estimados na função custo translog, os índices de economias de escala (IES) foram calculados para cada uma das propriedades da amostra por meio da equação (69). A Tabela 34 apresenta os resultados obtidos, dividindo as 98 propriedades rurais em seis grupos de acordo com diferentes faixas de IES.

Tabela 34. Índices de economias de escala das propriedades rurais calculados a partir da fronteira de custo translog.

Grupo	Faixas de economias de escala	Número de propriedades	%
I	< -0,05	3	3,1%
II	-0,05 a 0	5	5,1%
III	0,001 a 0,05	4	4,1%
IV	0,051 a 0,10	9	9,2%
V	0,101 a 0,20	33	33,7%
VI	> 0,201	44	44,9%

Fonte: resultados da pesquisa.

A partir das estimativas de IES apresentadas, verifica-se que oito propriedades da amostra operam com deseconomias de escala. Esse resultado mostra que há inconsistência na hipótese de economias de escala para todas as propriedades amostra (IES calculado a partir do modelo Cobb-Douglas). Entretanto, verifica-se que grande parte das propriedades rurais está operando na região de economias de escala (91,8% da amostra).

As oito propriedades rurais que operam com deseconomias de escala podem reduzir o custo médio se escolherem a escala de produção (e uso de fatores) menor. Ou seja, essas propriedades já se aproveitaram das economias de escala (sejam reais ou pecuniárias) permitidas pela tecnologia de produção e encontram-se em uma faixa de custo médio crescente. Dentre as principais explicações para a existência de deseconomias de escala estão a complexidade gerencial das grandes propriedades e os

altos custos de coordenação e monitoramento internos nessas propriedades. Nas grandes propriedades é bastante comum a existência de escritórios com um conjunto de funcionários alocados exclusivamente em tarefas gerenciais, o que, por sua vez, consome recursos financeiros consideráveis. Por exemplo, são muito mais difíceis e custosas as tarefas de monitoramento e coordenação interna em uma propriedade com mais de 20 funcionários e tratores alocados em diferentes funções do que em uma propriedade com um conjunto pequeno de máquinas e funcionários.

Podem-se, ainda, dividir essas propriedades rurais em dois grupos: i) propriedades que operam em uma região com deseconomias de escala acentuadas (grupo I) e ii) propriedades que operam bastante próximas à região de retornos constantes (grupo II). A firma com menor escala de produção dentre as propriedades do grupo I produziu, na safra 2013/14, 315.000 caixas de laranja; indicando que, a partir desse nível de produção, começam a surgir deseconomias de escala mais significativas. Já o grupo II possui propriedades com escalas de produção entre 200.000-300.000 caixas. Essas propriedades operam praticamente na região de escala de ótima, apresentando IES muito próximos de zero.

Por sua vez, as propriedades do grupo III (escalas de produção entre 125.000-200.000 caixas) operam com economias de escala pouco significativas, isto é, também estão próximas à escala ótima de produção. Considerando os grupos II e III como os mais próximos à escala ótima, tem-se que apenas nove propriedades da amostra estão operando na região de custo médio mínimo.

As propriedades do grupo IV, cujas escalas de produção encontram-se entre 65.000-125.000 caixas, operam em uma região onde já começam a surgir economias de escala mais relevantes. Apesar de ainda estarem relativamente próximas à região de escala ótima, essas propriedades já poderiam obter reduções consideráveis em seus custos médios aumentando o volume de produção com uso mais eficiente dos fatores. Por fim, as propriedades dos grupos V e VI estão operando com largas economias de escala. Essas propriedades possuem escalas de produção inferiores a 60.000 caixas/ano e poderiam aproveitar-se de significativas reduções de custo médio caso conseguissem produzir volumes maiores de laranja. Ao operar com maior escala de produção, essas propriedades rurais poderiam aproveitar-se de possíveis vantagens na compra de insumos, bem como fazer um melhor uso de máquinas e instalações subutilizadas em pequenos pomares.

Dessa forma, nota-se que a grande parte da amostra (77%) opera em uma região de escala sub-ótima.⁹²

Christensen e Greene (1976) adotaram um procedimento estatístico interessante para sintetizar e facilitar a apresentação dos resultados de IES. Os autores dividiram a amostra do estudo em grupos, de acordo com diferentes níveis de produção. Os IES foram então calculados para a média da produção e dos preços dos fatores de produção dentro de cada grupo. Esse procedimento permite que seja verificada a evolução do IES conforme alteram-se os níveis de produção, mantendo-se os preços dos fatores fixos para cada nível de produção.

Para verificar o comportamento do IES em diferentes níveis de produção, adotou-se o procedimento estatístico proposto por Christensen e Greene (1976) e dividiram-se os grupos da seguinte forma: 1) produção entre 0 e 15.000 caixas (33 propriedades com média de 8.000 caixas); 2) 15.001-30.000 (15 propriedades com média de 21.518 caixas); 3) 30.001-55.000 (21 propriedades com média de 44.904 caixas); 4) 55.001-90.000 (11 propriedades com média de 78.000 caixas); 5) 90.001-130.000 (6 propriedades com média de 108.166 caixas); 6) 130.001-200.000 (5 propriedades com média de 144.052 caixas); 7) 200.001-300.000 (3 propriedades com média de 243.733 caixas); 8) 300.001-550.000 (4 propriedades com média de 361.250 caixas). A Tabela 35 apresenta os IES para os oito grupos construídos.

Tabela 35. Índices de economias de escala (IES) para diferentes níveis de produção de laranja.

	Grupo							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Produção (mil caixas)	8	21,52	44,9	78	108,17	144,05	243,73	361,25
IES	0,30	0,21	0,16	0,11	0,08	0,05	-0,02	-0,04

Fonte: resultados da pesquisa.

Verificam-se consideráveis possibilidades de economias de escala para os níveis iniciais de produção (grupos 1 e 2), as quais se reduzem gradualmente conforme a produção aumenta, até que, para o nível de produção de 200.000-300.000 caixas (grupo 7), começam a ocorrer deseconomias de escala. Os grupos 6 (produção de 130.000-

⁹² Existem diferentes fatores que podem impedir as firmas de operarem na região escala ótima. Imperfeições nos mercados de compra dos fatores e venda do produto, restrições ao crédito rural e baixa adoção de tecnologias são alguns exemplos.

200.000 caixas) e 7 (produção de 200.000-300.000 caixas) apresentam-se no limite entre a existência de economias e deseconomias de escala. Assim, pode-se inferir que a escala de custo médio mínimo (escala ótima) encontra-se nessa faixa de produção (130.000-300.000 caixas). Por um lado, propriedades com produção inferior a esse nível podem reduzir o custo médio produzindo volumes maiores de laranja e aproveitando-se das significativas economias de escala. Por outro lado, propriedades com produção superior ao nível ótimo podem reduzir o custo médio produzindo volumes menores. Em ambos os casos é possível obter reduções de custo médio alterando o volume de produção e de uso de todos os fatores de produção.

Para resumir a análise de economias de escala, é interessante evoluir a função de custo médio para diversos níveis de produção, mantendo-se os preços dos fatores de produção fixos para a média da amostra. Esse procedimento resulta na tradicional curva de custo médio presente nos manuais de microeconomia. A Figura 13 mostra a curva de custo médio para as 98 propriedades rurais da amostra, calculada a partir dos parâmetros estimados na fronteira de custo translog. Confirma-se o comportamento decrescente do custo médio para níveis baixos e médios de produção (faixa de economias de escala), seguido de um ponto de mínimo (escala ótima = 250.000 caixas) e, após isso, comportamento ascendente do custo médio para altos níveis de produção (faixa de deseconomias de escala). A forte queda da curva de custo médio para níveis iniciais de produção confirma a existência de grandes economias de escala para pequenos níveis de produção (menores do que 25.000 caixas). Já as deseconomias de escala não se acentuam de forma tão forte.

O custo médio mínimo (R\$ 10,17/caixa) ocorre para o volume de 250.000 caixas de laranja (indicado na Figura 13 com a linha tracejada). Considerando a escala ótima de 250.000 caixas de laranja e o produto médio de 1.199 caixas por hectare (média da amostra de propriedades com eficiência técnica superior a 90%), tem-se que uma propriedade de tamanho ótimo (e tecnicamente eficiente) deve operar com uma área de, aproximadamente, 208,5 hectares de laranja com 94.058 pés de laranja em produção.⁹³

⁹³ O número de pés em produção foi calculado a partir da multiplicação da média da amostra (451,12 pés/hectare) pela área de 208,5 hectares.

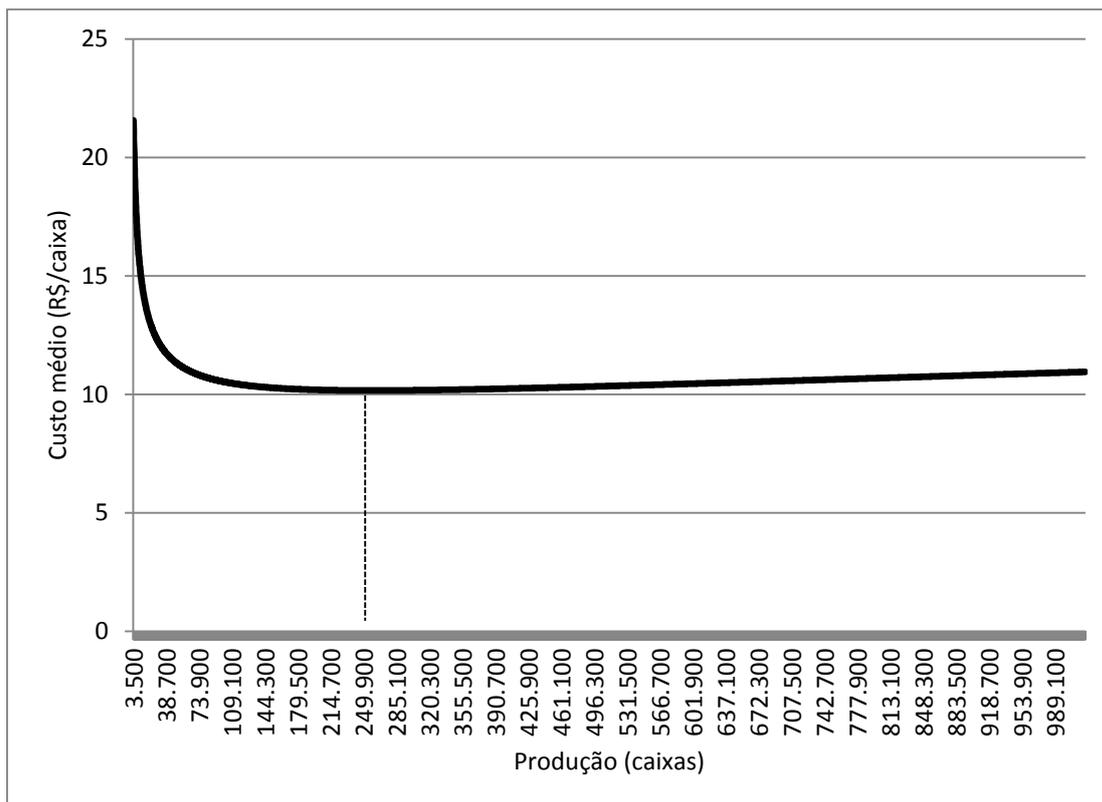


Figura 13. Curva de custo médio derivada da função custo translog.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados aqui apresentados são, em grande medida, consistentes com as análises de retornos de escala realizadas a partir da fronteira de produção translog (ver subseção 5.2.1).⁹⁴ Em ambas as análises, observa-se que há uma região com ganhos de escala (retornos crescentes/economias) seguida de uma região de escala ótima (retornos constantes), chegando, finalmente, em uma região em que há perdas associadas à escala de produção (retornos decrescentes/deseconomias). Entretanto, a região ótima verificada na análise realizada a partir da fronteira de custo (250.000 caixas) ocorre para um volume de produção bastante superior à região ótima da análise procedida a partir da fronteira de produção (75.000-95.000 caixas).

Uma das possíveis explicações para a diferença na escala ótima de produção é a existência de economias de escala pecuniárias para as propriedades com produção superior a 90.000 caixas. Nesse sentido, pode-se esperar que, ao comprar volumes

⁹⁴ Essa semelhança nos resultados não é derivada do acaso, uma vez que a teoria microeconômica da dualidade mostra que, diante de certas condições, é possível resgatar um conjunto de características da tecnologia de produção a partir de uma função custo. Contudo, em estimativas econométricas, podem surgir algumas diferenças ao realizar as análises a partir da abordagem de produção vis-à-vis abordagem de custo de produção.

maiores de fatores de produção (principalmente fertilizantes e defensivos), essas propriedades conseguem pagar preços mais baixos. Assim, conseguiriam obter reduções no custo médio em decorrência de aspectos externos à firma (maior poder de barganha na compra de insumos).

Para checar a consistência da hipótese de economias de escala pecuniárias, calcularam-se as médias dos preços pagos pelos fertilizantes, defensivos, mão de obra e capital para duas subamostras de propriedades: a) propriedades com escala menor do que 90.000 caixas; b) propriedades com escala maior ou igual a 90.000 caixas (Tabela 36). Ademais, foram realizados testes de diferenças de médias (teste-t para diferença entre médias) para verificar se os valores são estatisticamente diferentes para os dois grupos de propriedades.

Tabela 36. Diferenças na média dos preços pagos pelos fatores de produção.

	Produção \geq 90.000 caixas			Produção $<$ 90.000 caixas		
	Média	Variância	D.P.	Média	Variância	D.P.
Preço NPK	1,06***	0,01	0,10	1,17***	0,04	0,20
Gasto defensivos	3,13	1,57	1,25	3,14	2,49	1,58
Preço mão de obra	7,85**	1,38	1,17	8,53**	1,90	1,38
Preço capital	18,51	13,64	3,69	18,34	8,21	2,87

*** média com diferença significativa a 1%; ** média com diferença significativa a 5%.

Fonte: resultados da pesquisa.

O resultado do teste de diferença de médias indica que há diferença significativa para os preços dos fertilizantes e da mão de obra entre os dois grupos de propriedades rurais. As propriedades com produção superior a 90.000 caixas obtiveram R\$ 0,11/kg de vantagem nos preços de fertilizantes NPK. Essa diferença é explicada pela maior capacidade das propriedades de grande porte em obter descontos na compra desse insumo. Geralmente, as lojas e cooperativas que comercializam tal insumo concedem vantagens de preços e prazo para grandes volumes de compra.

A diferença de R\$ 0,11/kg no preço pago pelos fertilizantes pode se refletir em uma considerável vantagem de custo, uma vez que as grandes propriedades utilizam grandes volumes de fertilizantes. Por exemplo, considerando o uso médio de 807,24 kg de fertilizantes por hectare (ver Tabela 19), uma propriedade com escala ótima (250.000 caixas) e área de 208,5 hectares consegue obter uma economia de custo de R\$ 18.514,05 a partir da diferença de R\$ 0,11 no preço do kg dos fertilizantes.

A diferença estatisticamente significativa observada no preço pago pela hora de mão de obra entre os diferentes níveis de produção não era esperada. Uma possível explicação para esse resultado está no fato de que as grandes propriedades, por possuírem um número maior de funcionários, conseguem determinar melhor as funções de cada funcionário e estabelecer remunerações compatíveis com tais funções. Assim, funcionários que exercem funções de menor qualificação tendem a receber salários menores nas grandes do que nas pequenas e médias propriedades. Essas últimas, por possuírem um número reduzido de funcionários, tendem a pagar salários semelhantes para todos os funcionários, bem como sobrecarregar o mesmo funcionário com diferentes funções.

A diferença de R\$ 0,68 no preço pago pela hora trabalhada também pode gerar economias de custo significativas para as grandes propriedades. Tomando o mesmo exemplo da propriedade com escala ótima e área de 208,5 hectares e adotando uma média de 116,71 horas trabalhadas/hectare (ver Tabela 19), pode-se estimar uma economia de custo de R\$ 16.574,14 em decorrência da vantagem das grandes propriedades no preço pago pela mão de obra.

Por fim, não houve diferença significativa na média dos preços pagos pelo capital (horas máquina) e defensivos (gasto por planta em produção). Vale destacar que o preço do capital, formado a partir das despesas com energia, óleo diesel, manutenção e depreciação dos tratores e implementos, reflete também as características tecnológicas das propriedades rurais.

5.3.2. Índices de eficiência econômica de custo

Os índices de eficiência de custo, calculados a partir dos desvios das propriedades com relação às fronteiras de custo Cobb-Douglas e translog (equações 77 e 78), são apresentados na Tabela 37. Antes de interpretar os resultados, é importante lembrar que a eficiência de custo possui um componente técnico e outro componente alocativo. O primeiro refere-se à capacidade de a firma minimizar o uso de fatores para determinado nível de produção (eficiência técnica orientada para os insumos). Já o segundo refere-se à habilidade do produtor em escolher a combinação ótima de fatores diante dos seus preços relativos. Assim, a eficiência de custo é considerada uma medida de eficiência econômica.

Tabela 37. Índices de eficiência econômica de custo estimados a partir das fronteiras de custo Cobb-Douglas e translog.

Faixas de eficiência/Número de propriedades	Modelo 1: Cobb-Douglas	Modelo 2: translog
<50%	10	15
50-70%	28	34
70,01-80%	23	17
80,01-90%	30	15
>90,01%	7	17
Eficiência média	0,726	0,694
Desvio padrão	0,143	0,176
Máximo	0,923	0,971
Mínimo	0,417	0,317
Índice de correlação	0,88***	

*** significativo a 1%.

Fonte: resultados da pesquisa.

Percebe-se que, independente da forma funcional adotada, as propriedades rurais da amostra podem reduzir consideravelmente o custo de produção de laranja utilizando os fatores de forma mais eficiente ou combinando-os melhor diante dos seus preços relativos. No modelo Cobb-Douglas, os índices de eficiência de custo das propriedades apresentaram-se entre o intervalo de 41,7% e 92,3%, com média de 72,6% e desvio padrão de 14,3%. Pelos resultados do modelo de custo Cobb Douglas, em média, as propriedades poderiam obter uma economia de custo da ordem de 27,4% sem alterar o nível de produção e diante da mesma relação de preços dos fatores de produção.

Considerando a tecnologia representada pelo modelo translog (mais adequado), os índices de eficiência de custo das propriedades rurais analisadas apresentaram-se entre o mínimo de 31,7% e o máximo de 97,1%, com média de 69,4% e desvio padrão de 17,6%. Neste modelo, a firma mais eficiente da amostra opera com possibilidade de reduzir seu custo em 2,9% diante da mesma produção e do mesmo vetor de preços pagos pelos fatores. Já a firma menos eficiente da amostra poderia operar com um custo de produção 68,3% mais baixo caso utilizasse os fatores de forma mais eficiente e/ou combinasse-os de forma ótima diante de seus preços relativos.⁹⁵ Ademais, verifica-se que, em média, as propriedades rurais analisadas poderiam reduzir o custo em consideráveis 30,6% apenas alterando a combinação dos fatores de produção e utilizando-os de forma mais eficiente. Neste sentido, percebe-se que há espaço significativo para economias de

⁹⁵ Em termos teóricos, para remover toda a ineficiência de custo, a firma deveria operar sobre uma isoquanta, cuja inclinação de sua tangente tangencie a inclinação da isocusto.

custo entre as propriedades rurais. É importante destacar que essas ineficiências de custo podem ser explicadas por vários fatores, inclusive fatores que não estão sob o controle dos produtores e não dependem necessariamente da sua capacidade de gestão, conforme já discutido no presente trabalho.

Assim como na análise dos índices de eficiência técnica, as propriedades também foram divididas em diferentes classes de acordo com seus índices de eficiência de custo na Tabela 37. No modelo de custo translog, 17 propriedades rurais estão operando na faixa de alta eficiência econômica (índices superiores a 90%). Essas propriedades operam muito próximas à fronteira de custo e já se encontram no limite das possibilidades de redução no custo de produção. As 15 propriedades que operam com eficiência de custo entre 80-90% também estão relativamente próximas à fronteira de custo, entretanto, ainda possuem margem de redução de custo entre 10-20%. Por outro lado, 49 propriedades operam com eficiência de custo inferior a 70%, sendo muito crítica a situação das 15 propriedades que operam com eficiência de custo menor do que 50% (faixa de baixa eficiência econômica). Em um período de crise no mercado de venda do produto, operar com eficiência de custo é condição necessária para obter resultados econômicos satisfatórios (ou ao menos que permitam continuar na atividade).

Para melhor compreender as características operacionais das propriedades mais eficientes em custo, a Tabela 38 mostra alguns indicadores técnicos e econômicos das oito propriedades que apresentaram os maiores índices de eficiência de custo no modelo translog.

Tabela 38. Características operacionais e econômicas das propriedades rurais com maiores índices de eficiência de custo.

	Propriedades							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Eficiência	97%	95,8%	95,4%	95,1%	95%	94,5%	94%	93,2%
Custo (C)	661,7	499,3	408,9	137,8	105,2	186,6	5.639,7	1.285,7
C*	642,3	478,7	390,1	131,0	99,9	176,3	5.300,4	1.198,4
Produção (y)	60.000	48.000	40.000	11.187	7.600	19.000	500.000	158.261
Cme (C/y)	11,03	10,40	10,22	11,32	13,84	9,82	11,28	8,12
S _{MO}	0,11	0,11	0,13	0,15	0,10	0,14	0,16	0,15
S _{CAP}	0,30	0,29	0,23	0,18	0,19	0,26	0,34	0,35
S _{DISP}	0,59	0,60	0,64	0,67	0,71	0,60	0,50	0,50
IES	0,11	0,17	0,16	0,24	0,26	0,29	-0,06	0,09

Nota: O custo (C) está em R\$ milhares; C^* representa o custo ótimo (mínimo possível para a tecnologia de produção e preços dos fatores); C_{me} = custo médio (custo/número de caixas produzidas); S_{MO} , S_{CAP} e S_{DISP} são as parcelas do custo total com relação à mão de obra, capital e dispêndio, respectivamente; IES é o índice de economias de escala.

Fonte: resultados da pesquisa.

Verifica-se que há propriedades com diversas escalas de produção operando próximas à fronteira de custo (7.600-500.000 caixas). Esse resultado mostra que, apesar de existir economias de escala para baixos níveis de produção, a eficiência de custo não se concentra necessariamente nas propriedades médias e grandes. A Figura 14, ao relacionar a eficiência de custo com a produção das propriedades, confirma que há uma grande parcela de propriedades pequenas operando com alta eficiência de custo. Isso não significa que tenham os menores custos médios, mas são eficientes em custo, dada a dotação de fatores que possuem e os preços dos fatores que pagam.

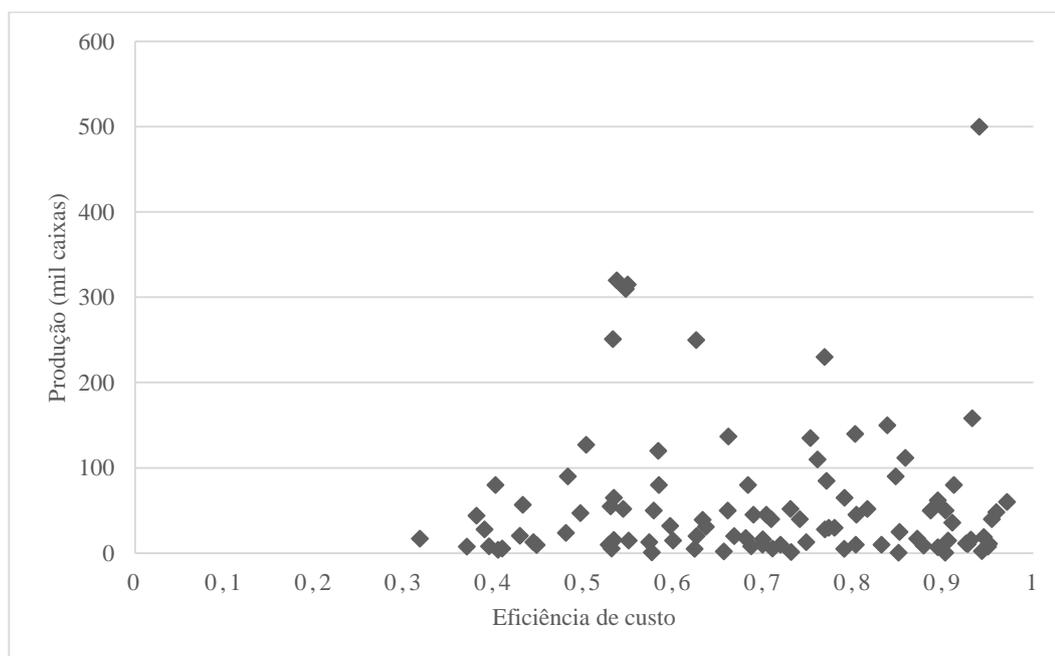


Figura 14. Relação entre produção e eficiência de custo.

Fonte: resultados da pesquisa.

É importante diferenciar novamente os conceitos de eficiência de custo e economias de escala.⁹⁶ A medida de eficiência de custo é obtida a partir da relação entre o custo mínimo e o custo de produção observado da firma, dado o seu nível de produção

⁹⁶ Em uma tecnologia caracterizada por retornos constantes de escala para todos os níveis de produção, a eficiência de custo e o IES vão apresentar-se perfeitamente correlacionados. Nesse caso, quando a firma opera sobre a fronteira, ela também irá operar com custo médio mínimo. Isto é, quando eficiência de custo = 100%, IES = 0.

e os preços dos fatores. Ou seja, mostra-se, para o nível de produção da firma, qual é o menor custo que ela poderia operar diante dos preços que paga pelos fatores. A medida de economia de escala, por sua vez, indica o tamanho ótimo que a firma deveria escolher para sua operação. Nesse caso, mostra-se qual é a escala de produção que retorna o menor custo médio possível, considerando-se as características da tecnologia de produção (eficiência de escala). Assim, uma firma pode perfeitamente operar sobre a fronteira de custo total mínimo (eficiência de custo = 1) e ainda assim apresentar um IES alto ou negativo. Esse resultado indica a impossibilidade de redução no custo total para o nível de produção em que a firma se encontra e diante dos preços dos fatores de produção que ela paga. Contudo, indica também que a firma poderia operar com um custo médio mais baixo caso alterasse seu tamanho (uso de fatores) e, conseqüentemente, seu nível de produção.

As propriedades 4, 5 e 6 da Tabela 38 operam próximas à fronteira de custo, entretanto, estão em uma região de fortes economias de escala. Apesar da pequena margem para reduzir o custo diante do nível de produção alcançado, essas três propriedades poderiam obter redução considerável no custo médio caso operassem uma escala de produção maior. Por sua vez, a firma 7 opera com alta eficiência de custo e em uma região de deseconomias de escala. Essa firma poderia reduzir seu custo médio caso operasse uma escala de produção menor. No entanto, para o nível de produção alcançado, ela já está bastante próxima ao custo médio mínimo.

A Tabela 38 mostra ainda o custo mínimo que as propriedades poderiam obter caso removessem toda a ineficiência de custo, bem como o custo médio de produção de cada uma das oito propriedades rurais. É importante lembrar que nesses custos estão omitidas algumas despesas importantes, como por exemplo, custos de formação do pomar, custos de seguros e financiamentos, custos de oportunidade e custos de transporte. Estima-se que os custos aqui apresentados representem entre 70 e 80% do custo total de produção das propriedades.

Por fim, se comparados os dados da Tabela 38 com aqueles apresentados na Tabela 20, pode-se constatar que as propriedades mais eficientes em custo estão avançadas no processo de substituição de mão de obra por capital. Para a média da amostra, a mão de obra representa 23%, enquanto o capital representa 19% do custo de produção (Tabela 20). Para as propriedades mais eficientes em custo, as participações da mão de obra e capital são, respectivamente, de 13% e 27%. Ademais, a participação do dispêndio (fertilizantes + defensivos) no custo de produção é ligeiramente superior para

a média das propriedades mais eficientes (60% contra 58% para a média da amostra). Esses resultados mostram que, de uma forma geral, as propriedades devem reduzir o uso de mão de obra e intensificar o uso de capital e insumos (fertilizantes e defensivos) na atividade citrícola.

5.3.3. Fatores determinantes da eficiência de custo

Assim como no caso da fronteira de eficiência técnica, as análises do efeito das “variáveis z” sobre o custo de produção das propriedades também estão divididas em duas subseções. A primeira trata o efeito das variáveis sobre a fronteira de custo, apresentando e discutindo as “variáveis z” que deslocam a fronteira de custo das propriedades rurais. A segunda subseção mostra o resultado das análises econométricas acerca do efeito das “variáveis z” sobre os índices de eficiência de custo das propriedades rurais. Nesse caso, a principal preocupação é identificar as variáveis que afetam diretamente as eficiências técnica e alocativa das propriedades rurais.

5.3.3.1. Efeito das variáveis z sobre a fronteira de custo

Para analisar o efeito de variáveis estruturais, gerenciais, humanas/sociais e institucionais (“variáveis z”) sobre a fronteira de custo das propriedades rurais, foram estimados diversos modelos econométricos incluindo essas variáveis diretamente na fronteira de custo translog. Adicionando-se as “variáveis z” à equação (90) é possível verificar o impacto dessas variáveis sobre a posição da fronteira de custo das propriedades rurais. Assim como no caso das análises de produção, os modelos econométricos de custo foram estimados adotando-se diferentes combinações de “variáveis z”, que, por sua vez, foram selecionadas de forma a dirimir problemas de ajuste dos modelos aos dados. A Tabela 39 sintetiza as análises, apresentando apenas os modelos econométricos mais bem ajustados aos dados e com as variáveis mais importantes (estatisticamente significativas) para explicar os deslocamentos da fronteira de custo translog.

As variáveis estruturais que apresentam efeito significativo sobre a fronteira de custo das propriedades rurais são: adensamento e idade do pomar. É interessante notar que a variável irrigação, cujo coeficiente apresentou efeito positivo e significativo sobre a fronteira de produção, não se mostrou importante para explicar deslocamentos na fronteira de custo. De fato, a irrigação aumenta as possibilidades de produção das propriedades, contudo, aumenta também os custos de produção, principalmente em decorrência do uso intensivo de energia elétrica. Assim, apesar de a variável irrigação ser

importante para explicar ganhos de produtividade, a relação dessa variável com a eficiência de custo de produção não é tão clara.

Tabela 39. Efeito das “variáveis z” sobre a fronteira de custo translog.

Variável	Modelos Econométricos			
	A	B	C	D
Constante	-0,36***	-0,24***	-0,33***	-0,24***
lnw ₁ (preço mão de obra)	-0,15	0,03	0,03	0,07
lnw ₂ (preço capital)	0,71***	0,67***	0,62***	0,63***
lnw ₃ (dispêndio)	0,43***	0,30***	0,35***	0,30***
lny (produção)	0,88***	0,90***	0,90***	0,88***
lnw ₁ x lnw ₁	0,46	0,70	0,81	0,70
lnw ₁ x lnw ₂	-0,15	-0,07*	-0,18*	-0,07*
lnw ₁ x lnw ₃	-0,31	-0,63	-0,63	-0,63
lnw ₂ x lnw ₂	-0,31	-0,73**	-0,55	-0,72**
lnw ₂ x lnw ₃	0,46*	0,80***	0,73**	0,80***
lnw ₃ x lnw ₃	-0,15	-0,16	-0,10	-0,16
lny x lny	0,09***	0,08***	0,10***	0,08***
lny x lnw ₁	-0,01	-0,12	-0,02*	-0,12
lny x lnw ₂	-0,04	-0,04	-0,07	-0,04
lny x lnw ₃	0,05	0,08***	0,09*	0,08***
z ₁ (irrigação)	0,07	-	-	-
z ₂ (greening)	-0,12	-	-	-
z ₃ (adensamento)	0,00**	-	-	-
z ₄ (idade pomar)	-0,07***	-	-	-
z ₅ (idade pomar ²)	0,00***	-	-	-
z ₆ (gestãoTI)	-	-0,08***	-	-
z ₇ (diversificação)	-	0,02	-	-
z ₈ (forma plural)	-	-0,05	-	-
z ₉ (assist. técnica)	-	-0,09***	-	-
z ₁₀ (qualificação)	-	-	0,01	-
z ₁₁ (acesso informação)	-	-	-0,06**	-
z ₁₂ (escolaridade)	-	-	-0,01**	-
z ₁₃ (prob. contrato)	-	-	-	0,10***
z ₁₄ (expectativas)	-	-	-	0,01***
z ₁₅ (crédito)	-	-	-	0,00
Parâmetros de variância				
σ_s^2	0,50***	0,51***	0,52***	0,50***
γ	0,99***	0,99***	0,99***	0,99***
Log-Lik	-12,47	-14,84	-15,03	-14,84
Chi-squared	21,94***	20,45***	16,18***	20,45***
Eficiência média	0,70	0,68	0,69	0,69
N = 98				

*** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo a 10%.

Fonte: resultados da pesquisa.

A variável adensamento apresentou efeito pequeno, porém positivo sobre a fronteira de custo das propriedades rurais. Isso significa que aumentos no adensamento das plantas tendem a deslocar para cima a fronteira de custo. Uma possível explicação está no fato de que um maior número de plantas por hectare demanda também uso mais intensivo de fertilizantes e defensivos por hectare. Por sua vez, o uso mais intensivo de fertilizantes e defensivos resulta em custo mais alto para as propriedades rurais que intensificam a prática de adensamento das plantas. Esse resultado, diferente daquele verificado na análise da relação adensamento-fronteira de produção, mostra que, se por um lado a prática de adensamento desloca a fronteira de produção para cima, aumentando a produtividade dos fatores, por outro, ela desloca também para cima a fronteira de custo de produção. Tratam-se de movimentos em direção oposta para a formação do lucro médio. O efeito líquido sobre o lucro médio pode, ou não, ser positivo.

A variável idade do pomar apresentou o efeito esperado sobre a fronteira de custo das propriedades rurais: efeito inicial negativo seguido de efeito positivo para pomares muito velhos. Por um lado, para pomares em fase inicial de produção, cada ano adicional resulta em maior produtividade sem necessariamente demandar maior uso de defensivos e adubos. O resultado é que, dado o nível de produção e o preço dos fatores, o custo tende a ser mais baixo conforme os pomares vão atingindo o pico da idade produtiva. Por outro lado, conforme os pomares começam a ficar velhos, torna-se necessário intensificar cada vez mais os tratos culturais e uso de insumos (defensivos e fertilizantes) para que eles continuem produzindo, o que, por sua vez, resulta em custo mais alto para os pomares velhos.

Dentre as variáveis gerenciais testadas nos modelos econométricos, o uso de ferramentas de gestão e o recebimento de assistência técnica apresentaram efeito significativo sobre a fronteira de custo das propriedades rurais. As duas variáveis apresentaram o efeito esperado: deslocamento para baixo na fronteira de custo.

O coeficiente da variável ferramentas de gestão mostra que cada percentual adicional de adoção de ferramentas gerenciais tende a reduzir a fronteira de custo em aproximadamente 0,08%, *ceteris paribus*.⁹⁷ O uso de ferramentas de gestão é fundamental para o planejamento e controle das atividades estratégicas e operacionais. Por exemplo, ao adotar planilhas eletrônicas para controle de custos, é possível estabelecer objetivos de

⁹⁷ Como a variável consiste em um índice com oito ferramentas de gestão, a adoção de uma ferramenta implica em um aumento de 12,5% (1/8), reduzindo a fronteira em 1%. Ou seja, cada ferramenta adicional tende a reduzir a posição da fronteira em 1%, *ceteris paribus*.

redução de custo a partir de informações contábeis do passado, bem como monitorar o cumprimento de tais objetivos. Ferramentas de acesso à internet e de agricultura de precisão têm efeito semelhante, pois possibilitam um maior controle sobre o desempenho econômico da firma. Assim, produtores que adotam um número maior de ferramentas de gestão conseguem coordenar e otimizar processos produtivos, bem como melhorar o uso e a alocação de fatores de produção. Todos esses benefícios mencionados são importantes para explicar o efeito negativo e estatisticamente significativo dessa variável sobre a fronteira de custo das propriedades rurais.

A assistência técnica e de gestão, por meio da sua função de difusão de informações e práticas gerenciais, também é capaz de contribuir para o planejamento econômico das propriedades rurais. Citricultores que recebem assistência técnica e gerencial costumam discutir com os técnicos as possibilidades de melhoria no desempenho econômico da propriedade. Ademais, as firmas que ofertam assistência costumam estabelecer metas de redução de custos, bem como disponibilizar ferramentas e informações para tal. O aproveitamento dessas informações e estratégias reduz em aproximadamente 9% a fronteira de custo das propriedades rurais que recebem assistência técnica e de gestão, conforme coeficiente estimado para a variável.

As variáveis institucionais com efeito significativo sobre a fronteira de custo das propriedades rurais são: ocorrência de problemas contratuais e formação de expectativas.

A ocorrência de problemas contratuais tem efeito positivo e estatisticamente significativo sobre a fronteira de custo das propriedades rurais. Cada percentual adicional de ocorrência de problemas contratuais desloca positivamente a fronteira de custo das propriedades rurais em aproximadamente 0,1%, mantidas as outras variáveis do modelo constantes. Assim, quanto maior o número de problemas contratuais que o citricultor teve nos últimos três anos, maior o deslocamento para cima de sua fronteira de custo. Possivelmente, esses problemas geraram custos de transação e desincentivos para os produtores, reduzindo o planejamento e controle das atividades relacionadas à citricultura.

A variável expectativa, construída para captar o efeito dos ambientes institucional e competitivo sobre a formação de expectativas dos citricultores, apresentou efeito positivo sobre a fronteira de custo das propriedades rurais. Quanto maior a concordância do citricultor de que os ambientes institucional e competitivo afetaram e continuam afetando de forma negativa suas expectativas com relação ao futuro da atividade, maior é o deslocamento para cima de sua fronteira de custo. A formação de expectativas

desfavoráveis a partir de disputas comerciais e outros problemas (problemas fitossanitários e alterações em regras de fazer negócios, por exemplo), bem como a ocorrência de quebras contratuais, conforme observado no parágrafo anterior, podem ter reduzido os esforços gerenciais e operacionais desses citricultores, refletindo-se no nível de produção. A produção cai, mas os custos não caem na mesma proporção. Ou seja, um produtor ao realizar esse movimento terá um custo de produção mais elevado do que de outros produtores que operam nesse novo nível de produção, mas que não têm expectativas tão pessimistas.

Verifica-se que duas variáveis de capital humano e social apresentaram efeito significativo e com sinal esperado sobre a fronteira de custo das propriedades rurais. De fato, a formação dos custos de produção está diretamente relacionada com a forma como os agricultores combinam os fatores de produção diante de seus preços relativos. Assim, há um componente no custo de produção das propriedades rurais relacionado à habilidade (e racionalidade) do agricultor em encontrar combinações ótimas de fatores de produção. Conforme constatado nas análises econométricas, aqueles agricultores com maior acesso à informação e maior nível de escolaridade operam com fronteiras de custo mais baixas.

5.3.3.2. Efeito das variáveis z sobre os índices de eficiência de custo das propriedades rurais

Os resultados dos modelos econométricos estimados para identificar o efeito das “variáveis z” sobre os índices de eficiência de custo das propriedades rurais estão sintetizados na Tabela 40. Os coeficientes das “variáveis z” mostram apenas o sentido da relação entre a variável e o índice de ineficiência das propriedades rurais, à medida que o efeito marginal (calculado para a média da amostra a partir da equação 85) mostra o impacto de unidades adicionais da variável sobre o índice de eficiência das propriedades rurais. Vale lembrar que foram estimados modelos com diferentes combinações de “variáveis z”, sendo apresentadas na Tabela 40 os modelos mais relevantes para explicar os diferenciais de eficiência de custo. Ademais, as combinações de variáveis nos diferentes modelos foram escolhidas de forma a evitar problemas de ajuste dos dados a cada um dos modelos econométricos estimados.

Tabela 40. Efeito das “variáveis z” sobre a ineficiência de custo das propriedades rurais: fatores determinantes dos diferenciais de eficiência de custo.

Variável	Modelos econométricos		
	A	B	C
Constante	-0,34**	-0,34**	-0,13**
lnw ₁ (preço mão de obra)	0,04	0,06	0,07*
lnw ₂ (preço capital)	0,49***	0,50***	0,60***
lnw ₃ (dispêndio)	0,47***	0,44***	0,33***
lny (produção)	0,90***	0,89***	0,93***
lnw ₁ x lnw ₁	-0,23	-0,23	-0,76
lnw ₁ x lnw ₂	0,52*	0,52*	0,73**
lnw ₁ x lnw ₃	-0,29	-0,29	0,03
lnw ₂ x lnw ₂	-0,81	-0,81	-0,96
lnw ₂ x lnw ₃	0,28	0,28	0,24
lnw ₃ x lnw ₃	0,01	0,00	-0,26
lny x lny	0,09***	0,09***	0,10***
lny x lnw ₁	0,04*	-0,23*	0,02**
lny x lnw ₂	-0,15*	-0,13*	-0,06
lny x lnw ₃	0,12***	0,10**	0,04
Determinantes ineficiência			
z ₁ (irrigação)	-0,11	-	-
z ₂ (greening)	0,34**	-	-
z ₃ (adensamento)	0,00**	-	-
z ₄ (escolaridade)	0,57	-	-
z ₅ (experiência)	0,05**	-	-
z ₆ (diversificação)	-	1,00***	-
z ₇ (forma plural)	-	-0,38*	-
z ₈ (acesso informação)	-	-0,45***	-
z ₉ (venda indústria)	-	0,70***	-
z ₁₀ (assist. técnica)	-	-0,76**	-
z ₁₁ (ferramentas gestão TI)	-	-	-0,09***
z ₁₂ (prob. contrato)	-	-	0,17***
z ₁₃ (enforcement)	-	-	-0,10**
z ₁₄ (crédito)	-	-	0,08**
Parâmetros de variância			
σ_s^2	0,07**	0,20**	0,05***
γ	0,92***	0,93**	0,50**
Log-Lik	19,62	8,57	8,43
Chi-squared	73,03***	50,94***	50,65***
Eficiência média	0,70	0,76	0,88
N = 98			

*** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo a 10%.

Fonte: resultados da pesquisa.

As variáveis estruturais que apresentaram significância estatística nos modelos econométricos estimados são: percentual de plantas com incidência de *greening* e adensamento das plantas. O efeito negativo do percentual de plantas com incidência de *greening* sobre a eficiência de custo reforça ainda mais as evidências acerca do efeito negativo dessa doença na produção citrícola. Pomares com maior incidência de *greening* demandam gastos mais elevados com defensivos e tratos culturais (inspeções, podas, práticas de manejo integrado, etc.), além de produzirem volumes menores de laranja. O efeito marginal da variável *greening* mostra que, tudo mais mantido constante, cada ponto percentual adicional de incidência dessa doença nos pomares reduz em 0,0154 (1,54%) o índice de eficiência de custo das propriedades rurais. Assim, dados os preços dos fatores e o nível de produção, quanto maior o percentual de plantas com incidência de *greening*, maior tende a ser a ineficiência de custo da propriedade rural.

A variável adensamento apresentou resultado contrário ao esperado, indicando que propriedades com maior nível de adensamento nos pomares são menos eficientes em custo do que propriedades com menor intensidade de adensamento. Em que pese esse resultado, o efeito marginal da variável é bastante pequeno, o que, por sua vez, mostra que o efeito negativo do adensamento sobre a eficiência de custo é limitado. Uma possível explicação para o resultado da variável é que pomares adensados demandam um maior volume de defensivos e adubos por área em produção, aumentando os custos com relação aos pomares com menor intensidade no adensamento das plantas. Além disso, pomares com alta intensidade de adensamento demandam também podas com maior frequência, o que pode se refletir em custo mais alto.

Dentre as oito variáveis gerenciais discutidas no referencial teórico, quatro apresentaram-se importantes (estatisticamente significativas) para explicar os diferenciais de eficiência de custo das propriedades rurais, sendo elas: uso de ferramentas de gestão, diversificação da produção rural, escolha de canais de comercialização e adoção de formas plurais de governança.

O índice de ferramentas de gestão apresentou efeito positivo sobre a eficiência de custo (negativo sobre a ineficiência de custo) e significativo ao nível de 1% na maioria dos modelos econométricos estimados. O efeito marginal dessa variável mostra que, na média da amostra e mantendo-se as outras variáveis do modelo constantes, cada ferramenta de gestão adicional adotada pelo citricultor tende a aumentar a eficiência de custo da propriedade rural em 0,0123 (1,23%). Esse resultado confirma a hipótese de que ferramentas de gestão são fundamentais para melhorar o processo de planejamento e

controle das atividades produtivas e gerenciais. Tais ferramentas possibilitam que os citricultores otimizem o uso dos fatores de produção (eficiência técnica) e os aloque melhor diante de seus preços (eficiência alocativa). Ademais, algumas ferramentas de gestão, como por exemplo, técnicas de agricultura de precisão, são importantes para aumentar a sustentabilidade na produção citrícola. Assim, é fundamental que o uso de ferramentas de gestão, ainda relativamente baixo na citricultura, seja mais bem difundido entre os citricultores.

O índice de diversificação/concentração da produção (quanto mais próximo de um, mais concentrada a produção rural) apresentou impacto negativo sobre a eficiência de custo das propriedades rurais. Isso significa que, quanto maior o nível de diversificação da propriedade rural, maior a eficiência em custo na atividade citrícola. Uma das principais explicações para esse resultado é a redução na ociosidade de alguns fatores de produção que ocorre quando o agricultor diversifica a produção rural em sua propriedade, o que, por sua vez, pode ser uma fonte de economia de escopo. Por exemplo, ao cultivar diferentes culturas em uma mesma propriedade, o agricultor pode fazer com que as máquinas (tratores e implementos) e os funcionários operem em todas as culturas, otimizando o tempo de uso desses fatores de produção e aumentando a eficiência dos mesmos. Em períodos que demandam uma quantidade menor de horas máquina/dia e horas trabalho/dia na citricultura, esses fatores de produção podem ser alocados na (s) outra (s) cultura (s) que o agricultor cultiva em sua propriedade rural. Além disso, a diversificação da produção tem alta correlação com a área total (conjunto de todas as culturas) das propriedades, o que indica que propriedades com maior nível de diversificação da produção são também propriedades de maior porte no conjunto de atividades rurais.⁹⁸ Essas propriedades, por comprarem maior volume de insumos, podem obter vantagens comerciais nas transações (pagamento de preços mais baixos e outras) e operar com custo mais baixo do que as propriedades com produção mais concentrada.

A variável canais de comercialização, cujo objetivo é verificar se o citricultor vende laranja apenas para indústria processadora ou utiliza outros canais de venda, apresentou impacto negativo sobre eficiência de custo das propriedades rurais. Logo, aqueles citricultores que comercializaram toda a produção com a indústria processadora

⁹⁸ Para comprovar que a relação entre a área total com todas as culturas e a diversificação é positiva e significativa, regressou-se a área total como variável independente e o índice de diversificação/concentração como variável dependente. O parâmetro estimado apresentou o sinal esperado e significância estatística ao nível de 1%.

tendem a ser menos eficientes em custo do que aqueles que venderam para o mercado e/ou outros canais de comercialização. O efeito marginal da variável mostra que comercializar a produção total com a indústria processadora tende a reduzir a eficiência de custo da propriedade rural em 0,0247 (2,47%), *ceteris paribus*. Esse resultado pode ser explicado pelos preços mais baixos que esses citricultores têm recebido ao comercializar toda a sua produção com a indústria processadora (ver Tabela 23). Preços mais baixos na venda do produto reduzem a demanda pelos fatores de produção, levando, muitas vezes, à redução no nível de produção em uma proporção maior à queda no uso dos fatores. Esse movimento se traduz em uso sub-ótimo dos fatores. Por sua vez, o uso sub-ótimo de fatores de produção resulta em maior ineficiência. Vale lembrar que alterar o canal de comercialização da produção citrícola para o mercado de mesa não é tão simples. O primeiro motivo para tal é a baixa capacidade de absorção de excedentes de produção do mercado de mesa, cuja participação na demanda total por laranja é pequena (aproximadamente 17% no Estado de São Paulo). O segundo motivo é a diferença nas variedades e nos tratamentos culturais necessários para atender ao mercado de mesa, o que reduz as possibilidades de curto prazo para os citricultores cuja estrutura de produção já está montada.

A relação entre a adoção de formas plurais de coordenação das transações de venda de laranja e a eficiência de custo das propriedades rurais mostrou-se positiva e estatisticamente significativa ao nível de 10%. Adotar diferentes estruturas de governança para comercializar a produção de laranja aumenta, em média, em 0,0135 (1,35%) a eficiência de custo das propriedades analisadas. Como já discutido, o resultado dessa variável está associado aos benefícios resultantes dessa estratégia de coordenação (maior flexibilidade, redução de assimetria de informações, aproveitamento de sinergias, etc.), os quais mostram exercer impacto também sobre a eficiência de custo das propriedades rurais. Vale destacar que, apesar de captarem informações diferentes, há alguma relação entre o resultado das variáveis formas plurais e canais de comercialização.⁹⁹ Ao adotar formas plurais de governança, geralmente o citricultor também diversifica seus canais de comercialização, deixando de vender laranja exclusivamente para a indústria processadora. Nesse caso, o citricultor pode ainda adotar tecnologias de produção e gestão

⁹⁹ A variável formas plurais mede o uso de diferentes estruturas de governança (mercado spot + contratos a termo, por exemplo) pelo mesmo citricultor para coordenar suas transações de venda de laranja. Já a variável canais de comercialização capta simplesmente se o citricultor vende toda a sua produção para a indústria ou não.

(irrigação e ferramentas de gestão, por exemplo) para produzir um produto de maior qualidade e atender aos canais de comercialização mais exigentes (e que pagam um preço melhor). Por sua vez, essas tecnologias, como já analisado, têm efeito positivo sobre a eficiência no uso dos fatores de produção.

As variáveis institucionais que se mostraram importantes para explicar os diferenciais de eficiência de custo das propriedades são: ocorrência de problemas contratuais, percepção de *enforcement* nos contratos e crédito (nível de alavancagem financeira).

A ocorrência de problemas contratuais mostrou-se negativamente relacionada com o índice de eficiência de custo das propriedades. Cada problema contratual adicional que o citricultor teve nos últimos três anos reduz a eficiência de custo de sua propriedade rural em 0,0226 (2,26%), *ceteris paribus*. Como já mencionado, problemas contratuais aumentam custos de transação, criam expectativas desfavoráveis e geram desincentivos gerenciais. Esse conjunto de fatores tende a resultar no uso e alocação sub-ótima dos fatores de produção.

A percepção de *enforcement* nos contratos comerciais teve efeito positivo e estatisticamente significativo no índice de eficiência de custo das propriedades analisadas. Tal resultado mostra que a maior confiança nas instituições que fazem valer os direitos de propriedade e o *enforcement* dos contratos aumenta a probabilidade de que o agricultor tome decisões ótimas no que tange à alocação e uso dos fatores de produção. Ademais, essa variável tem também uma explicação relacionada a seu efeito de longo prazo. Aqueles produtores cuja confiança nas instituições que fazem valer seus direitos contratuais e de propriedade é maior tendem a realizar maiores volumes de investimento em ativos fixos (inclusive na terra). Por sua vez, no longo prazo tais investimentos têm grande possibilidade de se refletir em maior eficiência econômica (ganho de produção maior do que o aumento no custo), conforme constatado no presente estudo.

O nível de alavancagem em recursos do crédito rural apresentou-se negativamente relacionado com o índice de eficiência de custo das propriedades, contrariando a hipótese estabelecida para a variável. Cada ponto percentual adicional das despesas com custeio da produção financiadas com os recursos do crédito rural tende a reduzir a eficiência de custo das propriedades em 0,002 (0,2%), *ceteris paribus*. Esse resultado pode estar relacionado com a crise de preços baixos que afetou a citricultura entre os anos 2012-14. Os citricultores que receberam preços mais baixos tendem a ser justamente aqueles que tomaram um maior volume de crédito rural para custear as despesas de safra. Com uma

taxa interna de retorno da atividade inferior à taxa de juros paga pelo crédito rural (6,75% ao ano, em média), esses citricultores não conseguem pagar as dívidas do crédito, o que, por sua vez, aumenta tanto os custos financeiros como também os custos de transação associados às renegociações. Ademais, a política de crédito rural no Brasil tem um caráter extensivo, facilitando a maior alavancagem para produtores cuja demanda ótima por crédito é menor do que o limite estabelecido pelo governo federal. De fato, na amostra do presente estudo, os citricultores mais alavancados no crédito rural são os de pequeno e médio porte com resultados operacionais abaixo da média da amostra.¹⁰⁰

Dentre as variáveis de capital humano/social, o índice de acesso à informação e a experiência do agricultor mostraram-se relevantes para explicar os diferenciais de eficiência de custo das propriedades. O resultado do coeficiente da variável informação mostra que, quanto maior o número de fontes de informação que o agricultor utiliza para tomar decisões, maior tende a ser a eficiência de custo na produção citrícola. O efeito marginal dessa variável indica que cada fonte de informação adicional utilizada pelo agricultor aumenta a eficiência de custo da propriedade rural em 0,0163 (1,63%), *ceteris paribus*. O acesso a diferentes fontes de informação é fundamental para auxiliar no processo de tomada de decisões, bem como para aumentar o nível de qualificação do agricultor. Ambos os efeitos são importantes para melhorar a alocação dos recursos e, conseqüentemente, aumentar a eficiência de custo. É importante notar que, tanto as fontes de informação utilizadas (variável informação), como também as ferramentas de gestão adotadas pelos citricultores (variável ferramentas gestão) são importantes para determinar a eficiência na produção e no custo das propriedades. Essas variáveis possuem alto índice de correlação (0,71), o que indica que a adoção de ferramentas de gestão e a busca por diferentes fontes de informação para a tomada de decisões gerenciais são estratégias complementares.

Por fim, a variável experiência apresentou efeito negativo sobre a eficiência de custo das propriedades. Apesar da relação negativa com a eficiência de custo, o efeito marginal dessa variável é baixo (-0,1%). A principal explicação para o efeito negativo da experiência sobre a eficiência de custo é que agricultores mais velhos são menos propensos à adoção de novas tecnologias e práticas de gestão da produção do que aqueles

¹⁰⁰ Ao regressar o nível de alavancagem (variável dependente) e a produção de laranja (variável independente), verificou-se efeito negativo e estatisticamente significativo, o que mostra que os produtores mais alavancados são, em média, aqueles que produzem menores volumes de laranja. Ademais, verificou-se também efeito negativo de variáveis de desempenho (produtividade, custo médio e eficiência técnica) sobre o nível de alavancagem financeira dos agricultores.

mais novos (e menos experientes). Como já discutido, o uso de novas tecnologias e práticas de gestão é importante para determinar a eficiência das propriedades rurais.

5.4. EFICIÊNCIA DE LUCRO

As análises de eficiência de lucro estão divididas em três subseções. Na primeira, apresentam-se os coeficientes estimados da fronteira de lucro variável Cobb-Douglas, com particular interesse na relação entre o fator quase fixo (área) e o lucro variável das propriedades rurais (coeficiente da variável área). A segunda subseção apresenta e discute os índices de eficiência de lucro das 67 propriedades rurais que operaram com lucro variável positivo na safra 2013/14. Por sua vez, a terceira subseção analisa os fatores determinantes dos diferenciais de eficiência de lucro entre as propriedades rurais.

5.4.1. Fronteira de lucro

A Tabela 41 apresenta os resultados da fronteira de lucro variável Cobb-Douglas. Conforme mencionado na Metodologia do presente trabalho, foi necessário excluir das análises de eficiência de lucro um conjunto de 31 propriedades que obtiveram lucro variável negativo na safra 2013/14. A redução no número de observações, por sua vez, impossibilitou o uso da forma funcional translog para as análises de lucro. Assim, as análises de eficiência de lucro são realizadas assumindo-se apenas uma função lucro do tipo Cobb-Douglas, o que se constitui em uma limitação do presente trabalho.

Tabela 41. Fronteira estocástica de lucro variável Cobb-Douglas.

Variável	Modelo 1: Cobb-Douglas	
	Parâmetro	Pr(> z)
Constante (β_0)	6,877	0,000***
$\ln w_1$ (preço mão de obra) (β_1)	0,743	0,090*
$\ln w_2$ (preço capital) (β_2)	-0,575	0,242
$\ln w_3$ (dispêndio) (β_3)	-0,034	0,886
$\ln p$ (preço de venda) (β_p)	0,866	0,000***
$\ln x_1$ (hectares) (δ)	1,035	0,000***
Parâmetros de variância		
σ_s^2	2,224	0,000***
γ	0,932	0,000***
$\text{var}(u)/\text{var}(u) + \text{var}(v)$	0,833	-
Log-Likelihood	-87,55	-
qui-quadrado	15,16***	-
Eficiência média	0,447	
N = 67		

*** Significativo a 1%; ** significativo a 10%.

Fonte: resultados da pesquisa.

O parâmetro de variância da fronteira de lucro variável (γ) apresentou valor muito próximo de um e significância estatística ao nível de 1%, o que, por sua vez, significa que o termo de ineficiência é fundamental para explicar os desvios das propriedades com relação à fronteira de lucro. Adicionalmente, calculou-se a proporção da variância total do modelo que é explicada pelo termo de ineficiência, isto é: $\text{var } u / (\text{var } u + \text{var } v)$, cujo valor também apresentou-se bastante próximo à unidade, indicando que o termo de ineficiência representa a maior parte da variância do modelo. Por sua vez, o teste de razão de máxima verossimilhança (*likelihood-ratio test*) confirma que o modelo de fronteira de lucro é mais adequado do que os modelos tradicionais de lucro (sem o termo de ineficiência) com 1% de significância estatística.

Com exceção ao parâmetro estimado para a variável preço da mão de obra (β_1), todos os outros parâmetros da fronteira de lucro apresentaram resultados consistentes com a teoria econômica. A função lucro apresentou-se crescente no preço do produto e na quantidade do fator de produção fixo e decrescente nos preços dos fatores capital e dispêndio. O sinal positivo do preço da mão de obra indica uma inconsistência dos resultados à teoria, indicando que o lucro das propriedades rurais é crescente no preço da mão de obra.

O parâmetro estimado δ mostra o efeito da área com laranja em produção sobre o lucro/fronteira de lucro das propriedades rurais, aspecto de particular interesse para o presente estudo. Esse parâmetro apresentou valor positivo e significativo ao nível de 1%, o que mostra que aumentos na área em produção exercem efeito positivo sobre a fronteira de lucro das propriedades rurais. O valor do parâmetro indica que, mantidas as outras variáveis do modelo constantes, para cada aumento de 1% na área em produção, a fronteira de lucro das propriedades rurais tende a aumentar em 1,035%. O coeficiente maior do que a unidade indica a existência de retornos crescentes na relação área-lucro na função Cobb-Douglas estimada, ou seja, aumentos na área produzem aumentos mais do que proporcionais na fronteira de lucro das propriedades rurais, *ceteris paribus*. Conforme discutido nos capítulos 1, 2 e 3 e mostrado na seção 5.1 (Tabela 23), os citricultores com propriedades rurais de maior porte recebem preços superiores em suas vendas de laranja. Por sua vez, o recebimento de preços mais altos tem efeito positivo e estatisticamente significativo sobre o lucro das propriedades, conforme resultado do

parâmetro β_p (cada aumento de 1% no preço de venda da laranja aumenta o lucro em 0,866%, *ceteris paribus*).

A partir da derivada parcial da função lucro com relação à área, é possível obter o preço sombra do fator fixo (terra). Esse preço mostra a contribuição de unidades adicionais do fator fixo para o lucro das propriedades rurais. Assim, os preços sombras para cada firma da amostra podem ser obtidos a partir da seguinte equação:

$$\frac{\partial LV}{\partial x_1} = \frac{\partial \ln LV}{\partial \ln x_1} \frac{LV}{x_1} = \delta \frac{LV}{x_1} \quad (98)$$

Utilizando a equação (98), calcularam-se os preços sombra da terra para cada uma das 67 propriedades rurais da amostra com lucro variável positivo. Os resultados indicam que, em média, as propriedades rurais podem aumentar em R\$ 3.656,06 o lucro variável para cada hectare de terra adicional empregado na produção de laranja. A firma com maior preço sombra na amostra pode obter R\$ 12.052,91 para cada hectare adicional de laranja em produção e a firma com menor preço sombra pode obter apenas R\$ 55,77 de lucro adicional. O desvio padrão da variável foi de R\$ 2.887,42, indicando consideráveis variações nos preços sombra da terra para as 67 propriedades rurais da amostra que operaram com lucro variável maior do que zero.

5.4.2. Índices de eficiência econômica de lucro

Os índices de eficiência de lucro, calculados a partir dos desvios das propriedades com relação à fronteira de lucro variável Cobb-Douglas, são apresentados na Tabela 42.

Tabela 42. Índices de eficiência de lucro das 67 propriedades rurais com lucro variável positivo.

Faixas de eficiência/Número de propriedades	Modelo 1: Cobb-Douglas
<30%	18
30-50%	21
50,01-70%	21
70,01-90%	7
>90,01%	0
Eficiência média	0,447
Desvio padrão	0,219
Máximo	0,823
Mínimo	0,009

Fonte: resultados da pesquisa.

Percebe-se que a eficiência média de lucro é consideravelmente inferior às eficiências médias de produção e de custo. No caso da fronteira de lucro, em média, as

propriedades operam com apenas 44,7% do lucro máximo que poderiam operar. Ou seja, há espaço significativo para aumentos no lucro variável das 67 propriedades da amostra que fecharam a safra 2013/14 com lucro variável positivo. É importante notar que a eficiência de lucro para a amostra de 98 propriedades tende a ser consideravelmente inferior a 44,7%, uma vez que há um conjunto de propriedades com lucro variável negativo que, se pudessem ser incorporadas às análises de lucro, reduziriam a média de eficiência de lucro.

A propriedade rural mais eficiente em lucro opera com índice de eficiência de 82,3%, ou seja, relativamente próxima ao lucro máximo que poderia operar diante da tecnologia de produção, da área em produção, dos preços dos fatores e do preço de venda do produto. Já a propriedade mais ineficiente em lucro opera com índice de eficiência de 1% (ineficiência de 99%). Essa propriedade tem lucro de apenas 1% do lucro máximo que poderia obter diante das restrições tecnológicas, da quantidade do fator fixo e dos preços dos insumos e do produto.¹⁰¹ O alto desvio padrão mostra que há propriedades operando em diferentes faixas de eficiência de lucro, contudo, nenhuma firma opera com eficiência superior a 90% (faixa de alta eficiência).

Dentre as 67 propriedades, 39 (58,2% do total) operam com índices de eficiência de lucro variável inferior a 50%. Ou seja, a maioria das propriedades opera na faixa de baixa eficiência de lucro, sendo possíveis consideráveis aumentos no lucro variável dessas propriedades sem alterações nas variáveis exógenas (área, preço dos fatores e preço do produto). Por outro lado, apenas 7 propriedades operam relativamente próximas à fronteira de lucro (com eficiência de lucro entre 70-90%), sendo que não há nenhuma firma com índice de eficiência de lucro superior a 90% (faixa de alta eficiência). O restante das propriedades (21) opera com índices de eficiência de lucro entre 50-70% (faixa de média eficiência).

Para uma melhor compreensão das propriedades rurais com maior eficiência em lucro, a Tabela 43 mostra algumas características das sete propriedades com eficiência de lucro superior a 70%.

¹⁰¹ Vale lembrar que, mesmo diante de uma alta ineficiência de lucro, essa propriedade ainda obteve lucro variável positivo, ao contrário das 31 propriedades que foram excluídas das análises de lucro. Se essas últimas propriedades pudessem ser inseridas na análise, possivelmente as distâncias entre os índices de eficiência de lucro se tornariam ainda maiores.

Tabela 43. Características operacionais e econômicas das sete propriedades com maior eficiência de lucro.

	Propriedades						
	1	2	3	4	5	6	7
Eficiência	82,2%	78,48%	75,75%	75,16%	74,39%	73,66%	70,27%
Lucro (LV)	3.211,1	503,2	637,5	730,6	357,4	113,9	332,2
LV*	3.906,4	641,2	841,5	972,1	480,4	154,6	472,7
Preço (P)	14	12	14,03	16	10,5	16,23	10,5
S _{MO}	0,16	0,09	0,11	0,22	0,22	0,32	0,09
S _{CAP}	0,34	0,2	0,3	0,16	0,31	0,24	0,21
S _{DISP}	0,5	0,71	0,59	0,61	0,47	0,43	0,7
Área	382	75	60	80	55	13,5	55
IES	-0,06	0,07	0,11	0,10	0,14	0,28	0,12

Nota: O lucro variável (LV) está em R\$ milhares; LV* representa o lucro variável ótimo (máximo possível para a tecnologia de produção, preços dos fatores e preço do produto); S_{MO}, S_{CAP} e S_{DISP} são as parcelas do custo total com relação à mão de obra, capital e dispêndio, respectivamente; IES é o índice de economias de escala.

Fonte: resultados da pesquisa.

A Tabela 43 mostra que todas as propriedades com maior eficiência em lucro receberam preço médio superior a R\$ 10,00/caixa em suas vendas de laranja. Com exceção à firma mais eficiente em lucro, todas as outras propriedades operam com economias de escala (IES>0). Essas propriedades poderiam aumentar o lucro aumentando a escala de operação. Por sua vez, a firma mais eficiente opera próxima à escala de custo médio mínimo, mas também poderia aumentar seu lucro caso alterasse/reduzisse sua escala de produção. Assim como no caso da eficiência de custo, nota-se que as propriedades rurais mais eficientes em lucro já estão avançadas no processo de redução da participação da mão de obra no custo total, a qual representa, em média, 17% do custo das propriedades rurais com maior eficiência em lucro.

É importante notar que, apesar das limitações presentes na análise de eficiência de lucro, pode-se aceitar a hipótese de que a eficiência de lucro é consideravelmente inferior às eficiências técnica e de custo. No caso da eficiência de lucro, o preço de venda e a escala de produção são importantes para determinar o lucro máximo possível de ser alcançado. Assim, para ser eficiente em lucro, as propriedades rurais precisam operar com eficiência técnica, eficiência alocativa, eficiência de escala e ainda receber preços de venda do produto suficientes para remunerar seus custos de produção. Um conjunto de 31 propriedades rurais (31,6% da amostra) não conseguiu sequer cobrir a parcela de custos associados à mão de obra, capital, defensivos e fertilizantes. O restante das 67

propriedades, apesar de terem conseguido pagar esses custos, operaram, na média, com baixa eficiência de lucro. Ou seja, poderiam obter lucro variável mais alto diante das restrições impostas pelos preços, pelo fator fixo e pela tecnologia de produção.

5.4.3. Fatores determinantes da eficiência econômica de lucro

As análises dos fatores que explicam os diferenciais de eficiência de lucro entre as propriedades estão, assim como no caso das análises de produção e custo, divididas em duas subseções. A primeira explora o efeito das “variáveis z” sobre a posição da fronteira de lucro, identificando quais variáveis podem causar deslocamentos positivos/negativos na fronteira de possibilidades de lucro das propriedades. A segunda subseção mostra a relação entre as “variáveis z” e os índices de eficiência de lucro das propriedades, explorando, dessa forma, os fatores que determinam os diferenciais de eficiência de lucro entre as propriedades rurais.

5.4.3.1. Efeito das variáveis z sobre a fronteira de lucro

A Tabela 44 apresenta os resultados dos principais modelos econométricos estimados para verificar o efeito das variáveis z sobre a fronteira de lucro das propriedades rurais. Vale destacar que a mesma estratégia metodológica adotada para as análises de eficiência técnica e de custo também foi adotada para a análise de eficiência de lucro.

O uso da tecnologia de irrigação foi o único fator estrutural com significância estatística sobre a fronteira de lucro das propriedades rurais. O sinal positivo da variável mostra que o uso da tecnologia de irrigação aumenta as possibilidades de lucro das propriedades rurais, *ceteris paribus*. Assim, confirma-se que os ganhos de produtividade mais do que compensam os custos mais altos decorrentes do uso da tecnologia de irrigação.

Dentre as variáveis gerenciais, verifica-se que o uso de ferramentas de gestão, formas plurais de governança e contratos de longo prazo aumentam as possibilidades de lucro das propriedades da amostra. A variável contratos de longo prazo, que não havia apresentado significância estatística nas análises de produção e custo, confirma a hipótese de que citricultores que conseguem coordenar suas vendas para a indústria mediante o uso de contratos de longo prazo têm maiores possibilidades de lucro. Esse resultado está muito relacionado aos preços mais altos praticados pela indústria nas transações coordenadas por contratos de longo prazo (ver Tabela 23). Citricultores que conseguem

vender a laranja mediante contratos de longo prazo receberam preços mais altos durante a crise e, conseqüentemente, tiveram possibilidade de operar com lucro mais alto.

Tabela 44. Efeito das “variáveis z” sobre a fronteira de lucro variável Cobb-Douglas.

Variável	Modelos econométricos			
	A	B	C	D
Constante	5,86***	6,34***	6,34***	10,77**
lnw1 (preço mão de obra)	0,53*	1,00*	1,01*	0,48
lnw2 (preço capital)	-0,71*	-1,17*	-1,17*	-1,13***
lnw3 (dispêndio)	0,07**	0,31**	0,31**	-0,05
lnp (preço venda)	1,11***	0,86***	0,86***	1,70***
lnx1 (área)	1,18***	1,18***	1,18***	1,18***
z1 (irrigação)	0,46***	-	-	-
z2 (<i>greening</i>)	-0,58	-	-	-
z3 (idade pomar)	0,023	-	-	-
z4 (idade pomar ²)	-0,001	-	-	-
z5 (escolaridade)	-	0,03*	-	-
z6 (associativismo)	-	0,25***	-	-
z7 (experiência)	-	-0,01	-	-
z8 (acesso informação)	-	0,49***	-	-
z9 (ferramentas TI gestão)	-	-	0,32***	-
z10(versificação)	-	-	-0,47	-
z11 (forma plural)	-	-	0,88***	-
z12 (contrato LP)	-	-	0,99**	-
z13(qualificação,)	-	-	-	-
z14 (prob. contrato)	-	-	-	-0,34
z15 (expectativas)	-	-	-	-0,29**
z16 (crédito)	-	-	-	-0,06
Parâmetros de variância				
σ_s^2	9,80***	2,15***	2,15***	0,48***
γ	0,99***	0,99***	0,99***	0,97***
Log-Lik	-88,13	-71,66	-71,66	-17,38
Chi-squared	65,99***	32,98***	32,9***	34,63***
Eficiência média	0,44	0,45	0,44	0,62
N = 67				

*** significativo a 1%, ** significativo a 5%, * significativo a 10%.

Fonte: resultados da pesquisa.

A única variável institucional com efeito significativo sobre a fronteira de lucro variável das propriedades foi a formação de expectativas, cujo coeficiente estimado apresentou o efeito esperado: aqueles que formaram expectativas desfavoráveis possuem menores possibilidades de lucro do que aqueles que possuem expectativas favoráveis com

relação ao futuro da atividade citrícola. Esse resultado pode estar relacionado com a redução nos esforços gerenciais dos citricultores cujas expectativas são pessimistas.

Dentre as variáveis de capital humano e social, verifica-se que o nível de escolaridade do citricultor, o acesso a diferentes fontes de informação e a participação em redes políticas ligadas à citricultura aumentam as possibilidades de lucro das propriedades. Assim, confirma-se que a maior habilidade gerencial e social dos agricultores tem efeito positivo sobre as possibilidades de lucro das propriedades rurais.

5.4.3.2. Efeito das variáveis z sobre os índices de eficiência econômica de lucro

A Tabela 45 apresenta os resultados dos efeitos das “variáveis z ” sobre os índices de eficiência econômica de lucro das 67 propriedades rurais com lucro variável positivo, conforme modelo de Battese e Coelli (1995). Vale lembrar que o coeficiente mostra a relação entre a variável e a ineficiência, à medida que o efeito marginal, calculado para a média da amostra, apresenta o efeito de unidades adicionais da variável sobre o índice de eficiência de lucro das propriedades rurais.

A única variável estrutural cujo coeficiente mostrou-se estatisticamente significativo nos modelos econométricos de lucro estimados foi o uso da tecnologia de irrigação. O efeito marginal da variável mostra que o uso dessa tecnologia na produção citrícola tende a aumentar a eficiência de lucro das propriedades rurais em 0,0081 (0,81%), *ceteris paribus*. Esse resultado aumenta ainda mais as evidências empíricas acerca do efeito positivo do uso dessa tecnologia sobre o desempenho das propriedades rurais, indicando, por sua vez, para a necessidade de maior difusão da tecnologia entre os citricultores. Por um lado, o uso dessa tecnologia possibilita a produção de um produto de maior qualidade que pode ser vendido por um preço mais alto. Por outro lado, há ganhos de eficiência técnica associados ao uso da tecnologia de irrigação.

Dentre as variáveis gerenciais, nota-se efeito significativo do uso de ferramentas de gestão e do recebimento de assistência técnica sobre os diferenciais de eficiência de lucro entre as propriedades rurais analisadas. A variável ferramentas de gestão, cujo efeito marginal sobre a eficiência de lucro das propriedades rurais é de 2,65%, já havia se mostrado importante para explicar os diferenciais de eficiência técnica e de custo. Esse conjunto de resultados ressalta a importância da difusão de ferramentas modernas para a gestão nas propriedades rurais. Essas ferramentas são fundamentais para melhorar tanto o uso, como também a alocação dos fatores de produção nas propriedades rurais. Ademais, por meio de ferramentas de gestão os citricultores podem elaborar e monitorar

estratégias de produção e comercialização a médio/longo prazo. Por sua vez, a assistência técnica e de gestão tem potencial de auxiliar e difundir práticas relacionadas à produção (uso ótimo dos insumos, possibilidades de substituição de insumos, tecnologias disponíveis, etc) e à gestão (informações de mercado, estratégias de comercialização dos insumos e do produto, etc) das propriedades. Todos esses fatores tendem a aumentar a eficiência de lucro das propriedades rurais, conforme resultado verificado para essa variável nas análises de eficiência de lucro.

Tabela 45. Efeito das “variáveis z” sobre a ineficiência de lucro das propriedades rurais: fatores determinantes dos diferenciais de eficiência de lucro.

Variável	Modelos econométricos			
	A	B	C	D
Constante (β_0)	5,86***	6,97***	6,34***	6,40***
lnw ₁ (preço mão de obra) (β_1)	0,53*	1,01	1,01*	0,45
lnw ₂ (preço capital) (β_2)	-0,71*	-0,28	-1,17*	-0,60*
lnw ₃ (dispêndio) (β_3)	-0,10	0,15	0,31**	-0,13
lnp (preço de venda) (β_p)	1,13***	1,65***	0,86***	1,17***
lnx ₁ (hectares) (δ)	1,18***	1,40***	1,18***	1,09***
Determinantes ineficiência				
z ₁ (irrigação)	-2,027**	-	-	-
z ₂ (greening)	0,12	-	-	-
z ₃ (adensamento)	0,01	-	-	-
z ₄ (escolaridade)	-	-0,05**	-	-
z ₅ (forma plural)	-	-0,17	-	-
z ₆ (acesso informação)	-	-0,49***	-	-
z ₇ (assist.técnica)	-	-	-1,18**	
z ₈ (ferramentas gestão TI)	-	-	-0,40***	
z ₉ (diversificação)			-0,12	
z ₁₀ (prob. contrato)	-	-		0,49**
z ₁₁ (enforcement)	-	-		0,22
z ₁₂ (crédito)	-	-		0,01
Parâmetros de variância				
σ_s^2	2,84**	0,86**	0,58***	1,71***
γ	0,99***	0,71***	0,57***	0,99***
Log-Lik	-73,04	-85,99	-69,99	-74,01
Chi-squared	35,85***	79,59***	111,6***	33,91***
Eficiência média	0,44	0,25	0,27	0,44
N = 98				

*** significativo a 1%, ** significativo a 5%, *significativo a 10%.

Fonte: resultados da pesquisa.

A ocorrência de problemas contratuais foi a única variável institucional com efeito significativo sobre os diferenciais de eficiência de lucro das propriedades rurais. Como era esperado, tal variável exerce impacto negativo sobre a eficiência de lucro, com efeito marginal de -0,05%. Assim, confirma-se que a deterioração de expectativas decorrentes da ocorrência de problemas contratuais, além de reduzir a eficiência técnica e de custo, também reduz a eficiência de lucro das propriedades rurais.

O acesso a diferentes fontes de informação e o nível de escolaridade dos citricultores são as variáveis de capital humano cujos coeficientes mostraram-se estatisticamente significativos nas análises de determinantes da eficiência de lucro. As duas variáveis são proxies para a habilidade gerencial dos citricultores. No primeiro caso, verifica-se, novamente, a importância do acesso a diferentes fontes de informação pelo agricultor sobre o desempenho das propriedades rurais. Essas informações são fundamentais para o agricultor alocar seus recursos e comercializar seus insumos e produto de forma eficiente. No segundo caso, nota-se que a escolaridade formal do agricultor, ao capacitá-lo e torna-lo mais hábil ao uso de informações, aumenta a probabilidade de tomada de decisões gerenciais e operacionais ótimas.

5.5. IMPLICAÇÕES DOS RESULTADOS PARA A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS E ESTRATÉGIAS PRIVADAS

Há, basicamente, dois grandes conjuntos de implicações dos resultados do presente trabalho para a formulação de políticas públicas e estratégias privadas direcionadas à citricultura. O primeiro conjunto está diretamente relacionado às características da tecnologia de produção citrícola (retornos e economias de escala, elasticidades parciais dos fatores, parcela ótima dos fatores, etc.), mensuradas a partir dos parâmetros estimados nas funções/fronteiras microeconômicas de produção, custo e lucro. O segundo grande conjunto de implicações dos resultados deste trabalho está embasado nas análises econométricas dos fatores determinantes da posição das fronteiras e dos diferenciais de eficiência entre as propriedades rurais. Os resultados dessas análises podem auxiliar o processo de tomada de decisões ótimas dos citricultores, demais agentes privados da cadeia produtiva e formuladores de políticas públicas. Os parágrafos abaixo discutem, de forma detalhada, tais implicações, visando subsidiar a formulação de políticas e estratégias para a citricultura paulista.

O primeiro aspecto interessante acerca da tecnologia de produção citrícola pode ser observado diretamente a partir dos parâmetros estimados para os fatores de produção nas fronteiras de produção Cobb-Douglas e translog. Independentemente da forma funcional adotada, verificou-se que a terra (em hectares de laranja em produção), o capital (em horas máquina) e os fertilizantes (em kg de formulações NPK) são os fatores mais importantes para determinar a produção de laranja das propriedades rurais. Por sua vez, os coeficientes com valores baixos e não significativos encontrados para os fatores mão de obra (em horas trabalhadas) e defensivos (em gasto total) indicam pequenas contribuições marginais desses fatores para a produção de laranja das propriedades rurais analisadas. De fato, ao analisar as propriedades rurais com maiores índices de eficiência técnica da amostra (superiores a 90%), verificou-se que, em média, essas propriedades utilizam quantidade consideravelmente menor de horas de mão de obra por hectare (97,6 contra 116,71 para a média da amostra), bem como gastam menos com defensivos por hectare (R\$ 1.218,44 contra R\$ 1.421,35 para a média da amostra) do que o restante da amostra. Ou seja, há indícios de que esses dois fatores apresentam contribuição marginal pequena para a produção das propriedades rurais e que as propriedades com maior eficiência técnica já estão adiantadas no processo de redução no uso de tais fatores. Do ponto de vista da formulação de políticas públicas, é importante que sejam feitos investimentos na pesquisa e desenvolvimento de novas formas de controle de pragas e doenças que substituam (ou, pelo menos, reduzam) o uso de defensivos na produção. A própria estratégia do Fundecitrus de procurar novas formas de combate e controle do psílido que transmite o *greening* está alinhada à redução no uso de defensivos na produção citrícola. Além disso, o auxílio de políticas públicas para o fortalecimento de firmas especializadas na oferta de fatores de produção para os citricultores, na concepção de *caretakers* (terceirizadores de serviços) discutida por Picazo-Tadeo e Reig-Martínez (2005) e Dragone (2003), tem o potencial de contribuir para a redução do uso em excesso do fator mão de obra na citricultura. A geração e difusão de tecnologias que tenham efeito positivo sobre a produtividade da mão de obra também pode ter efeito positivo na competitividade da citricultura. Do ponto de vista de estratégias privadas, são de fundamental importância a difusão de práticas de manejo preventivo para doenças e pragas (inspeções constantes, erradicação de plantas contaminadas, etc.), bem como a criação de mecanismos de incentivo e qualificação capazes de resultar em aumentos na produtividade do trabalho rural. A estratégia de diversificação da produção rural também pode ser interessante para uma melhor distribuição e aproveitamento da mão de obra

permanente nas propriedades, visto que, em decorrência da sazonalidade inerente às atividades agropecuárias, há períodos de maior demanda por trabalho vis-à-vis períodos com menor intensidade no uso da mão de obra nas diferentes atividades rurais.

Os resultados associados aos retornos de escala, calculados para cada propriedade rural da amostra a partir dos parâmetros estimados na fronteira de produção translog, mostram que a maior parte das propriedades (63,3% da amostra) poderia aproveitar-se de retornos crescentes de escala produzindo maiores volumes de laranja. Se considerados apenas os aspectos da tecnologia de produção (sem a inclusão dos preços pagos pelos fatores), verifica-se que a escala ótima (escala de retornos constantes) está na faixa das 70.000-100.000 caixas de laranja. Escalas de produção muito inferiores a 70.000-100.000 caixas caracterizam-se por retornos crescentes, à medida que escalas de produção muito superiores a essa caracterizam-se por retornos decrescentes de escala. Esse resultado é interessante, pois mostra que, considerando-se apenas os aspectos da tecnologia de produção, a citricultura não é marcada por consideráveis retornos crescentes de escala. Ou seja, a faixa de produção de retornos decrescentes não ocorre para escalas de produção substancialmente grandes. Do ponto de vista de estratégias privadas, as propriedades de pequeno porte devem buscar alternativas à baixa eficiência de escala, como por exemplo, compensar a ineficiência de escala com altos índices de eficiência técnica (o que foi verificado para um conjunto de propriedades da amostra), diversificar a produção para aproveitar-se de possíveis economias de escopo e desenvolver arranjos de coordenação horizontal (pools e cooperativas, por exemplo) para melhorar as condições de negociação de insumos. Já as propriedades de grande porte conseguem pagar preços mais baixos pelos fatores e obter economias de escala pecuniárias, conforme observado nas análises de custo do presente trabalho.

As análises realizadas a partir das fronteiras de custo Cobb-Douglas e translog confirmam a necessidade de redução do uso do fator mão de obra na citricultura. A parcela ótima de custo representada pela mão de obra foi de apenas 4,7% na função translog para a média da amostra. Ou seja, em média, a mão de obra deve representar apenas 4,7% do custo de produção variável de uma firma eficiente em custo. Em que pese a dificuldade em se alcançar esse valor (nenhuma firma da amostra tem a mão de obra representando menos do que 8% do custo de produção), ele aponta para uma tendência de substituição da mão de obra por capital, o que, de acordo com as elasticidades parciais de substituição calculadas na função translog, é tecnologicamente possível na citricultura (os fatores são, de fato, substitutos no processo de produção). Assim, os citricultores

devem buscar alternativas de redução do custo da mão de obra para aumentar a eficiência econômica de custo das propriedades rurais. A criação de incentivos internos (contratos com participação nos resultados e prêmios por produtividade, por exemplo) para aumentos na produtividade da mão de obra e a mecanização da produção são algumas estratégias interessantes.

Quando analisada a relação de economias de escala a partir da função custo, a interpretação deixa de levar em consideração apenas aspectos tecnológicos e passa a considerar também os preços pagos pelos fatores de produção. No presente estudo, verificou-se que a escala ótima (região de retornos constantes) para a função custo translog é superior à escala ótima para a função de produção translog. Ao considerar-se o conceito de economias em detrimento do conceito de retornos de escala, verifica-se que 87,8% das propriedades da amostra operam em uma região de economias de escala relevantes ($IES > 0,051$), à medida que 63,3% operam na região de retornos crescentes de escala relevantes. Ademais, a escala ótima do ponto de vista do custo de produção (escala de custo médio mínimo) ocorre para a faixa de produção de 130.000-300.000 caixas, portanto, bastante superior à escala ótima estimada a partir da fronteira de produção. A principal explicação para essa diferença está no preço mais baixo que as propriedades com escala superior a 90.000 caixas conseguem pagar pelos fatores mão de obra e fertilizantes, conseguindo, dessa forma, operar com economias de escala associadas ao maior poder de negociação no mercado de fatores (economias de escala pecuniárias). Neste sentido, as propriedades de pequeno e médio porte devem se organizar em pools ou outras organizações para comprar volumes maiores de insumos e igualar as condições de negociação que as propriedades com escala superior a 90.000 caixas possuem. Entretanto, conforme já observado por Paulillo et al. (2007), a baixa capacidade de coordenação horizontal, principalmente entre os pequenos e médios citricultores, é um dos principais entraves organizacionais da atividade, impedindo economias de custo e ganhos de competitividade para esses produtores, conforme confirmado no presente trabalho. Estratégias públicas e privadas direcionadas ao fortalecimento das relações de coordenação horizontal entre os citricultores de pequeno e médio porte podem trazer um conjunto de externalidades positivas para esses produtores, sendo uma das principais o maior poder de negociação nas transações de compra de insumos. Alguns casos interessantes de iniciativas de coordenação horizontal na citricultura paulista são as cooperativas Coagrosol, localizada no município de Itápolis, e Cocer, situada em Engenheiro Coelho. Ambas as cooperativas possuem em seu quadro de associados

citricultores majoritariamente de pequeno porte e oferecem condições diferenciadas de comercialização do produto e dos insumos, bem como um ambiente propício para a difusão e troca de informações técnicas e gerenciais.

A fronteira de lucro variável Cobb-Douglas mostrou a existência de relação positiva entre o fator fixo (terra) e o lucro variável das propriedades rurais, conforme preconizado pela teoria econômica. O coeficiente estimado para o fator fixo apresentou valor positivo, estatisticamente significativo e superior à unidade, indicando que aumentos na área em produção resultam em aumentos mais do que proporcionais na margem de lucro variável das propriedades. Ademais, o preço sombra da terra foi, para a média da amostra de propriedades rurais com lucro variável positivo, de R\$ 3.656,06, o que mostra que as propriedades poderiam aumentar o lucro variável em R\$ 3.656,06 para cada hectare de terra adicional empregado na citricultura. No entanto, essa possibilidade está limitada àquelas propriedades que recebem preços superiores ao custo variável médio de produção e deve, necessariamente, estar acompanhada de uma redução significativa na ineficiência de lucro pelas propriedades. Uma política de repartição mais equilibrada dos excedentes gerados na cadeia produtiva é um dos principais objetivos das negociações que ocorrem na esfera do Consecitrus. Nesse sentido, cabe aos agentes econômicos privados (citricultores e industriais) buscar a construção de um modelo de distribuição dos excedentes que gere incentivos à busca de eficiência. No longo prazo, tal modelo, ao estabelecer melhores preços pagos aos produtores e alavancar investimentos de produção, distribuição e comercialização, tende a gerar ganhos de competitividade para toda a cadeia produtiva de suco de laranja brasileira.

Os índices médios de eficiência, calculados a partir das fronteiras de produção, custo e lucro, mostram que há espaço significativo para ganhos de eficiência entre as propriedades rurais. Conforme era esperado, na média da amostra, a eficiência técnica é superior à eficiência de custo que, por sua vez, é superior à eficiência de lucro. Assim, verifica-se que é possível aumentar a produção, reduzir o custo e aumentar o lucro das propriedades rurais sem alterações na tecnologia de produção conhecida, no uso dos fatores e nos preços de mercado dos fatores e de produto. Alterações na forma como as propriedades utilizam e alocam os fatores de produção diante de seus preços relativos podem melhorar consideravelmente o desempenho operacional e econômico das mesmas. Vale destacar mais uma vez que, em uma tecnologia não caracterizada por retornos constantes de escala, as firmas podem operar com ineficiência de escala (nas faixas de retornos crescentes/decrescentes) e, ainda assim, com altos índices de eficiência técnica

e/ou de custo. De fato, verificou-se, por meio dos dados das propriedades com maior eficiência técnica e de custo, que há propriedades rurais de diferentes tamanhos operando próximas às fronteiras. Portanto, apesar de existir uma região de escala ótima do ponto de vista da tecnologia de produção, não há uma relação linear entre tamanho e eficiência produtiva para as propriedades rurais da amostra. A principal implicação desse resultado está na possibilidade de coexistirem propriedades rurais com diferentes tamanhos operando na citricultura, desde que aquelas propriedades que operam em regiões de retornos crescentes/decrescentes consigam utilizar os fatores de forma ótima e compensar a ineficiência de escala.

Os resultados das análises econométricas acerca do efeito das “variáveis z” sobre a posição das fronteiras de produção, custo e lucro e sobre os diferenciais de eficiência técnica e econômica podem produzir informações relevantes para os citricultores e formuladores de políticas públicas. Dentre as “variáveis z” classificadas como estruturais, verificou-se efeito significativo do uso da tecnologia de irrigação e da incidência de *greening* sobre as possibilidades de produção e sobre os índices de eficiência técnica das propriedades. Em ambos os casos, o efeito da relação confirmou as hipóteses estabelecidas para as variáveis. Nesse sentido, é importante acelerar a difusão de tecnologias geradoras de produtividade na citricultura (irrigação, por exemplo), seja por meio de uma melhor compreensão dos fatores que explicam sua adoção, seja mediante a criação de incentivos públicos e privados para que os agricultores adotem essas tecnologias. No caso do *greening*, é importante que sejam fortalecidas as políticas de conscientização dos citricultores acerca da necessidade do manejo correto dos pomares de forma a reduzir/controlar o aumento da doença. O direcionamento de recursos para a erradicação dos pomares abandonados e infestados pelo *greening* também é fundamental para controlar a difusão dessa doença. Os investimentos públicos em P&D via fomento à pesquisa no Fundecitrus e nas universidades públicas e privadas também têm grande potencial de minimizar os efeitos dessa doença no médio e longo prazo.

As variáveis gerenciais que se mostraram importantes para determinar as possibilidades de produção e os diferenciais de eficiência técnica das propriedades rurais são a adoção de ferramentas de gestão, a estratégia de formas plurais de coordenação das vendas de laranja e o recebimento de assistência técnica e de gestão. Nesses casos, constata-se a importância de estratégias e tecnologias gerenciais sobre a produtividade das propriedades rurais. É importante que os citricultores adotem ferramentas modernas de gestão (por exemplo, técnicas de agricultura de precisão, sistemas gerenciais de

controle de custos e produtividade, acesso à internet para acompanhamento de mercado, etc) e escolham estratégias eficientes de governança na venda da laranja para os diferentes canais de comercialização. A difusão das ferramentas de gestão e comercialização passa, necessariamente, pela capacitação dos agricultores ao uso dessas ferramentas. Por sua vez, o uso de assistência técnica, que, muitas vezes tem um alto custo para os pequenos agricultores, pode ser estimulado por meio do fortalecimento das políticas de extensão rural em organizações de produtores. Alguns casos interessantes, como o do sindicato rural de Barretos, que disponibiliza assistência técnica e gerencial aos pequenos e médios agricultores, podem ser vistos como exemplo.

Um conjunto de “variáveis z” de cunho institucional também se mostrou relevante para explicar as possibilidades de produção e os diferenciais de eficiência técnica entre as propriedades rurais da amostra. A ocorrência de problemas contratuais nos últimos três anos, cujos efeitos se propagam via aumento nos custos de transação e deterioração das expectativas, apresentou efeito negativo e bastante significativo na fronteira de produção e nos índices de eficiência das propriedades rurais. A ideia de criar uma organização reguladora para as negociações de venda de laranja e formação dos preços (Consecitrus), já discutida nesse trabalho, tem potencial de reduzir a ocorrência de problemas comerciais. Entretanto, tal modelo deve ser eficiente para equilibrar as diferenças de poder de barganha entre os agentes econômicos. O efeito positivo e significativo da percepção de *enforcement* nos contratos comerciais sobre fronteira e os índices de eficiência técnica confirma a relação entre confiança no ambiente institucional e desempenho operacional das propriedades rurais. Há, também, um componente relacionado com as experiências passadas nessa variável, visto que, aqueles que não tiveram problemas para fazer valer seus contratos no passado tendem a confiar mais nos direitos de propriedade e *enforcement* dos contratos comerciais no presente. O impacto desse resultado para as políticas públicas, já bastante difundido na literatura da economia institucional, porém com pouco efeito prático no Brasil, é a redução da enorme ineficiência do sistema judiciário e a criação de um ambiente de regras de negócios menos complexo e burocrático.

Dentre as variáveis de capital humano testadas, verificou-se que o acesso a diferentes fontes de informação é fundamental para determinar tanto a posição da fronteira de produção, como também os diferenciais de eficiência técnica entre as propriedades rurais. Esse resultado reforça a importância das habilidades gerenciais dos agricultores para determinar ganhos de eficiência na produção rural. É importante que os

agricultores tenham acesso ao maior número possível de fontes de informação para formular suas estratégias ótimas de produção e comercialização.

As análises dos fatores determinantes da posição da fronteira de custo e dos diferenciais de eficiência de custo produziram resultados bastante semelhantes àqueles verificados nas análises de eficiência técnica. Assim, as recomendações para esses resultados seguem os mesmos caminhos acima apresentados. Importante discutir os impactos das variáveis “diversificação”, “adensamento” e “crédito” sobre a eficiência de custo das propriedades rurais, cujos efeitos não foram significativos nas análises de eficiência técnica. O efeito positivo da diversificação sobre a eficiência de custo das propriedades rurais mostra que há um potencial de aproveitamento conjunto dos fatores de produção nas diferentes atividades rurais, reduzindo a ociosidade desses fatores e gerando economias de escopo. De fato, Neves (2010) já havia alertado para a importância da estratégia de diversificação entre as propriedades citrícolas. É importante que os citricultores, ao adotarem tal estratégia, escolham culturas com preços pouco correlacionados de forma a gerenciar também os riscos de mercado. O efeito da variável “adensamento” sobre o desempenho de custo das propriedades contrariou a hipótese construída em torno dessa variável. A explicação para esse resultado está relacionada ao aumento nos gastos com defensivos e fertilizantes por hectare em pomares adensados. O efeito prático de tal resultado é que, apesar de aumentar as possibilidades de produção, a prática de adensamento pode aumentar também a ineficiência de custo das propriedades. Portanto, os citricultores devem analisar com bastante cuidado as possibilidades de adensamento ao tomar decisões de formação do pomar. Por sua vez, a alavancagem com recursos do crédito rural mostrou-se negativamente relacionada com a eficiência de custo das propriedades, contrariando a hipótese estabelecida para a variável. Esse resultado pode estar relacionado ao maior nível de alavancagem dos produtores que receberam preços mais baixos nos últimos anos e que, portanto, estão utilizando recursos do crédito rural para cobrir prejuízos acumulados ao invés de realizar investimentos na produção.

Por fim, nas análises de diferenciais de eficiência de lucro, verificou-se efeito significativo de seis variáveis: irrigação, ferramentas de gestão, assistência técnica, ocorrência de problemas contratuais, acesso à informação e escolaridade. Os resultados corroboram com as hipóteses construídas e com aqueles resultados encontrados nas análises de produção e custo. Assim, políticas públicas com o objetivo de difundir tecnologias de produção (irrigação) e gestão (uso de ferramentas de gestão e estratégias de comercialização), melhorar o ambiente de disputas comerciais e fortalecer o capital

humano podem aumentar as eficiências de produção, custo e lucro das propriedades rurais.

6. CONCLUSÕES

Esse trabalho teve o objetivo de estimar fronteiras de eficiência de produção, custo e lucro, tal que fosse possível analisar medidas da tecnologia de produção, bem como fatores determinantes das eficiências técnica e econômica das propriedades citrícolas. Os principais resultados do trabalho mostraram a existência de uma tecnologia de produção com uma fase inicial de retornos crescentes, seguida de uma região de escala ótima e uma fase com retornos decrescentes de escala. A maior parte das propriedades da amostra está operando na região de retornos crescentes, sendo possíveis ganhos de produtividade a partir de aumentos na escala de produção. A região de escala ótima para a fronteira de produção ocorre para a faixa das 70.000-100.000 caixas, à medida que, para a fronteira de custo, está em torno das 130.000-300.000 caixas. A principal explicação para essa diferença é o pagamento de preços mais baixos para os fatores mão de obra e fertilizantes pelas propriedades com escala maior do que 90.000 caixas, resultando na existência de economias de escala pecuniárias. Verificou-se, ainda, a necessidade de redução no uso dos fatores mão de obra e defensivos, cuja contribuição marginal para a produção foi pequena. Essa tendência já pôde ser observada nas propriedades rurais com maior eficiência técnica da amostra. Por outro lado, a terra, o capital e o uso de fertilizantes apresentaram contribuição marginal significativa para a produção citrícola das propriedades rurais analisadas.

As análises econométricas de economias e retornos de escala aqui apresentadas ajudam a explicar a saída de um conjunto de propriedades rurais de pequeno porte da citricultura a partir de meados dos anos 2000. Contudo, essas análises mostram também que, do ponto de vista da tecnologia de produção citrícola, há espaço para que várias propriedades de médio porte continuem operando na atividade com alta eficiência de escala. Essa constatação indica ainda a possibilidade de que as propriedades rurais de posse da indústria processadora (cujo volume de produção chega a ultrapassar 1 milhão de caixas por ano safra) estejam operando com retornos decrescentes/deseconomias de escala. Nesse caso, a argumentação da estratégia de integração vertical pró poder de barganha apresentada por Azevedo (1996) e Souza Filho et al. (2013) parece prevalecer sobre a argumentação da integração vertical pró eficiência de escala defendida por Neves (2010).

Os índices de eficiência técnica, de custo e de lucro foram, em média, 71,6%; 69,4% e 44,7%, respectivamente. Verifica-se, portanto, que há consideráveis possibilidades de aumento de produção, redução no custo e aumento no lucro variável das

propriedades rurais da amostra. Para verificar os fatores que explicam os diferenciais de eficiência entre as propriedades rurais da amostra, foram construídas hipóteses em torno de um conjunto de “variáveis z” de cunho estrutural, gerencial, institucional e de capital humano e social. As hipóteses embasaram-se nas características da produção citrícola e em diferentes vertentes da teoria econômica. Testaram-se, por meio de diferentes modelos econométricos, os efeitos das “variáveis z” sobre as fronteiras de produção, custo e lucro, bem como sobre os índices de eficiência das propriedades rurais. Os resultados das análises econométricas estiveram, em grande medida, alinhados às hipóteses estabelecidas para as “variáveis z”.

As “variáveis z” que afetaram de forma significativa a posição da fronteira de produção, com seus respectivos efeitos, foram: irrigação (+), *greening* (-), adensamento (+), idade do pomar (+), idade do pomar ao quadrado (-), ferramentas de gestão (+), formas plurais de governança (+), diversificação da produção rural (-), assistência técnica (+), ocorrência de problemas contratuais (-), percepção de *enforcement* nos contratos comerciais (+), nível de alavancagem com crédito rural (-) e qualificação da mão de obra rural (+). No caso das análises econométricas de fatores determinantes dos índices de eficiência técnica, as variáveis que apresentaram significância estatística foram: irrigação (+), *greening* (-), ferramentas de gestão (+), formas plurais de governança (+), assistência técnica (+), ocorrência de problemas contratuais (-), percepção de *enforcement* nos contratos (+) e acesso à informação (+).

Nas análises de custo, as variáveis com efeito significativo sobre a posição da fronteira foram: adensamento (+), idade do pomar (-), idade do pomar ao quadrado (+), ferramentas de gestão (-), assistência técnica (-), ocorrência de problemas contratuais (+), formação de expectativas desfavoráveis (+), acesso à informação (-) e escolaridade do agricultor (-). Vale destacar que, no caso da fronteira de custo, o efeito negativo (-) indica que a variável desloca a fronteira de custo para baixo, ou seja, reduz a fronteira de possibilidades de custo das propriedades rurais. As variáveis cujos coeficientes mostraram-se importantes para explicar os índices de eficiência de custo foram: adensamento (-), *greening* (-), ferramentas de gestão (+), diversificação da produção (+), concentração nas vendas para a indústria (-), formas plurais de governança (+), ocorrência de problemas contratuais (-), percepção de *enforcement* nos contratos (+), alavancagem com crédito rural (-), acesso à informação (+) e experiência do citricultor (-).

As análises de lucro foram realizadas excluindo-se um conjunto de 31 propriedades rurais que tiveram lucro variável negativo na safra 2013/14, o que, por sua

vez, pode ter gerado um viés de seleção no modelo. Ademais, inclui-se um fator quase fixo (terra) na função de lucro e trabalhou-se com o conceito de lucro variável. Os fatores determinantes da posição da fronteira de lucro foram: irrigação (+), ferramentas de gestão (+), formas plurais de governança (+), uso de contratos de longo prazo (+), formação de expectativas desfavoráveis (-), escolaridade do agricultor (+), acesso à informação (+) e associativismo (+). Já os fatores determinantes da eficiência de lucro foram: irrigação (+), ferramentas de gestão (+), assistência técnica (+), ocorrência de problemas contratuais (-), acesso à informação (+) e escolaridade do agricultor (+).

Políticas públicas que objetivem ganhos de eficiência técnica e econômica na citricultura do Estado de São Paulo devem, necessariamente, levar em consideração os fatores determinantes dos diferenciais de eficiência técnica e econômica acima apresentados. Ademais, esses resultados mostram os fatores que explicam os diferenciais de eficiência das propriedades rurais em um período de crise de preços baixos na venda do produto, no qual milhares de citricultores deixaram de operar na atividade. Assim, nota-se que aspectos gerenciais (uso de ferramentas de gestão e comercialização, diversificação da produção e recebimento de assistência técnica), institucionais (ocorrência de problemas contratuais, formação de expectativas e acesso ao crédito rural), estruturais (irrigação e incidência de *greening*) e de capital humano (acesso à informação e escolaridade) são de fundamental importância para determinar o desempenho operacional e econômico das propriedades rurais. A manutenção dessas propriedades na citricultura a longo prazo está condicionada à eficiência, que, por sua vez, está condicionada a esses fatores. Portanto, políticas e estratégias alinhadas aos resultados do presente estudo podem promover ganhos de eficiência e competitividade no longo prazo.

Uma das principais limitações do presente estudo é a não inclusão de propriedades rurais de todas as regiões do Estado de São Paulo na amostra. A inclusão de propriedades de outras regiões poderia captar diferentes aspectos tecnológicos e econômicos da citricultura, enriquecendo os resultados do estudo. Contudo, devido a limitações de tempo e de recursos, não foi possível aumentar o escopo e o tamanho da amostra. A necessidade de adotar uma forma funcional Cobb-Douglas para as análises de lucro também pode ser considerada uma limitação do presente estudo. Em decorrência da perda de graus de liberdade após a exclusão das 31 propriedades com lucro variável negativo, a função lucro translog apresentou resultados inconsistentes, o que, por sua vez, direcionou a escolha da função Cobb-Douglas. Ademais, na função custo não foi possível incluir o custo de oportunidade associado ao uso da terra em decorrência da alta correlação dessa variável

com a produção das propriedades. A impossibilidade de trabalhar com dados em painel também consiste em limitação do presente estudo. Análises com base em dados em painel permitem que sejam investigadas as características das firmas e as mudanças nos padrões tecnológicos, organizacionais e institucionais ao longo do tempo, o que seria de grande interesse para a atividade aqui analisada.

Por fim, a partir dos resultados do presente trabalho é possível abrir uma agenda para um conjunto de pesquisas futuras na citricultura, dentre as quais destacam-se:

- Análises dos fatores determinantes da adoção de tecnologias e práticas de gestão e comercialização geradoras de eficiência (irrigação, tecnologias de agricultura de precisão, sistemas de controle de custos e produtividade, formas plurais de coordenação das vendas, etc.);
- Novas análises de eficiência técnica e econômica com base em dados em painel, tal que seja possível acompanhar a evolução das eficiências e os padrões de mudança tecnológica ao longo do tempo;
- Análises detalhadas acerca do efeito de filtros institucionais sobre a propagação das políticas agrícolas aos citricultores;
- Estudos de viabilidade econômica a partir de diferentes cenários tecnológicos e de preços pagos pelos insumos e recebidos pelo produto;
- Análises sobre a evolução do Consecitrus, bem como sobre o impacto do mesmo na competitividade da cadeia citrícola.

REFERÊNCIAS

- AFFUSO, L. An empirical study on contractual heterogeneity within the firm: the ‘vertical integration-franchise contracts’ mix. **Applied Economics**, v. 34 n. 8, p. 931-944, 2002.
- AIGNER, D.J.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, v. 6, p. 21-37, 1977.
- ALBUQUERQUE, M.C.C. Uma análise translog sobre mudança tecnológica e efeitos de escala: um caso de modernização ineficiente. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 17, n. 1, p. 191-220, 1987.
- ALCARDE, J.C.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA, 3 ed., 1998.
- ALLEN, R.G.D. **Mathematical Analysis for Economists**. New York: St. Martin’s Press, 1938.
- ALVAREZ, A.; AMSLER, C.; OREA, L.; SCHMIDT, P. Interpreting and testing the scaling property in models where inefficiency depends on firm characteristics. **Journal of Productivity Analysis**, v. 25, p. 201-212, 2006.
- ALVAREZ, A.; ARIAS, C. Technical efficiency and farm size: a conditional analysis. **Agricultural Economics**, v. 30, p. 241-250, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CITRICULTORES – ASSOCITRUS. Disponível em <www.associtrus.com.br>.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CITRÍCOS – CITRUSBR. Mercado externo, Comércio, Exportações brasileiras. Disponível em <<http://www.citrusbr.com.br/>>.
- ASSUNÇÃO, J.J.; GHATAK, M.C. Can unobserved heterogeneity in farmer ability explain the inverse relationship between farm size and productivity? **Economics Letters**, v. 80, p. 189-194, 2003.
- AUDIBERT, M.; MATHONNAT, J.; HENRY, M.C. Social and health determinants of the efficiency of cotton farmers in Northern Côte d’Ivoire. **Social Science & Medicine**, v. 56, p. 1705–1717, 2003.
- AZEVEDO, P. F. **Integração vertical e barganha**. 1996. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BACKMAN, S.; ISLAM, K.M.Z.; SUMELIUS, J. Determinants of technical efficiency of rice farms in North-Central and North-Western regions in Bangladesh. **The Journal of Developing Areas**, v. 45, p. 73-94, 2011.

- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Anuário Estatístico do Crédito Rural – 2000 a 2012. Disponível em < <http://www.bcb.gov.br/?RELRURAL>>.
- BARON, R.A. Behavioral and cognitive factors in entrepreneurship: entrepreneurs as the active element in new venture creation. **Strategic Entrepreneurship Journal**, v. 1, p.167–182, 2007.
- BARRO, R.J. **Education and Economic Growth**. Working Paper, Department of Economics, Harvard University, 2000.
- BATALHA, M.O. **Gestão Agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 3 ed., 2007.
- BATALHA, M.O.; SOUZA FILHO, H.M. Analisando a competitividade de cadeias agroindustriais: uma proposição metodológica. In: BATALHA, M.O.; SOUZA FILHO, H.M. (Org.). **O agronegócio no Mercosul: uma agenda para a competitividade**. São Paulo: Atlas, 1 ed., p. 12-39, 2009.
- BATTESE, G.E.; COELLI, T.J. Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. **The Journal of Productivity Analysis**, v. 3, p. 153-159, 1992.
- _____. **A stochastic frontier production function incorporating a model for technical inefficiency effects**. Working Papers in Econometrics and Statistics No. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, 1993.
- _____. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. **Empirical Economics**, v. 20, p. 325-332, 1995.
- BECKER, J.L.; LUNARDI, G.L.; MAÇADA, A.C.G. Análise de eficiência dos Bancos Brasileiros: um enfoque nos investimentos realizados em Tecnologia de Informação (TI). **Revista Produção**, v. 13, n. 2, p. 70-81, 2003.
- BEGUM, I.A.; ALAM, M.J.; BUYASSE, J. et al. Contract farmer and poultry farm efficiency in Bangladesh: a data envelopment analysis. **Applied Economics**, v. 44, p. 3737-3747, 2012.
- BERNDT, E.; CHRISTENSEN, L.R. The translog function and the substitution of equipment, structures and labor in U.S. manufacturing 1929-68. **Journal of Econometrics**, v. 1, p. 81-114, 1973.
- BINAM, J.N.; TONYÈ, J.; WANDJI, N. et al. Factors affecting the technical efficiency among smallholder farmers in the slash and burn agriculture zone of Cameroon. **Food Policy**, v. 29, p. 531-545, 2004.

- BINSWANGER, H.P. A cost function approach to the measurement of factor demand elasticities and elasticities of substitution. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 56, p. 377-386, 1974.
- BOGETOFT, P.; OTTO, L. **Benchmarking with DEA, SFA, and R**. International Series in Operations Research & Management Science. Springer, 2011.
- BOISVERT, R.N. **The translog production function: its properties, its several interpretations and estimation problems**. Department of Agricultural Economics – Cornell University, 1982 (mimeo.).
- BOWEN, H.P.; DE CLERCQ, D. Institutional context and the allocation of entrepreneurial effort. **Journal of International Business Studies**, v. 39, p. 747–767, 2008.
- BRADACH, J.L. Using the plural form in the management of restaurant chains. **Administrative Science Quarterly**, v. 42 n. 2, pp. 276-303, 1997.
- BRADACH, J.L.; ECCLES, R.G. Price, authority, and trust: from ideal types to plural forms. **Annual Review of Sociology**, v. 15, p. 97-118, 1989.
- BRAVO-URETA, B.E.; SOLÍS, D.; LÓPEZ, V.H.M. et al. Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis. **Journal of Productivity Analysis**, v. 27, p. 57-72, 2007.
- BROOKES, M.; ROPER, A. Realising plural-form benefits in international hotel chains. **Tourism Management**, v. 33, p. 580-591, 2012.
- BROUSSEAU, E.; CODRON, J.M. **The Hybridization of Governance Structures: Supplying French Supermarkets with Off-Season Fruit**. Montpellier (mimeo.), 1997.
- BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L.M. Beyond computation: information technology, organizational transformation and business performance. **Journal of Economic Perspectives**, v. 14, n. 4, p. 23–48, 2000.
- BUAINAIN, A.M. **Recomendações para a formulação de uma política de fortalecimento da agricultura familiar no Brasil**. Campinas: Convênio FAO/INCRA, 1997 (mimeo.).
- CABRERA, V.E.; SOLÍS, D.; CORRAL, J. Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin. **Journal of Dairy Science**, v. 93 n. 1, p. 387-393, 2010.
- CAMPOS, S.A.C.; COELHO, A.B.; GOMES, A.P. Influência das Condições Ambientais e Ação Antrópica Sobre a Eficiência Produtiva Agropecuária em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 563-576, 2012.
- CARRER, M.J.; SOUZA FILHO, H.M.; VINHOLIS, M.M.B. Determinantes da demanda de crédito rural por pecuaristas de corte no estado de São Paulo. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 3, p. 455-478, 2013.

- _____. Determinants of feedlot adoption by beef cattle farmers in the state of São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 42, n. 11, p. 824-830, 2013.
- _____. Plural forms of governance in the beef industry: a case study in Brazil. **British Food Journal**, v. 116, n. 4, p. 643-661, 2014.
- CASTRO, E.R.; TEIXEIRA, E.C.; LIMA, J.E. Efeito da desvalorização cambial na oferta, no preço de insumos e na relação entre os fatores na cultura do café. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 3, p. 421-441, 2005.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA, ESALQ/USP. Citros. Disponível em <<http://cepea.esalq.usp.br/citros/>>. Acesso em 20/set/2013.
- _____. **Revista Hortifruti Brasil**, v. 9, n. 90, 2010.
- _____. **Revista Hortifruti Brasil**, v. 11, n. 112, 2012.
- CEYHAN, V.; HAZNECI, K. Economic efficiency of cattle-fattening farms in Amasya province, Turkey. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, n. 1, p. 60-69, 2010.
- CHAMBERS, R.G. **Applied production analysis: A dual approach**. Cambridge University Press, 1988.
- CHANG, H.H.; MISHRA, A.K. Does the milk Income Loss Contract program improve the technical efficiency of U.S. dairy farms? **Journal of Dairy Science**, v. 94 n. 6, p. 2945-2951, 2011.
- CHEN, Z.; HUFFMAN, W.E.; ROZELLE, S. Farm technology and technical efficiency: Evidence from four regions in China. **China Economic Review**, v. 20, p. 153-161, 2009.
- CHRISTENSEN, L.R.; GREENE, W.H. Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation. **The Journal of Political Economy**, v. 84, n. 4, p. 655-676, 1976.
- CHRISTENSEN, L.R.; JORGENSON, D.W.; LAU, L.J.; Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function. **Econometrica**, v. 39, p. 255-256, 1971.
- _____. Transcendental Logarithmic Production Frontiers. **The Review of Economics and Statistics**, v. 55, n. 1, p. 28-45, 1973.
- COASE, R. The Nature of the Firm. **Economica**, v. 4, n. 16, p. 386-405, 1937.
- _____. The problem of social cost. **The Journal of Law and Economics**, v. 3, p. 1-44, 1960.
- COELLI, T.J.; BATTESE, G.E. Identification of factors which influence the technical inefficiency of Indian farmers. **Australian Journal of Agricultural Economics**, v. 40, n. 2, p. 103-128, 1996.

- COELLI, T.J.; FLEMING, E. Diversification economies and specialization efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in Papua New Guinea. **Agricultural Economics**, v. 31, n. 2-3, p. 229-239, 2004.
- COELLI, T.J.; HENNINGSEN, A. **Frontier**: Stochastic Frontier Analysis. R package version 1.1, <http://CRAN.R-project.org/package=frontier>, 2013.
- COELLI, T.J.; RAHMAN, S.; THIRTLE, C. Technical, Allocative, Cost and Scale Efficiencies in Bangladesh Rice Cultivation: A Non-parametric Approach. **Journal of Agricultural Economics**, v. 53, n. 3, p. 607-626, 2002.
- COELLI, T.J.; RAO, D.S.P.; BATTESE, G.E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Kluwer Academic Press, 1998.
- COGCE/SEAE/MF. **Parecer técnico referente ao Ato de Concentração nº. 08012.005889/2010-74** – Fusão dos negócios de suco de laranja dos Grupos Fischer e Votorantim no Brasil e no exterior. Rio de Janeiro, 28 de março de 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB; COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA – CATI; INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. **Acompanhamento da safra brasileira de laranja, terceiro levantamento**. Brasília, p. 1-11, 2013.
- COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO – CONAB. **Indicadores da Agropecuária: Custos de Produção**. Disponível em <<http://conab.gov.br/conteudos.php?a=545&t=2>> Acesso em 12/jan/2014.
- CONSELHO ADMINISTRATIVO DE DEFESA DA CONCORRÊNCIA – CADE. **Ato de concentração n.º 08012.003065/2012-21**. Constituição do Consecitrus, 2014.
- CONTE, L.; FERREIRA FILHO, J.B.S. Substituição de fatores produtivos na produção de soja no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n. 2, p. 475-495, 2007.
- COORDENADORIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA – CDA. Dados da Citricultura do Estado de São Paulo, 1º Semestre de 2012. Disponível em <www.cda.gov.br>.
- CUNHA, D.A.; COELHO, A.B.; FÉRES, J.G. et al. Irrigação como Estratégia de Adaptação de Pequenos Agricultores às Mudanças Climáticas: aspectos econômicos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 2, p. 369-386, 2013.
- DAVIDOVA, S.; LATRUFFE, L. Relationships between Technical Efficiency and Financial Management for Czech Republic Farms. **Journal of Agricultural Economics**, v. 58, n. 2, p. 269–288, 2007.
- DAVIES, F.S.; ALBRIGO, L.O. **Citrus**. UK: Cab International, 254 p., 1994.

- DEBREU, G. The Coefficient of Resource Utilization. **Econometrica**, v. 19, n. 3, p. 273-292, 1951.
- DHEHIBI, B.; LASSAAD, L.; MOHAMED, E. et al. Measuring irrigation water use efficiency using stochastic production frontier: An application on citrus producing farms in Tunisia. **The African Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 1, n.2, p. 1-15, 2007.
- DIAGNE, A., ZELLER, M. e SHARMA, M. **Empirical measurement of households' access to credit and credit constraints in developing countries: Methodological issues and evidence**. Food Consumption and Nutrition Division (FCND). Discussion Paper 90, IFPRI, Washington-USA, 2000.
- DIAS, V.P.; FERNANDES, E. Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, n. 24, p. 97-138, 2006.
- DILLON, A. Do differences in the scale of irrigation projects generate different impacts on poverty and production? **Journal of Agricultural Economics**, v. 62, n. 2, p. 474-492, 2011.
- DRAGONE, D.S. **Formas de organização da produção e decisões de terceirização na citricultura**. 2003. Dissertação (Mestrado em Economia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- DRAGONE, D.S.; AZEVEDO, A.; NEVES, E.M. et al. Investment and production management arrangements within the Florida citrus industry. **Laranja**, v. 23, n. 1, p. 19-36, 2002.
- FARIAS, P.R.S.; NOCITI, L.A.S.; BARBOSA, J.C. et al. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 235-241, 2003.
- FARRELL, M.J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253-282, 1957.
- FEDER, G. The Economics of Land and Titling in Thailand. In: HOFF, K., BRAVERMAN, A. e STIGLITZ, J. (Eds.). **The economics of rural organization: Theory, practice and policy**. Oxford, University Press, Oxford, 1993.
- FEDER, G.; UMALI, D. The adoption of agricultural innovations: a review. **Technological Forecasting and Social Change**, v.43, p.215-239, 1993.
- FERGUSON, C.E. **The neoclassical theory of production and distribution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1969.

- FIGUEIREDO, A.M.; SOUZA FILHO, H.M.; PAULILLO, L.F.O. Análise das margens e transmissão de preços no Sistema Agroindustrial do suco de laranja no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 2, p. 331-350, 2013.
- FIGUEIREDO, M.G.; BARROS, A.M.L.; FRIZZONE, J.A. Consumo de fertilizantes e produtividade da laranja em São Paulo ao longo das décadas de 1970, 1980 e 1990. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 3, p. 637-650, 2009.
- FIGUEIREDO, M.G. **Retorno econômico dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) na citricultura paulista**. 2008. Tese (Doutorado em Economia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.
- FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, S.S. Efficiency and Productivity. In: FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, S.S. (org.) **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. Oxford University Press, New York, p. 1-106, 2008.
- FRISCH, R. **The theory of production**. Chicago: Rand-McNally, 1965.
- FULGINITI, L. E.; PERRIN, R.K.; YU, B. Institutions and agricultural productivity in Sub-Saharan Africa. **Agricultural Economics**, v. 31, p. 169-189, 2004.
- FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA – FUNDECITUS. Doenças: levantamento. Disponível em < <http://www.fundecitrus.com.br/levantamentos/>>. Acesso em: 15/janeiro/2014.
- GARCIA, L.A.F.; FERREIRA FILHO, J.B.S. Economias de escala na produção de frangos de corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 43, n. 3, p. 465-483, 2005.
- GIANNAKAS, K., SCHONEY, R. and TZOUVELEKAS, V. Technical efficiency, technological change and output growth of wheat farms in Saskatchewan. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 49, p. 135–152, 2001.
- GREENE, W.H. **Econometric analysis**. 5 ed. Prentice Hal, New Jersey, 1026 p., 2003.
- _____. The Econometric Approach to Efficiency Analysis. In: FRIED, H.O.; LOVELL, C.A.K.; SCHMIDT, S.S. (org.) **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. Oxford, University Press, New York, p. 92-250, 2008.
- GRIZOTTO, R.K.; SILVA, J.A.A.; MIGUEL, F.B. et al. Qualidade de frutos de laranjeira Valência cultivada sob sistema tecnificado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 748-789, 2012.

- HÉBERT, R. F.; LINK. A.N. **The Entrepreneur: Mainstream Views and Radical Critique.** New York: Praeger, 2 ed., 1988.
- HELFAND, S.M.; LEVINE, E.S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. **Agricultural Economics**, v. 31, p. 241-249, 2004.
- HENNINGSEN, A. **Introduction to Econometric Production Analysis with R.** Department of Food and Resource Economics, University of Copenhagen, 276 p., 2014.
- HOFF, K. e STIGLITZ, J. Imperfect information and rural credit markets: Puzzles and policy perspectives. In: HOFF, K.; BRAVERMAN, A. e STIGLITZ, J. (Eds.) **The economics of rural organization: Theory, practice and policy.** Oxford, University Press, Oxford, 1993.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Banco de dados agregados: Produção Agrícola Municipal 2012. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em: 20/janeiro/2014.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA – IEA. Banco de dados: Preços Médios Mensais Recebidos pelos Agricultores. Disponível em <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nial/precos_medios.aspx?cod_sis=2> Acesso em 20/setembro/2013.
- _____. Banco de dados: Estatísticas da Produção Agropecuária. Disponível em <<http://ciagri.iea.sp.gov.br/>> Acesso em 20/janeiro/2014.
- JENSEN, M.C. Agency costs of free cash flow, corporate finance, and takeovers. **American Economic Review**, v. 76, n. 2, p. 323-329, 1986.
- KARAGIANNIS, G.; SARRIS, A. Measuring and explaining scale efficiency with the parametric approach: the case of Greek tobacco growers. **Agricultural Economics**, v. 33, p. 441-451, 2005.
- KLEIN, P.G.; LUU, H. Politics and productivity. **Economic Inquiry**, v. 41, n. 3, p. 433-447, 2003.
- KOOPMANS, T.C. An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities in KOOPMANS, T.C. (org) **Activity Analysis of Production and Allocation.** Cowles Commission for Research in Economics, Jone Wiley, New York, 1951.
- KUHLMANN, F.; BRODERSEN, C. Information technology and farm management: developments and perspectives. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 30, p. 71-83, 2001.

- LATRUFFE, L.; BALCOMBE, K.; DAVIDOVA, S. et al. Determinants of technical efficiency of crop and livestock farms in Poland. **Applied Economics**, v. 36, p. 1255-1263, 2004.
- LAZEAR, E.P. Performance pay and productivity. **The American Economic Review**, v. 90, n. 5, p. 1346-1361, 2000.
- LEIBENSTEIN, H. Allocative Efficiency vs. “X-Efficiency”. **The American Economic Review**, v. 56, n. 3, p. 392-415, 1966.
- LEVANTAMENTO CENSITÁRIO DAS UNIDADES DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO – LUPA 2007/08. Disponível em <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>.
- LOPES, F.F. **Caracterização e quantificação do sistema citrícola brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- LOWENBERG-DEBOER, J. Precision farming and the new information technology: implications for farm management, policy, and research: discussion. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 78, p. 1281-1284, 1996.
- MAGALHÃES, K.A.; CAMPOS, R.T. Eficiência técnica e desempenho econômico de produtores de leite no Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 4, p. 695-711, 2006.
- MAGALHÃES, M.M.; SOUZA FILHO, H.M.; SOUSA, M.R.; et al. Land Reform in NE Brazil: a stochastic frontier production efficiency evaluation. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 1, p. 9-30, 2011.
- MARINO, M.K.; AZEVEDO, P.F. Avaliação da Intervenção do Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência no Sistema Agroindustrial da Laranja. **Gestão & Produção**, v. 10, n. 1, p. 35-46, 2003.
- MARTINS, V.A.; MARGARIDO, M.A. Avaliação do impacto de variáveis de intervenção sobre os preços de laranja para indústria e suco de laranja. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Goiânia-GO, 2014. **Anais... Goiânia: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**, 2014.
- MB AGRO. **O Modelo Consecitrus**: Princípios metodológicos do modelo de parametrização e de divisão de riscos e retorno na cadeia citrícola brasileira. MB AGRO Associados, 30 p., 2011.

- _____. **O Modelo Consecitrus**: Resposta a dúvidas quanto aos princípios metodológicos do modelo de parametrização e de divisão de riscos e retorno na cadeia citrícola brasileira. MB AGRO Associados, 74 p., 2013.
- MANJUNATHA, A.V.; ANIK, A.R.; SPEELMAN, S. et al. Impact of land fragmentation, farm size, land ownership and crop diversity on profit and efficiency of irrigated farms in India. **Land Use Policy**, v. 31, p. 397-405, 2013.
- MATTOS JUNIOR, D. et al. **Citros**: principais informações e recomendações de cultivo. IAC. Março 2005. Disponível em: <<http://www.centrodecitricultura.br>> Acesso em: 30 set. 2005.
- McNAMARA, K.T.; WEISS, C. Farm household income and on-and-off farm diversification. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 37, n. 1, p. 37-48, 2005.
- MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions With Composed Error. **International Economic Review**, v. 18, p. 435-444, 1977.
- MELLO, F.O.T.; PAULILLO, L.F. Análise do alinhamento entre os atributos das transações e as formas de governança empregadas na citricultura. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 3, p. 507-523, 2009.
- _____. Formas plurais de governança no sistema agroindustrial citrícola paulista. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 1, p. 135-159, 2010.
- MELLO, F.O.T. **Formas plurais de governança no complexo agroindustrial citrícola**: análise dos produtores de laranja da microrregião de Bebedouro. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- MENARD, C. Plural forms of organization: where do we stand? **Managerial and Decision Economics**, v. 34, p. 124-139, 2014.
- MENDES, C.I.C.; BUAINAIN, A.M.; FASIABEN, M.C.R. Heterogeneidade da agricultura brasileira no acesso às tecnologias da informação. **Espacios (Caracas)**, v. 35, p. 1-11, 2014.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Disponível em <www.agricultura.gov.br>.
- MOSHEIM, R.; KNOX LOVELL, C.A. Scale economies and inefficiency of U.S. dairy farms. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 91, n. 3, p. 777-794, 2009.
- MURILLO-ZAMORANO, L.R. Economic efficiency and frontier techniques. **Journal of Economic Surveys**, v. 18, n. 1, p. 33-77, 2004.

- NASR, R., BARRY, P. and ELLINGER, P. Financial structure and efficiency of grain farms. **Agricultural Finance Review**, v. 58, p. 33–48, 1998.
- NEVES, M.F. (org.) **O retrato da citricultura brasileira**. 1 ed. São Paulo: CitrusBR, 2010, 137p.
- _____. **Sistema agroindustrial citrícola**: um exemplo de quase-integração no agribusiness brasileiro. 1995. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- NEVES, M.F.; TROMBIN, V.G. **Análise de uma Década na Cadeia da Laranja**. 1 ed. Ribeirão Preto: Markestrat, 2011, 36 p.
- NGWENYA, S.A.; BATTESE, G.E.; FLEMING, E.M. The relationship between farm size and the technical inefficiency of production of wheat farmers in the Eastern Free State, province of South Africa. **Agrekon**, v. 36, n. 3, p. 283-302, 1997.
- NICHOLSON, W.; SNYDER, C. **Microeconomic Theory**: basic principles and extensions. New York: Cengage Learning, 11 ed., 761 p., 2010.
- NORTH, D. Economic Performance Through Time. **The American Economic Review**, v. 84, n. 3, p. 359-368, 1994.
- NOULAS, A.G.; RAY, S.C.; MILLER, S.M. Returns to Scale and Input Substitution for Large U.S. Banks. **Journal of Money, Credit and Banking**, v. 22, n. 1, p. 94-108, 1990.
- NYARIKI, D.M. Farm size, modern technology adoption, and efficiency of small holdings in developing countries: evidence from Kenya. **The Journal of Developing Areas**, v. 45, p. 35-52, 2011.
- OHLMER, B.; OLSON, K.; BREHMER, B. Understanding farmers' decision making processes and improving managerial assistance. **Agricultural Economics**, v. 18, p. 273–290, 1998.
- OLIVEIRA FILHO, S.F.S; MELO, A.S.; XAVIER, L.F. et al. Adoção de estratégias para redução de riscos: identificação dos determinantes da diversificação produtiva no Polo Petrolina-Juazeira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, n. 1, p. 117-138, 2014.
- OTITOJU, M.A.; ARENE, C.J. Constraints and determinants of technical efficiency in medium-scale soybean production in Benue State, Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, p. 2276-2280, 2010.
- PARMIGIANI, A. Why do firms both make and buy? An investigation of concurrent sourcing. **Strategic Management Journal**, v. 28 n. 3, p. 285-311, 2007.

- PAULILLO, L.F.O. (org.) **Agroindústria e Citricultura no Brasil**: diferenças e dominâncias. Rio de Janeiro: Epapers, 2006, 482p.
- _____. Terceirização e reestruturação agroindustrial: avaliando o caso citrícola brasileiro. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 3, n. 1, p. 87-103, 1999.
- PAULILLO, L.F.O.; ALMEIDA, L.M.M.C.; FERRANTE, V.L.S.B. Os entraves organizacionais no setor agroindustrial citrícola do estado de São Paulo. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 9, n. 2, 2007.
- PERRIGOT, R.; CLIQUET, G.; PIOT-LEPETIT, I. Plural form chain and efficiency: insights from the French hotel chains and the DEA methodology. **European Management Journal**, v. 27, p. 268-280, 2009.
- PERRY, M. K. Vertical Integration: Determinants and Effects. In: Schmalensee, R.; WILLING, R.D. **Handbook of Industrial Organization**. Elsevier Science Publishers, 1989.
- PICAZO-TADEO, A.J.; REIG-MARTÍNEZ, E. Outsourcing and efficiency: the case of Spanish citrus farming. **Agricultural Economics**, v. 35, p. 213-222, 2006.
- RAHMAN, S. Whether crop diversification is a desired strategy for agricultural growth in Bangladesh. In: 82nd Annual Conference of the Royal Agricultural College, **Anais...** Cirencester (UK): AES, Mar.-Apr, 2008.
- RAHMAN, S.; RAHMAN, M. Impact of land fragmentation and resource ownership on productivity and efficiency: The case of rice producers in Bangladesh. **Land Use Policy**, v. 26, p. 95-103, 2008.
- REIG-MARTÍNEZ, E.; PICAZO-TADEO, A.J. Analysing farming systems with Data Envelopment Analysis: citrus farming in Spain. **Agricultural Systems**, v. 82, n. 1, p.17-30, 2004.
- RODRIGUES, L.P.; MOARES, M.A.F.D. Estrutura de mercado da indústria de refino de açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n. 1, p. 93-118, 2007.
- ROUGOOR, C.W.; TRIP, G.; HUIRNE, R.B.M. et al. How to define and study farmers' management capacity: theory and use in agricultural economics. **Agricultural Economics**, v. 18, p. 261-272, 1998.
- SANTINI, G.; SOUZA FILHO, H.M. **Inovação tecnológica em sistemas agroindustriais**: a avicultura de corte no Brasil. In: BATALHA, M.O. (Org.). **Gestão do agronegócio**: textos selecionados. São Carlos: Edufscar, v. 1, p. 425-465, 2005.

- SAUER, J.; FROHBERG, K.; HOCKMANN, H. Stochastic efficiency measurement: the course of theoretical consistency. **Journal of Applied Economics**, v. 9, n. 1, p. 139-165, 2006.
- SCHNAIDER, P.S.B.; SAES, M.S.M. Plural forms and information asymmetry: an analytic proposal. Artigo apresentado em “Conference on Institutions and Organizations”, Rio de Janeiro, 21 de Dezembro de 2011.
- SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR – SECEX. Disponível em <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex/secex/competencia.php>> Acesso em: 03/jan/2014.
- SHAO, B.B.M.; LIN, W.T. Technical efficiency analysis of information technology investments: a two-stage empirical investigation. **Information & Management**, v. 39, p. 391–401, 2002.
- SHARMA, K.R.; LEUNG, P.; ZALESKI, H.M. Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii: a comparison of parametric and nonparametric approaches. **Agricultural Economics**, v. 20, p. 23-35, 1999.
- SHEPARD, R.W. **Theory of Cost and Production Functions**. Princeton University Press, Princeton, 1970.
- SILBERBERG, E; SUEN, W. **The Structure of Economics: A Mathematical Analysis**. 3 ed. McGraw-Hill, 668 p., 2000.
- SILVA, V.L.S.; AZEVEDO, P.F. Formas plurais no franchising de alimentos: evidências de estudos de caso na França e no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 11, p. 129-152, 2007.
- SILVEIRA, R.L.F.; CARRER, M.J.; CARVALHO, T.B. et al. Formas plurais de governança: uma análise das transações de suprimento entre frigoríficos e pecuaristas. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, n. 4, p. 761-782, 2014.
- SIMON, H. A. Rationality as process and as product of thought. **The American Economic Review**, v. 68, n. 2, p. 1-16, 1978.
- SOLÍS, D.; BRAVO-URETA, B.E.; QUIROGA, R.E. Soil conservation and technical efficiency among hillside farmers in Central America: a switching regression model. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 51, p. 491–510, 2007.
- _____. Technical efficiency among peasant farmers participating in natural resource management programmes in Central America. **Journal of Agricultural Economics**, v. 60, n. 1, p. 202-219, 2009.

- SOUSA, L.O.; CAMPOS, S.A.C.; GOMES, M.F.M. Technical performance of milk producers in the state of Goiás, Brazil, in the short and long terms. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 8, p. 1944-1950, 2012.
- SOUZA FILHO, H.M.; BORELLA, M.L.; PAULILLO, L.F.O. **Manifestação da Associtrus sobre o modelo de parametrização e de divisão de riscos e retorno na cadeia citrícola brasileira**. Departamento de Engenharia de Produção – UFSCar, 2013 (mimeo.).
- SOUZA FILHO, H.M.; BUAINAIN, A.M.; SILVEIRA, J.M.F.J. et al. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.28, n.1, p.223-255, 2011.
- SOUZA FILHO, H.M.; CARRER, M.J.; **Análise das margens de comercialização no sistema agroindustrial do suco de laranja no Brasil em anos de crise**. Departamento de Engenharia de Produção – UFSCar, 2013 (mimeo.).
- SOUZA FILHO, H.M. Geração e distribuição de excedente em cadeias agroindustriais: implicações para a política agrícola. In: BUAINAIN, A.M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J.M. et al. (org.). **O Mundo Rural no Brasil do Século XXI**, Brasília: EMBRAPA, pp. 317-336, 2014.
- SOUZA FILHO, H.M.; PAULILLO, L.F. **Public policies, transaction costs and access to commodity chain markets**. Roma: ONU, 2005. Working paper of the Food Agricultural Organization.
- SOUZA FILHO, H.M. **The Adoption of Sustainable Agricultural Technologies: A Case Study from the State of Espírito Santo, Brazil**. Aldershot: Ashgate, 1 ed., 1997.
- SOUZA FILHO, H.M.; YOUNG, T.; BURTON, M. Factors influencing the adoption of sustainable agricultural technologies: evidence from the State of Espírito Santo, Brazil. **Technological Forecasting and Social Change**, v.60, n.2, p.97-112, 1998.
- SUTTON, J. **Sunk costs and market structure**. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 577 p., 1991.
- TECLES, P.L.; TABAK, B.M. Determinants of bank efficiency: the case of Brazil. **European Journal of Operational Research**, v. 207, p. 1587-1598, 2010.
- TIGRE, P.B. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 1, p. 187-223, 2005.
- TRIP, G.; THIJSSSEN, J.A.; RENKEMA, R.B.M. et al. Measuring managerial efficiency: the case of commercial greenhouse growers. **Agricultural Economics**, v. 27, p. 175-181, 2002.
- VARIAN, H. **Intermediate Microeconomics**. 8 ed. Norton, 739 p., 2009.

- VICENTE, J.R. Economic Efficiency of Agricultural Production in Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 2, p. 201-222, 2004.
- _____. Eficiência na produção agrícola paulista e seus determinantes. **Revista de Economia Aplicada**, v. 3, n.2, p. 263-287, 1999.
- _____. **Pesquisa, Adoção de Tecnologia e Eficiência na Produção Agrícola**. São Paulo: APTA/SAAESP, 2002. 150p.
- VIEIRA, A.C. Aspectos técnicos da produção citrícola. In: PAULILLO, L.F.O. (org.) **Agroindústria e Citricultura no Brasil: diferenças e dominâncias**. Rio de Janeiro: Epapers, 2006, 482p.
- WADUD, A. Technical, allocative, and economic efficiency of farms in Bangladesh: a stochastic frontier and DEA approach. **The Journal of Developing Areas**, v. 37, n. 1, p. 109-126, 2003.
- WADUD, A.; WHITE, B. Farm household efficiency in Bangladesh: a comparison of stochastic frontier and DEA methods. **Applied Economics**, v. 32, n. 13, 2000.
- WILLIAMSON, O.E. **Markets and hierarchies: analysis and antitrust implications**. New York: Free Press, 1975.
- _____. Comparative economic organization: the analysis of discrete structural alternatives. **Administrative Science Quarterly**, v. 36, p. 269-296, 1991.
- _____. **The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting**. New York: The Free Press, 1985.
- WILSON, P.; HADLEY, D.; ASBY, C. The influence of management characteristics on the technical efficiency of wheat farmers in eastern England. **Agricultural Economics**, v. 24, p. 329-338, 2001.
- WILSON, P.; HADLEY, D.; RAMSDEN, S. et al. Measuring and explaining technical efficiency in UK potato production. **Journal of Agricultural Economics**, v. 49, n. 3, p.294-305, 1998.
- YASAR, M.; PAUL, C.J.M.; WARD, M. Property Rights Institutions and Firm Performance: A Cross-Country Analysis. **World Development**, v. 39, n. 4, p. 648–661, 2011.
- ZEZZA, A.; LLAMBÍ, L. Meso-Economic Filters Along the Policy Chain: Understanding the Links Between Policy Reforms and Rural Poverty in Latin America. **World Development**, v. 30, n. 11, p. 1865-1884, 2002.
- ZIJP, W. Improving the transfer and use of agricultural information: a guide to information technology. **World Bank Discussion Papers**, 247 p., 1994.

ZYLBERSZTAJN, D.; FARINA, E.M.M.Q. Strictly Coordinated Food-Systems: Exploring the Limits of the Coasian Firm. **International Food and Agribusiness Management Review**, n. 2, p. 249-165, 1999.

APÊNDICE A. Questionário estruturado aplicado na pesquisa de campo.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – DEP

PROJETO FAPESP/UFSCar: Determinantes da eficiência técnica e econômica na citricultura em propriedades rurais do estado de São Paulo

IDENTIFICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

1. Número do questionário: (____)

DATA DA ENTREVISTA

2. Data: ____/____/____

DADOS CADASTRAIS

A pessoa a ser entrevistada deve ser necessariamente o responsável pelas decisões estratégicas da empresa. No caso de produtor rural, entrevistar o dono da propriedade. No caso de grupo empresarial, verificar antes do agendamento a estrutura organizacional para a tomada de decisão (site da empresa ou contatos).

3. Nome do entrevistado: _____

4. Nome da empresa: _____

5. Função: _____

6. Nome propriedade: _____

7. Localização da propriedade (município/UF): _____

8. Localização GPS da propriedade: _____

9. Telefone para contato: _____

10. Email de contato: _____

PARTE A – CARACTERÍSTICAS DO PRODUTOR/TOMADOR DE DECISÕES

Conhecimento formal e experiência do produtor ou tomador de decisões estratégicas da propriedade

11. Idade (anos): (____)

12. Anos de estudo: (____)

0 – sem instrução
1 – 1ª série fundamental
2 - 2ª série fundamental
3- 3ª série fundamental
4 - 4ª série fundamental
5 – 5ª série fundamental
6 - 6ª série fundamental
7 - 7ª série fundamental
8 - 8ª série fundamental
9 – 1ª série médio
10 - 2ª série médio
11 - 3ª série médio
12 – superior incompleto
16 – superior completo
18 – pós-graduação

13. Área de formação do superior completo: (_____)

14. Área de formação da pós-graduação: 1 – Sim 2 – Não 3 – Não se aplica

A) Especialista (____). Área: _____

B) Ms. (____). Área: _____

C) Dr. (____). Área: _____

15. Há quantos anos o Sr. trabalha com produção agropecuária? (____)

16. Há quantos anos o Sr. trabalha com citricultura? (____)

Associativismo/ rede social

17. É membro de associações de classe ou cooperativa?

Nome 1-Sim 2-Não	Atualmente, com qual frequência o Sr. participa das reuniões 1- freqüentemente (quase todas reuniões) 2- ocasionalmente (algumas reuniões) 3- nunca 4-não se aplica	Já exerceu ou exerce função de diretoria/gerência 1-Sim 2-Não 3- não se aplica
A) Associação de classe: (____) Especificar:		
B) Sindicato Rural: (____)		

C) Câmara setorial: (____)		
D) Cooperativa: (____) Especificar:		
E) Pools para compra de insumos e venda de laranja (____) Especificar:		

Experiência profissional

18. Além da atividade agropecuária, exerce ou já exerceu outra atividade profissional:

- 1-Sim 1 – sócio-proprietário (apenas participação nos resultados)
 2-Não 2 – sócio-proprietário (participação nos resultados e exerce atividade)
 3 - empregado em função de gestão (diretoria, gerência, supervisão)
 4 - empregado em função operacional
 5 - não se aplica

A) Atualmente: (____) Especificar: _____ Função: (____)

PARTE B – CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA PRODUÇÃO

19. Número de propriedades rurais (____)

20. Número de propriedades com produção citrícola (____)

21. Estrutura da gestão agropecuária (1 - Sim 2 - Não):

- A) Grupo comercial (____)
 B) Gestão por meio de administrador (____)
 C) Gestão do proprietário da fazenda (____)
 D) Outra (especificar): _____

22. Evolução da área e produção de citrus em 2011 e 2012 nas propriedades rurais

	2011			2012		
	Área (ha)	Área irrigada	Produção (caixas)	Área (ha)	Área irrigada	Produção
Propriedade 1						
Propriedade 2						
Propriedade 3						
Propriedade 4						

PROPRIEDADE 1 : considerar a propriedade com maior produção de laranja na região que foi escolhida

23. Própria? 1-Sim 2-Não (____) Caso não seja própria, especificar o tipo de exploração: (____)

24. Nome da propriedade: _____

25. Localização (município/UF): _____

26. Distribuição no uso da terra no ano de 2013:

	Área total (ha)	Área em produção	Área irrigada
TOTAL			
Lavoura permanente (especificar):			
Lavoura temporária (especificar):			
Pastagem :			
Outra (especificar):			

27. Utiliza alguma cultura em consórcio com a laranja? (____) 1 Sim 2 Não
 Especificar: _____

28. Fontes de água na propriedade (1-Sim 2-Não):

- A) Rio, riacho, lago, açudes, mananciais (____)
 B) Águas subterrâneas (poços) (____)

C) Rede pública (___)

D) Barramento (águas da chuva) (___)

E) Outra. Especificar (_____)

Produção Citrícola (a partir de agora, serão realizadas perguntas específicas para a produção citrícola)

29. **PRODUÇÃO DE LARANJA NO ANO SAFRA DE 2013:**

Nome da variedade	Ano/Idade do talhão	Número de pés	Quantidade produzida (cx. de 40,8 kg)	Espaçamento/adensamento do talhão	Área (em hectares)	Área irrigada (em hectares)
1. Pêra-rio						
2. Valência						
3. Hamlin						
4. Pêra-Natal						
5. Westin						
6. Murcote						
7. Folha Murcha						
8. Rubi						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						
TOTAL (preencher)						

30. Qual foi a receita total obtida com as vendas de laranja em 2013? (em R\$) (_____)

Uso de fatores de produção na citricultura

31. **MÃO DE OBRA PERMANENTE NA PRODUÇÃO CITRÍCOLA EM 2013**

TIPO	Nº	Jornada de trabalho (1 - 4 horas/dia; 2- 8 horas/dia)	% médio de dedicação anual à citricultura	Remuneração mensal média (R\$)	Remuneração total anual (calcular)	Observações
1. Empresário						
2. Administrador						
3. Empregados permanentes						
4. Familiares assalariados						
5. Outro (especificar)						

Total de funcionários (calcular):			Gasto total com mão-de-obra permanente (calcular):		
-----------------------------------	--	--	--	--	--

32. MÃO-DE-OBRA TEMPORÁRIA PARA A CITRICULTURA EM 2013

Trabalhos realizados	Nº de diárias contratadas no ano	Preço médio da diária (R\$)	Despesa Total (R\$) (calcular)
1. Trabalho de preparo de solo e plantio			
2. Tratos culturais (podas, remoção de ervas daninhas)			
3. Adubações			
4. Tratamento fitossanitário			
5. Colheita			
6. Outros (especificar):			
<u>TOTAL DE DIÁRIAS</u> (calcular):			
Observações:		<u>Gasto total com mão de obra temporária (calcular):</u>	

33. MAQUINÁRIO PRÓPRIO UTILIZADO NA CITRICULTURA EM 2013

Relação de máquinas e implementos	Anos de uso	Potência (cv) – apenas para tratores	Horas de utilização anual	Se o Sr. fosse comprar uma máquina nova igual a essa, quanto o Sr. pagaria?	Gastos com manutenção durante o ano (R\$)
Tratores: 1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
TOTAL:					
Implementos: 1.					
2.					
3.					
4.					

5. Fertilizantes via solo (NPK)									
5. Outras formulações de fertilizantes via solo (especificar)									
6. Fertilizantes foliares									
TOTAL:									

37. Qual foi seu gasto total com defensivos (produtos fitossanitários: acaricidas, inseticidas, pesticidas e fungicidas) no ano de 2013 (em R\$)? (_____)

38. Número de pulverizações em 2013 (_____)

39. **CONSUMO DETALHADO DE ACARICIDAS E INSETICIDAS EM 2013 (preencher tabela abaixo – essa questão é opcional)**

Produto utilizado	Total aplicado (kg ou l)	Gasto total (R\$)	Preço unitário (calcular)	Observações:
1. Acaricidas				
2. Inseticidas				
TOTAL:				

40. Qual foi o seu gasto médio com o frete para a venda da laranja em 2013 (em R\$ por caixa de 40,8 kg)? (_____)

Problemas fitossanitários

41. Nos últimos cinco anos, seu pomar foi afetado por alguma das seguintes doenças (1- Sim; 2 – Não):

A. Greening (___) percentual de incidência: ___ B. CVC (___) C. Cancro Cítrico (___) D. Leprose (___) E. Pinta preta (___) F. Podridão floral (___) G. Morte súbita do citros (___)

H. Outra (especificar) _____

42. Em sua percepção, houve perda de produção do pomar em virtude das doenças e pragas na safra 2013 (1- sim, estimar a perda de produção em % sobre o total; 2 – não; 3 – não se aplica)? (_____)

43. O Sr. teve que fazer erradicação de plantas em virtude da ocorrência de doenças e pragas (1- sim; 2- não; 3- não se aplica)? (_____)

44. Número de pés de laranja erradicados por motivos de pragas e doenças: (_____)

Fertilidade e degradação do solo

45. Em sua opinião o solo das áreas destinadas à citricultura em sua propriedade rural é (considerar a **fertilidade natural do solo**):

1. Pouco fértil (___) 2. Fértil (___) 3. Muito fértil (___) Observações sobre a fertilidade e tipo do solo: _____

IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO (PARA NÃO ADOTANTES PULAR PARA QUESTÃO 57)

46. Em que ano implantou sistema de irrigação na citricultura: (_____)

47. Evolução da área irrigada na citricultura dentro da propriedade:

Ano	Área (ha)

48. Pretende expandir a área com irrigação na citricultura nos próximos anos safra? (____) 1 Sim, 2 Não

49. Já possuía experiência com irrigação antes de implementá-la na citricultura: (____) (1 – Sim 2 – Não)

50. Quais os motivos que o levaram a adotar a irrigação nos pomares:

.....

.....

.....

.....

51. A atual crise na citricultura provocou redução e/ou interrupção do uso da irrigação nos pomares: (____) (1 – Sim 2 – Não)

52. Qual (is) o(s) sistema(s) de irrigação adotado(s): (1 – Superfície [sulco ou canais]); 2 – Aspersão [convencional (móvel, semi-móvel ou fixa), tradicional, mecanizada (autopropelido convencional, autopropelido com carretel enrolador, pivô central)]; 3 – Localizada [gotejamento ou microaspersão]).

(____) Observações: _____

53. Qual foi o custo total de implantação do sistema de irrigação (projeto + equipamentos)? (_____):

54. Quais os motivos da escolha do sistema de irrigação adotado (1 – Sim 2 – Não)

- A) Maior eficiência na utilização de água: (____)
- B) Melhor adaptado às condições edafoclimáticas regionais: (____)
- C) Menor custo de implantação do projeto: (____)
- D) Menor custo de manutenção do projeto: (____)
- E) Menor complexidade de manuseio dos equipamentos: (____)
- F) Menor necessidade de mão-de-obra especializada: (____)
- G) Possibilidade de utilização de fertirrigação: (____)
- H) Outros. Especificar: _____

Observações: _____

55. Faz uso de fertirrigação (____) (1–Sim 2–Não) [Em caso negativo, pular para **questão 54**]. Quais os motivos para a adoção da fertirrigação:

56. Quais os motivos para a **NÃO** adoção de fertirrigação:

Motivos para a NÃO adoção de irrigação

57. Quais os motivos que o levaram a **NÃO** adotar a irrigação na citricultura:

.....

.....

.....

.....

Renda

58. A agropecuária representa quanto (em %) de sua renda total? (____)

59. A citricultura representa quanto (em %) de sua renda total? (____)

Comercialização (compra de insumos e venda de laranja)

60. Considerar a compra de insumos variáveis (fertilizantes, sementes e defensivos) em 2013:

Tipo	A compra é realizada: 1. individualmente 2. via pools ou grupos informais 3. via cooperativa 4. outro (especificar)	Qual o serviço mais relevante que recebe do fornecedor de insumos? 1- transporte do produto; 2- empréstimo em dinheiro 3-prazos de pagamento 4- assist. técnica 5. desconto em preços 6- Nenhum 88-outro (especificar)
Mudas		
Fertilizantes		
Defensivos		

61. Número de vendas de laranja no ano safra 2013 (_____)

62. Considerar a venda de laranja no ano de 2013 e preencher as linhas da tabela abaixo de acordo com cada transação:

Transação	Comprador 1. Indústria 2. Barracões 3. Intermediários 4. Varejo 5. Mercado institucional 6. Outro (especificar)	Nº de caixas de laranja negociadas com este comprador em 2013	Qual o preço médio recebido pela caixa? (pode ser faixa de valores)	Qual mecanismo adotou para vender para este comprador: 1 – mercado spot/sem contrato 2 – contrato a termo só para uma safra (curto prazo) 3. contrato para mais de uma safra (especificar o ano em que foi assinado e a duração do contrato) 4 – integração vertical (tool processing ou processadora de suco)	Recebeu o preço acordado com o comprador? 1. Sim 2. Não (especificar a diferença entre o preço pré estabelecido e o preço recebido) 3. Não se aplica	Já teve algum outro problema com esse comprador que resultou em perda financeira? 1. Atraso no recebimento da fruta 2. Atraso no pagamento da fruta 3. Recebimento abaixo da quantidade contratada 4. Não recebimento da fruta contratada 5. Outro (especificar) 6. Não se aplica
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

63. Nos últimos três anos safra, o Sr. sofreu algum dos problemas abaixo em suas transações de venda de laranja? (1 Sim, 2 Não, 3 Não se aplica):

- A) Recebimento de preço diferente do acordado nos contratos de venda (____)
- B). Atraso no recebimento da fruta por parte do comprador (____)
- C) Atraso no pagamento da fruta por parte do comprador (____)
- D) Recebimento abaixo da quantidade contratada pelo comprador (____)
- E) Não recebimento da fruta contratada pelo comprador (____)
- F) Outro (especificar) (_____)

64. Acessou a política de garantia de preços mínimos (PEPRO) para comercializar sua produção no ano 2013? (___) 1-Sim; 2-Não (pular para a 66)
65. Número de caixas de laranja comercializadas via PEPRO em 2013 (_____)
66. Utiliza o mercado de seguro rural? (___) 1 Sim; 2 Não

Crédito

67. Se solicitou recursos e conseguiu a aprovação de crédito rural nos três últimos anos safra, favor complete o quadro de acordo com as opções para o último ano safra que tomou empréstimo:

Ano safra	Finalidade do crédito 1- Investimento; 2-Custeio	Valor do financiamento (R\$)

68. Possui dívidas do crédito rural para a citricultura vencidas e não pagas? (_____)
1-Sim (especificar o valor); 2- Não
69. Preciso refinarçar alguma dívida do crédito rural vencida para a citricultura nos últimos três anos?
(___) 1-Sim 2-Não
70. Preciso vender algum bem para quitar dívidas com a citricultura nos últimos três anos: (___) 1-Sim
(especificar) 2-Não

3- comercialização e análise de mercado		
4-outro (especificar)		
Total (R\$)		

Assistência técnica para a citricultura

71. Recebeu assistência técnica ou de gestão para a citricultura no ano de 2013 (não inclui capacitação)?
(___) 1-Sim 2-Não (passar para questão 71)
72. Quem proporcionou a assistência técnica? (1. Sim, 2. Não, 3. Não se aplica)
- (___) 1-Unidade de extensão oficial (___) 2-Empresa privada (GTAAC, etc)
- (___) 3- Associação/cooperativa (___) 4-Indústria de suco
- (___) 5- Indústria de insumos (___) 6- Autônomo
- (___) 7 - Técnico do pool (___) 8- outro (especificar)
73. Indique a finalidade e o custo da assistência recebida

	1-Sim 2-Não	Custo (R\$)
1-gestão da produção (custeio, sistemas gerenciais, etc)		
2-técnicas de produção/cultivo (agricultura de precisão, irrigação, etc)		

Capacitação e informação

74. Participação do citricultor ou administrador e de seus funcionários em cursos e eventos relacionados à agropecuária: 1 – muito freqüente (mais de uma vez ao ano); 2 – freqüente (anual); 3 - ocasional (pontual, menos de uma vez ao ano); 4 – nunca

	Produtor	Administrador	Outros funcionários
1-Cursos técnicos de produção			
2-Cursos relacionados à irrigação			
3- Congressos, simpósios, palestras agropecuários e dias de campo			
Outros (especificar)_			

75. Em sua percepção, seus funcionários que trabalham com a citricultura são qualificados? (___) 1 Pouco qualificados; 2 Qualificados; 3 Muito qualificados

76. Principais fontes de informação utilizadas para tomar decisões relacionadas à gestão da produção citrícola (grau de importância: 1 – muito importante; 2- pouco importante; 3 – não usa)

- A) Internet – informação gratuita: (____)
- B) Internet – informação paga (ex:boletins de mercado): (____)
- C) Jornais e revistas de conteúdo especializado (jornal de cooperativa ou associação, revista técnica, etc): (____)
- D) Técnicos de empresas de consultoria (serviço pago): (____)
- E) Outros agricultores: (____)
- F) Outro (especificar): (_____) (____)

Ferramentas de gestão

77. Adota as seguintes ferramentas para a gestão da citricultura?

Prática	Adoção	
	1-Sim	2-Não
A) Planilhas eletrônicas para controle de custos de produção		
B) Registros que permitam controle de estoques de insumos		
C) Registros da produção e produtividade dos pomares (desempenho produtivo – ex: produtividade por talhão, incidência de pragas e doenças por talhão, etc)		
D) Sistemas informatizados para a gestão da propriedade		
E) Acesso à internet para acompanhamento do mercado em tempo real		
F) Técnicas de agricultura de precisão		
G) Produção Integrada de Citros (PIC) ou outras certificações. Especificar:		
H) Viagens para outras regiões produtoras de citros		
I) Outras (especificar): _____		

Ambiente institucional, expectativas e confiança

78. Assinale, para cada uma das afirmações listadas abaixo, o seu grau de concordância em uma escala de (1) a (5), em que (1) **representa completa discordância** e (5) **representa completa concordância**

	1	2	3	4	5
1. Prefiro acreditar na minha intuição para vender a laranja do que usar contratos a termo					

2. O mercado de laranja é muito arriscado					
3. Tenho confiança de que o sistema judiciário garantirá meus direitos contratuais e de propriedade em caso de disputas comerciais (por exemplo, com a indústria processadora de suco					
4. O ambiente de disputas comerciais e práticas anticompetitivas da indústria processadora de suco de laranja afetou de forma negativa meus investimentos na citricultura nos últimos anos e continua afetando minhas expectativas com relação ao futuro da atividade					
5. Minha propriedade tem uma gestão da qualidade superior ao da média dos produtores da minha região					
6. Minha propriedade tem uma gestão administrativa superior ao da média dos produtores da minha região					
7. Meu principal objetivo na gestão da citricultura é obter o maior lucro possível.					

79. Qual é o preço médio que o Sr. espera para a caixa de laranja em outubro de 2014? (____)

80. Em sua percepção, qual a probabilidade do preço da laranja estar em cada um desses intervalos no próximo ano safra?

R\$/saca	%
4,00-6,00	
6,01-8,00	
8,01-10,00	
10,01-12,00	
12,01-14,00	
14,01-16,00	
Mais de 16,00	

81. Qual seria o preço (R\$/caixa de 40,8 kg) que você conseguiria pagar seus custos variáveis (despesas correntes de safra)? (____)

82. Qual seria o preço (R\$/caixa de 40,8 kg) que você obteria lucro e continuaria investindo na atividade? (____)

APÊNDICE B. Matriz de correlação entre as variáveis z.

	Irrigação	Fertilid.	Greening	Adensamento	Idade.pom	Contrato	Formaplural	Gestão
Irrigação	1							
Fertilidade	0,01	1						
Greening	-0,23	0	1					
Adensamento	0,11	0,03	-0,03	1				
Idade pomar	-0,01	0,02	-0,05	-0,4	1			
Contrato	0,06	0	-0,05	0,05	-0,09	1		
Forma plural	0,11	0,08	-0,15	0,11	-0,13	0,3	1	
Gestão	0,32	0,01	-0,09	0,16	-0,01	0,09	0,31	1
Max lucro	0,06	-0,16	-0,11	-0,09	0,09	-0,09	0,1	0,16
Assist. tec.	0,19	0,17	-0,2	0,03	0,02	0,25	0,4	0,35
Canais.comerci.	-0,1	-0,03	-0,15	0,05	-0,14	0,55	0,62	0,16
Diversifica.	-0,04	0,04	-0,07	-0,09	0,05	0,06	0,01	0,08
Escolaridade	0,16	-0,15	-0,25	0,09	0,07	0,15	0,18	0,22
Experiência	-0,19	0,3	0,01	-0,14	0,11	0,06	-0,15	-0,16
Informação	0,02	0,11	-0,12	-0,08	0,14	0,22	0,06	0,71
Qualifica MO	-0,02	0,08	-0,24	0,08	0,11	0,03	0,1	0,21
Associa.	0,18	-0,03	0,17	0,08	0,01	0,22	0,07	0,09
Prob. Contrato	-0,24	-0,16	0,16	0,12	-0,06	-0,15	-0,41	-0,32
Enforcement	-0,08	0,11	-0,11	-0,05	0,2	-0,13	0,06	0,15
Expectativas	0,05	-0,23	0,3	0,03	-0,05	-0,2	-0,08	-0,02
Crédito	0,02	0,12	-0,01	0,3	-0,24	0,09	-0,1	-0,09

Continua

	Max.lucro	Assist	Canais.c	Diversifica	Escolaridade	Experiência	Informação	Qualif.
Irriga								
Fertilidade.								
Greening								
Adensamento								
Idade pomar								
Contrato								
Forma plural								
Gestão								
Max lucro	1							
Assist. tec.	0,01	1						
Canais.comerci.	0,02	0,17	1					
Diversifica.	0,05	0,1	0,08	1				
Escolaridade	0,05	0,22	0,2	-0,12	1			
Experiência	0,12	-0,14	-0,2	-0,03	-0,36	1		
Informação	0,11	0,19	0,03	0,1	0,02	0,04	1	
QualificaçãoMO	-0,03	0,15	0,06	0,12	0,19	-0,09	0,29	1
Associa.	0,06	0,06	0,14	-0,14	0,18	0,22	-0,01	-0,12
Prob. Contrato	-0,19	-0,14	-0,3	-0,23	0,17	-0,18	-0,3	0,03
Enforcement	0,21	0,12	-0,07	0,21	-0,03	0,01	0,11	0,24
Expectativas	-0,06	-0,15	-0,13	-0,04	-0,17	-0,04	-0,08	-0,06

Crédito	-0,21	0,03	-0,06	-0,25	0,02	0,05	-0,05	0,03
---------	-------	------	-------	-------	------	------	-------	------

Continua

	Associa	Prob. Contrato	Enforcement	Expectativas	Crédito
Irrigação					
Fertilidade					
Greening					
Adensamento					
Idade pomar					
Contrato					
Forma plural					
Gestão					
Max lucro					
Assist. tec.					
Canais comerci.					
Diversifica.					
Escolaridade					
Experiência					
Informação					
Qualifica MO					
Associa.	1				
Prob. Contra	0,06	1			
Enforcement	-0,14	-0,09	1		
Expectativas	0,02	0,52	-0,08	1	
Crédito	0,11	0,09	-0,07	0,03	1

APÊNDICE C. Índices de eficiência técnica (E.T.) das propriedades rurais obtidos a partir da fronteira de produção translog sem a inclusão de variáveis z.

Firma	E.T.	Firma	E.T.	Firma	E.T.	Firma	E.T.
1	0,87	28	0,78	55	0,41	82	0,69
2	0,93	29	0,78	56	0,78	83	0,89
3	0,30	30	0,84	57	0,81	84	0,93
4	0,92	31	0,31	58	0,35	85	0,77
5	0,79	32	0,83	59	0,87	86	0,81
6	0,88	33	0,63	60	0,76	87	0,71
7	0,53	34	0,86	61	0,55	88	0,59
8	0,63	35	0,59	62	0,60	89	0,65
9	0,63	36	0,60	63	0,80	90	0,75
10	0,63	37	0,68	64	0,49	91	0,90
11	0,71	38	0,73	65	0,84	92	0,89
12	0,89	39	0,56	66	0,77	93	0,77
13	0,61	40	0,46	67	0,40	94	0,81
14	0,59	41	0,53	68	0,79	95	0,78
15	0,95	42	0,90	69	0,60	96	0,89
16	0,89	43	0,91	70	0,88	97	0,81
17	0,59	44	0,81	71	0,73	98	0,63
18	0,35	45	0,59	72	0,53		
19	0,88	46	0,82	73	0,89		
20	0,38	47	0,64	74	0,82		
21	0,87	48	0,87	75	0,70		
22	0,74	49	0,79	76	0,56		
23	0,60	50	0,81	77	0,74		
24	0,79	51	0,54	78	0,77		
25	0,93	52	0,76	79	0,84		
26	0,46	53	0,64	80	0,81		
27	0,95	54	0,83	81	0,44		

APÊNDICE D. Índices de eficiência de custo (E.C.) das propriedades rurais obtidos a partir da fronteira de custo translog sem a inclusão de variáveis z.

Firma	E.C.	Firma	E.C.	Firma	E.C.	Firma	E.C.
1	0,97	28	0,63	55	0,38	82	0,79
2	0,89	29	0,53	56	0,87	83	0,82
3	0,37	30	0,77	57	0,95	84	0,86
4	0,93	31	0,32	58	0,40	85	0,68
5	0,64	32	0,93	59	0,74	86	0,50
6	0,77	33	0,71	60	0,72	87	0,55
7	0,43	34	0,80	61	0,58	88	0,53
8	0,54	35	0,58	62	0,57	89	0,58
9	0,70	36	0,48	63	0,85	90	0,55
10	0,53	37	0,77	64	0,53	91	0,93
11	0,53	38	0,69	65	0,70	92	0,73
12	0,95	39	0,58	66	0,89	93	0,66
13	0,54	40	0,62	67	0,48	94	0,75
14	0,40	41	0,55	68	0,66	95	0,79
15	0,85	42	0,91	69	0,44	96	0,73
16	0,60	43	0,90	70	0,83	97	0,85
17	0,50	44	0,69	71	0,71	98	0,90
18	0,41	45	0,53	72	0,63		
19	0,95	46	0,96	73	0,62		
20	0,39	47	0,68	74	0,88		
21	0,94	48	0,80	75	0,94		
22	0,75	49	0,66	76	0,60		
23	0,77	50	0,91	77	0,70		
24	0,91	51	0,45	78	0,76		
25	0,80	52	0,78	79	0,95		
26	0,43	53	0,67	80	0,84		
27	0,93	54	0,89	81	0,39		

APÊNDICE E. Índices de eficiência de lucro (E.L.) das propriedades rurais obtidos a partir da fronteira de lucro Cobb-Douglas sem a inclusão de variáveis z (amostra reduzida).

Firma	E.L.	Firma	E.L.	Firma	E.L.
1	0,76	46	0,65	84	0,59
2	0,42	47	0,35	85	0,75
4	0,51	48	0,41	87	0,41
5	0,41	49	0,15	88	0,43
7	0,16	50	0,45	89	0,46
8	0,33	52	0,62	90	0,21
9	0,54	53	0,32	91	0,67
10	0,34	54	0,29	92	0,53
13	0,26	55	0,01	93	0,03
14	0,10	56	0,46	94	0,74
15	0,74	57	0,60	95	0,03
16	0,58	59	0,28	97	0,58
19	0,30	60	0,18		
21	0,82	61	0,10		
22	0,70	63	0,43		
23	0,45	66	0,51		
24	0,40	68	0,34		
25	0,60	69	0,09		
27	0,69	70	0,06		
29	0,69	73	0,65		
30	0,51	74	0,22		
32	0,50	77	0,43		
34	0,53	78	0,44		
36	0,05	79	0,64		
37	0,44	80	0,58		
42	0,78	82	0,45		
43	0,70	83	0,64		