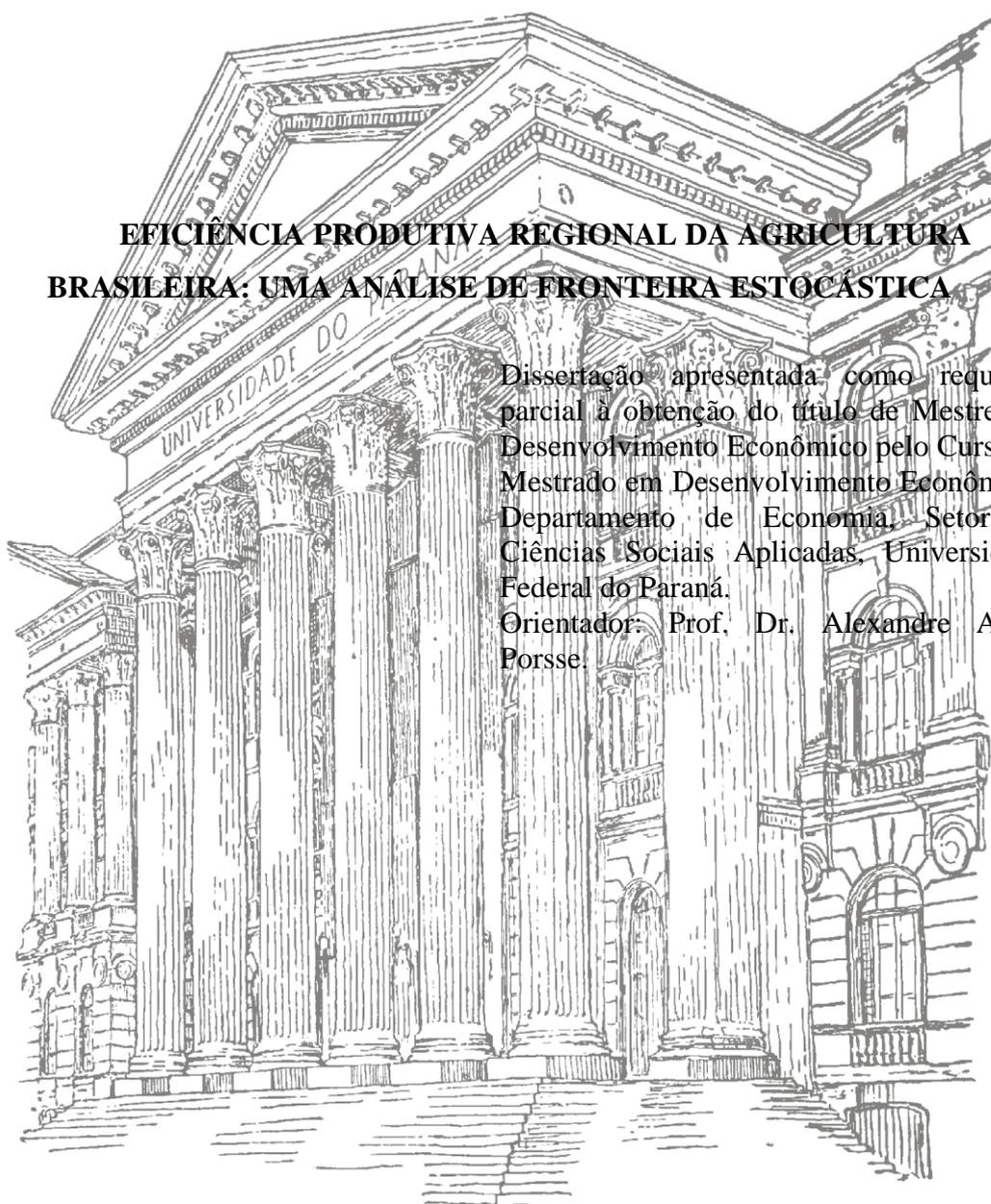


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CLAUBER EDUARDO MARCHEZAN SCHERER

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA REGIONAL DA AGRICULTURA
BRASILEIRA: UMA ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Econômico pelo Curso de Mestrado em Desenvolvimento Econômico, Departamento de Economia, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Alves Porsse.



CURITIBA, 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. SISTEMA DE BIBLIOTECAS.
CATALOGAÇÃO NA FONTE

Scherer, Clauber Eduardo Marchezan

Eficiência produtiva regional da agricultura brasileira: uma análise de
fronteira estocástica / Clauber Eduardo Marchezan Scherer. - 2014.
62 f.

Orientador: Alexandre Alves Porsse.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento Econômico.

Defesa: Curitiba, 2014.

1. Produtividade agrícola - Brasil. 2. Análise estocástica - Agricultura. I.
Porsse, Alexandre Alves. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de
Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento Econômico. IV. Título.

CDD 338.1981

TERMO DE APROVAÇÃO

Clauber Eduardo Marchezan Scherer

**“Eficiência Produtiva Regional da Agricultura Brasileira: Uma Análise de
Fronteira Estocástica”**

**DISSERTAÇÃO APROVADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ, PELA SEGUINTE BANCA EXAMINADORA:**

**Prof. Dr. Alexandre Alves Porsse
(Orientador/UFPR)**

**Prof. Dr. Fernando Salgueiro Perobelli
(Examinador/UFJF)**

**Prof. Dr. Armando Vaz Sampaio
(Examinador/UFPR)**

*“Success consists of going from failure to failure
without loss of enthusiasm.” (Winston Churchill)*

AGRADECIMENTOS

É sempre gratificante chegar ao final de um trabalho com a sensação de missão cumprida. Especialmente quando para isso vários obstáculos de toda ordem precisam ser superados. Por isso é justo mencionar aqui algumas daquelas pessoas que ao longo desses dois anos estiveram “ombro-a-ombro”, incentivando e motivando (mesmo sem saber). É para vocês que dedico esse trabalho.

Meus pais Claudete (uma guerreira que tenho como exemplo todos os dias quando acordo) e Carlos (com as histórias mais divertidas imagináveis envolvendo principalmente o “nefasto” mundo da política), os quais me proporcionaram sempre as melhores condições para que pudesse desenvolver com tranquilidade este trabalho. Também aos meus irmãos por suas conversas (in)úteis durante esse período. A minha família de modo geral que sempre que testada mostra uma capacidade de superação incrível.

Ao meu orientador professor Alexandre, o qual devo muito desse trabalho, por ter dedicado várias horas de seu tempo, nunca se negando a ouvir e responder até mesmo sobre perguntas simples. Me motivando sempre, com opiniões sensatas, em meus “projetos acadêmicos”. Certamente fica com relação a ele, uma sensação de profunda gratidão.

As amizades formadas ao longo desses dois anos de PPGDE (que não foram poucas), mas em especial algumas que merecem ser citadas, como os membros da “Faixa de Gaza da Velha” Eduardo Minga, Flávio Dias e Antônio Almeida, aos quais agregaram-se, não poucas vezes, a turma do churras, Arthur Simão (parceiro em vários trabalhos) e Celso Filho. Além desses não poderia deixar de nominar outros que também contribuíram para que a estadia na UFPR fosse a mais prazerosa: Felipe Madruga, Gilberto Neto, Leonardo Cardoso, Domitila Bahia e Maria Carolina.

Enfim a todos aqueles que de alguma forma influenciaram nos rumos desse trabalho, meu muito obrigado.

RESUMO

A agricultura ocupa lugar estratégico no processo de desenvolvimento econômico. No caso brasileiro, dentre seus papéis, destaca-se a segurança alimentar e, em especial, a participação superavitária do setor na balança comercial. Além disso, em termos regionais, o setor é importante na dinâmica econômica na maioria dos Estados, já que ocupa o papel de motor econômico deixado pela indústria, a qual é bastante concentrada. Dado isto o presente trabalho procura, através da combinação de técnicas de estimação de fronteiras de produção estocásticas com ferramentas de análise espacial dos dados, mensurar a eficiência produtiva da agricultura e posteriormente caracterizá-la espacialmente a partir das microrregiões brasileiras, considerando as culturas permanentes e temporárias e utilizando-se os dados do Censo Agropecuário 2006. Para isso são utilizadas diferentes especificações na tentativa de controlar, o melhor possível, os efeitos de variáveis relacionadas a eficiência produtiva, que não os insumos. Como resultado robusto para ambas as culturas (permanentes e temporárias), identificou-se que a área da propriedade, o maquinário e o financiamentos têm efeito positivo sobre o desempenho agrícola. O pessoal ocupado por outro lado, se mostrou fator de produção que reduz a eficiência. Também constatou-se a presença de dependência espacial para os dois tipos de lavouras, o que permitiu o uso de técnicas de detecção de padrões espaciais locais. Nas lavouras permanentes, a inclusão de variáveis que impactam a produção por meio de seu efeito sobre a eficiência não melhoraram de maneira robusta o controle do modelo. Destaca-se nessas culturas a presença de clusters de alta eficiência na região Nordeste e Sul. Por outro lado verificou-se um núcleo de baixa eficiência em grande parte da região Norte. Já nas lavouras temporárias, os modelos responderam bem à inclusão das variáveis para explicar a eficiência, sendo que houve aumento do poder explicativo do modelo e melhora no controle da dependência espacial. Os poucos clusters de alta eficiência situam-se na região Nordeste e Sudeste. Por outro lado, se constatou a presença de extensos grupos de baixa eficiência situados predominantemente na região Nordeste e na região Norte do Brasil.

Palavras-chave: Agricultura; Fronteira de Produção Estocástica; Eficiência Técnica; Análise Espacial de Dados.

JEL: C61; Q12; R12;

ABSTRACT

Agriculture has a strategic position in development process. In Brazilian case, stands out food security and specially the positive results in commercial balance. Moreover, in regional sense, once industry in Brazil is a sector very concentrate, agriculture occupies a central role in development since most part of states does not have a mature industry. Given that, this work measures the technics efficiency in agriculture and after that their distribution in space using dates from *Censo Agropecuário 2006*, with the methodology of stochastic frontier analysis and spatial econometric approach. As important results to both crops (permanently and temporary ones) the work identified that size of field, machinery and loans have positive effect in agricultural performance. Number of people employed in other side, showed to be factor that reduce efficiency. In spatial sense, was noted the presence of spatial dependence in both kinds of crops, which allows the use of local indicators of spatial analysis. In permanent crops, the inclusion of variables that have impact on production through of their effect on efficiency does not increases in a robust sense the models. Stands out in this kind of crops the presence of high efficiency clusters in North and South, in other side, it has been found the presence of a low efficiency cluster in most part of North region. In temporary fields, models answer to the inclusion of variables to explain efficiency was satisfactory, and there were increases of explain power of models and better controller of spatial dependence. The high efficiency clusters are in Northwest and Southwest, while the low efficiency clusters are predominantly in regions North and Northwest of Brazil.

Keywords: Agriculture; Stochastic Production Function; Technical Efficiency; Data Spatial Analysis.

JEL: C61; Q12; R12;

LISTA DE GRÁFICOS

Figura 1 – Saldo da Balança Comercial Brasileira	16
Figura 2 - Participação das Principais Culturas no Valor de Produção	17
Figura 3 – Dinâmica Microrregional de Riqueza (2000-2010)	18
Figura 4 - Microrregiões conforme classificação de dinâmica.....	20
Figura 5 – Composição do Valor de Produção Agrícola	21
Figura 6 - Fronteira de Possibilidade de Produção	23
Figura 7 - Clusters Espaciais nas Lavouras Permanentes.....	44
Figura 8 - Mapa de Cluster Bivariado entre Rentabilidade e Eficiência Agrícola	46
Figura 9 - Clusters Espaciais nas Lavouras Temporárias	50
Figura 10 – Mapa de Cluster Bivariado entre Rentabilidade e Eficiência Agrícola	52
Figura 11 - Anexo 1: Eficiência nas Lavouras Permanentes (Modelo 2).....	60
Figura 12 - Anexo 2: Eficiência nas Lavouras Permanentes (Modelo 3).....	60
Figura 13 - Anexo 3: Eficiência nas Lavouras Permanentes (Modelo 4).....	61
Figura 14 - Anexo 4: Eficiência nas Lavouras Temporárias (Modelo 2)	61
Figura 15 - Anexo 5: Eficiência nas Lavouras Temporárias (Modelo 3)	62
Figura 16 - Anexo 6: Eficiência nas Lavouras Temporárias (Modelo 4)	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da Agricultura a Partir dos Dados Censitários	15
Tabela 2 – Participação no VA a partir da Classificação das Microrregiões	19
Tabela 3 –VA setorial a partir da Classificação das Microrregiões (%)	19
Tabela 4 – Produtos com Maiores Valores de Produção nas Lavouras Permanentes ..	22
Tabela 5 - Produtos com Maiores Valores de Produção nas Lavouras Temporárias ...	22
Tabela 6 - Quadro Síntese dos Principais Trabalhos para o Brasil.....	31
Tabela 7 - Descrição das Variáveis Utilizadas	32
Tabela 8 - Descrição dos Modelos a Serem Estimados	36
Tabela 9 - Resultados dos Modelos para Lavouras Permanentes	42
Tabela 10 - Resultados dos Modelos para Lavouras Temporárias	48
Tabela 11 - Produtos por Tipo de Lavoura e Participação no Quantum.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	O PAPEL DA AGRICULTURA	12
2.1	Agricultura e Desenvolvimento	12
2.2	O Setor Agropecuário Brasileiro	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
3.1	Mensuração de Eficiência Produtiva	23
3.2	Fronteiras de Produção Estocástica	25
3.3	Comparativo entre DEA e SFA	28
3.4	Comparação com a Literatura	29
4	DESCRIÇÃO DOS DADOS E O MODELO PROPOSTO	32
4.1	Variáveis Utilizadas	32
4.2	Modelo Econométrico	35
4.3	Análise Espacial dos Dados	37
4.3.1	Autocorrelação Espacial Global de Moran	37
4.3.2	Autocorrelação Espacial Local de Moran	39
5	RESULTADOS	40
5.1	Lavouras Permanentes	40
5.2	Lavouras Temporárias	47
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS	55
	ANEXOS	59

1 INTRODUÇÃO

O Brasil figura como importante player mundial nos produtos do agronegócio sendo apontado inclusive como referência em termos de processo produtivo e técnicas empregadas. Porém, devido à imensa heterogeneidade existente ao longo do território nacional, essa excelência certamente não é compartilhada por todas as regiões, isto devido dentre outros fatores a incapacidade produtiva e também aos fatores característicos dos locais que impossibilitam maiores retornos.

Conforme Moreira et al. (2005, p.07), existem produtores eficientes de todos os tipos o que sugere que a produtividade não é necessariamente decrescente com o tamanho das propriedades. O que importa é o tipo de tecnologia empregada, a qualidade do gerenciamento, e as vantagens competitivas desenvolvidas através do tempo. Nesta descrição o mecanismo de solução não é necessariamente a reforma agrária, e sim, a identificação dos determinantes múltiplos da produtividade, e das restrições que a limitam.

Ainda que ao longo da história econômica exista certa divergência sobre qual o papel desempenhado pela agricultura no processo de desenvolvimento, existe certo consenso em afirmar que a mesma tem espaço ao criar segurança alimentar e, conseqüentemente, diminuir a exposição dos mais pobres à fome e também ao gerar excedentes que acabam sendo importantes para o crescimento industrial. Dado isto, chega-se a outro questionamento importante, que diz respeito a condução e aprimoramento do setor, onde ao argumentar sobre isso, Johnston e Mellor (1961, p.570) chamam a atenção para o fato de que o reconhecimento das características pertinentes ao processo de desenvolvimento agrícola é essencial para a formulação de estratégias que aumentem o produto e a produtividade do setor, o que, em última análise, leva a otimização da utilização dos fatores de produção e auxilia no desenvolvimento econômico.

Da mesma forma, para a obtenção de um crescimento robusto que incentive o desenvolvimento de forma não concentradora, também é preciso dar atenção ao espaço. Ferranti et al (p. 112, 2005) chamam a atenção para o fato de a distribuição espacial dos fatores de produção estar relacionada aos fatores que determinam o desenvolvimento econômico e, conseqüentemente, o desempenho regional. Isso acaba gerando uma espécie de armadilha em que regiões mais ricas tendem a apresentar trabalhadores com maiores níveis de produtividade, melhor infraestrutura e demais elementos que dão margem à melhores condições de vida, fazendo assim com que essas regiões atraiam pessoas das regiões menos desenvolvidas, o que acaba por gerar além de pressões demográficas, o aprofundamento da disparidade no espaço.

Dessa forma o que se pretende nesse trabalho é entender e caracterizar melhor o desempenho produtivo agrícola das diferentes regiões brasileiras e seus potenciais impactos em termos de desenvolvimento regional. Isso será feito a partir da mensuração de eficiência através da metodologia de fronteiras estocásticas de produção, que procura ranquear os dados de forma a privilegiar aqueles locais que fazem uso da melhor combinação possível dos insumos produtivos, dada uma função de produção. Os modelo de função de produção estocástica serão estimados para as lavouras permanentes e temporárias, com informações ao nível de microrregiões obtidas do Censo Agropecuário 2006 (Segunda Apuração). Os modelos devem gerar indicadores de eficiência regional para as duas culturas. Assim, será também utilizada a técnica de análise exploratória de dados espaciais (AEDE) para avaliar o padrão espacial da eficiência agrícola nas microrregiões do Brasil.

Ao ser pioneiro no Brasil, na utilização de funções estocásticas com técnicas de análise espacial, acredita-se que o estudo possa trazer novas perspectivas para a questão agrícola. Assim como objetivos específicos, pretende-se avaliar os condicionantes dos diferenciais de produtividade agrícola entre as regiões, como também identificar o grau de eficiência produtiva no setor agrícola. Além disso, avaliar se o índice de eficiência produtiva possui dependência espacial e caracterizar os clusters espaciais com a finalidade de identificar espaços que poderiam ser alvo de políticas públicas de aumento da eficiência produtiva e, conseqüentemente, que contribuiriam para o seu desenvolvimento.

Para isso, o trabalho está organizado em seis capítulos além desta introdução. No capítulo dois é apresentada uma discussão entre a relação existente entre agricultura e desenvolvimento econômico, bem como uma caracterização do setor agrícola no Brasil, sendo realizados alguns exercícios exploratórios na tentativa de melhor elucidar o assunto. No capítulo três é apresentada uma síntese da teoria sob a qual este trabalho está construído. No capítulo quatro são feitas as descrições das variáveis utilizadas bem como das especificações econométricas propostas. No cinco são apresentados os resultados relacionados as culturas temporárias e permanentes. O capítulo seis encerra o trabalho trazendo uma síntese de resultados e também propostas futuras. Por fim são apresentadas as referências que nortearam o estudo, bem como alguns anexos com informações que não foram incluídas no corpo do texto, mas que são importantes para o estudo.

2 O PAPEL DA AGRICULTURA

2.1 Agricultura e Desenvolvimento

O papel atribuído à agricultura no processo de desenvolvimento econômico é bastante controverso tendo inclusive passado por diversos estágios ao longo da história econômica. Sua análise sistemática original pode ser atribuída a Escola Fisiocráta no século XVIII que via na agricultura a principal (se não única) forma de geração de riquezas na economia. Na economia contemporânea, o debate trazido na década de 1940 e no imediato pós-guerra tira relevância do setor, olhando para essa atividade apenas como caminho entre dois estágios, colocando a indústria como motor do crescimento. Essa ideia foi rechaçada por um grupo de economistas que via nela não simplesmente uma ponte entre dois momentos, mas sim como sustentáculo para um crescimento estável. Atualmente, apesar das controvérsias, existe certo consenso em ver a agricultura como fator importante no crescimento, sendo o principal problema a ser enfrentado pelo setor a questão da produtividade, que, comparativamente aos demais setores, além de apresentar grande variância entre as regiões, é relativamente baixa.

Nas origens do debate contemporâneo, Clark (1940) e mais sistematicamente Kuznets (1957), trouxeram um fato estilizado sobre o desenvolvimento que viria a ter grande impacto na literatura e políticas com relação ao crescimento econômico: o setor agrícola tendia a decrescer sua participação no PIB conforme os países cresciam, sendo que esse lugar era ocupado majoritariamente pelo setor industrial e em menor escala pelo de serviços. De maneira mais detalhada, os resultados do estudo de Kuznets, apontavam para uma correlação negativa entre o nível de renda e a participação do setor agrícola, por outro lado a correlação de renda com a indústria era positiva, enquanto o setor de serviços variava entre as diferentes economias analisadas. Seguindo essa linha, Lewis (1954) inaugura uma tradição de modelos onde a agricultura serve como fonte de mão de obra para a indústria, sendo o seu papel atribuído quase exclusivamente ao fornecimento de fator trabalho barato para aquele setor, o qual seria o verdadeiro responsável pelo crescimento econômico.

Na década de 1960, os economistas do desenvolvimento começaram a perceber que longe de ter um peso passivo no desenvolvimento, a agricultura tem papel importante na mecânica do desenvolvimento. Uma das questões centrais a ser respondida era se a agricultura continuava a ser um setor central para o crescimento, especialmente nas economias em desenvolvimento. Assim, seguindo essa contra tendência, que não enxergava a agricultura

unicamente como “ponte” para o desenvolvimento, Johnston e Mellor (1961) fornece o primeiro trabalho que aborda o tema. E, como tal, demanda estratégias e políticas específicas para seu desenvolvimento. Nele são listados cinco papéis centrais pelos quais a agricultura pode agir diretamente no desenvolvimento econômico: 1) aumento da oferta doméstica de alimentos para consumo; 2) liberação de mão de obra para a indústria; 3) aumento do mercado para a absorção dos produtos industriais; 4) aumento da poupança doméstica; 5) ganho de mercado internacional.

Ainda que todos os argumentos em maior ou menor grau tenham efeitos, destaca-se o argumento primeiro por também servir de canal direto na atuação sobre redução de pobreza e outros problemas sociais enfrentados como fome e miséria. Para entender melhor esse canal, vale lembrar que uma das características dos produtos agrícolas é sua baixa elasticidade preço, onde pequenas variações na sua oferta costumam refletir grandes variações nos preços domésticos desses bens. Esse efeito inflacionário é muito mais maléfico em países em desenvolvimento, uma vez que boa parte da renda de seus habitantes ainda é direcionada para o consumo de bens básicos. Assim, dada essa forte dependência das economias em seus estágios iniciais de desenvolvimento por produtos do setor, a questão da segurança alimentar se coloca como essencial.

Seguindo essa corrente da teoria do desenvolvimento, e acompanhando sua evolução, o foco se desloca do setor em si, para uma questão que hoje em dia parece se destacar como centro do debate no conflito de distribuição setorial, onde o fator limitante é a produtividade envolvida em cada setor. Seguindo essa tradição, Schultz (1964) e Hayami e Ruttan (1971) argumentam que a agricultura pode ser transformada em um setor moderno através da adoção de tecnologias, que além de impulsionar o setor, por consequência impulsionam a economia como um todo. Afinal conforme argumentação de Johnston e Kilby (1977), uma parte significativa do aumento do produto não era explicada pelo acréscimo da quantidade dos insumos, mas sim pelos seus ganhos de produtividade. Desse modo, estabeleceu-se uma relação estreita entre produtividade dos fatores, mudança estrutural e desenvolvimento econômico. Nessa linha, Johnston e Mellor (1961) chamam atenção para a tendência desse setor em economias que apresentam características similares a brasileira:

The relative decline of the agricultural sector will not proceed as rapidly or as far in countries that have a marked comparative advantage in exporting agricultural products. But even countries particularly well suited by their resource endowment to emerge as major agricultural exporters can be expected to witness a substantial reduction in the share of agriculture if they achieve a sizable increase in per capita incomes. (Johnston e Mellor, 1961, p. 567).

Um resumo dessa questão é oferecida por Todaro e Smith (p. 424, 2006), para os quais, o fato de o emprego na agricultura nos países em desenvolvimento representar duas ou três vezes maior participação no total que nos países desenvolvidos, é reflexo do baixo nível de produtividade do setor comparado à indústria e serviços. Ainda no debate sobre o papel da agricultura ao longo do processo de mudança estrutural das economias, Johnston (1970) fornece outra síntese da evolução do tema na teoria do desenvolvimento:

Some of the most important and controversial issues of development policy revolve about the interpretation of the process of structural transformation, involving as it does the relative decline of the agricultural sector and the increasingly dominant position of the secondary and tertiary sectors. To some, this structural transformation is simply a consequence of development, of the increase in productivity and incomes in the various sectors, of an economy that entails changes in the pattern of consumer demand and the composition of output. Other writers take the position that structural transformation should be viewed not merely as a consequence of development but as a process that should be deliberately fostered by policy measures to accelerate development and to ensure that low income in pre-industrial societies will succeed in realizing their goals of achieving self-sustained economic growth. (Johnston, 1970, p. 374).

Conforme Mellor (1998), agora, os economistas reconhecem que existe uma inter-relação muito forte entre o setor agrícola e o não agrícola. Na mesma direção, Timmer (1992) argumenta que existe uma forte interação entre o rural e o urbano com efeitos dinâmicos significativos sobre a pobreza e o crescimento, porém essa mediação nem sempre é bem sucedida pelo auto ajuste de mercado, de modo que requer-se intervenção de políticas públicas por parte dos governos.

Em síntese, percebe-se que o papel atribuído ao setor agrícola no processo de crescimento econômico passou por várias fases, desde uma exaltação excessiva no setor, até aquelas visões mais extremas, que costumavam negar seu papel por completo. Hoje, essa questão parece superada e há relativa convergência no debate, sendo que o principal problema levantado é a relativa baixa produtividade do setor agrícola quando comparado aos demais setores da economia, e mais importante, se a atuação dos formuladores de políticas públicas deveria ser passiva, deixando a transição ocorrer de maneira natural, ou então na forma preferida pela maioria dos acadêmicos na área, através de intervenções diretas do governo, tomando papel central na tarefa de conduzir suas economias através do processo de desenvolvimento.

2.2 O Setor Agropecuário Brasileiro

A agricultura tem sido apontada como um caso de sucesso no país, inclusive dando destaque ao Brasil como um dos maiores players globais do setor. Sua competitividade internacional é notável em muitas culturas. A produtividade da agricultura avança revelada pelo aumento da produção sem correspondente aumento da área plantada, ao mesmo tempo em que se solidifica a expansão agrícola que atinge as regiões centro-oeste e, mais recentemente, norte do país. Apesar disso, quando observados os dados censitários relacionados à evolução do setor agrícola, percebe-se que a história econômica brasileira reflete os fatos observados por Kuznets, anteriormente discutido, de que ao longo do processo de industrialização a agricultura tende a perder espaço no *quantum* da economia.

Ao observar-se os dados históricos do censo agropecuário (tabela 1) percebe-se os reflexos na agricultura da evolução econômica brasileira, onde a partir de um processo de industrialização, nota-se uma diminuição do pessoal empregado nos campos, tendo como contrapartida um forte aumento do uso de tratores, o que possibilitou um melhor aproveitamento das terras.

Outro fato que merece destaque é a presença de duas grandes expansões de áreas destinadas a lavouras. Uma entre 1970 e 1980 como resultado da expansão para o centro-oeste do país e outra entre 1995 e 2006 fruto de uma expansão para o norte, esses dois movimentos migratórios tem impactos importantes sobre a economia dessas regiões e que tem se refletido atualmente em seu desempenho econômico (principalmente no centro-oeste, onde o movimento já está consolidado).

Tabela 1 - Evolução da Agricultura a Partir dos Dados Censitários

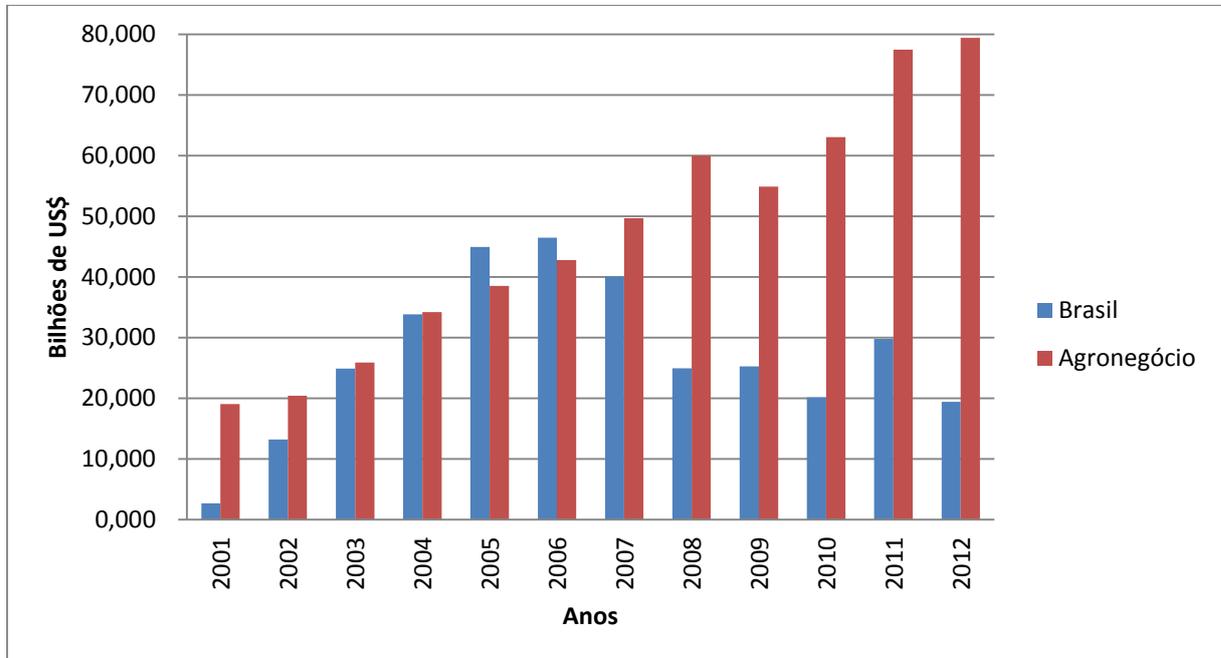
Variável	1920	1940	1950	1960	1970	1980	1995	2006
Estabelecimentos	100	294	319	515	760	796	750	798
Área de Lavoura	100	284	287	432	512	869	754	901
Área Produtiva (%)	3,79	9,53	8,22	11,49	11,55	15,82	14,17	18,14
Média de Pessoal	9,74	5,33	5,33	4,68	3,57	4,1	3,69	3,20
Média de Tratores	3893,35	5572,61	2280,82	468,04	204,88	105,88	62,65	72,92

Fonte: Adaptado de Gasques et al. (2010).

Voltando-se agora para os números do setor frente à economia brasileira, a partir do saldo da balança comercial do agronegócio comparativamente ao resto da produção do país, percebe-se claramente um aumento do saldo desse contra o resto da economia (Figura 1). Isso

dá força a hipótese de solidificação do setor como importante motor do desempenho econômico brasileiro.

Figura 1 – Saldo da Balança Comercial Brasileira



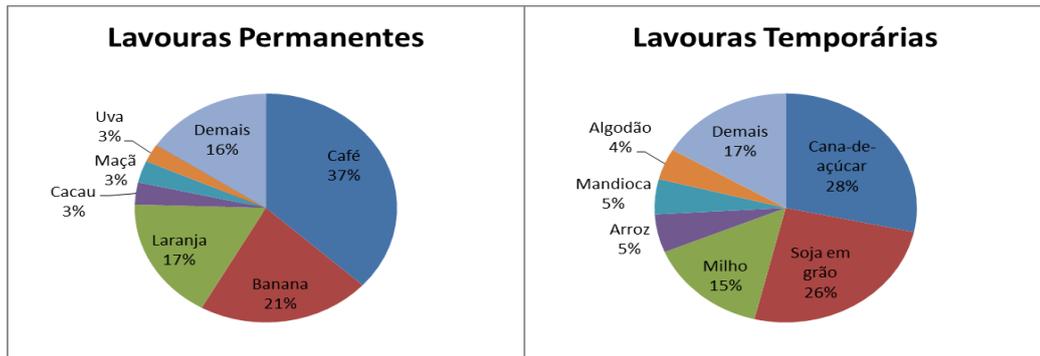
Fonte: SECEX/MDIC.

Na tentativa de qualificar melhor os resultados trazidos pela balança comercial a partir dos dados do Censo Agropecuário 2006, olhando as principais culturas a partir de sua contribuição para o valor adicionado (Figura 2), percebe-se o forte predomínio das culturas que o Brasil é apontado entre os líderes mundiais de exportações, como o café, banana e laranja nas culturas permanentes e principalmente a soja e a cana-de-açúcar na classe dos produtos da lavoura temporária, os quais puxam as exportações de produtos agrícolas no Brasil¹.

Esses números levantam outro problema em termos de desenvolvimento, pois apesar de sua grande adaptabilidade, essas culturas não podem ser cultivadas em todas as regiões brasileiras, o que a partir da constatação de seu grande valor adicionado frente as demais, tende a acentuar problemáticas relacionadas à concentração regional, uma vez que as três principais culturas (tanto as permanentes como as temporárias) representam praticamente 75% do valor de produção para o ano de 2006 como fica evidenciado na figura 2.

¹ É importante destacar que no balanço do agronegócio também estão incluídos os produtos de origem agropecuária. Porém, devido ao foco deste trabalho, optou-se por excluir os mesmos das análises subsequentes.

Figura 2 - Participação das Principais Culturas no Valor de Produção



Fonte: Censo Agropecuário 2006.

Outra questão a ser levada em conta é o grau de concentração fundiária no Brasil, o que pode fazer com que resultados relacionados ao bom desempenho comercial do setor sejam na verdade mascarados, já que poucas unidades produtivas realmente se apropriam dos ganhos. Esse fato pode ter contornos ainda mais importantes no Brasil, onde existe um predomínio de pequenas propriedades com agricultura de pequena escala e que tradicionalmente não se caracterizam por participar no comércio internacional. Sobre os impactos disso no desenvolvimento, Todaro e Smith (p. 455, 2006) chamam a atenção para a necessidade de intervenção governamental para assegurar a esses pequenos produtores um nível de competitividade digno para que possam se estabelecer nos mercados locais.

Como destacado, apesar do caso de sucesso que representa o agronegócio, o Brasil é notadamente um país desigual, sendo que existem verdadeiros abismos entre as regiões. Dessa forma o benefício gerado pelo agronegócio pode gerar uma armadilha de crescimento acentuando ainda mais as disparidades que existem uma vez que poucas regiões podem estar se apropriando de maneira mais significativa desses benefícios.

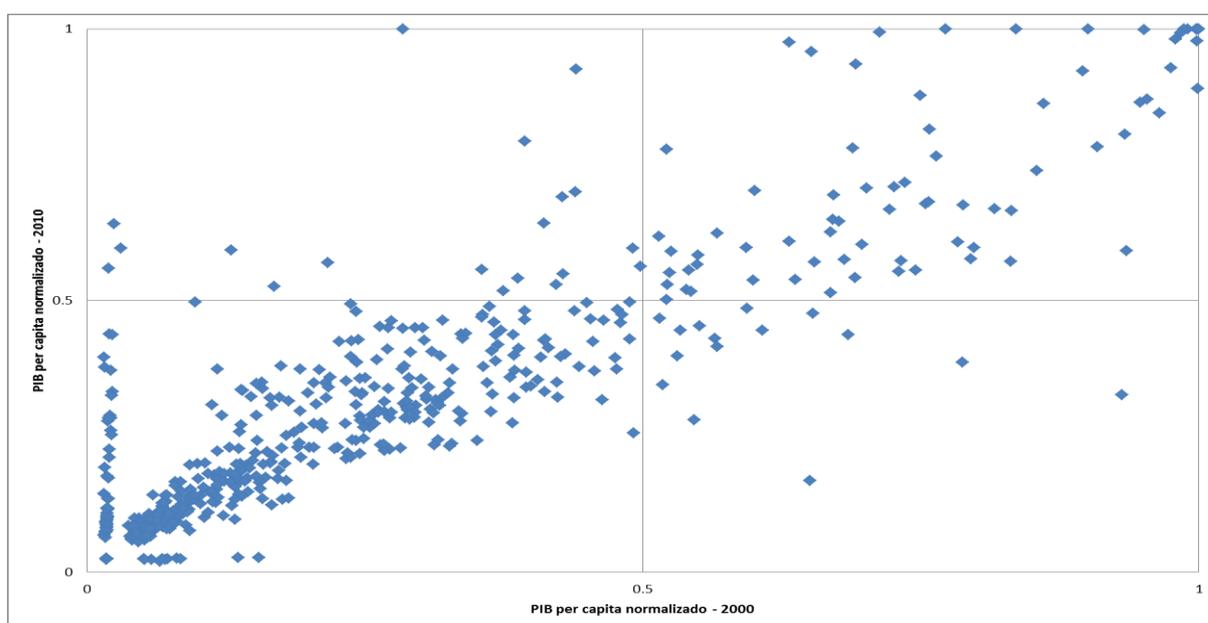
Para analisar, ainda que de forma exploratória, a correlação entre agricultura e padrão de desenvolvimento regional no Brasil, buscou-se organizar e caracterizar as microrregiões brasileiras em termos do seu nível de renda per capita como também sua estrutura produtiva com particular interesse sobre o peso da atividade agropecuária². Primeiramente, a partir dos dados de valor adicionado e pessoal ocupado por setores da economia (esses últimos obtidos a partir de informações retiradas dos Censos Demográficos 2000 e 2010) foi construído um indicador de dinâmica regional, onde os dados de renda per capita no período inicial foram confrontados com os dados da variação real do valor no período (2000 - 2010). Assim, tem-se

² Como utilizou-se os dados do PIB Municipal do IBGE, não foi possível avaliar isoladamente o setor agrícola.

um indicador que aponta se a microrregião foi estática no sentido de manter o padrão de renda per capita, ou se a mesma apresentou algum tipo de dinâmica (moveu-se acima/abaixo da média). Por fim, os dados foram normalizados em uma escala de 0 a 1, onde o valor 0,5 refere-se à média da renda per capita padronizada (Figura 3).

Via de regra, percebe-se uma forte concentração das regiões próximas à origem no gráfico, o que em outras palavras, aponta para uma persistência do padrão de renda per capita abaixo da média ao longo do tempo analisado. Essa situação, em termos de desenvolvimento regional, caracteriza um processo de certa manutenção do padrão de disparidades regionais, uma vez que grande parte das regiões está concentrada na área do terceiro quadrante.

Figura 3 – Dinâmica Microrregional de Riqueza (2000-2010)



Fonte: Resultados de Pesquisa.

Com essa tipologia desenvolvida, é possível construir uma caracterização qualitativa dos dados, dividida em quatro blocos, seguindo os quadrantes do gráfico, onde no primeiro quadrante estão as regiões ricas e dinâmicas (RR), no segundo as pobres e dinâmicas (PR), no terceiro as pobres não-dinâmicas (PP) e no quarto as ricas não-dinâmicas (RP). A seguir são apresentados alguns dados para cada grupo de microrregiões nessa tipologia para compreender a importância econômica de cada um como também a composição setorial da sua produção.

Conforme os dados da Tabela 2, percebe-se forte concentração regional já que 80% das microrregiões são responsáveis por apenas algo em torno de 31% do valor adicionado. Além disso, o que é mais grave em termos regionais é a notável persistência dessa distribuição, uma

vez que o número de microrregiões que eram pobres e passaram a ser ricas é muito pequeno e se equipara ao número de microrregiões que eram ricas e passaram a ser pobres (3%).

Tabela 2 – Participação no VA a partir da Classificação das Microrregiões

Classificação das microrregiões segundo o nível de desenvolvimento: composição percentual			
	<i>Número de Microrregiões (%)</i>	<i>VA 2000 (%)</i>	<i>VA 2010 (%)</i>
1 – PP	80	30.6	33.1
2 – RR	13	65.3	62.7
3 – PR	3	1.5	2.1
4 – RP	3	2.6	2.2
Total geral	100	100	100

Fonte: Resultados de Pesquisa.

Num segundo momento, a análise realizada (Tabela 3) procura caracterizar as economias dessas regiões a partir de sua composição de valor adicionado dividido por atividades da economia. Esse exercício é importante na tentativa de compreender qual o perfil produtivo interno conforme a estrutura de cada região dentro da tipologia proposta, esse exercício é interessante no sentido de encontrar alguma diferenciação em termos estruturais como possível causador dos resultados, em termos de dinâmica, encontrados.

Tabela 3 –VA setorial a partir da Classificação das Microrregiões (%)

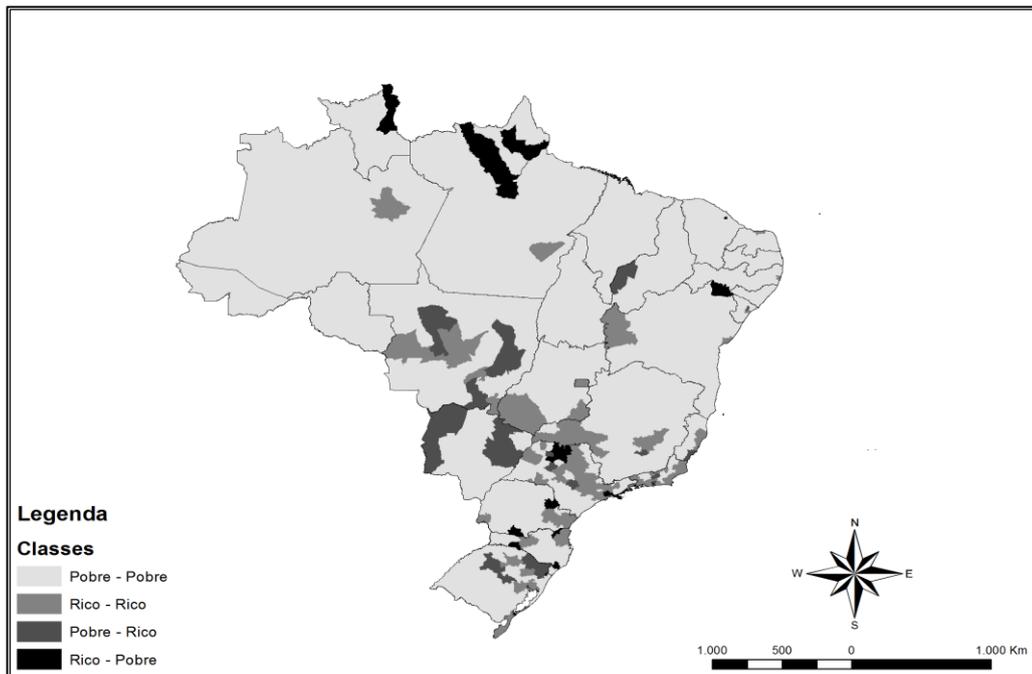
	<i>Agropecuária</i>		<i>Indústria</i>		<i>Serviços</i>	
	<i>2000</i>	<i>2010</i>	<i>2000</i>	<i>2010</i>	<i>2000</i>	<i>2010</i>
1 – PP	12.3	10.8	20.8	21.9	64.3	64.9
2 – RR	1.5	1.5	30.2	30.7	67.7	67.7
3 – PR	18.2	11.3	23.8	35.0	57.9	51.5
4 – RP	4.7	4.6	33.3	31.4	59.5	63.4
Total geral	5.1	4.8	27.3	27.9	66.3	66.3

Fonte: Resultados de Pesquisa

Como era de se esperar, as estruturas internas das regiões conforme essa classificação exibem alguma diferenciação, onde nota-se que aquelas que apresentam menor renda e são menos dinâmicas (grupo PP) estão relacionadas a uma maior participação do setor agropecuário em suas economias. Apesar de terem no setor de serviços sua maior participação, nessas regiões, o desempenho desse setor tende a ser fortemente dependente do desempenho do setor agrícola, pois em sua grande maioria, essas são regiões de pequeno porte e que tem seu desempenho fortemente correlacionado com o dos demais setores, especialmente da agropecuária.

Observa-se também que as regiões do grupo PR, embora com participação relativamente mais elevada do setor agropecuário, apresentaram grande aumento da participação do setor industrial em comparação com os demais setores no período entre 2000 e 2010, sugerindo que mesmo regiões com forte dependência da atividade agropecuária podem apresentar dinamismo em termos de crescimento relativo de sua renda per capita.

Figura 4 - Microrregiões conforme classificação de dinâmica.



Fonte: Resultado de Pesquisa.

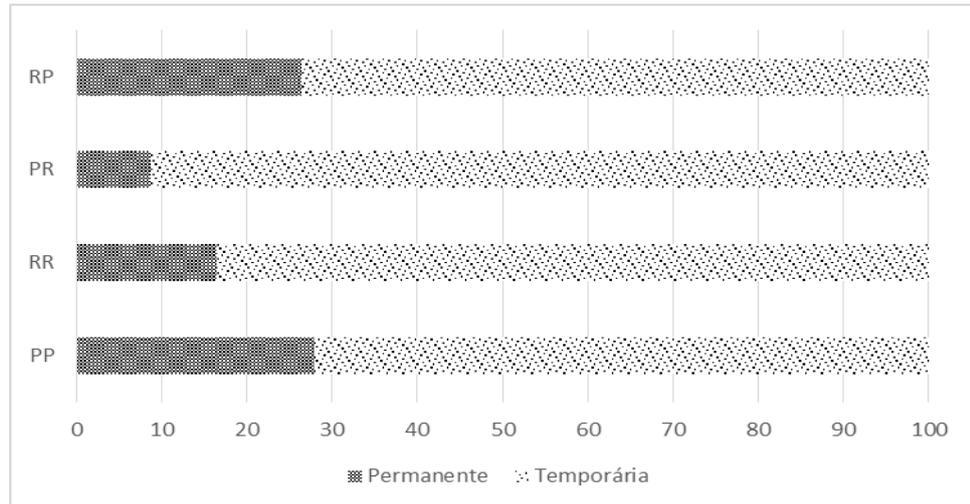
Pela figura 4, é possível perceber uma concentração das áreas ricas e que passaram por algum tipo de transição no centro do país, o que em termos regionais faz evidenciar a disparidade existente entre as diferentes regiões, já que a maioria encontra-se em um estágio de pobreza e estagnação. Isso se torna ainda mais grave principalmente no que diz respeito as regiões Norte e Nordeste, as quais em termos de desenvolvimento apresentam problemas historicamente mais críticos que as demais.

Como último exercício na tentativa de relacionar de alguma forma o desenvolvimento microrregional, medido pelo índice aqui desenvolvido, com o desempenho da agricultura propriamente dita, são feitas algumas análises buscando-se caracterizar as regiões de acordo com seu padrão de agricultura na busca de fatores que possam ajudar na compreensão desse processo econômico.

Na figura 5, os valores de produção das regiões foram divididos entre as culturas permanentes e temporárias a fim de caracterizar uma possível relação entre tipos de culturas e

desenvolvimento regional. Apesar de em todas as categorias existir uma predominância das culturas temporárias é possível perceber uma participação relativa maior das culturas permanentes naquelas regiões que no período apresentaram pior desempenho (RP e PP).

Figura 5 – Composição do Valor de Produção Agrícola



Fonte: Resultado de Pesquisa.

Como a figura 5 traz informações muito heterogêneas, por serem envolvidas diversas possibilidades de cultivos em cada um dos grupos, é feito um desmembramento por culturas com maiores valores adicionado em cada uma das subclasses propostas para tentar traçar alguma possível relação entre culturas praticadas e desenvolvimento microrregional.

Quando olhadas as culturas permanentes, percebe-se que o cultivo de bananas tem a liderança tanto no grupo PP quanto no RR, o que aponta para uma grande heterogeneidade da produção, da mesma forma o segundo e terceiro colocados nesses grupos são café e laranja, apenas alternando suas posições. Nas regiões que passaram por algum tipo de mudança PR e RP, também torna-se difícil fazer alguma inferência definitiva quanto ao tipo de cultura e sua possível correlação com o desempenho da região³.

Por outro lado, quando analisadas as culturas temporárias, ainda que o primeiro lugar em valor de produção seja compartilhado por três das quatro classes percebe-se um maior peso de dois produtos que estão mais relacionados a subsistência nas regiões de menor desempenho, a mandioca e o milho e em menor medida o feijão.

³ Nesse ponto é importante destacar um processo observado ao longo dos anos que tem se observado na agricultura brasileira: o declínio das áreas destinadas as culturas permanentes, acompanhado de sua concentração em poucos produtos. Para uma discussão mais precisa sobre esse tópico, ver Gasquez et al. (2010).

Tabela 4 – Produtos com Maiores Valores de Produção nas Lavouras Permanentes

<i>Pobres Não Dinâmicas</i>		<i>Ricos Dinâmicos</i>		<i>Pobres Dinâmicos</i>		<i>Ricos Não Dinâmicos</i>	
Culturas	Total	Culturas	Total	Culturas	Total	Culturas	Total
Banana	176	Banana	25	Café	5	Laranja	5
Café	95	Laranja	21	Laranja	5	Banana	4
Laranja	43	Café	13	Borracha	4	Açaí	1
Caju	35	Uva	5	Banana	3	Ameixa	1
Uva	19	Abacate	2	Erva-mate	1	Caju	1
Demais	81	Demais	9	Demais	1	Demais	3

Fonte: Resultado de Pesquisa.

Tabela 5 - Produtos com Maiores Valores de Produção nas Lavouras Temporárias

<i>Pobres Não Dinâmicas</i>		<i>Ricos Dinâmicos</i>		<i>Pobres Dinâmicos</i>		<i>Ricos Não Dinâmicos</i>	
Culturas	Total	Culturas	Total	Culturas	Total	Culturas	Total
Cana-de-açúcar	89	Cana-de-açúcar	31	Soja em grão	8	Cana-de-açúcar	4
Milho em grão	88	Soja em grão	14	Cana-de-açúcar	5	Mandioca	4
Mandioca	71	Mandioca	9	Milho em grão	2	Milho em grão	2
Soja em grão	70	Arroz em casca	6	Algodão	1	Soja em grão	2
Feijão	44	Milho em grão	6	Feijão	1	Arroz em casca	1
Demais	87	Demais	9	Demais	2	Demais	2

Fonte: Resultado de Pesquisa.

Ainda que a análise aqui desenvolvida não foi muito conclusiva, dado o bom desempenho apresentado pelo setor agropecuário brasileiro nos últimos anos, com constantes incrementos de participação na economia mundial, torna-se pertinente analisar se, independentemente de tamanho de propriedade e escala alcançada, as unidades conseguem atingir níveis de eficiência similares, pois neste caso pode ser garantido certo grau de isonomia entre elas, caso contrário há uma tendência ao agravamento de disparidades, refletidas no contexto regional.

Junto a isso, regiões mais pobres têm uma maior dependência do setor agropecuário, pois ainda que suas economias sejam predominantemente dependentes do setor de serviços, este é um setor de funcionamento bastante peculiar já que não tem grande autonomia, ou de outra forma, tem seu desempenho bastante dependente do desempenho dos demais setores. Esse fato ganha contornos especiais em termos de Brasil já que a indústria está bastante concentrada no Sudeste, o que torna fundamental para o bom funcionamento das demais regiões um bom desempenho do setor agropecuário. Por isso torna-se pertinente trabalhar na tentativa de melhor caracterizar as regiões, buscando padrões mais claros relacionados a agricultura.

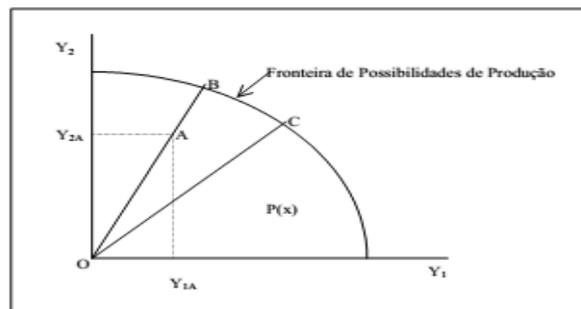
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mensuração de Eficiência Produtiva

A partir da consolidação da microeconomia como ramo da economia, ocorreu um esforço durante a década de 1950 em produzir medidas de eficiência relacionando as firmas e sua capacidade no uso de insumos no processo produtivo, a partir do tópico que ficou conhecido como produtividade total dos fatores (PTF). Na definição de Kumbhakar e Lovell (2000, p.02), nem todos os produtores são bem sucedidos na utilização da menor quantidade possível de insumos para obter-se a otimização de produto dada a tecnologia disponível, em outras palavras, nem todos os produtores são tecnicamente eficientes. Também vale destacar que, ainda que aqui é dado um foco em termos econômicos para essa metodologia (falando-se em termos de produtos/produtores), essa abordagem é bastante difundida em outras áreas como por exemplo na engenharia de produção e gerenciamento de recursos, o que mostra a credibilidade e flexibilidade apresentado pelo método.

Conforme Marinho e Carvalho (2004, p.03), a medida de eficiência de uma empresa pode ser obtida a partir da estimativa de uma função de fronteira. O montante pelo qual uma firma fica abaixo de suas fronteiras de produção e lucro ou acima de sua fronteira de custos é considerado como medidas de ineficiência técnica. Assim, partindo dessa ideia, pode-se pensar em cada unidade geográfica como uma empresa onde sua produtividade, dados os insumos disponíveis, representa sua fronteira de produção e sua ineficiência é medida pela distância desta, ao máximo que poderia estar sendo obtido caso a utilização dos recursos fosse feita de forma ótima. Intuitivamente, a partir do gráfico na Figura 5, é possível perceber que, dada a função de produção $P(x)$, o ponto A seria um ponto ineficiente já que é um ponto interno à fronteira de possibilidade de produção (FPP), onde estão situados os pontos B e C.

Figura 6 - Fronteira de Possibilidade de Produção



Fonte: Marinho e Carvalho (2004).

Farrel (1957) foi o primeiro trabalho a mensurar a eficiência produtiva empiricamente, sendo que a partir de então uma série de trabalhos majoritariamente fazendo uso de números índices se dedicou ao assunto, como por exemplo Caves et al. (1982) e Färe et al. (1994), que utilizam números índices de Malmquist para a construção de índices de eficiência técnica. Apesar de Malmquist ser o mais tradicional nessa literatura, existem alguns outros como por exemplo o índice de Tornquist (que fundamenta a base de mensuração pelo método DEA⁴), como também, em menor escala, os já tradicionais índices de Fischer, Paasche e Laspeyres.

Paralelamente a utilização de números índices, as abordagens usadas para estimar o grau de eficiência dos produtores, e que tem maior recorrência na literatura em função de sua maior sofisticação, consiste em estimar funções de fronteira por meio de modelos econométricos SFA⁵ ou então a partir da utilização de procedimentos de otimização DEA.

A abordagem DEA é definida por problemas de programação linear e funciona bem quando os desvios em relação à produção ótima são somente devidos a ineficiências técnicas, ou em outras palavras, devido unicamente a incapacidade do produtor. A abordagem não paramétrica DEA foi desenvolvida diretamente da análise inicial de Farrel (1957) e sua característica mais marcante está na ausência de hipóteses que estabeleçam uma relação na qual os insumos são transformados em produtos, ou seja, ausência de uma função de produção. Ela tem como regra básica a comparação de observações de firmas, com auxílio de programação linear, para estabelecer uma fronteira com uma tecnologia de “melhor prática”, criada a partir de todas as combinações convexas de firmas disponíveis.

Porém, a falha por parte dos agentes na tentativa de maximizar sua produção sujeito as restrições que ele enfrenta, pode ser consequência tanto de sua inaptidão produtiva quanto de fatores fora de seu controle, assim em termos de análise econômica, essa técnica limita bastante a capacidade analítica por parte do pesquisador, pois pode induzi-lo a conclusões precipitadas, atribuindo “culpa” para quem não o tem.

Uma alternativa encontrada para contornar esse problema e que foi desenvolvida ao longo da década de 1970, diz respeito a utilização de fronteiras de produção com termo de erro, o que permite maior controle sobre ruídos que possam estar afetando espuriamente os dados. Assim, foi possível, além de diminuir a sensibilidade dos dados a perturbações, fazer uma aproximação do método para uma abordagem tradicionalmente da economia, a econometria.

⁴ Data Envelopment Analysis.

⁵ Stochastic Frontier Analysis.

3.2 Fronteiras de Produção Estocástica⁶

As limitações de um método servem de inspiração para o aprimoramento da técnica e possíveis novos desdobramentos. Com a literatura de mensuração de eficiência essa máxima não foi diferente. Conforme anteriormente assinalado, a incapacidade dos modelos de programação linear em responder a questionamentos econômicos mais específicos, levou ao desenvolvimento da técnica de fronteiras estocásticas paramétricas. Segundo Kumbhakar e Lovell (2000, p. 4), o desmembramento do termo de erros com a introdução de um componente que tem o objetivo de capturar os efeitos da ineficiência, constitui a contribuição econométrica mais importante desta técnica para a estimação das fronteiras de produção.

Dois trabalhos quase simultâneos e um terceiro publicado alguns meses depois inauguraram a tradição de mensuração de eficiência técnica a partir de funções de produção estocásticas. Meeusen e Van den Broeck (1977) e Aigner et al. (1977) são considerados os trabalhos pioneiros no assunto, sendo que seus trabalhos se distinguem basicamente em função da distribuição estatística proposta para o termo de erro. Enquanto os primeiros propuseram a distribuição exponencial, os últimos utilizaram a meio-normal. Uma conclusão comum a ambos é a de que a modelagem proposta era capaz de oferecer unicamente a estimação da eficiência média dos produtores em conjunto e não uma medida individual. Esse fato tirava um pouco a relevância do método quando comparado a DEA por exemplo. Levando essa limitação em conta, Jondrow et al. (1982), adaptaram as propriedades estatísticas do modelo de forma a possibilitar a estimação da eficiência individual das firmas, e não só trazer um parâmetro médio como até então era o caso, o que fez com que houvesse uma profusão do uso dessa ferramenta.

Desde então contribuições marginais têm sido feitas ao método, o que tem feito com que sua utilização se torne cada vez mais flexível e, conseqüentemente, ampla. Dentre elas destaca-se a de Koop e Diewert (1982), que provaram as propriedades do modelo sob as hipóteses de uma função de produção menos restritiva do que a Cobb-Douglas até então utilizada, ou seja, a função Translog. Outras duas contribuições importantes dizem respeito ao pressuposto feito no modelo quanto a função de produção das firmas e conseqüente termo de erro das mesmas, onde Stevenson (1980) estendeu as validades do método para a distribuição normal truncada e Greene (1990) para a função Gamma. Porém, nesse mesmo trabalho, o autor

⁶ Esta sessão foi desenvolvida predominantemente inspirada em KUMBHAKAR e LOVELL (2000).

mostrou que as quatro distribuições até então utilizadas para os modelos SFA tinham uma correlação muito próxima de um, em outras palavras, seus resultados diferiam muito pouco.

Em 1995, Battese e Coelli adaptaram o modelo de forma a incorporar variáveis explanatórias no termo de erro atribuído a ineficiência, de forma a capturar não só variáveis importantes para a explicação da função de produção como também aquelas supostamente relacionadas ao termo de ineficiência e que indiretamente acabavam por criar distúrbios nos resultados de eficiência. Os autores argumentam que por vezes a “culpa” que recai sobre firmas/produtores estava lhes sendo injustamente atribuída, sendo assim, ao dividir a função entre fatores de produção e termos de ineficiência, esse problema seria atenuado.

Em resumo, para uma dada tecnologia, a função fronteira de produção caracteriza o mínimo conjunto de insumos necessários para produzir quantidades fixas de vários tipos de produtos (orientação segundo a ótica dos insumos), ou de forma análoga, a fronteira de produção caracteriza a máxima produção possível dada uma quantidade fixa de insumos (orientação segundo a ótica dos produtos). Por sua vez, os desvios em relação a essa fronteira podem ocorrer em função de incapacidades produtivas e também em função de fatores que influenciam a produção não por meio dos insumos, mas indiretamente por outros canais.

Matematicamente, pela análise de SFA formalizada por Battese e Coelli (1995 e 2005), a ineficiência técnica na função de produção pode ser construída e posteriormente linearizada como:

$$y_{it} = e^{(x_{it}\beta + v_{it} - u_{it})} = e^{(x_{it}\beta + v_{it})} e^{(-u_{it})} \quad (1)$$

$$\ln y_{it} = x_{it}\beta_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (2)$$

Onde y representa a quantidade produzida pela unidade i no período t , x é o vetor de insumos utilizado e β é o vetor de coeficientes a serem estimados que vão definir a tecnologia empregada na produção.

A grande contribuição metodológica do modelo fica por conta dos termos v_{it} e u_{it} que representam componentes distintos do erro: v_{it} é a parte aleatória do erro com $v_{it} \text{ iid} \sim N(0; 1)$, já o componente $u_{it} \geq 0$ que é $\text{iid} \sim N^+(\mu; \sigma_u^2)$ ⁷ mede a presença de ineficiência na função de

⁷ É importante lembrar que neste caso específico, por imposições computacionais do programa utilizado, a distribuição assumida é a *half-normal*, porém as mesmas propriedades são válidas para a normal truncada, exponencial e gamma, sendo necessário para tanto, algumas adaptações na modelagem.

produção. Assim através de um teste usual de MQO, caso u_{it} seja estatisticamente diferente de zero, há presença de ineficiência técnica e sua modelagem é dada por:

$$u_{it} = e^{-\gamma(t-T)\delta_{it}}u_i \quad (3)$$

A medida de ineficiência no tempo na equação (3) será dada por γ , que em caso de um modelo não estará presente e em um modelo de painel de dados apresenta três situações distintas: caso de $\gamma = 0$ tem-se que a ineficiência é persistente no tempo; caso γ positivo tem-se uma ineficiência decrescente no tempo; caso γ negativo tem-se um crescimento da ineficiência. Alternativamente para o caso cross-section tem-se:

$$u_{it} = e^{\delta_i}u_i \quad (4)$$

Assim, quanto mais eficiente for a utilização dos insumos para a produção, mais próximo de 0 se encontrará o valor de u_{it} . δ representa os fatores que influenciam diretamente a eficiência de forma indireta não relacionado aos insumos de produção mas que de alguma forma impactam no índice.

Em síntese, ainda que tenha suas limitações, pode-se atribuir a esse modelo de fronteiras estocásticas algumas virtudes bastante úteis em termos de análise econômica. Dentre elas destaca-se a capacidade de atribuir um nível individual de eficiência e também o fato de isolar efeitos que impactam no resultado individual, mas que não estão sob controle das unidades. Isso possibilita uma análise mais pura e que conseqüentemente mede melhor o desempenho produtivo das firmas.

3.3 Comparativo entre DEA e SFA

Por fim, devido à grande recorrência, podendo até ser considerada certa predominância da metodologia DEA, é importante apontar de maneira sucinta algumas vantagens e desvantagem de cada um dos métodos, já que apesar de ambas terem sido desenvolvidas para a análise de eficiência técnica de produção algumas diferenças metodológicas e de execução tem profundos resultados sobre as análises finais.

Fonseca (2005) e Nogueira (2005) chamam atenção para (des)vantagens do uso da abordagem SFA e DEA. Começando pela metodologia SFA, destaca-se como pontos positivos a possibilidade de incorporar informações relativas aos determinantes da produtividade separadamente, discriminando aqueles influentes sobre a produção e aqueles que impactam a eficiência. Outra vantagem associada ao método é sua baixa sensibilidade aos valores extremos que são tratados como *outliers* e por isso tem seu impacto reduzido no resultado final. Por outro lado, o SFA é vulnerável ao tamanho da amostra, pois para amostras pequenas não é possível distribuir o erro em dois componentes; ao erro de especificação da forma funcional que acaba por viesar os resultados e, por fim, a crítica mais forte feita ao método é a imposição de uma forma funcional para a função de produção (tecnologia empregada) a qual também é considerada uniforme entre todas as firmas.

O método de DEA por sua vez é não estocástico, mais especificadamente, trabalha a partir do conceito de programação linear, onde a partir dos dados procura otimizar a utilização dos insumos dados na obtenção do produto. Ao não atribuir uma função de produção as firmas, usa como fronteira de possibilidade aquela unidade que faz a melhor combinação dos insumos na obtenção do produto e por isso, torna-se sensível a presença de outliers. Como trata-se de um modelo determinístico, não permite testes para a sensibilidade dos parâmetros, em outras palavras, não distingue os fatores de produção entre significativos e não significativos. Por outro lado, não necessita ponderar a priori as variáveis multiprodutos, o que torna sua aplicação um pouco mais ampla, principalmente quando consideradas empresas que produzem mais de um produto, fato que torna particularmente problemática a aplicação das técnicas de SFA.

Em resumo, cada um dos métodos apresenta pontos fortes e fracos, porém acredita-se que as fronteiras de produção estocástica se adequam mais para a análise econômica que leve em conta não só elementos produtivos, mas que se preocupa em não negligenciar os elementos estruturais regionais, que em termos de Brasil tem bastante relevância muito em função da enorme heterogeneidade existente ao longo do território nacional.

3.4 Comparação com a Literatura

De modo geral, o que se constata na literatura nacional que procura mensurar eficiência produtiva na agricultura é uma predominância dos métodos de DEA (Data Envelopment Analysis) e índices de Malmquist, os quais mensura produtividade respectivamente, através de programação linear e produtividade total dos fatores. Aqueles que utilizam SFA são muito mais restritos tanto em número, quanto ao que se propõem a analisar, sendo que existe um predomínio de análises em painel, onde a unidade geográfica comumente utilizada são os Estados ou então macrorregiões (vide uma breve síntese na tabela 6).

Marinho e Carvalho (2004) foram pioneiros na utilização de fronteiras estocásticas para a análise do desempenho agrícola no Brasil. A partir de um painel de dados com informações do censo agropecuário de 1970 a 1995 em nível de Estados, os autores utilizam de uma função Translog para a estimação da eficiência agrícola para o País e macrorregiões. Em seu modelo, a produção agrícola foi utilizada como variável dependente e os fatores utilizados na tentativa de explicar a mesma foram: área, número de pessoas ocupadas, mecanização (tratores, máquinas e instrumentos). Já na ineficiência estão: área irrigada, empréstimos obtidos de fontes privadas e cooperativas (separadamente), investimentos em máquinas e índice de Gini de concentração da terra.

Os principais resultados encontrados pelos autores foram que os empréstimos privados e índice de concentração mostraram-se significativos e com sinal esperado no modelo geral. Nos modelos regionais (cinco macrorregiões), investimentos em máquinas e índice de concentração de terra mostraram-se significantes e com sinal esperado. No trabalho, os índices médios de eficiência encontrados para os Estados foram todos superiores a 90%. Apesar de não tratarem disso, esse resultado pode ser consequência da não inclusão de variáveis que capturam os efeitos fixos, como foi o caso das primeiras estimações neste trabalho, que também teve resultados bastante similares a esses.

Rivera e Constantin (2007), em vez de utilizar todas as culturas, utilizaram apenas algumas culturas selecionadas do grupo das temporárias (arroz, feijão, milho, soja e trigo) com um painel de dados de 2001 a 2006 com dados da PAM (Pesquisa Agrícola Municipal), em nível de Estados, para uma análise agregada de macrorregiões. Um ponto interessante do trabalho foi que os autores utilizaram tanto SFA (a partir de uma função de produção Translog) quanto DEA e Malmquist, o que permitiu uma diferenciação de resultados quanto aos diferentes tipos de indicadores para as culturas selecionadas.

Como variáveis significativas do modelo foram encontradas área e crédito, sendo que a primeira contribuiu para aumento de ineficiência e a segunda para melhoria da eficiência. Como se trata de painel de dados, os autores também encontraram um aumento de ineficiência no tempo. Diferentemente do trabalho anterior, como fontes de ineficiência foram utilizados apenas macrorregiões (*dummies*), onde todas foram significativas e com efeito negativo sobre o desempenho. Nota-se que os maiores níveis de eficiência nas lavouras selecionadas foram encontrados respectivamente no Nordeste, Norte, Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Assim como o trabalho de Marinho e Carvalho (2004), os níveis de eficiência associados as regiões foram bastante elevados (cerca de 80%), fato esse que pode estar associado novamente a não inclusão de variáveis características do espaço. Essa hipótese é reforçada pela significância encontrada pelas *dummies* de macrorregiões, já que as mesmas refletem características regionais.

Da Silva et al. (2010) trabalha com um painel de dados a partir dos censos 1996 e 2006 em nível de Estados, utilizando uma função de produção Cobb-Douglas. Como variáveis explicativas foram utilizados os fatores terra, capital, trabalho e outros insumos (fertilizantes, agrotóxicos, sementes e outros insumos). Já para a ineficiência foi utilizado o número de pesquisadores contratados pela Embrapa como proxy para investimento em pesquisa. Como resultados significativos constatou-se que trabalho e capital aumentam a ineficiência no modelo. O número de pesquisadores foi um fator significativo para a redução da ineficiência. Vale destacar que, assim como os trabalhos anteriores, a eficiência global média foi de 84% em 1996 e 74% em 2006.

De modo geral, os fatores de produção utilizados nos trabalhos citados e no aqui desenvolvido são muito parecidos, mudando em algum grau a forma de especificação da ineficiência no modelo. Outro fato percebido é que os trabalhos citados têm como ponto comum o alto grau de eficiência observado nas análises. Este fato pode ser consequência do “tamanho” do espaço utilizado, pois em um recorte territorial mais fragmentado abre-se espaço para uma maior variabilidade nos dados e, conseqüentemente, padrões de eficiência mais dispersos. Nesse trabalho, tal aspecto é reforçado pela presença de dependência espacial, o que evidencia a necessidade de analisar os condicionantes de produtividade e eficiência de forma mais desagregada, considerando explicitamente os elementos espaciais que são particularmente importantes na agricultura. Também se observa que ao analisarem a agricultura de maneira muito agregada (sem distinção de culturas), a (in)eficiência acaba sendo compartilhada por um número maior de unidades, o que pode causar algum viés nos resultados.

Tabela 6 - Quadro Síntese dos Principais Trabalhos para o Brasil.

Autores/Ano	Modelo	Recorte Territorial	Culturas	Variável Dependente	Insumos e efeitos estimados	Termos de ineficiência
Marinho e Carvalho (2004)	SFA (translog) Malmquist.	Macrorregiões	Todas sem classificação	Quantidade Colhida	Área (+); Trabalhadores (-) Mecanização (-)	Área Irrigada (-); Empréstimos (-); Investimentos (-); Gini da terra (+)
Rivera e Constantin (2007)	SFA (translog) DEA Malmquist	Brasil	Arroz; Feijão; Milho; Soja Trigo	Quantidade Colhida	Área (+); Crédito (-); Defensivos (+); Calcário (+)	
Da Silva et al. (2010)	SFA (Cobb-Douglas)	Estados	Todas	Valor de Produção	Área (+); Trabalhadores (+) Financiamentos (+); Outros Custos (+)	
Barros et al. (2004)	SFA (translog)	Microrregiões de Um Estado	Todas	Valor de Produção	Área Irrigada (+); Financiamentos (+); Trabalhadores (+); Outros Insumos (-)	
Loures e Moraes (2013)	SFA (Cobb-Douglas)	Municípios de Um Estado	Todas	Valor de Produção	Área (+); Trabalhadores (-); Tratores (+)	
Nogueira (2005)	DEA e modelo tobit	Microrregiões	Todas sem classificação	Quantidade Colhida	Área (+); Assistência (+); Energia Elétrica (+); Irrigação (+); Financiamento (-); Alfabetização (-).	

Fonte: Elaboração Própria.

4 DESCRIÇÃO DOS DADOS E O MODELO PROPOSTO

4.1 Variáveis Utilizadas

Para a execução do modelo proposto foram utilizados os microdados do Censo Agropecuário 2006 (Segunda Apuração) para lavouras temporárias e permanentes separadamente, em nível de estabelecimentos agropecuários, os quais foram posteriormente agrupados em microrregiões geográficas, totalizando o montante de 558. Algumas variáveis precisaram receber algum tipo de tratamento especial antes de sua inserção no modelo econométrico, como por exemplo, a quantidade e a mecanização.

Tabela 7 - Descrição das Variáveis Utilizadas

Variável	Lavouras	Observações	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Estabelecimentos (N°)	Permanente	558029	1000.05	2088.26	2.00000	25248.000
	Temporária	1881325	3371.55	4219.18	2.00000	30209.000
Produtos (N°)	Permanente	048				
	Temporária	033				
Quantidade (Toneladas)	Permanente	558	29458.6	29458.6	1.00000	1566746.0
	Temporária	558	680630	680630	15.8214	30414161
Área (Hectares)	Permanente	558	7157.80	7157.80	1.00000	363465.00
	Temporária	558	90055.7	90055.7	10.0000	2063034.0
Mecanização (Unidades)	Permanente	558	246.629	246.629	0.00000	7936.0000
	Temporária	558	904.817	904.817	0.00000	9964.8000
Empregados (Unidades)	Permanente	558	3969.50	3969.50	4.00000	79340.000
	Temporária	558	11009.1	11009.0	2.00000	71045.000
Financiamento (Reais)	Permanente	558	3162.59	3162.59	0.00000	94258.000
	Temporária	558	24943.4	24943.4	0.00000	1041509.0
Especialização (Índice)	Permanente	558	0,71039	0.71039	0.30325	0.9887120
	Temporária	558	0,63220	0.63220	0.23456	0.9502800
Escolaridade (Grupos)	Fundamental (P)	558	599.357	1261.62	1.00000	13326.000
	Médio (P)	558	88.1305	166.505	0.00000	2013.0000
	Superior (P)	558	34.5218	70.9611	0.00000	897.00000
	Fundamental (T)	558	1820.07	2368.88	0.00000	20835.000
	Médio (T)	558	185.272	247.199	0.00000	2605.0000
Precipitação (Milímetro)	Superior (T)	558	56.6649	76.7342	0.00000	526.00000
	Verão	558	61.9925	58.4813	1.31276	372.86550
	Outono	558	140.684	69.9348	43.8339	450.07420
	Inverno	558	95.8891	52.9315	2.57372	240.77780
Clima (Graus Celsius)	Primavera	558	171.683	78.4934	30.5166	342.38360
	Verão	558	21.0005	4.14143	12.3583	28.920910
	Outono	558	23.3116	2.81815	16.3250	27.469440
	Inverno	558	23.6535	3.27202	15.9598	27.248470
Biomass (Grupos)	Primavera	558	24.8711	1.90911	18.7333	28.506250
	Amazônia	069	0.12365	0.32948	0.00000	1.0000000
	Mata Atlântica	125	0.41935	0.49389	0.00000	1.0000000
	Caatinga	114	0.22240	0.41730	0.00000	1.0000000
	Cerrado	234	0.20430	0.40355	0.00000	1.0000000
	Pampa	003	0.02329	0.15098	0.00000	1.0000000
	Pantanal	014	0.00537	0.07319	0.00000	1.0000000

Fonte: Elaboração própria.

A seguir são descritas o processo de construção e a fonte onde cada uma das variáveis utilizadas nas estimações foram obtidas. Vale notar que os dados originais foram colhidos diretamente dos estabelecimentos censitários, o que demandou o agrupamento respectivamente em municípios e microrregiões. As únicas variáveis utilizadas que não foram obtidas diretamente do Censo referem-se a variável de especialização⁸, precipitação e clima, colhidos junto ao IPEADATA, e biomas, obtido junto ao IBGE.

- Q_i : variável dependente quantidade produzida, construída a partir de um índice de *quantum* onde as quantidades dos produtos da lavoura permanente e temporária (separadamente) receberam a ponderação com base no valor adicionado de cada produto⁹;
- A_i : área em hectares colhida por cada estabelecimento em cada tipo de lavoura;
- K_i : variável *proxy* para a mecanização, construída pela composição entre tratores e demais maquinário empregado a partir de uma análise de componentes principais (atribuiu-se um peso de 90% para tratores e 10% para demais máquinas);
- T_i : número do total de empregados declarados para o Censo divididos por tipo de lavoura¹⁰;
- F_i : total em milhares de reais dos financiamentos obtidos por tipo de lavouras;
- ESP_i : índice de especialização, o qual utiliza como fator de ponderação o valor total de produção das respectivas culturas (o índice varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior a concentração produtiva naquela microrregião)¹¹;
- ESC_i : escolaridade de quem dirige o estabelecimento dividida em três grupos: ensino fundamental, médio e superior completos. Vale destacar que essas informações são disponibilizadas por estabelecimentos, sendo atribuído apenas um valor para os mesmos, independente do número de administradores ali existentes;

⁸ Ainda que indiretamente possa ser atribuída ao Censo uma vez que para sua construção os dados foram retirados de lá.

⁹ $Q_i = \sum_j W_j^i Q_j^i$, onde i é a microrregião; j é o produto; Q_j^i é a quantidade em i de j ; W_j^i é o fator de ponderação dado por $W_j^i = \frac{V_j^i}{\sum_{j=1}^n V_j^i}$, onde V_j^i é o valor adicionado de i para o produto j ;

¹⁰ Os dados disponibilizados são de número bruto sem distinção de grupo de escolaridade ou rendimento salarial.

¹¹ $ESP_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^n \left| \frac{X_{pj}}{X_p} - \frac{X_{ij}}{X_i} \right|$, onde X_{ij} é o valor de produção de j na microrregião i , X_i é o total produzido na região i , X_{pj} valor de produção de j no país e X_p é o total da produção no país.

- $PREC_i^t$: precipitação média em milímetros por estações do ano (t = estação) por cada microrregião geográfica;
- CLI_i^t : temperatura média em graus Célsius por estações do ano (t = estação) por microrregiões;
- BIO_i^t : variável *dummy* que contém a classificação das microrregiões conforme a distribuição de biomas no território os quais são divididos em seis categorias; mata atlântica, amazônia, cerrado, caatinga, pantanal e pampa (omitida).

É importante chamar a atenção para a não inclusão de algumas variáveis recorrentemente utilizadas nessa literatura, como por exemplo, uso de corretivos e agrotóxicos, ou então uso de área irrigada. Esse tipo de informação, normalmente é fornecida para as lavouras de modo geral, sem distinção dos tipos de cultura, ou então para Estados. Como nesse trabalho a unidade territorial é mais desagregada, a distribuição do uso desses fatores em microrregiões além de ser *ad hoc*, poderia gerar vieses. Assim, optou-se por manter as variáveis descritas anteriormente que estão disponibilizadas no nível territorial de análise do trabalho.

Por fim, deve-se ficar claro que a medida proposta pelo modelo é a de (in)eficiência a qual está diretamente relacionada com a função de produção especificada, ou seja, por mais que os fatos mostrem ser determinada região altamente produtiva (essa medida geralmente atribuída à razão entre toneladas colhidas por área), a região em questão pode não estar fazendo o melhor uso possível dos recursos disponíveis, sendo assim uma unidade de ineficiência. Dessa forma, a abordagem por SFA pode trazer novos fatos estilizados relacionados a agricultura no país.

4.2 Modelo Econométrico

Na tentativa de mensurar a produtividade das microrregiões brasileiras nas lavouras permanentes e temporárias, foi utilizada a proposta metodológica de Fronteiras Estocásticas de Produção. Dentre outras vantagens, essa abordagem atribui a eficiência a uma série de fatores de produção e trabalha com o valor puro de quantidade, ao contrário de outras metodologias que usam, por exemplo, quantidade por área (que sobrevaloriza o fator terra), além de permitir a inclusão de fatores que influenciam diretamente a eficiência produtiva, mas que não estão sobre controle do produtor, como por exemplo a qualidade da terra ou então as condições climáticas da região.

Conforme exposto na revisão de literatura, o uso do método SFA a partir da econometria probabilística encontra suporte para inferência a partir de duas construções principais para a função de produção, Cobb-Douglas ou Translog. Para esse trabalho a abordagem seguida para a função de produção agrícola foi a de função Translog, escolhida a partir dos resultados do teste de razão de verossimilhança, os quais mostraram ser esse modelo o mais adequado. A equação de produção é dada como função (além do intercepto) da área, mecanização, trabalhadores e financiamentos, além do termo de erro que possui duas partes:

$$\ln Q_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^4 \beta_i \ln X_i + \sum_{i=1}^4 \beta_k \frac{1}{2} \ln X_i^2 + \sum_{i=1}^4 \beta_k \frac{1}{2} \ln X_i \ln K_i + V_i - U_i \quad (5)$$

onde U_i é o termo de erro normal-truncado entendido como medida de ineficiência técnica no modelo, o qual é desmembrado do termo de erro normal V_i . O termo U_i é incluído para captar fatores não relacionados diretamente aqueles que seriam insumos da produção, mas que mesmo assim exercem efeito sobre a eficiência das microrregiões. Nesse trabalho, para captar esses efeitos, são incluídos além de um índice de especialização nas lavouras permanentes e temporárias, a escolaridade de quem dirige o estabelecimento dividido em três classes, a precipitação e o clima a partir das médias por estações e o bioma no qual está inserida a região:

$$U_i = \delta_1 ESP_i + \delta_2 ESC_i^k + \delta_3 PREC_i^k + \delta_4 CLI_i^k + \delta_5 BIO_i \quad (6)$$

Por pressuposto do modelo, assume-se que o termo de ineficiência técnica possui distribuição normal-truncada, o que em grandes amostras permite a inferência estatística dos coeficientes estimados conforme convencionalmente utilizada (através de testes t de student).

Assim, é possível além de ter uma medida de desempenho em termos de eficiência saber qual a contribuição de cada elemento sobre a elasticidade do resultado. Na tentativa de capturar da melhor forma possível tais efeitos, é proposta a estimação e comparação de quatro diferentes modelos, nos quais primeiramente inicia-se unicamente com a função de produção e posteriormente vão se incluindo blocos de variáveis que acredita-se ter impacto sobre a eficiência das microrregião, devido a heterogeneidade espacial existente entre elas (Tabela 5).

Tabela 8 - Descrição dos Modelos a Serem Estimados

Variável	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
Intercepto	*	*	*	*
Ln A	*	*	*	*
Ln K	*	*	*	*
Ln T	*	*	*	*
Ln F	*	*	*	*
Ln A ²	*	*	*	*
Ln K ²	*	*	*	*
Ln T ²	*	*	*	*
Ln F ²	*	*	*	*
Ln A*Ln K	*	*	*	*
Ln A*Ln T	*	*	*	*
Ln A*Ln F	*	*	*	*
Ln K*Ln T	*	*	*	*
Ln K*Ln F	*	*	*	*
Ln T*Ln F	*	*	*	*
Ensino Fundamental		*	*	*
Ensino Médio		*	*	*
Formação Superior		*	*	*
Especialização		*	*	*
Precipitação Verão			*	*
Precipitação Outono			*	*
Precipitação Inverno			*	*
Precipitação Primavera			*	*
Temperatura Verão			*	*
Temperatura Outono			*	*
Temperatura Inverno			*	*
Temperatura Primavera			*	*
Amazônia				*
Mata Atlântica				*
Caatinga				*
Cerrado				*
Pantanal				*

Fonte: Elaboração Própria.

4.3 Análise Espacial dos Dados¹²

Neste estudo, também foram utilizadas técnicas de análise exploratória de dados espaciais para avaliar se existe algum padrão de homogeneidade ou heterogeneidade espacial no índice de eficiência obtido a partir dos modelos de fronteira de produção estocástica. O objetivo dessa análise é identificar “ilhas de ineficiência” as quais poderiam ser alvo de políticas públicas e privadas voltadas ao incremento da eficiência produtiva da agricultura.

A aplicação dessas técnicas, juntamente com estatísticas descritivas é de grande contribuição para o entendimento do comportamento dos dados. Além de oferecer uma boa fonte do entendimento das relações causais surgidas de possíveis análises inferenciais, também fornece uma visualização da distribuição dos dados a partir de mapas o que torna a exposição dos resultados mais claros e mais fáceis de serem entendidos. Para os propósitos desse trabalho, foram feitas análises de dependência espacial global e local univariada e bivariada através da metodologia de Moran, sendo que a matriz de ponderação espacial utilizada em ambos exercícios foi do tipo *queen*¹³.

A matriz W de pesos espaciais é construída a partir da análise binária das vizinhanças da unidade de interesse, em que duas regiões são vizinhas se partilham algum tipo de fronteira. Apesar de sua simplicidade, essa também é a grande desvantagem da utilização de matriz do tipo binária de contiguidade, já que não é garantida uma conectividade balanceada entre as regiões, pois regiões com mais vizinhos apresentarão maior grau de interação o que qualitativamente pode não ser verdadeiro. Para superar essas e outras limitações, que fogem ao escopo desse trabalho, é importante assinalar que existem outros tipos de matrizes como por exemplo o uso de distância entre centros econômicos, ou então área física de fronteira, que são formas alternativas de avaliar o nível de interação espacial entre regiões.

4.3.1 Autocorrelação Espacial Global de Moran

A medida de associação global univariada, faz uso da estatística de I de Moran, que se constitui de um coeficiente de autocorrelação o qual é formulada a partir da autocovariância do tipo produto cruzado em relação a variância dos dados, onde matricialmente tem-se:

¹² Esta sessão está baseada predominantemente em Almeida (2013).

¹³ Essa matriz considera como vizinhos todas as microrregiões que exigem alguma interação de fronteira com a microrregião em análise.

$$I = \frac{z'Wz}{z'z} \quad (7)$$

onde z representa os valores padronizados da variável de interesse e W é a matriz de ponderação espacial. A hipótese nula do teste é a de aleatoriedade espacial, sendo sua esperança zero¹⁴.

É importante chamar a atenção para a matriz W , uma vez que sua escolha fica bastante a critério do pesquisador. Essa matriz busca caracterizar o grau de interação espacial entre as regiões, sendo construída de diversas formas: como por exemplo, através do número de regiões que fazem fronteira, distância entre capitais ou então, área de fronteira, como já mencionado.

Essa construção de I de Moran tem a propriedade de oferecer um teste para a significância estatística do efeito espacial, como também gerar algumas informações qualitativas sobre o mesmo. Segundo Almeida (2013), uma correlação espacial positiva indica que há uma similaridade entre os valores do atributo estudado e da localização espacial do mesmo. Já uma relação negativa indica o oposto, ou seja, lugares com padrão positivo do atributo tende a estar rodeado de regiões com baixo valor no mesmo.

Diferentemente da análise univariada, a autocorrelação bivariada se preocupa em estabelecer, se existente, o vínculo global (e isso é importante) entre duas variáveis diferentes em regiões distintas, a fim de saber se existe alguma espécie de efeito cruzado.

$$I^{z_1z_2} = \frac{z'_1Wz_2}{z'_1z_1} \quad (8)$$

Essas medidas globais trazem algumas limitações. Por exemplo, quando se olha o território como um todo (o Brasil), o efeito absoluto da associação espacial positiva poderia estar negligenciando o fato de que em alguma região específica (Norte por exemplo) exista um padrão de autocorrelação negativo. Com o objetivo de melhorar qualitativamente as informações de dependência espacial trazidas pelos índices de associação espacial global, foram criados aprimoramentos dos testes globais para detecção de padrões locais. Esse tipo de exercício traz informações detalhadas que poderiam estar ocultas no caso de análise global, além de permitir o agrupamento dos dados em clusters que trazem uma visualização mais precisa sobre a distribuição espacial do fenômeno em estudo. Assim, partindo-se do índice

¹⁴ Ainda que não seja centrada em zero, a medida que é aumentado o número de regiões, o valor esperado do I de Moran aproxima-se de zero, por razões de propriedades assintóticas.

global, pode-se derivar os indicadores I de Moran Local também conhecidos como estatísticas LISA (*Local Indicator Spatial Analysis*).

4.3.2 Autocorrelação Espacial Local de Moran

A partir da aplicação das técnicas LISA os regimes espaciais são agrupados em quatro categorias (quando estatisticamente significantes) com características similares (*clusters*). Os padrões formados são: alto-alto, baixo-baixo, alto-baixo e baixo-alto, que no contexto desse trabalho, em uma análise univariada, compara os diferentes índices de eficiência entre as microrregiões, e caracteriza possíveis clusters, mostrando, por exemplo, em um regime do tipo alto-alto, regiões com alta eficiência que são rodeadas de outras de mesmo padrão.

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^J w_{ij} z_j \quad (9)$$

onde I_i só abrange os vizinhos da região i , ponderados conforme a escolha da matriz espacial e z_i é o valor padronizado da variável de interesse. Como uma das propriedades dos indicadores LISA é que seu valor deve ser proporcional ao indicador global, em (7) são feitos alguns rearranjos para que isso seja atendido, através do somatório dos valores espaciais.

Assim como para o caso global, na análise local também pode-se construir indicadores de associação do tipo cruzado, ou seja onde se estabelece a relação existente no espaço entre duas variáveis observadas em diferentes locais. Intuitivamente os conceitos são muito próximos, a principal diferença é que para a análise bivariada local, limita-se a variável de interesse para aquelas regiões que são vizinhas da região analisada, tornando mais preciso o indicador. Por exemplo, para o caso desse trabalho, podemos estar interessados em que medida a eficiência produtiva de uma determinada região pode estar sendo influenciada pela dinâmica de riqueza de seus vizinhos (entendidos pelo conceito da matriz W).

$$I_i^{z_{1i}z_{2i}} = z_{1i} W z_{2i} \quad (10)$$

Em síntese, a principal diferença para o indicador global reside no fato de que agora cada indicador de associação de vizinhança é obtido individualmente a partir de I_i . Assim são obtidas n computações de I de Moran e seus respectivos níveis de significância os quais são relativizados a fim de evitar possíveis negligências de padrões locais. O uso conjunto dessas duas medidas traz visões complementares para o caso em estudo.

5 RESULTADOS¹⁵

5.1 Lavouras Permanentes

Primeiramente são apresentados os dados referentes as estimações dos quatro modelos propostos para as lavouras permanentes especificados na seção 4. Além dos testes para os parâmetros dos modelos, também são apresentados, dentre outros, os de padrão espacial medido pelo I de Moran, bem como os valores de ajuste do modelo¹⁶.

O Modelo 1, no qual a ineficiência é dada exclusivamente como resposta da função de produção definida, não foi estatisticamente significativo no teste LR, o que, grosso modo, indica não ser desejável uma especificação individual (para cada microrregião do modelo) contra uma agrupada. Dito de outro modo, esse resultado também pode ser lido como uma incapacidade de os fatores de produção especificados na função de produção estarem gerando sozinho o padrão de ineficiência individual observado, demandando, então, elementos que sejam capazes de explicar a ineficiência. Esse exercício é feito a partir do Modelo 2, onde aos poucos, vão sendo inseridos elementos que afetam a ineficiência. Os Modelos 2, 3 e 4 adicionam, respectivamente, blocos de variáveis relacionados à capital humano e concentração do sistema produtivo, temperatura, clima e, por fim, biomas.

Na metodologia SFA, os coeficientes estimados representam a resposta média das variáveis ao nível de eficiência medida, sendo sua significância testada a partir do teste t. É importante chamar a atenção para o fato de que no modelo original u_{it} é o valor de ineficiência e assim a interpretação correta das variáveis estimadas é de que sinais *negativos* estão contribuindo para aumento da *eficiência* e sinais *positivos* dos coeficientes estimados estão ampliando a *ineficiência*. Já para as variáveis da função de produção a interpretação é a usual e, como se trata de um modelo em logaritmos, os resultados são interpretados como elasticidades médias.

¹⁵ Nos anexos é possível visualizar os mapas com os resultados de eficiência individual para cada um dos modelos testados.

¹⁶ Na literatura de fronteiras estocásticas, o teste gama normalmente é utilizado como referência de ajuste para comparação de modelos estimados. Ele é construído como uma razão de variância onde a variância atribuída ao termo de ineficiência é confrontado com a de todo o modelo estimado (ineficiência mais parte estocástica), e é dado por: $\frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$.

Como resultado consistente nos modelos verifica-se que os sinais das variáveis estimadas, ainda que em alguns casos tenham sido não significativas, apresentam robustez no sinal esperado comparativamente a outros trabalhos na área, sendo aquelas relacionadas à função de produção com sinais de acordo com o esperado. Outro fator importante é que a inclusão de blocos de variáveis ao modelo geraram ganhos do poder explicativo do mesmo.

Para os fatores de produção, a área apresentou elasticidade positiva e significativa, indicando que o tamanho da propriedade tem influência sobre o nível de produtividade. Este fato era esperado, uma vez que o aumento da propriedade permite ao produtor que tenha ganhos de escala, diluindo o custo dos produtos que, independentemente da quantidade produzida, demandam certa quantidade mínima de insumo quase-fixos.

Interessante notar que mesmo nas culturas permanentes, que em geral estão associadas a um maior grau de trabalho manual envolvido, em função de suas características (caso de uvas, maçãs e laranjas, por exemplo), o fator trabalho mostrou-se significativo e com impacto negativo sobre o nível de produtividade, o que indica que o campo tem se tornado um setor intensivo no uso do fator capital.

Os outros dois insumos de produção, mecanização e financiamento, ainda que não significativos, apresentaram os sinais esperados, uma vez que espera-se que um aumento do uso de maquinário, aumente em certa medida o desempenho da propriedade, já que permite o acesso a áreas de difícil exploração, além é claro de reduzir o tempo necessário na execução das tarefas. Espera-se também que um maior acesso ao crédito faça com que os produtores ampliem sua produção, seja diretamente a partir da aquisição de insumos, seja indiretamente ao permitir que uma maior flexibilidade na criação de uma estrutura apropriada¹⁷. Contudo, nota-se que a interação entre terra e capital apresentou elasticidade com sinal positivo e significativo, indicando que a combinação desses dois fatores aumenta a eficiência.

Quanto a utilização de fatores que dão explicação diretamente ao termo de ineficiência, destaca-se que a especialização se mostrou robusta para as culturas permanentes e aponta no sentido de que aquelas regiões com maior especialização produtiva (menor número de produtos cultivados) tenderem a apresentar melhor desempenho (maior eficiência), fato explicado pelo *know how* adquirido.

¹⁷ É justa a argumentação de que o financiamento pode estar mais relacionado a produção de maneira indireta (entrando como termo de ineficiência) e não como elemento de produção. Porém a justificativa de seu uso aqui, deve-se ao objetivo de uma função de produção que contemplasse os três principais insumos clássicos: terra, capital e trabalho.

Já os demais elementos incluídos em poucos casos mostraram significância estatística, apresentando em alguns casos inclusive sinais inesperados (como o caso de educação superior). Os biomas do cerrado e da caatinga foram significativos na melhora do desempenho, o primeiro é relacionado ao cultivo do café, e o segundo tem grande predominância das culturas de bananas cuja região com essas características lidera a produção nacional. A baixa sensibilidade dos modelos, para as lavouras permanentes, a inclusão das variáveis explicativas e ineficiência pode estar surgindo em decorrência da grande concentração de produtos nos locais onde eles são cultivados

Tabela 9 - Resultados dos Modelos para Lavouras Permanentes

Variável	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
Intercepto	1.6431*	2.2190***	2.5109***	2.1297***
Ln A	1.2761*	1.2517*	1.5164*	1.3870***
Ln K	0.1840	0.1601	0.1151	0.0897
Ln T	-0.5164	-0.6889**	-0.8588**	-0.7170*
Ln F	0.1121	0.1101	0.0454	0.0947
Ln A ²	-0.0877	-0.0997	-0.1873***	-0.1485
Ln K ²	0.0113	0.0104	0.0004	-0.0017
Ln T ²	0.2236*	0.2405**	0.2867***	0.2622**
Ln F ²	0.0186	0.0155	0.0420	0.0314
Ln A*Ln K	0.6354***	0.6448***	0.7464***	0.7229***
Ln A*Ln T	-0.0929	-0.0674	-0.0675	-0.0705
Ln A*Ln F	-0.2740***	-0.2694***	-0.2178***	-0.2319**
Ln K*Ln T	-0.7247***	-0.7283***	-0.7768***	-0.7545***
Ln K*Ln F	0.0904	0.0912	0.0326	0.0446
Ln T*Ln F	0.1884	0.1888*	0.1648*	0.1662
Ensino Fundamental	-	0.0002*	0.0002***	0.0002
Ensino Médio	-	-0.0012	-0.0012	-0.0008
Formação Superior	-	0.0020	0.0017	0.0008
Especialização	-	-0.1094	-2.6637***	-2.0532***
Precipitação Verão	-	-	0.0005	-0.0005
Precipitação Outono	-	-	0.0006	-0.0011
Precipitação Inverno	-	-	0.0016	0.0007
Precipitação Primavera	-	-	0.0011	0.0019
Temperatura Verão	-	-	0.0201	0.1084
Temperatura Outono	-	-	-0.2216	-0.2984**
Temperatura Inverno	-	-	0.1461	0.1016
Temperatura Primavera	-	-	0.1187*	0.1605
Amazônia	-	-	-	-0.2427
Mata Atlântica	-	-	-	-0.2415
Caatinga	-	-	-	-0.4589**
Cerrado	-	-	-	-0.5404**
Pantanal	-	-	-	-0.9834
Gama	0.0002	0.0005	0.0115	0.0032
LR	-	6.5083***	58.7820***	59.6197***
I de Moran	-	0.4581***	0.5481***	0.5910***
Eficiência Média	0.9897	0.9575	0.7141	0.7889
Coefficiente de Variação	1.0522	1.0831	1.3948	1.2548
Eficiência Mínima	0.9895	0.2658	0.1882	0.2306
Eficiência Máxima	0.9900	1.0000	1.0000	1.0000

*** Significância a 1%; ** Significância a 5%; * Significância a 10%.

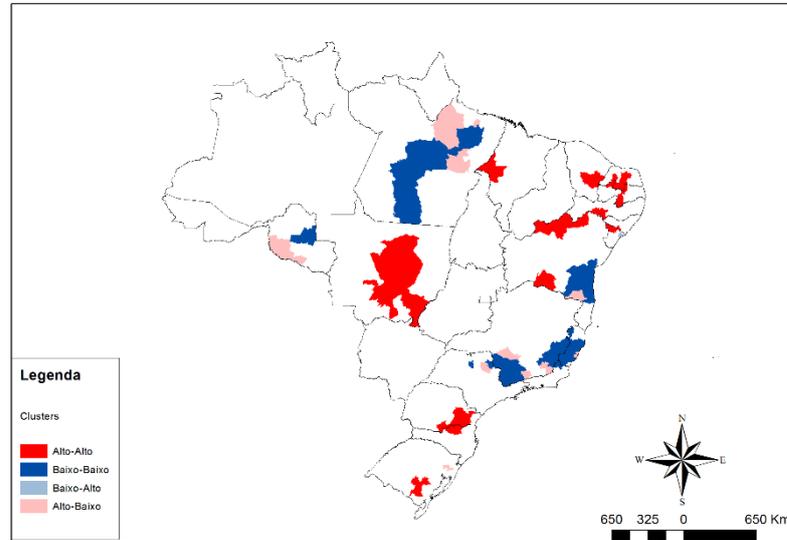
Fonte de pesquisa.

Num segundo momento, voltando as atenções para as relações espaciais presentes no modelo, vale observar que o I de Moran que testa globalmente o grau de associação espacial entre as variáveis foi estatisticamente significativo e aumentou conforme avança do modelo 2 para o modelo 4. Isso sugere que o padrão de autocorrelação espacial na eficiência é positivo, ou seja, em termos globais, unidades mais eficientes possuem vizinhos mais eficientes e vice-versa. De outra forma, esses resultados podem apontar para a presença de *spillovers* de eficiência (difusão de boas práticas de gestão e manejo do solo, controle de pragas, etc.) no espaço. O fato do I de Moran aumentar indica que esses efeitos são mais importantes a medida que outros fatores como clima e biomas são incorporados na explicação da ineficiência.

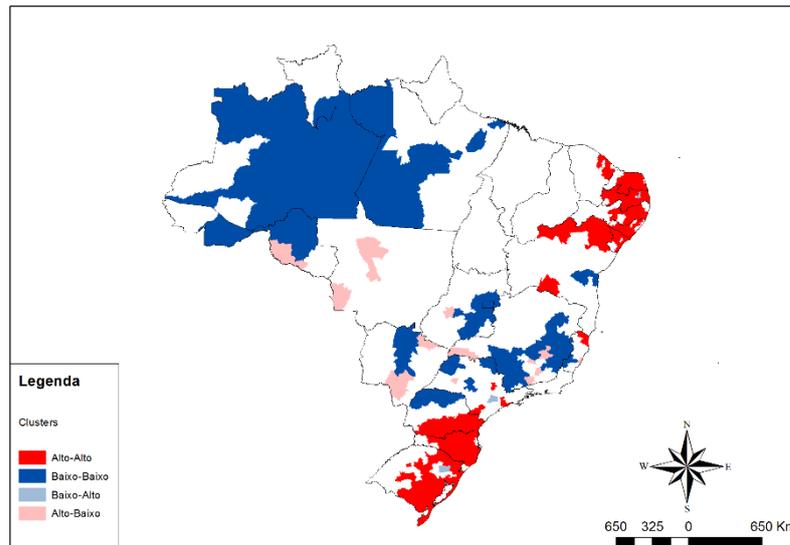
Como os modelos foram estatisticamente significativos para os testes espaciais globais, são apresentados a seguir os resultados da análise LISA sobre o índice de eficiência produtiva, visando identificar a existência de padrões espaciais. Nos mapas são apresentados os resultados de clusters estatisticamente significativos, medidos a partir do I de Moran local. O padrão geral é que as áreas dos clusters se ampliam a medida que se passa do Modelo 2 para o Modelo 4, resultado coerente na medida em que a dependência global aumenta do modelo 2 para o modelo 4. Esse resultado traz algumas implicações interessantes, na medida em que a localização dessas unidades produtivas naquelas regiões específicas tem laços que vão além de fatores de produção como por exemplo motivos históricos que induziram e acabaram por construir laços para que essas atividades se localizem onde estão.

Ao serem analisados os mapas de clusters, é possível observar alguns padrões consistentes ao longo das regiões, sendo destacado o padrão de clusters de baixa eficiência ao longo da região norte do país que vai surgindo ao serem inseridas as variáveis de controle para a ineficiência. O destaque positivo fica por conta da zona costeira da região nordeste a qual apresentou um cluster de alta eficiência. Vale destacar que nessa região tem crescido muito a produção agrícola como resultado de políticas que utilizam as águas dos rios que cortam a região como forma de superar suas deficiências. Em síntese, existem duas grandes ilhas de eficiência, sendo uma abrangendo os três Estados do Sul e outra a região Nordeste. A região Centro-Oeste apresentou um regime espacial de alta eficiência somente no modelo 2 e depois deixou de fazer parte dessas ilhas de eficiência. Já no caso das ilhas de ineficiência, essas se concentram Norte e em espaços específicos das regiões Sudeste em áreas relacionadas predominantemente ao cultivo do café.

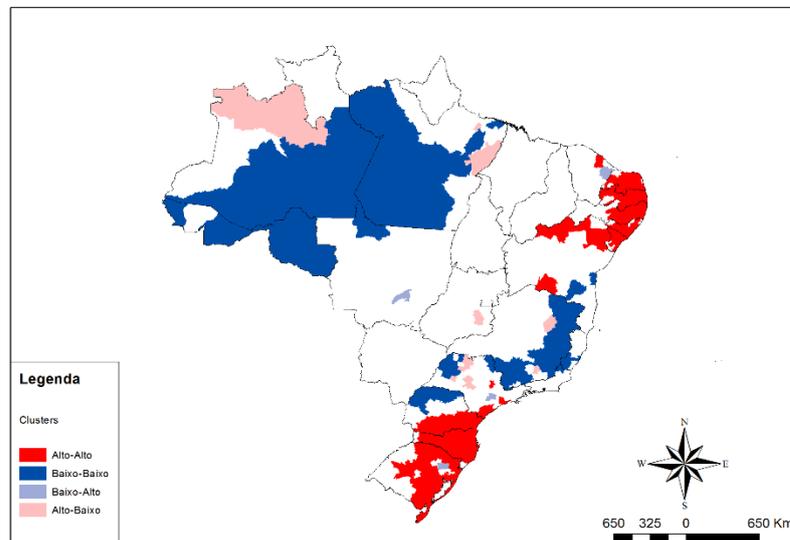
Figura 7 - Clusters Espaciais nas Lavouras Permanentes
Modelo 2



Modelo 3



Modelo 4



Fonte: Resultados de Pesquisa.

O cluster de alta eficiência que passa pelos três Estados da região Sul tem como principais culturas a uva e a maçã no Rio Grande do Sul e Santa Catarina e o cultivo de café no Paraná. Já o cluster de alta eficiência que engloba cinco Estados da região Nordeste (Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Alagoas) está associado predominantemente a cultura da banana.

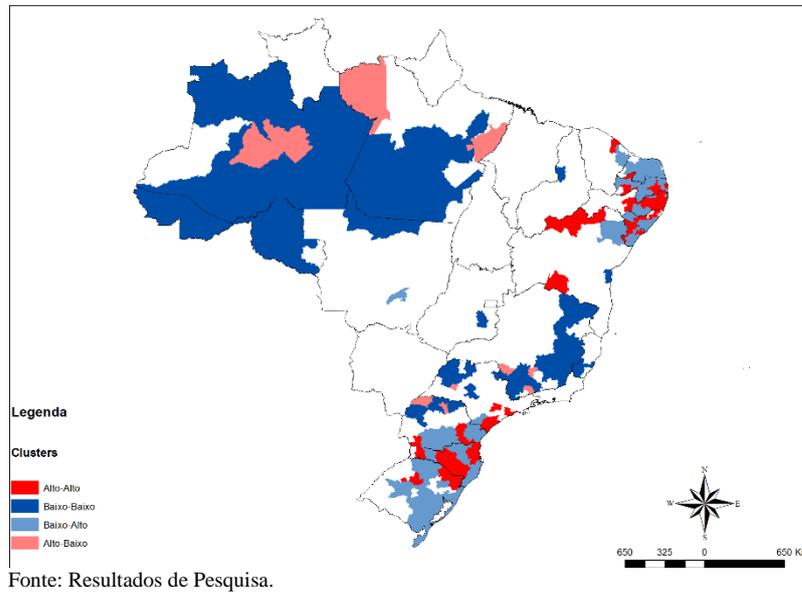
Por outro lado, o cluster de baixa eficiência no Sul de Minas Gerais e Espírito Santo, é bastante preocupante uma vez que, dentre as culturas permanentes nessas regiões, o cultivo do café está relacionado a mais de 90% do quantum produzido na região, o que indica a necessidade de um esforço conjunto entre órgãos públicos e produtores, na tentativa de melhorar o cultivo do grão. Já na região Norte, a de pior desempenho, as culturas relacionadas ao local são bastante dispersas, sendo observado algum destaque dado a borracha e bananas.

É justo que se questione em que medida a eficiência se reflete em ganhos para as unidades produtivas, grosso modo, saber se o esforço em se tornar mais eficiente é refletido em melhores retornos frente aos demais. Esse questionamento é bastante importante em termos de comportamento do produtor, uma vez que seus retornos não são relacionados com o esforço na tentativa de melhorar sua prática produtiva, o mesmo é desnecessário. Se por outro lado, existe uma correlação entre essas variáveis, cria-se um ciclo virtuoso/vicioso, onde aquelas regiões que conseguem ter um melhor desempenho ainda se apropriam de uma maior proporção de ganhos e por isso acentuam-se diferenças regionais.

Na tentativa de, pelo menos em parte, responder esse questionamento, foi realizada uma análise bivariada entre rentabilidade agrícola (medida como a razão entre valor de produção e área colhida) com a eficiência no modelo 4 anteriormente desenvolvido. Como indicador global, o I de Moran bivariado teve como resposta um valor de 0.082 o qual foi significativo a 1%. Esse resultado além de indicar que regiões de maior eficiência possuem maiores retornos relacionados a agricultura, permite a construção da análise de clusters locais, semelhantemente ao caso univariado, que possibilita inferir melhor sobre como tem se distribuído no espaço essa interação das variáveis.

Apesar disso, volta-se a chamar a atenção para o caso particular representado pela agricultura permanente uma vez que a força de interação não é tão alta quanto poderia ser imaginado, o que novamente da indicativos de que a localização da lavoura permanente vai além de fatores diretamente através desse ferramental deixando em aberto futuros questionamentos sobre.

Figura 8 - Mapa de Cluster Bivariado entre Rentabilidade e Eficiência Agrícola



Quando analisados os regimes espaciais surgidos é possível perceber algumas áreas tanto na região sul quanto na região nordeste, onde apesar de sua baixa rentabilidade, as atividades ali desenvolvidas são altamente produtivas. Por outro lado a região norte segue apresentando um padrão preocupante onde além de gerar poucos ganhos o tipo de técnica ali aplicada é de baixa eficiência. Uma investigação futura que se coloca, é em que medida esse padrão (baixa rentabilidade, mas com alta eficiência) impacta na estrutura regional, em termos de dinâmica e interações.

De modo geral, ainda que as culturas permanentes tenham menor representatividade na produção total medida pelo Censo agropecuário de 2006, os resultados apontam para o fato de que a região Norte segue como a mais atrasada em termos de eficiência no setor. Esse resultado indica a necessidade de maior atenção sobre a agricultura da região, a última a ser ocupada pela expansão da fronteira agrícola (ainda em curso) e que apresenta, dentre as cinco macro regiões, o pior desempenho para o setor. Para essa região pode ser interessante que as políticas públicas busquem estimular a especialização nas culturas mais adequadas ao tipo de solo, clima e cultura regional.

5.2 Lavouras Temporárias

Do mesmo modo que para as lavouras permanentes, nessa seção é feita uma análise mais detalhada das lavouras temporárias, as quais além de estarem relacionadas a maiores volumes de produção para o ano analisado, também se encontram mais dispersas pelas regiões brasileiras, devido entre outros motivos, a existência de culturas que nos últimos 30 anos ganharam maior destaque na produção nacional e no cenário internacional. Assim como o que aconteceu para as lavouras permanentes, o Modelo 1, que só avalia a eficiência das unidades produtivas pela função da produção especificada, não foi significativo para o teste LR, o que de certa forma invalida o modelo. Porém, todos os outros modelos foram significativos para esse teste, o que permite a análise dos parâmetros para os mesmos.

Quando analisados os parâmetros estimados para a função de produção, percebe-se grande semelhança nos sinais para as elasticidades observados nos modelos para lavouras permanentes. Porém, nos modelos para lavouras temporárias o fator financiamento passou a ser significativo, assim como pode-se perceber um maior sensibilidade relacionada aos fatores maquinário, trabalho e financiamento. Ainda que o parâmetro para maquinário não seja significativo, em parte a maior necessidade das culturas temporárias por mecanização está refletida na estimativa do fator trabalho, uma vez que a elasticidade deste foi muito maior que a obtida para as lavouras permanentes. Adicionalmente, a elasticidade da interação entre capital e trabalho se mostrou negativa e significativa no modelo 4.

Ao contrário dos modelos para lavouras permanentes, em que as respostas a inclusão das variáveis para explicar a ineficiência não tenham sido muito relevantes, vale destacar que aqui quase todas as variáveis foram significativas e com sinais esperados. Além disso, houve significativa melhora do poder explicativo do modelo a partir da sua inclusão.

A escolaridade do administrador da propriedade foi significativa e os sinais esperados. O ensino superior contribui para aumentar a eficiência enquanto que o ensino fundamental contribui para reduzir a eficiência. O fato de propriedades mais profissionalizadas terem ganho de eficiência indica que o fator escolaridade é importante para o desempenho.

O motivo de a especialização produtiva ter efeito negativo sobre a eficiência pode ser explicado pelo fato de que uma vez que as lavouras temporárias possibilitam a utilização da terra para cultivar mais de uma cultura por ano, a especialização nesse caso estaria gerando subutilização da propriedade, o que contribuiria para uma menor eficiência.

Os parâmetros de chuva e temperatura médias foram significativos para o aumento da eficiência nas estações da primavera e do verão, fato este que pode estar relacionado às culturas

de soja e cana-de-açúcar terem nessas épocas seu momento de plantio e floração, períodos em que a chuva é importante no processo de desenvolvimento das plantas.

Os parâmetros característicos de biomas, com exceção do pantanal, apresentaram características para aumento de ineficiência, destacando-se que o pior resultado está relacionado ao bioma da caatinga. Vale observar que a utilização de biomas é feita na tentativa de captar características de solos, de modo que os resultados aqui encontrados podem estar relacionados ao fato de os biomas cobrirem áreas de grandes extensões e com relativo grau de variabilidade na qualidade do solo.

Tabela 10 - Resultados dos Modelos para Lavouras Temporárias

Variável	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3	MODELO 4
Intercepto	2.6283	4.4743***	5.1988***	5.6057***
Ln A	0.6667	1.0964**	1.5955**	1.2845***
Ln K	0.6452*	0.4964	0.2450	0.1441
Ln T	-0.3938	-1.4540***	-1.7701***	-1.8630***
Ln F	0.3709	0.6173**	0.6494**	1.0406***
Ln A ²	-0.2166	-0.1026	-0.0136	0.0469
Ln K ²	-0.0339	0.0805	-0.0042	0.0226
Ln T ²	-0.1416	0.1618	0.2781**	0.2934***
Ln F ²	0.1004***	0.0753***	0.0614***	0.0500***
Ln A*Ln K	0.5070***	0.1022	0.0524	0.0296
Ln A*LnT	0.4639*	0.1530	-0.0579	-0.0200
Ln A*Ln F	-0.2919*	-0.1183	-0.1615	-0.2535***
Ln K*Ln T	-0.6729***	-0.2327	-0.1190	-0.1415***
Ln K*Ln F	-0.0225	-0.0901	-0.0173	0.0772
Ln T*Ln F	0.1746	-0.0255	-0.0023	-0.0414
Ensino Fundamental	-	0.0001**	0.0002**	0.0002***
Ensino Médio	-	0.0017***	0.0010*	0.0007
Formação Superior	-	-0.0099***	-0.0115***	-0.0084***
Especialização	-	0.9143***	1.3816***	0.4381
Precipitação Verão	-	-	-0.0152***	-0.0126***
Precipitação Outono	-	-	0.0112***	0.0090***
Precipitação Inverno	-	-	0.0188***	0.0165***
Precipitação Primavera	-	-	-0.0163***	-0.0124***
Temperatura Verão	-	-	-0.5637***	-0.5885***
Temperatura Outono	-	-	0.1338	0.0426
Temperatura Inverno	-	-	0.7344***	0.5762***
Temperatura Primavera	-	-	-0.2646	-0.0227
Amazônia	-	-	-	1.5227***
Mata Atlântica	-	-	-	0.1488
Caatinga	-	-	-	1.7787***
Cerrado	-	-	-	0.9339**
Pantanal	-	-	-	-0.6351
Gama	0.0001	0.0009	0.0836	0,0100
LR	-	73.753***	169.24***	233.49***
I de Moran	-	0.7166***	0.5757***	0.5391***
Eficiência Média	0.9914	0.5925	0.1473	0.1079
Coefficiente de Variação	1.3969	2.1903	8.1282	10.352
Eficiência Mínima	0.9913	0.0057	0.0032	0.0012
Eficiência Máxima	0.9915	1.0000	1.0000	1.0000

*** Significância a 1%; ** Significância a 5%; * Significância a 10%.

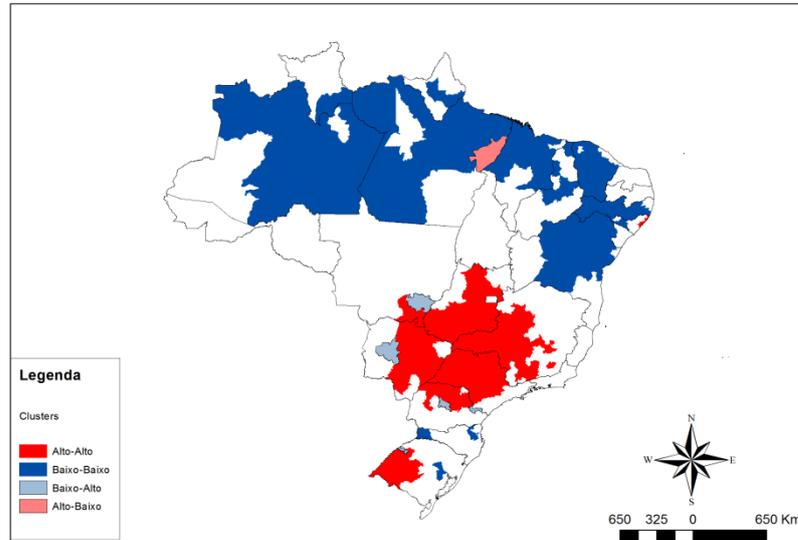
Fonte: Resultados de pesquisa.

Além disso, percebe-se uma redução dos valores da eficiência média, ao mesmo tempo em que aumenta o coeficiente de variação dos índices de eficiência. Tal resultado mostra que as variáveis introduzidas no modelo, além de capturar parte da dependência espacial, também explicam boa parte dos diferenciais de eficiência e, assim, permitem discriminar com maior precisão as regiões mais eficientes daquelas menos eficientes. Como consequência, isso implica no aumento da dispersão do índice de eficiência entre as microrregiões. Esse resultado é bastante preocupante uma vez que boa parte do desempenho agrícola não é obtido a partir de méritos dos produtores e sim depende das próprias características locais, o que indica que, na média, o setor demanda políticas voltadas para seu aprimoramento produtivo.

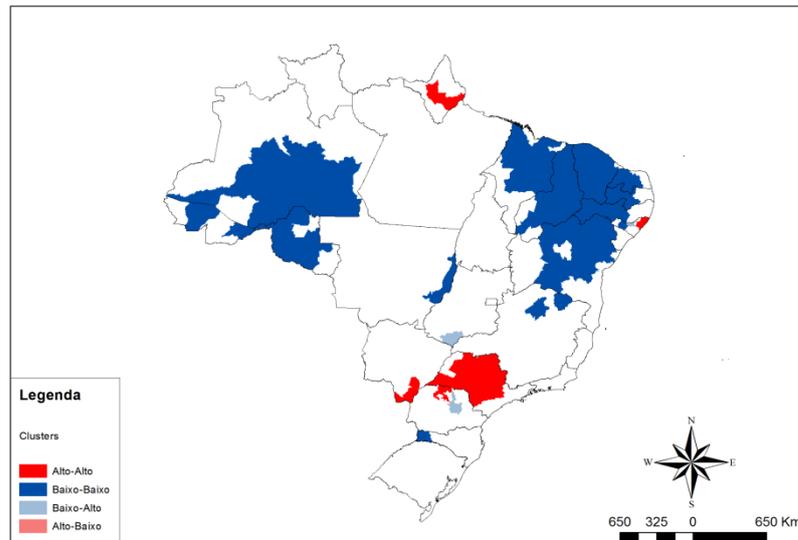
Também percebe-se, contrariamente ao que observado nos modelos para lavouras permanentes que houve uma redução nos valores do I de Moran conforme avanços do modelo 1 para o modelo 4. Esse fato reforça o anteriormente exposto de que, incluídos “controles” para os resultados de eficiência nas microrregiões, as mesmas se reduzem consideravelmente, além disso, a redução do I de Moran, é um indicativo de que as variáveis que supunha-se terem efeito sofre o resultado, realmente funcionam nesse sentido.

Dado o fato de os modelos (com exceção do primeiro) apontarem para a presença de dependência espacial, são apresentados a seguir os resultados para os indicadores LISA de cada um dos modelos para as lavouras temporárias. Aqui, ocorre o contrário do que foi observado no caso da lavoura permanente, pois as áreas dos clusters espaciais tendem a diminuir a medida que se passa do Modelo 2 para o Modelo 4. Percebe-se claramente que ao serem inseridas novas variáveis de controle, o cluster de “excelência” agrícola englobando Mato-Grosso, Goiás, Paraná e uma parte de Minas Gerais se reduz consideravelmente. Por outro lado, ainda que o tamanho das ilhas de (in)eficiência se reduzam conforme vão se inserindo variáveis de controle, nota-se uma persistência do padrão de baixa eficiência na região norte, bem como uma grande “mancha” que se insere na quase totalidade do bioma caatinga, compreendido desde o norte da Bahia até o nordeste brasileiro.

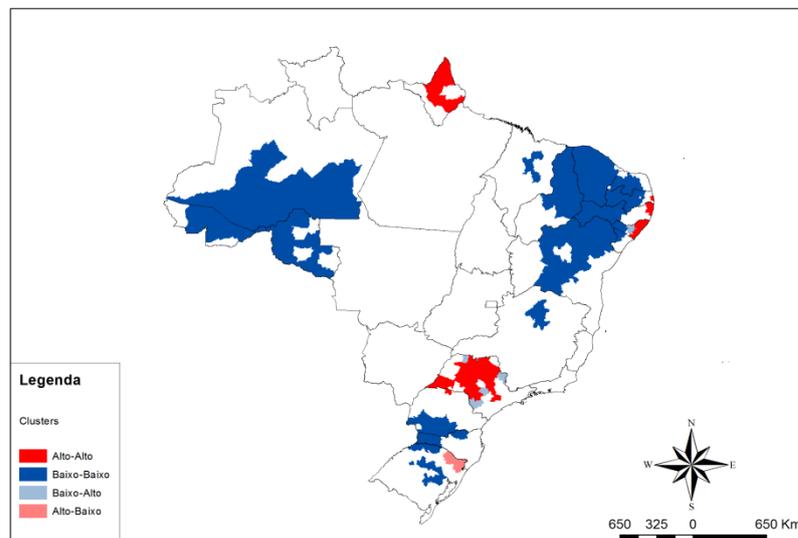
Figura 9 - Clusters Espaciais nas Lavouras Temporárias
Modelo 2



Modelo 3



Modelo 4



Fonte: Resultados de Pesquisa.

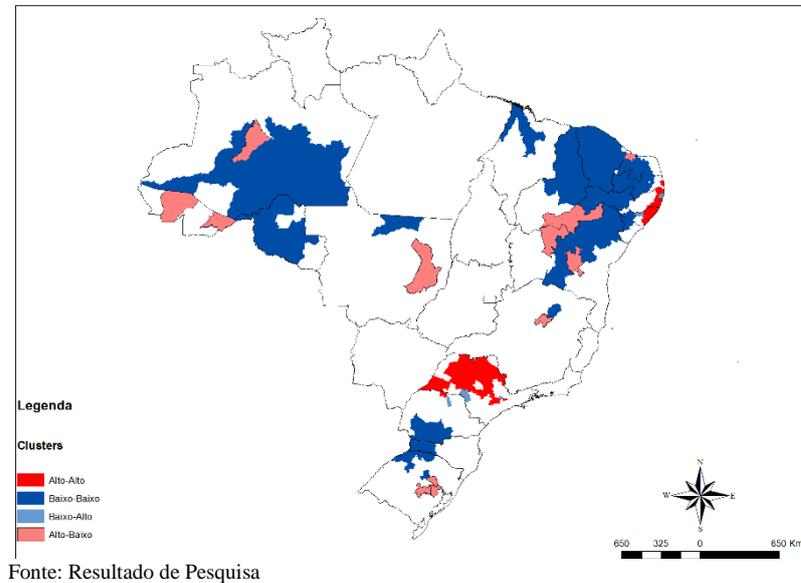
De maneira mais detalhada, ao analisarem-se as culturas as quais estão associados os clusters encontrados, alguns padrões interessantes aparecem. O grupamento de alta produtividade como o associado ao Nordeste, predominantemente no Estado de Pernambuco, tem 90% de seu quantum em cana-de-açúcar, assim como o que acontece com o Sudeste, mais especificadamente no Estado de São Paulo, onde a planta representa algo em torno de 75% do quantum nas microrregiões envolvidas.

Na região Sul no cluster de baixa produtividade, que envolve os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná existe um predomínio das culturas do soja (54%) e do milho (36%). Uma possível explicação para isso é que essas regiões se caracterizam mais pela pequena propriedade, enquanto que essas culturas apresentam maior eficiência em grandes propriedade devido aos ganhos de escala.

Por outro lado, o cluster de baixa eficiência que envolve praticamente toda a região Nordeste está relacionado a cultura da mandioca e do milho, que somadas representam 70% do grupamento. Do mesmo modo, na região Norte, em especial no Estado de Amazonas, a cultura da mandioca representa 90% da produção local. Esse padrão é preocupante, uma vez que essas culturas estão tradicionalmente relacionadas a agricultura de subsistência, onde ainda se utilizam modos rudimentares de produção. Também é interessante perceber que o cluster de baixa eficiência no Nordeste está associado predominantemente ao bioma da Caatinga (o qual teve o pior desempenho nos índices), o que reforça a necessidade de intervenção pública na região.

Da mesma forma que para as lavouras permanentes, como último exercício, foi realizada uma análise bivariada entre eficiência obtida no modelo 4 e rentabilidade das lavouras. Como resultado observou-se uma forte correlação positiva entre elas (0.371) o qual foi significativo ao nível de 1%, vale notar que por ser uma associação bastante alta, as implicações em termos de desenvolvimento regional são muito mais rápidas. Para uma melhor caracterização, esse resultado permite a investigação com caráter mais local, através de mapa de clusters relacionando as variáveis em questão.

Figura 10 – Mapa de Cluster Bivariado entre Rentabilidade e Eficiência Agrícola



Quando analisados os grupamentos obtidos através dos grupamentos bivariados, percebe-se dois grandes grupos de ineficiência envolvendo as regiões norte e nordeste, porém com algumas perspectivas em termos de políticas regionais surgem, uma vez que em ambas surgiram alguns clusters próximos onde a atividade desenvolvida é considerada rentável porém a falha ocorre por parte dos produtores que não conseguem alcançar uma excelência.

Em síntese, os resultados para as lavouras temporárias foram mais próximas dos efeitos esperados, uma vez que ao serem incluídas variáveis que têm algum poder de controle sobre fatores ambientais, além da dependência espacial, os ajustes dos modelos foram melhorados. Ainda que cause alguma surpresa a não permanência da região Centro-Oeste¹⁸ nos clusters de alta eficiência, é importante entender que a metodologia desenvolvida se propõe a analisar a combinação de insumos (identificados na função de produção) que está gerando o quantum observado de produção. Assim, a não inclusão de alguma variável chave na produção, como por exemplo, correção do solo e controle de pragas, pode ter impacto sobre os resultados encontrados. De toda forma, acredita-se que os resultados aqui apresentados tem sua relevância em função da proposta feita e do curto período estudado.

¹⁸ Isso vale também para o Sudeste/Triângulo mineiro nas lavouras permanentes em função da produção de laranjas ali desenvolvida.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo do trabalho desenvolvido foi analisar o desempenho regional da agricultura brasileira para o ano censitário de 2006, combinando análise de eficiência, por meio de fronteiras de produção estocásticas, e análise espacial, através de técnicas de análise exploratória de dependência espacial. É importante notar que nenhum trabalho desenvolvido anteriormente havia realizado essa análise para o Brasil com o enfoque sobre o padrão da distribuição espacial da eficiência produtiva. Além disso, para melhor compreensão do problema em estudo foram feitos os desmembramentos das culturas agrícolas entre permanentes e temporárias, bem como a utilização da unidade geográfica de microrregiões e variáveis relacionadas com as características geográficas do espaço.

Para o grupo das culturas da lavoura permanente, destacaram-se os fatores de produção terra e trabalho como importantes sobre o nível de produção, o primeiro por melhorar o desempenho agrícola e o segundo por ter efeito negativo sobre o mesmo. A interação entre terra e capital também se mostrou importante para explicar o nível de produção. Além disso, após constatada a presença de dependência espacial nos modelos, os resultados da técnica LISA apontaram para clusters de alta eficiência na região Sul (associado ao cultivo de uvas e maçãs) e na região Nordeste (cultivo de bananas). Por outro lado, a situação da região Norte é preocupante já que se observa uma grande “mancha” de baixa eficiência envolvendo quase toda sua área. Também vale ser destacada a situação da região Sudeste nas áreas relacionadas ao cultivo de café, que se mostraram de baixa eficiência.

Já nas lavouras temporárias destaca-se também a atuação dos fatores terra e trabalho, agindo de maneira similar ao observado nas culturas permanentes. Contudo, nessas culturas, a maior ênfase fica por conta das variáveis especificadas para eficiência, que foram significativas em sua maioria. Na análise espacial desenvolvida, após a constatação de presença de dependência, observou-se um agrupamento de regiões de alta eficiência na região Sudeste e em uma pequena fração da região Nordeste, ambas relacionadas ao cultivo de cana-de-açúcar. Por outro lado, os resultados mostraram que boa parte da região Norte e Nordeste se encontram em uma área de baixa eficiência, onde predomina o cultivo de plantio relacionado a culturas de bens de subsistência.

Quando comparados os dois modelos, merece ser destacado o fato de a especialização ter sinal contrário para cada tipo de cultura, pois enquanto as culturas permanentes exigem maior imobilização da área as culturas temporárias permitem certa flexibilização, fazendo com

que não faça sentido uma especialização maior. Com relação aos demais fatores de ineficiência, percebeu-se que, ao contrário das lavouras permanentes, nas lavouras temporárias sua inclusão foi relevante no sentido de diminuir a dependência espacial.

Vale notar também que embora predomine o setor de serviços na economia das regiões mais pobres, é o setor agropecuário o responsável pelo dinamismo da maioria das regiões brasileiras, em especial nas mais pobres já que nestes locais a participação da indústria no total produzido é muito pequena. Em geral, o dinamismo dos setores produtivos das regiões mais pobres e estagnadas do País está fortemente vinculado com o setor primário, o qual tem o papel de empregar e gerar renda nessas economias locais. Dessa forma, os resultados encontrados neste estudo reforçam a necessidade de que as políticas públicas do setor agrícola priorizem ações de melhoria da eficiência produtiva no contexto espacial.

Por fim, é válido observar algumas limitações do estudo desenvolvido nesta dissertação. Percebem-se algumas fragilidades relacionadas ao método, como por exemplo a baixa capacidade explicativa, medida pelo coeficiente gama, dos modelos relacionados às culturas permanentes, o que impossibilita um debate mais profundo. Também é importante lembrar que os resultados são sensíveis às especificações das variáveis do modelo, sendo que a incorporação de outras variáveis poderia afetar os resultados encontrados. Por exemplo, não foram considerados o uso de adubos e fertilizantes como também o grau de concentração da terra, que poderiam ser fatores relevantes para explicar a produtividade agrícola. O mesmo vale para a forma de ponderação utilizada para o quantum agrícola, que utilizou para isto o valor adicionado de produção. Ao utilizar um índice ponderado de quantum, está sendo mensurado uma medida média de eficiência produtiva, sendo que os resultados poderiam ser diferentes para culturas específicas.

Além disso, findado este trabalho, algumas agendas de pesquisa ficam em aberto para futuros trabalhos. Dentre elas destaca-se, em primeiro lugar, um desafio metodológico com a construção de uma função de fronteira estocástica capaz de incorporar explicitamente componentes espaciais, o que poderia aumentar o poder do modelo. Em segundo lugar, estão desafios relacionados a um maior detalhamento das variáveis e dos impactos no trade-off entre rentabilidade/eficiência que possivelmente podem surgir. Por exemplo, seria importante uma caracterização mais detalhada da qualidade dos solos a fim de captar de maneira mais adequada outros fatores locais que afetam a produtividade. Por fim, a terceira agenda refere-se ao uso de dados *cross-section* neste estudo, que oferecem uma “fotografia” estática do evento em questão. Assim, a expansão da análise para dados em painel seria de bastante utilidade na compreensão da dinâmica da eficiência agrícola regional brasileira ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. *Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models*. Journal of Econometrics, Vol. 6, p. 21-37, 1977.
- ALMEIDA, E. *Econometria Espacial Aplicada*. Editora Alínea, 2012.
- BARROS, E. S.; COSTA E. F.; SAMPAIO, Y. *Análise de Eficiência das Empresas Agrícolas do Pólo Petrolina/Juazeiro Utilizando a Fronteira Paramétrica Translog*. Revista de Economia e Sociologia Rural, Vol. 42, n. 4, p. 597-614, 2004.
- BATTESE, G.; COELLI, T.; *A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data*. Empirical Economics, Vol. 20, p. 325-332, 1995.
- BATTESE, G., COELLI, T. *Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data with Application to Paddy Farmers in India*. Journal of Productivity Analysis, Vol. 3, p. 153-169, 1992.
- BRAVO-URETA, B. E. *Technical Efficiency in Farming: a Meta-Regression Analysis*. Journal of Productivity Analysis, Vol. 27, n. 1, p. 57-72, 2007.
- BYERLEE, D.; DE JANVRY, A.; SADOULET, E. *Agriculture for Development: Toward a New Paradigm*. Annuary of Review of Resources Economics, v. 1, n. 1, p. 15-31, 2009.
- CAPALBO, S. M. *Measuring the Components of Aggregate Productivity Growth in US Agriculture*. Western Journal of Agricultural Economics, p. 53-62, 1988.
- CARVALHO, R. M.; MARINHO, E. L. L. *Transformações Estruturais, Variações na Eficiência Técnica e Produtividade Total dos Fatores no Setor Agrícola dos Países Sul-americanos: 1970 - 2000*. In: Anais do XXXI Encontro Nacional de Economia da ANPEC, 2003.
- CAVES, D. W.; LAURITS, R.; CHRISTENSEN, W.; DIEWERT, E. *The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity*. Econometrica Vol. 50, p. 1393-1414, 1982.
- CHAMBERS, R. G. *Stochastic Productivity Measurement*. Journal of Productivity Analysis, Vol. 30, n. 2, p. 107-120, 2008.
- CHRISTENSEN, L. R. *Concepts and Measurement of Agricultural Productivity*. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 57, n. 5, p. 910-915, 1975.
- COELLI, T. J. *Measurement of Total Factor Productivity Growth and Biases in Technological Change in Western Australian Agriculture*. Journal of Applied Econometrics, Vol. 11, n. 1, p. 77-91, 1996.
- COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; B. G. E. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Editora Springer, 2005.

- COELLI, T. J.; RAO, D. S. *Total Factor Productivity Growth in Agriculture: a Malmquist Index Analysis of 93 Countries, 1980–2000*. *Agricultural Economics*, Vol. 32, n. 1, p. 115-134, 2005.
- COELLI, T. J. *Recent Developments in Frontier Modelling and Efficiency Measurement*. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 39, n. 3, p. 219-245, 1995.
- COELLI, T. J. *A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation*. CEPA Working papers, 1996.
- COELLI, T. J.; PERELMAN, S.; ROMANO, E. *Accounting for Environmental Influences in Stochastic Frontier Models: With Application to International Airlines*. *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 11, n. 3, p. 251-273, 1999.
- COOPER, W. W.; LOVELL, C. A. K. *History Lessons*. *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 36, n. 2, p. 193-200, 2011.
- COSTANTIN, P. D.; ROCHA, T. B.; PIZA, C. *Produtividade Total Dos Fatores Na Agricultura Brasileira 1970-1999: Um Estudo Aplicado Sobre Sua Composição e Seus Determinantes*. In: *Anais da ANPEC 2007*. 2007.
- CLARK, C. *The Condition of Economic Progress*. Macmillan, London, 1940.
- DA SILVA, G.; GOMES, S. E. G.; GAZZOLA, R.; WANDER, A. E. *Eficiência Técnica na Agricultura Brasileira: Uma Abordagem Via Fronteira Estocástica*. EMBRAPA, 2010.
- DE FERRANTI, D. M. (Ed.). *Beyond the City: The Rural Contribution to Development*. World Bank Free PDF, 2005.
- FERNÁNDEZ, C.; KOOP, G.; STEEL, M. F. J. *Alternative Efficiency Measures for multiple-Output Production*. *Journal of Econometrics*, Vol. 126, n. 2, p. 411-444, 2005.
- FOX, K. J. *Problems with (dis)aggregating Productivity, and Another Productivity Paradox*. School of Economics, University of New South Wales, 2002.
- FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. (Ed.). *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*. Oxford University Press, 2008.
- FUGLIE, K.; SCHIMMELPFENNIG, D. *Introduction to the Special Issue on Agricultural Productivity Growth: A Closer Look at Large, Developing Countries*. *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 33, n. 3, p. 169-172, 2010.
- GASQUES, J. G. *Produtividade Total dos Fatores e Transformações da Agricultura Brasileira: Análise dos Dados dos Censos Agropecuários*. In: *Anais da Sober 2010*. Campo Grande - MS, p. 19-44, 2010.
- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. P. R.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. *Condicionantes da Produtividade da Agropecuária Brasileira*. Textos para Discussão Ipea 1017 Brasília - DF, 2004.

- GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P. *Produtividade e Fontes de Crescimento da Agricultura Brasileira*. In: Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica no Brasil. Brasília - DF: Ipea, p. 435-459, 2008.
- GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. *Transformações Estruturais da Agricultura e Produtividade Total dos Fatores*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2000.
- GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Organizadores). *A Agricultura Brasileira: Desempenho, Desafios e Perspectivas*. Brasília - DF, IPEA, 2010. 298 p.
- GREENE, W. H. *A Gamma-Distributed Stochastic Frontier Model*. Journal of Econometrics, Vol. 46, 141–163, 1990.
- GUIMARÃES, P.; REIS, D. *Análise Espacial da Produtividade Agrícola nos Municípios Brasileiros por Intermédio de Incrementos Tecnológicos*. In: Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos. 2012.
- HEADEY, D.; ALAUDDIN, M.; RAO, D. S. Explaining Agricultural Productivity Growth: An International Perspective. *Agricultural Economics*, Vol. 41, n. 1, p. 1-14, 2010.
- HELFAND, S. M.; LEVINE, E. S. *Farm Size and the Determinants of Productive Efficiency in the Brazilian Center-West*. *Agricultural Economics*, Vol. 31, n. 2-3, p. 241-249, 2004.
- HOFFMANN, R.; NEY, M. *Estrutura Fundiária e Propriedade Agrícola no Brasil*. Brasília - DF: NEAD/MDA, 2010.
- IGLESIAS, G.; CASTELLANOS, P.; SEIJAS, A. *Measurement of Productive Efficiency with Frontier Methods: A case study for Wind Farms*. *Energy Economics*, Vol. 32, n. 5, p. 1199-1208, 2010.
- JOHNSTON, B. F. *Agriculture and Structural Transformation: Economic Strategies in Late-Developing Countries*. 1975.
- JOHNSTON, B. F.; MELLOR, J. W. *The Role of Agriculture in Economic Development*. *The American Economic Review*, Vol. 51, n. 4, p. 566-593, 1961.
- KUMBHAKAR, S. C. *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press, 2003.
- KUZNETS. *Quantitative Aspects of the Economic Growth of Nations*. *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 11, n. 2, p. 1-80, 1957.
- LEWIS, W. A. *Economic Development with Unlimited Supplies of Labour*. The Manchester School, Vol. 22, n. 2, p. 139-191, 1954.
- MARINHO, E.; CARVALHO, R. M. *Comparações Inter-regionais da Produtividade da Agricultura Brasileira: 1970 - 1995*. Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro, Vol. 34, n. 1, 2004.
- MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK. *Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Errors*. *International Econometric Review*, Vol. 8, 435–444, 1977.

- MOREIRA, A. R. B.; FONSECA, T. C. R. *Comparando Medidas de Produtividade: DEA, Fronteira de Produção Estocástica*. IPEA, 2005.
- NOGUEIRA, M. A. *Eficiência Técnica na Agropecuária das Microrregiões Brasileiras*. Tese – Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- O'DONNELL, C. J. *Measuring and Decomposing Agricultural Productivity and Profitability Change*. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, Vol. 54, n. 4, p. 527-560, 2010.
- PAVELESCU, F. M. *Some Aspects of the Translog Production Function Estimation*. Romanian Journal of Economics, Vol. 32, n. 1 (41), p. 131-150, 2011.
- PEROBELLI, F.; ALMEIDA, E.; ALVIM, M.; FERREIRA, P. *Análise da Produtividade do Setor Agrícola Brasileiro: 1991-2003*. In: Anais do Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 2005.
- RIVERA, E. B. B.; COSTANTIN, P. D. *Produtividade Total Dos Fatores Nas Principais Lavouras De Grãos Brasileiras: Análise De Fronteira Estocástica e Índice De Malmquist*. 2007.
- SCHMIDT, A. M. *Spatial Stochastic Frontier Models: Accounting for Unobserved Local Determinants of Inefficiency*. Journal of Productivity Analysis, Vol. 31, n. 2, p. 101-112, 2009.
- SENA, V. *The Frontier Approach to the Measurement of Productivity and Technical Efficiency*. Economic Issues Stoke on Trent, Vol. 8, n. 2, p. 71-98, 2003.
- STEVENSON, R. E. *Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation*. Journal of Econometrics, Vol. 13, 57–66, 1980.
- TIMMER, C. P. *Agriculture and Economic Development*. Handbook of Agricultural Economics, Vol. 2, p. 1487-1546, 2002.
- TIMMER, C. P. *The Agricultural Transformation*. Handbook of Development Economics, Vol. 1, n. Part II, p. 276-331, 1988.
- TODARO, M. P.; SMITH, S. C. *Economic Development*. 9. Ed., 2006.
- VICENTE, J. R. *Produtividade Total de Fatores e Eficiência Econômica na Agricultura Paulista, 1995-2006*. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, v. 40, 2008.
- VICENTE, J. R. *Comparação de Produtividade Agrícola entre as Unidades da Federação, 1970-1995*. Agricultura em São Paulo, São Paulo, Vol. 53, n. 2, p. 69-83, 2006.

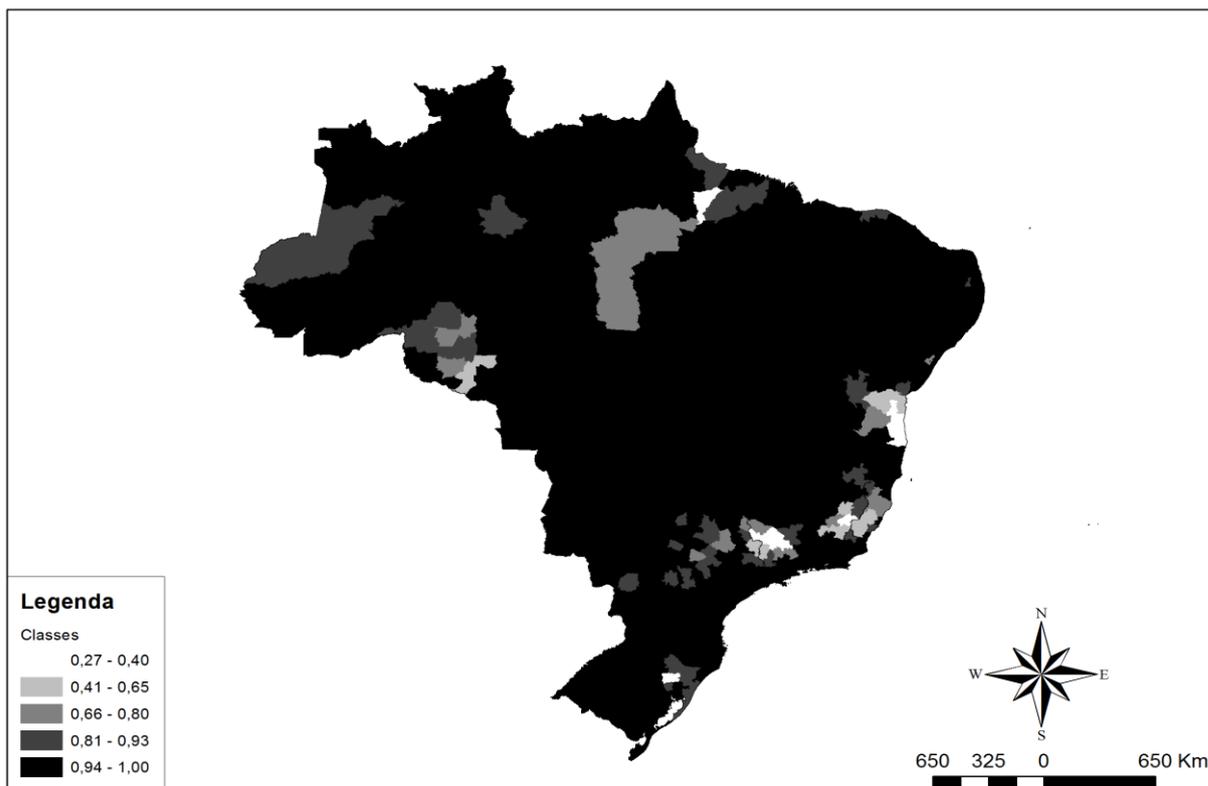
ANEXOS

Tabela 11 - Produtos por Tipo de Lavoura e Participação no Quantum

Lavouras Permanentes	Participação (%)	Lavouras Temporárias	Participação (%)
Abacate	0.007	Abacaxi	0.042
Açaí	0.780	Abóbora	0.007
Acerola	0.007	Algodão (herbáceo)	0.220
Agave/Sisal	0.399	Alho	0.001
Algodão (arbóreo)	0.000	Amendoim	0.002
Ameixa	0.032	Arroz	1.353
Amora	0.465	Aveia	0.001
Banana	18.53	Batata-Inglesa	0.042
Borracha	0.128	Cana-de-Açúcar	86.14
Cacau	0.678	Cebola	0.024
Café	11.62	Centeio	0.000
Cajú	0.817	Colza	0.001
Caqui	0.036	Ervilha	0.000
Carambola	0.000	Fava	0.000
Chá-da-Índia	0.003	Feijão	0.125
Cravo-da-Índia	0.001	Fumo em Folha	0.116
Cupuaçu	0.003	Gergelim	0.000
Dendê	0.199	Girassol	0.000
Ervã-Mate	0.502	Juta	0.000
Figo	0.016	Linho	0.000
Fruta-de-Conde	0.025	Malva	0.000
Goiaba	0.017	Mamona	0.002
Graviola	0.002	Mandioca/Aipim	1.268
Guaraná	0.001	Melancia	0.105
Jabuticaba	0.002	Melão	0.025
Jambo	0.000	Milho	3.701
Kiwi	0.000	Rami	0.000
Laranja	57.23	Soja	6.393
Lichia	0.000	Sorgo	0.157
Lima	0.000	Tomate	0.003
Limão	0.235	Trigo	0.038
Louro	0.000	Triticale	0.000
Maçã	3.189	FORAGEIRAS PARA CORTE	0.229
Manga	0.541		
Mamão	0.652		
Maracujá	0.184		
Nectarina	0.001		
Nêspera	0.000		
Palmito	0.007		
Pera	0.000		
Pêssego	0.243		
Pimenta-do-Reino	0.056		
Pitanga	0.000		
Pupunha	0.000		
Romã	0.000		
Tangerina/Bergamota	0.344		
Urucum	0.005		
Uva	3.028		

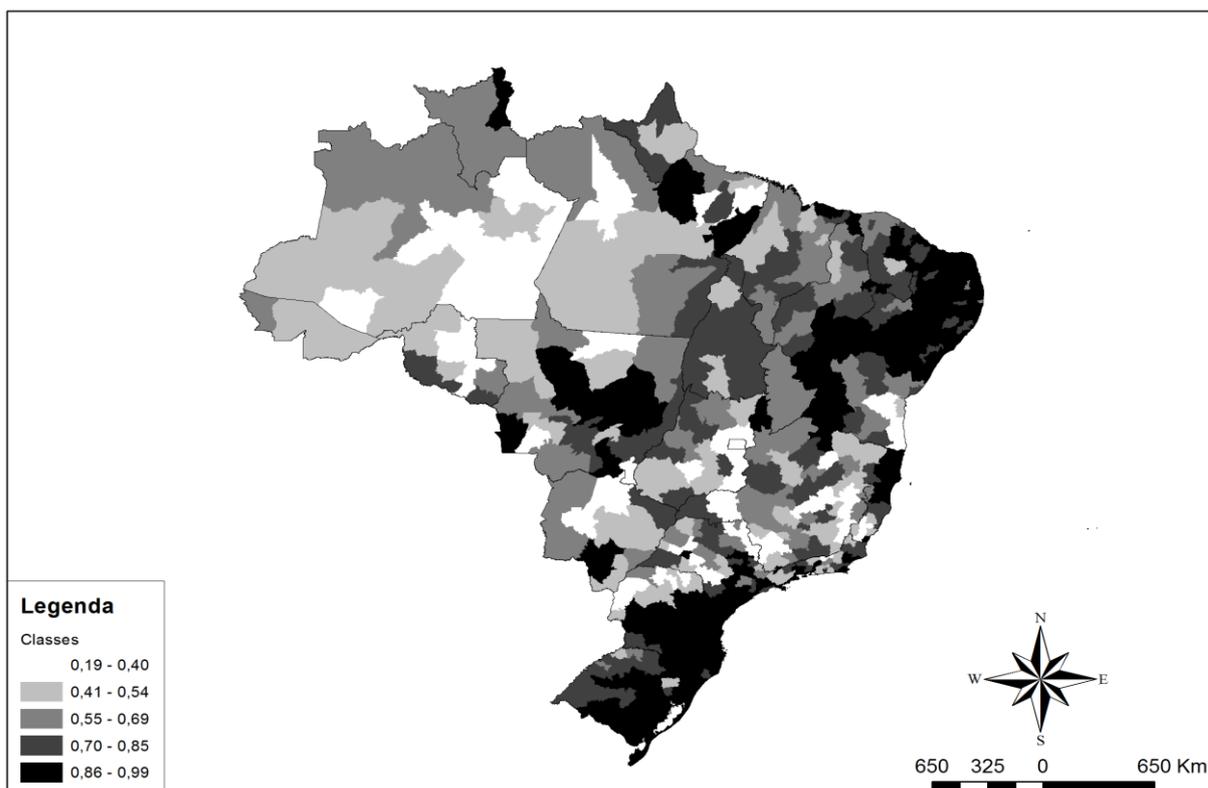
Fonte: Resultados de Pesquisa.

Figura 11 - Anexo 1: Eficiência nas Lavouras Permanentes (Modelo 2)



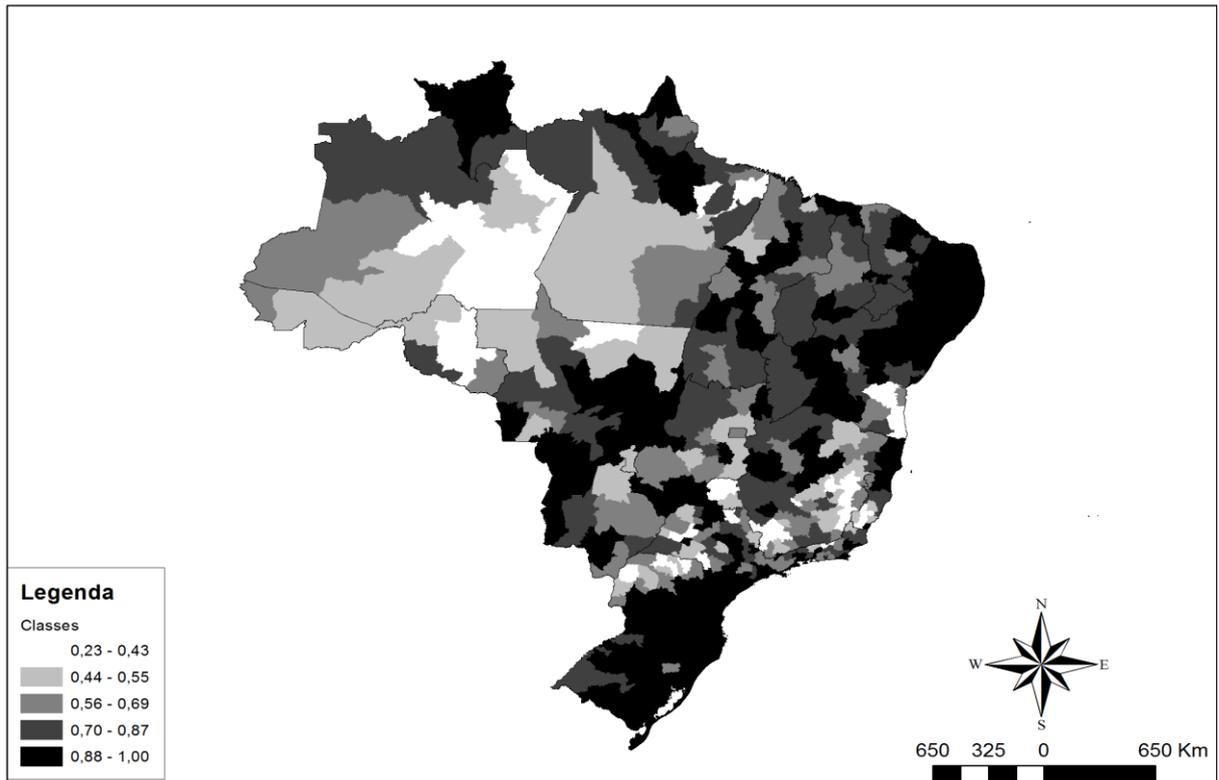
Fonte: Resultados de Pesquisa.

Figura 12 - Anexo 2: Eficiência nas Lavouras Permanentes (Modelo 3)



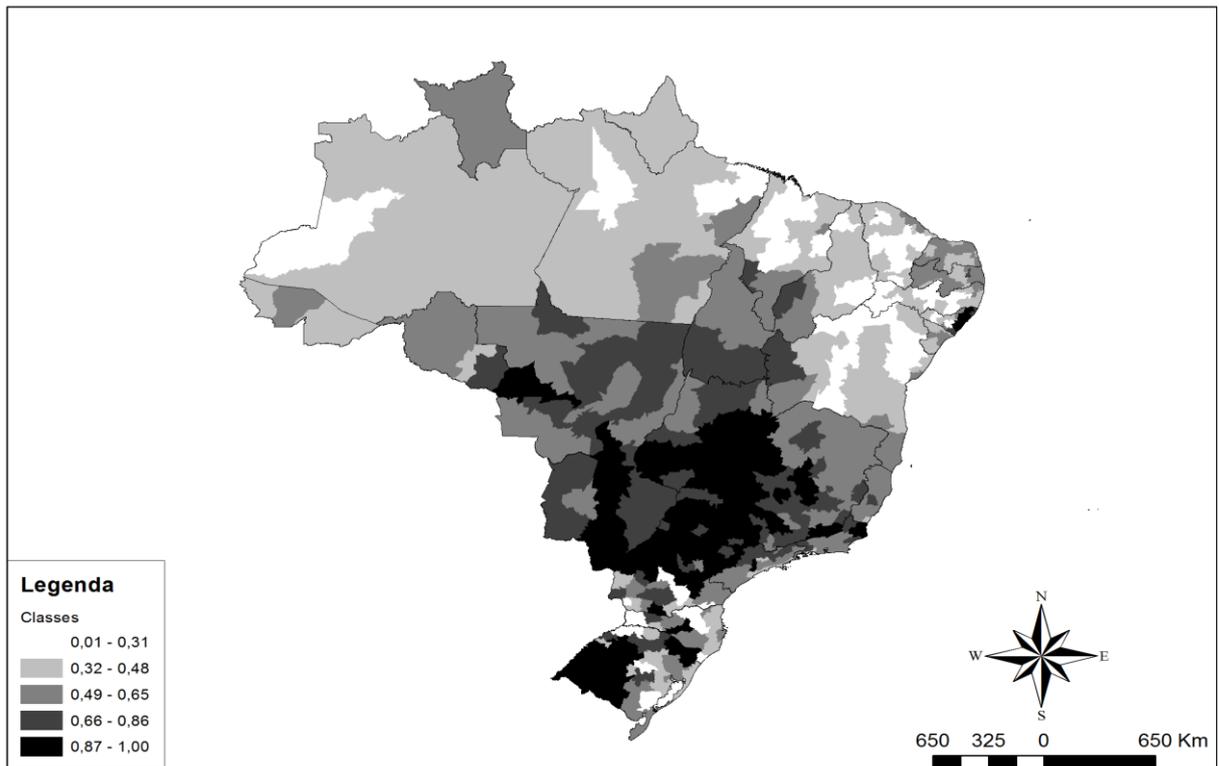
Fonte: Resultados de Pesquisa.

Figura 13 - Anexo 3: Eficiência nas Lavouras Permanentes (Modelo 4)



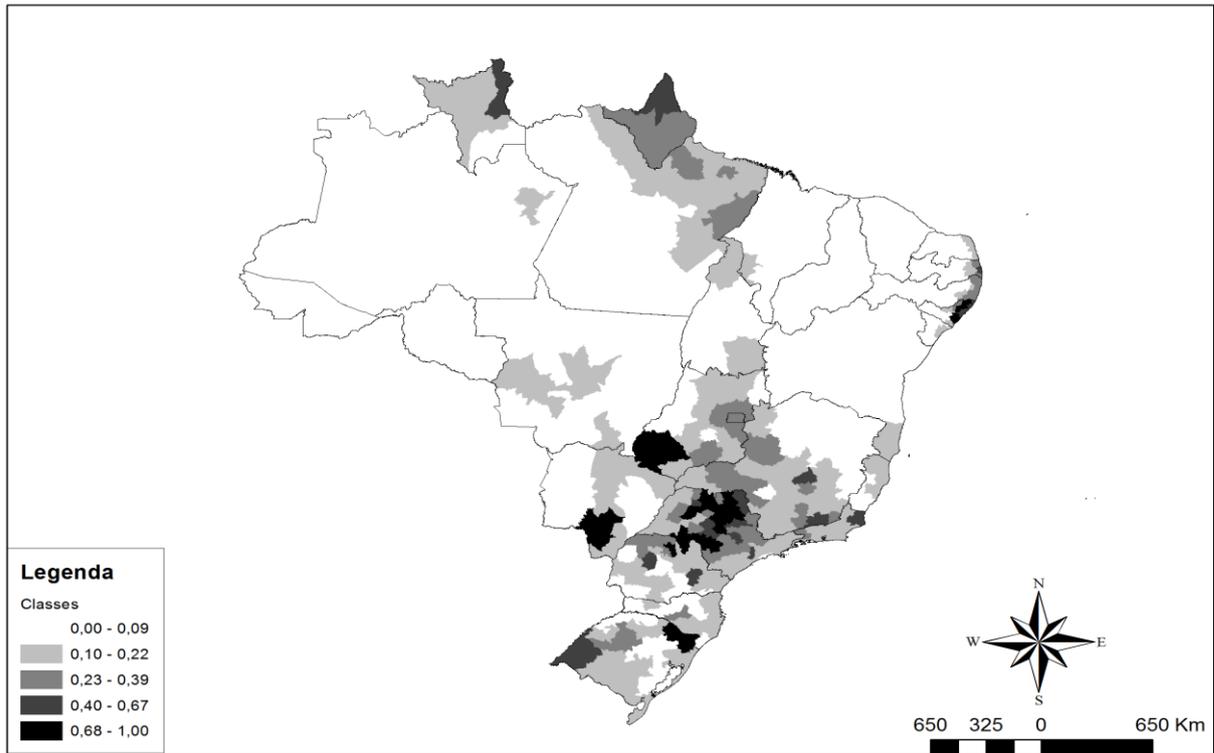
Fonte: Resultados de Pesquisa.

Figura 14 - Anexo 4: Eficiência nas Lavouras Temporárias (Modelo 2)



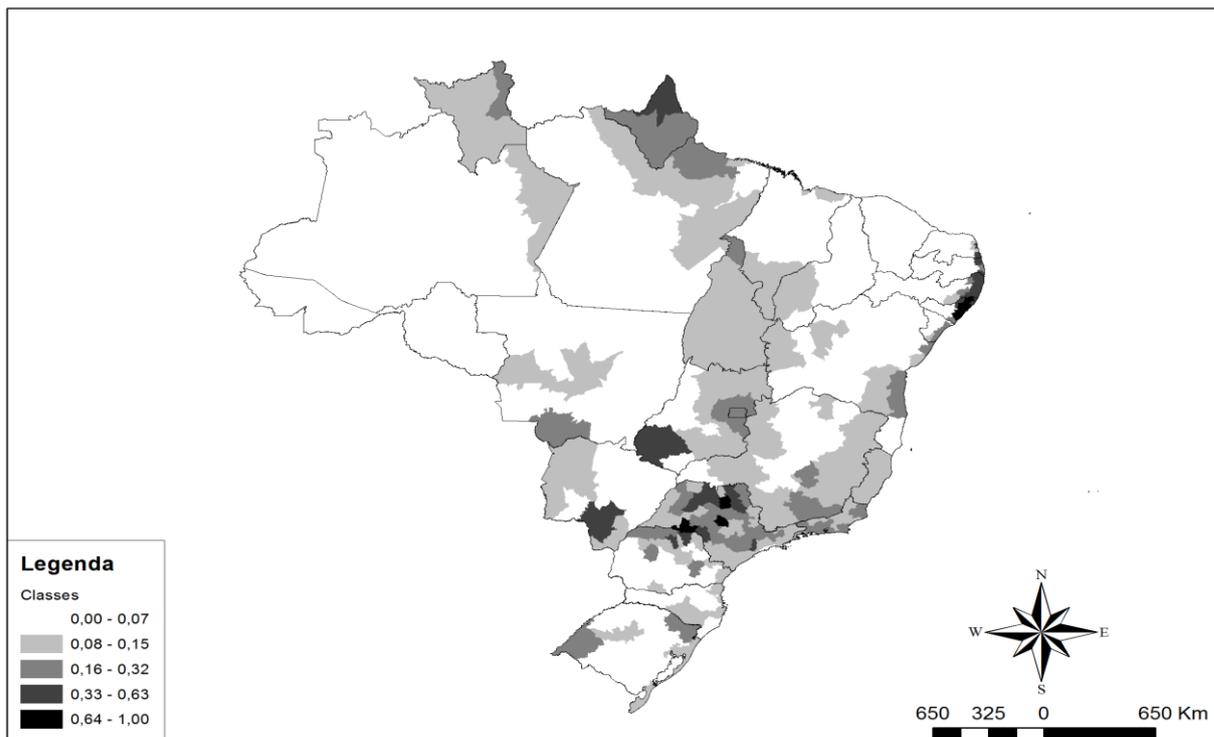
Fonte: Resultados de Pesquisa.

Figura 15 - Anexo 5: Eficiência nas Lavouras Temporárias (Modelo 3)



Fonte: Resultados de Pesquisa.

Figura 16 - Anexo 6: Eficiência nas Lavouras Temporárias (Modelo 4)



Fonte: Resultados de Pesquisa.