

ALTAMIR SCHEMBERGUE

**ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA COMO
MEDIDA ADAPTATIVA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S323a
2014 Schembergue, Altamir, 1980-
Análise da integração lavoura-pecuária-floresta como
medida adaptativa às mudanças climáticas / Altamir
Schembergue. – Viçosa, MG, 2014.
x, 71f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Dênis Antônio da Cunha.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.60-66.

1. Agrossilvicultura. 2. Mudanças Climáticas.
3. Desenvolvimento sustentável. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Economia Rural. Programa de
Pós-graduação em Economia Aplicada. II. Título.

CDD 22. ed. 634.9261

ALTAMIR SCHEMBERGUE

**ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA COMO
MEDIDA ADAPTATIVA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

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

APROVADO:

Prof. Dr^a. Naisy Silva Soares

Dr. Marcel Viana Pires
(Coorientador)

Prof. Dr. Dênis Antônio da Cunha
(Orientador)

*Aos meus pais Acir e Maria, e ao
meu irmão Acir Jr. (in memoriam),
por toda dedicação e amor a mim.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar força e coragem diante das várias adversidades encontradas ao longo desta jornada de muito aprendizado, agradeço ainda a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho, destacando um agradecimento:

Às minhas irmãs, irmão e sobrinhos, que se fizeram presentes em toda esta etapa, mesmo distantes, se fizeram presentes fazendo com que eu acreditasse cada vez mais que tudo é possível quando acreditamos de coração. Ao meu sempre companheiro Martin, por todo apoio e acompanhamento incondicional desde o início desta fase.

Ao meu orientador Dênis Antônio da Cunha e meu coorientador Marcel Pires, pelas importantes contribuições para o desenvolvimento do trabalho, pela paciência e por me motivarem para conclusão do trabalho. Agradeço ainda a todo o grupo de pesquisa “Economia dos Recursos Naturais e Ambientais”.

Aos meus amigos, professores Cleise e Emerson Hilgemberg, Mara Lucy Castilho e Augusta Pelinski Raiher, por me incentivarem em todos os momentos de minha vida acadêmica.

Aos meus amigos de turma, Iara, Letícia, Talita e Ricardo, por compartilharmos dias e noites de estudo durante esses anos de mestrado e também pelos momentos descontração que tivemos juntos. Em especial, Iara e Ricardo, por me socorrerem no momento mais difícil desta etapa de minha vida.

Aos meus companheiros Paulo Henrique, Sara e Zenaide, que vieram a somar neste grupo muito especial, assim como meus queridos amigos Emerson e Patrícia, pelos cuidados com minha alimentação, e minha querida Ritinha, por cuidar das minhas coisas e ainda achar tempo para um abraço carinhoso.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Economia Rural que contribuíram com essa jornada, em especial, Carminha e Romildo, e aos professores Marcelo Braga, Wilson da Cruz Vieira Cruz e Viviane Silva Lírio.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de aprendizado, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Considerações Iniciais	1
1.2. Objetivo	5
1.2.1. Objetivo Geral	5
1.2.2. Objetivos Específicos	6
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)	7
2.2. Modelos de Análise do Impacto das Mudanças Climáticas no Setor Agrícola	16
2.2.1. Modelo Simplificado para Avaliar o Impacto do Clima sobre Agricultura	16
2.2.2. Modelo Ricardiano	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1 Mudanças Climáticas	23
3.2 Conceito de adaptação	24
3.3 Modelo teórico.....	28
4. METODOLOGIA	30
4.1 Probabilidade de adoção do sistema de iLPF	30
4.2 Avaliação da adoção do sistema de iLPF sobre o desempenho do produtor ..	32
4.3 Variáveis utilizadas	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Análise descritiva das variáveis	38
5.2 Análise dos fatores relacionados à adoção da iLPF	41
5.3 Probabilidade de adoção do sistema iLPF e efeito da adoção sobre o desempenho dos produtores	49
5.4 Qualidade de estimação do efeito da adoção do sistema iLPF sobre o desempenho do produtor	53
6. CONCLUSÕES.....	56
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis utilizadas na pesquisa.	35
Tabela 2 - Distribuição dos sistemas de produção por municípios.....	38
Tabela 3 - Estatística descritiva por tipo de produção.....	39
Tabela 4 - Estimativas da probabilidade de adoção do sistema iLPF.	42
Tabela 5 - Estimativa do efeito de tratamento médio (ETM1) para o Brasil.	51
Tabela 6 - Análise de redução do viés padronizado para amostra de municípios pareados e não pareados.	53
Tabela 7 - Análise de sensibilidade do efeito de tratamento.	54
Tabela A1 - Análise fatorial da formação do fator Experiência do produtor.....	68
Tabela A2 - Fatores rotacionados pelo método Varimax.....	68
Tabela A3 - Teste KMO para adequação dos dados.....	68
Tabela A4 - Teste de hipótese sobre as médias dos grupos.....	69
Tabela A5 - Teste Pearson ou Hosmer-Lemeshow para qualidade do teste de ajustamento do modelo probit (estat gof).....	69
Tabela A6 - Classificação do modelo probit.	70
Tabela A7 - Medidas de ajustamento do modelo probit para iLPF.....	70
Tabela A8 - Teste Wald do conjunto de variáveis.	70
Tabela A9 - Efeito de tratamento médio (ETM) por vizinho mais próximo.	70
Tabela A10 - Estimativa do efeito de tratamento médio (ETM) por vizinho mais próximo.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Participação do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio no PIB total.	1
Figura 2 – Proporção das terras em uso, segundo o tipo de utilização das terras Brasil - 1970/2006.	10
Figura 3 – Proporção (%) das terras em uso com lavouras em relação à superfície territorial do Brasil, por tipo de lavoura -1992-2008.....	10
Figura 4 – Área dos estabelecimentos agropecuários por utilização de terras (%)...	11
Figura 5 – Distribuição geográfica dos Sistemas iLPF no Brasil.	13
Figura 6 – Mudanças climáticas e os custos e benefícios da adaptação.	27
Figura 7 – Média do número de produtores brasileiros em relação ao nível de escolaridade.	48
Figura 8 – Probabilidade de adoção do sistema de iLPF por regiões brasileiras.	50

RESUMO

SCHEMBERGUE, Altamir, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2014. **Análise da integração lavoura-pecuária-floresta como medida adaptativa às mudanças climáticas.** Orientador: Dênis Antônio da Cunha. Coorientador: Marcel Viana Pires.

A agropecuária é um dos setores mais importantes da economia brasileira, sendo altamente dependente do clima. Os impactos das mudanças climáticas sobre o setor agrícola e sua habilidade em adaptar-se e mitigá-los são questões críticas para os produtores rurais e formuladores de políticas públicas. A relevância do setor agrícola para a mudança do clima está no fato de uma inquestionável necessidade de expansão da produção para atender às demandas atuais e futuras de alimentos para a população crescente. Considerando ainda que o setor agropecuário é um dos setores mais importantes da economia brasileira, o tema se torna relevante para o desenvolvimento sustentável do país. Neste sentido, o presente trabalho objetivou analisar os impactos econômicos das mudanças climáticas sobre o setor agrícola brasileiro, considerando a adoção de estratégias adaptativas. Partiu-se da hipótese de que a adoção de um sistema agrícola integrado, que compreende agricultura, pecuária e floresta (agrossilvipastoril), seria mais resiliente às mudanças climáticas do que a produção especializada. Buscou-se fazer uma análise alternativa dos efeitos das mudanças climáticas sobre o setor agrícola do Brasil, considerando a decisão de implementar um sistema integrado de lavoura-pecuária-floresta (iLPF) como estratégia de adaptação. Investigou-se como a variabilidade climática influencia a decisão dos agricultores e se o sistema, de fato, tornará menor a vulnerabilidade dos produtores brasileiros às alterações climáticas. Para tanto, utilizou-se o método de Efeito de Tratamento, cujas estimativas foram obtidas pela técnica conhecida como Pareamento por Escore de Propensão - PSM (*Propensity Score Matching*). Primeiramente, estimou-se um modelo Probit da adoção do sistema iLPF. Os coeficientes estimados foram usados para calcular o escore de propensão, que é a probabilidade de se adotar o sistema integrado para cada observação. Por meio dos valores dos escores de propensão, os dados foram organizados em seus respectivos grupos, ou seja, os municípios que apresentam a adoção do sistema de iLPF (tratados) e aqueles que não utilizam o sistema. As

probabilidades estimadas foram usadas para obter os contrafactuais desejados, isto é, a partir delas obtêm-se pares de observação, em que um dos elementos do par pertence ao grupo de produtores integrados e o outro, ao grupo de agricultores especializados (controle). A análise considerou as previsões climáticas em um período de 33 (trinta e três) anos (1979-2012), considerando 5.464 municípios brasileiros. Os resultados obtidos confirmaram a expectativa de que a adoção do sistema integrado de iLPF é influenciado pelas alterações climáticas, podendo, assim, ser considerada como medida adaptativa às mudanças climáticas. A análise dos fatores associados à adoção do sistema integrado indicou que o produtor com maior nível de experiência, informação e maior nível de instrução apresenta maior probabilidade de adoção do sistema integrado, sendo que a falta de conhecimento técnico e de fontes de financiamento impactam de maneira negativa na probabilidade de adoção do sistema. No que se refere ao efeito da adoção da iLPF sobre o desempenho do produtor, o resultado revelou que nos municípios que adotaram o sistema houve ganho aproximadamente 13,5% superior, em termos de valor da terra, em relação aos municípios que não fizeram esta adoção. Os resultados evidenciados corroboram os pressupostos da adoção do sistema de iLPF, possibilitando a expansão produtiva de forma sustentável, auferindo ganhos maiores para os produtores rurais.

ABSTRACT

SCHEMBERGUE, Altamir, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, November of 2014. **Analysis of integrated crop-livestock and forest as an adaptive measure to climate change**. Advisor: Dennis Antonio da Cunha. Co-Advisor: Marcel Viana Pires.

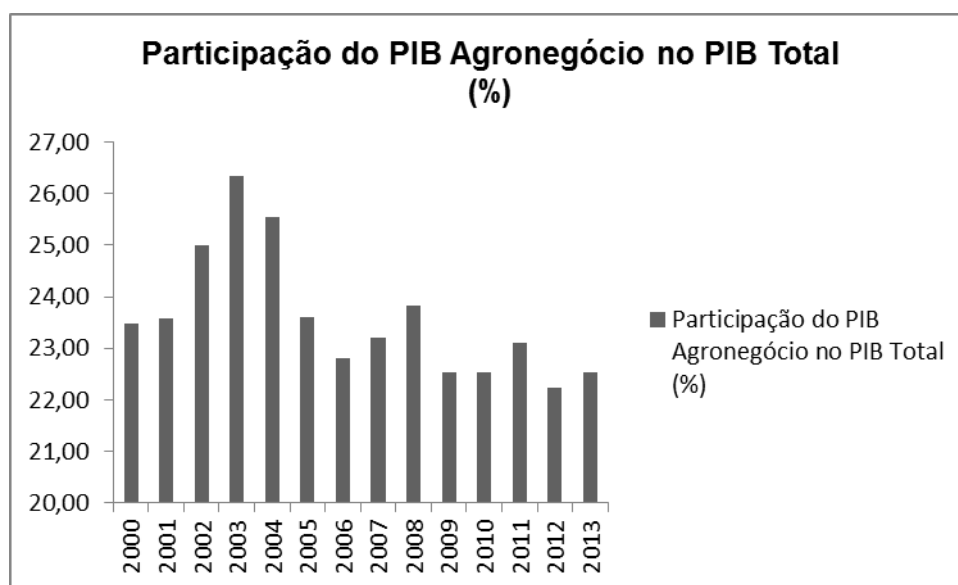
Agriculture and cattle raising is one of the most important sectors of the Brazilian economy, and is highly dependent on the climate. The impacts of climate change in agricultural industry and its ability to adapt and relieve are critical issues for producers and policy makers. The importance of agriculture for the climate change is in fact an unquestionable need to expand production to support current and future demands of food supply. Furthermore, the agricultural industry is one of the most important sector of the Brazilian economy and the issue becomes relevant to develop the sustainability of the country. For that reason, the present study aimed to analyze the economic impacts of climate change on the Brazilian agricultural sector, considering the adoption of adaptive strategies. Assuming that an adoption of an integrated agricultural system, including agriculture and forest (agrossilvipastoril), would be more resilient to climate change than a specialized production. Trying to accomplish an alternative analysis of the effects of climate change regarding the Brazil's agricultural sector, considering the decision to implement an integrated crop-livestock-forest system as an adaptation strategy, we intend to investigate how climate variability influences the farmers' decision and if the system in fact, will make the Brazilian producers less vulnerable to climate change. For this reason, we used the Treatment Effect method whose estimates are derived from the technique known as Propensity Score Matching (PSM). Firstly, it was estimated a model Probit of the system adoption (iLPF), then, the estimated coefficients are used to calculate the propensity score which is the probability of adopting the integrated system for each observation and through these values, the data is organized in respective groups. In other words, the municipalities with the adoption system (treated) and those that do not use iLPF system. The estimated probabilities will be used to obtain desired counterfactuals, it means that they are obtained by observing pairs wherein one pair of the elements belong to the group of integrated producers and the other one to the specialized farms (control). The analysis included the weather forecast in a period of

33 (thirty three) years (1979-2012), considering 5,464 Brazilian municipalities. The results confirmed that the expectation of adopting the Integrated iLPF system is influenced by climate change, as well as it could be considered an adaptive measure to climate change. The analysis of factors associated to the adoption of integrated systems show that the producer with higher level of experience, information and more education (higher education) is more likely to adopt the integrated system and due to lack of technical knowledge and investment (PRONAF) impact directly in a negative way while adopting a system. However properties that have better soil quality increase the probability of adopting the system, and the various benefits offered may contribute with properties that have lower soil quality, showing that the adoption of the system can contribute to reduce their vulnerability to climate change and also to achieve better results for the synergy between the productions offered by the system. Regarding the effect of adopting the iLPF system for the producer performance, the result revealed that properties have increased 13,5% more than producers who took the expert system. The highlighted results confirm the assumption of adopting the iLPF system enabling the production expansion in a sustainable way, providing higher profits for farmers.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

O Brasil apresenta grandes vantagens no que diz respeito ao sistema produtivo agropecuário: existência de terras adequadas, boas condições climáticas, abundância de água, além de todo o progresso tecnológico que vem sendo verificado ao longo das últimas décadas. A agricultura é um dos mais importantes setores da economia brasileira, tendo representado, aproximadamente, 22,5% do Produto Interno Bruto (PIB), sobretudo impulsionado pelo aumento das exportações brasileiras em 2013 (CEPEA, 2013). A Figura 1 apresenta a participação do agronegócio desde o início dos anos 2000. Ainda que haja certa tendência de queda, verifica-se que o setor ainda é bastante importante para a geração de riquezas no país.



Fonte: Elaboração própria com base em dados do CEPEA.

Figura 1 – Participação do Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio no PIB total.

Embora o Brasil apresente fatores que impulsionem o setor agrícola para atender tanto a demanda interna como a demanda externa, é de concordância entre vários autores, conforme mencionam Carvalho *et al.* (2007), que o país é suscetível a uma redução na produtividade em decorrência das variações climáticas atuais e das expectativas futuras. De fato, em 2013, culturas como a laranja e o café apresentaram quedas causadas por adversidades climáticas, sendo um dos fatores

responsáveis pela queda de 1,89% do PIB do setor no ano de 2012 em relação a 2011. De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2013), a produtividade das lavouras daquele ano agrícola foi prejudicada por secas no período de desenvolvimento das culturas e excesso de chuva na época da colheita. Portanto, a compreensão dos possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira é um ponto essencial para os formuladores de políticas para não comprometer a segurança alimentar interna e as exportações agrícolas.

Tais variações do clima, que já têm afetado a agropecuária brasileira e cuja magnitude não é totalmente conhecida, têm se manifestado de diferentes maneiras, destacando-se o aquecimento global e as mudanças no sistema de chuvas. O aumento das concentrações atmosféricas dos chamados gases de efeito estufa – GEEs (em especial, o dióxido de carbono – CO_2 , o metano – CH_4 e o óxido nitroso – N_2O) é apontado pelo International Panel on Climate Change – IPCC (2013) como a causa primária das alterações no clima. De acordo com o IPCC (2013), as taxas médias de aumento das concentrações atmosféricas de GEEs ao longo do século XX são as maiores nos últimos 22 mil anos. Ainda segundo o IPCC (2013), a temperatura da Terra apresentou aumento de $0,85^\circ\text{C}$, em média, entre 1880 e 2012.

Ademais, documentos recentes reportaram a tendência de que esse aumento de temperatura global seja aproximadamente de $1,4^\circ\text{C}$ a $5,8^\circ\text{C}$ nos próximos 100 anos (IPCC, 2014). Embora vários planos para mitigação e adaptação para essas mudanças venham sendo colocados em prática, existe grande dificuldade pelo fato de esses aumentos de temperatura e as variações nos padrões de precipitação não serem homogêneos e afetarem setores econômicos e regiões distintamente.

O setor agrícola é altamente dependente das condições climáticas, sendo amplamente vulnerável a essas mudanças. Isso faz com que seja tratado com um foco diferenciado em relação aos demais setores da economia. A produção de alimentos e as questões decorrentes de segurança alimentar são absolutamente prioritárias para a sociedade, tanto do ponto de vista fisiológico e nutricional quanto estratégico e político, justificando análises específicas do setor.

Entre os setores da economia brasileira, o grande desafio para redução dos GEEs será em relação ao setor agropecuário e à mudança no uso da terra e das florestas. As atividades agropecuárias geram emissões de gases de efeito estufa

que ocorrem por diversos processos: emissões de CH₄ (metano), decorrentes da fermentação entérica referente ao gado bovino; e de N₂O (óxido nitroso), pela deposição de dejetos animais em pastagens e pela utilização de fertilizantes sintéticos em solos agrícolas.

O Brasil, um dos países para o qual são esperados impactos elevados no setor agrícola, desde 2009, tem investido na chamada Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC). A PNMC oficializou o compromisso do País junto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) de reduzir emissões de gases causadores de efeito estufa. Tal política envolve diversos setores da economia, com destaque para a agricultura, que tem papel de desenvolver atividades não apenas de mitigação de emissões, mas também de adaptação (MAPA, 2012).

As respostas políticas às mudanças climáticas incluem a mitigação de emissões de GEEs e a adaptação dos potenciais impactos. A primeira medida é vista como proativa, sendo a adaptação uma resposta reativa. A estratégia básica da mitigação é do custo-efetividade, buscando formas mais baratas de reduzir as emissões, independentemente do país ou da fonte de emissão. A adaptação se relaciona com o processo decisório dos agentes, que poderiam reduzir a vulnerabilidade das mudanças observadas ou esperadas no clima (MARGULIS e DUBEUX, 2010).

Embora ações visando às reduções de emissões de GEEs venham dominando a política climática global, as estratégias de adaptação têm sido bastante enfatizadas, de modo a propor respostas políticas mais abrangentes (KRUMAR, 2009). A adaptação é necessária porque, mesmo que não ocorram emissões adicionais de GEEs, que seria o padrão ideal de mitigação, o estoque de gases tende a permanecer durante anos na atmosfera, dando continuidade ao aquecimento global. De acordo com Stern (2007), a adaptação é crucial para lidar com os impactos inevitáveis das mudanças do clima.

A adaptação é fundamental para aumentar a resiliência dos produtores aos efeitos das mudanças climáticas. Entretanto, para escolher as ações mais adequadas, é necessário analisar opções (PIDGEON e FISCHHOFF, 2011). Entre as diversas atividades listadas na PNMC, que podem favorecer o aumento da resiliência dos produtores, a integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) é uma boa

opção para o Brasil. A PNMC, por meio do Plano ABC (Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura), tem como meta a expansão da área utilizada com sistemas de iLPF em quatro milhões de hectares até 2020¹. É preciso enfatizar que a importância da iLPF vai além de seu papel como medida adaptativa, pois esse sistema possibilita, entre outros fatores, a fixação de carbono e nitrogênio e, assim, a redução das emissões de GEEs.

A iLPF pode ser pensada como uma prática de produção humana e ambiental, possibilitando maior produtividade, tanto econômica como produtiva, no setor agropecuário. O objetivo é melhorar, de forma sustentável, a produtividade, a qualidade dos produtos e a renda das atividades agropecuárias, pela aplicação de sistemas integrados de exploração de lavoura, pecuária e floresta em áreas já desmatadas, como alternativa aos tradicionais cultivos (EMBRAPA, 2012). A Lei nº 12.805 (BRASIL, 2013), que define a Política de iLPF, visa a diminuir os desmatamentos da vegetação nativa para a transformação em pastagens, além de contribuir para a manutenção das áreas de preservação permanente (APPs) e de reserva legal. Também prevê o estímulo para a recuperação de áreas de pastagens degradadas por meio de sistemas produtivos sustentáveis.

O sistema se baseia na diversificação e na interação entre os diferentes sistemas produtivos – agrícolas, pecuários e florestais - dentro de uma mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação, beneficiando todas as atividades, independentemente do tamanho de suas propriedades (EMBRAPA, 2012). Ademais, o sistema de integração pode ser adotado em quatro modalidades, tendo como base a presença dos componentes arbóreos, animal e agrícola: lavoura-pecuária ou agropastoril; pecuária-floresta ou silvipastoril; lavoura-floresta ou silviagrícola; e lavoura-pecuária-floresta ou agrossilvipastoril. O sucesso desses sistemas depende de fatores diversos, como a estrutura local e regional de comercialização de produtos agropecuários e florestais. Por isso, é preciso planejamento e definição do modelo mais adequado às necessidades de cada propriedade rural.

¹ O Plano ABC contempla unicamente o setor agrícola, em conformidade com o artigo 3º do decreto n. 7.390/2010, que regulamenta a Lei n. 12.187, de 28 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC.

Nesse contexto, este estudo propõe uma análise alternativa dos efeitos das mudanças climáticas sobre o setor agrícola do Brasil, considerando a decisão de implementar um sistema integrado de lavoura-pecuária-floresta como estratégia de adaptação. Pretende-se investigar como a variabilidade climática influencia a decisão dos agricultores e se o sistema, de fato, tem funcionado como uma opção para reduzir variações na renda dos agricultores brasileiros. Ademais, pretende-se identificar quais são os principais fatores que influenciam a opção por implementar sistemas de iLPF no Brasil.

A relevância do setor agrícola se fundamenta na premissa de que a expansão da produção não deve contribuir negativamente para o aumento dos níveis atuais de emissões. Contudo, não deve ser adotada por processos que resultem em perda de áreas de vegetação nativa, comprometendo assim a sustentabilidade ambiental (MOZZER, 2011). Dessa forma, a análise de técnicas agrícolas que possam reduzir a vulnerabilidade dos produtores, como a iLPF, é de fundamental importância.

O presente trabalho está estruturado em seis seções. Além dessa seção introdutória, na seção 2, é apresentada a revisão de literatura, abordando o conceito e pressupostos da adoção do sistema de iLPF e os modelos de análise dos efeitos das mudanças climáticas sobre a agricultura. Na seção 3, é apresentado o referencial teórico no qual o estudo se baseia. Em seguida, na seção 4, é descrita a metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos e para testar a hipótese que norteia o trabalho. A seção 5 discute os resultados e, por fim, a seção 6 apresenta as conclusões da pesquisa.

1.2. Objetivo

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo principal desta pesquisa é analisar os impactos econômicos das mudanças climáticas sobre o setor agrícola brasileiro, considerando a adoção de um sistema agrícola integrado, que compreende agricultura, pecuária e floresta (agrossilvipastoril) e que seria mais resiliente às mudanças climáticas do que a produção especializada.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Identificar os fatores determinantes da decisão de empreender um sistema de produção integrada (iLPF) pelos agricultores brasileiros.
- b) Analisar o efeito da adoção do sistema integrado sobre o desempenho do produtor, como medida adaptativa às mudanças climáticas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Essa seção tem dois objetivos principais. Inicialmente, pretende-se apresentar um breve relato acerca da técnica de iLPF, ressaltando os principais benefícios da adoção do sistema integrado em relação ao sistema especializado ou extensivo, bem como seu papel como medida de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Em segundo lugar, é apresentada uma revisão dos modelos adotados para analisar os efeitos das mudanças climáticas sobre o setor agrícola, destacando alguns dos principais trabalhos desenvolvidos nessa área de estudo.

2.1 Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)

A iLPF pode ser entendida como parte de um conjunto de práticas que possibilitam o crescimento sustentável do setor agropecuário. Esse conjunto de ações está elencado no Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), o qual é parte da PNMC. Deve-se lembrar que a principal meta da PNMC é a redução de 36,1% a 38,9% das emissões brasileiras em relação ao total projetado até 2020, deixando de emitir cerca de um bilhão de toneladas de CO₂eq. (BRASIL, 2012). A adoção dessas medidas estratégicas, desenvolvidas para o caso brasileiro, foi assumida voluntariamente em 2009, durante a participação do país na 15ª Conferência das Partes (COP15), em Copenhague.

Entre as estratégias propostas pelo Plano, destacam-se:

1. Recuperação de pastagens degradadas;
2. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e Sistemas Agroflorestais;
3. Sistema de Plantio Direto na Palha;
4. Fixação Biológica de Nitrogênio;
5. Florestas Plantadas;
6. Tratamento de Dejetos animais; e
7. Adaptação às Mudanças Climáticas.

O presente trabalho enfoca principalmente o segundo programa, no que diz respeito à iLPF, por considerar a necessidade de o setor agropecuário alcançar um sistema de produção que leve em consideração tanto a produção quanto o meio

ambiente, aumentando a resiliência do produtor rural em relação às alterações climáticas. Por suas características, o sistema apresenta dupla contribuição, promovendo a ação de mitigação de GEEs, pelo potencial de sequestro de carbono, e também como medida adaptativa para agricultura frente às mudanças climáticas. O Plano ABC estima que até 2020 o sistema de iLPF, em suas diferentes possibilidades, seja ampliado em quatro milhões de hectares, evitando que entre 18 e 22 milhões de toneladas de CO₂ sejam liberadas na atmosfera.

Entre as diferentes possibilidades de produção integrada, o sistema de iLPF (agrossilvipastoril) pode ser considerado o mais complexo, por unir sistemas agrícolas, pecuários e florestas, o que o torna capaz de fornecer vários benefícios ambientais, econômicos e sociais. Embora complexo, o sistema é indicado para qualquer nível de produção, pelo cultivo consorciado, sucessão ou rotação. (BALBINO *et al.*, 2011).

Entre as principais vantagens ambientais, pode-se destacar a capacidade de recuperação de solos degradados, melhorando suas características físico-químicas e biológicas. O aumento de matéria orgânica e de carbono no solo propicia a redução de queda na produtividade decorrente de veranicos (PINTO e ASSAD, 2008).

O componente arbóreo fornece maior conforto térmico aos animais, reduz problemas relacionados a doenças e pragas e amplia o efeito da biodiversidade. Esses resultados se refletem na renda do produtor, pelo aumento da produtividade e redução de seus custos de produção. O efeito causado pela diversificação de culturas minimiza riscos potenciais e faz com que sejam obtidos ganhos na competitividade no mercado interno e externo, importante fator de geração de emprego no meio rural (PRIMAVESI *et al.*, 2007).

Em contrapartida, segundo Oliveira *et al.* (2010), a atividade de iLPF apresenta algumas desvantagens. Entre as principais, podem ser destacados o aumento na competição entre as espécies vegetais e os danos mecânicos durante a colheita ou tratos culturais sobre alguns componentes. A distribuição desorganizada do componente arbóreo pode dificultar a utilização de maquinários e pode haver danos promovidos pelos animais em consequência do pisoteio. Por fim, pode-se falar da compactação do solo e do raleamento ou da perda total da vegetação e da

permanência de componentes no sistema, que podem servir como *habitat* ou hospedeiros para pragas e doenças.

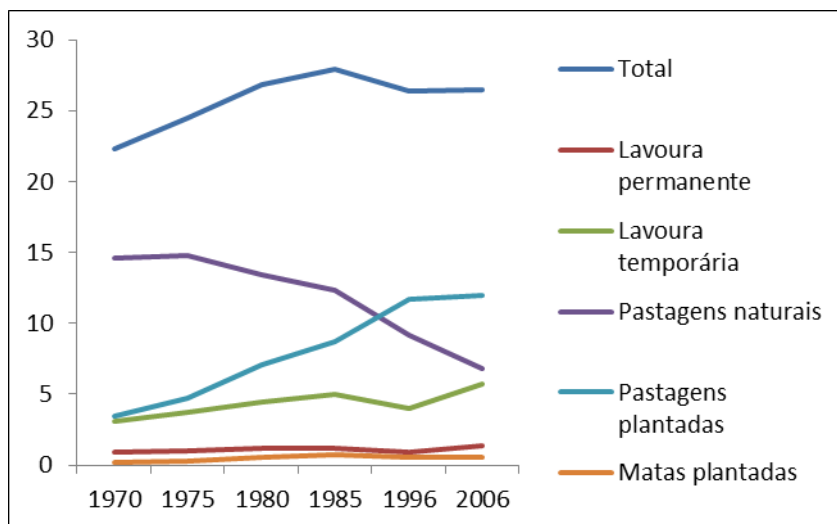
Uma das medidas que podem ajudar na superação desses obstáculos são as linhas de crédito para o financiamento dessas atividades. Segundo o Plano ABC, estima-se investimento de aproximadamente R\$ 38 bilhões para auxiliar na adoção do sistema integrado. Ademais, são esperados, para os próximos anos, investimentos de até R\$ 24 bilhões, provenientes do Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), destinados à adoção de sistemas agroflorestais.

É importante considerar que o conjunto de práticas oferecidas pelo sistema (caso o produtor opte pela iLPF) necessita de acompanhamento técnico, seja privado ou público. Tal necessidade é originada do fato de o produtor tradicional experimentar novas atividades aliadas àquelas que ele já está acostumado a gerenciar. Um dos pressupostos da iLPF é justamente a sinergia entre as atividades e, por isso, é possível que poucos produtores tenham capacidade de fazer um planejamento de longo prazo sem auxílio técnico (ALVARENGA e GONTIJO NETO, 2011).

Deve-se considerar ainda que fatores como as características socioeconômicas, fatores de produção disponível, limitações de capital e acesso ao crédito, falta de informação adequada e necessidade de renda presente dificultam a adoção e disseminação de sistemas agroflorestais, como o sistema de iLPF, possibilitando a intensificação de atividades agrícolas e pecuária.

A preocupação com sistemas produtivos agropecuários pode ser percebida na redução de pastagens naturais (Figura 2). Ressalta-se, contudo, o crescimento das áreas de lavouras e pastagens plantadas. Em relação às demais, segundo o IBGE (2010), as pastagens naturais diminuíram aproximadamente 26%, o que representa uma redução de 20,4 milhões de hectares, conforme dados dos últimos seis censos agropecuários.

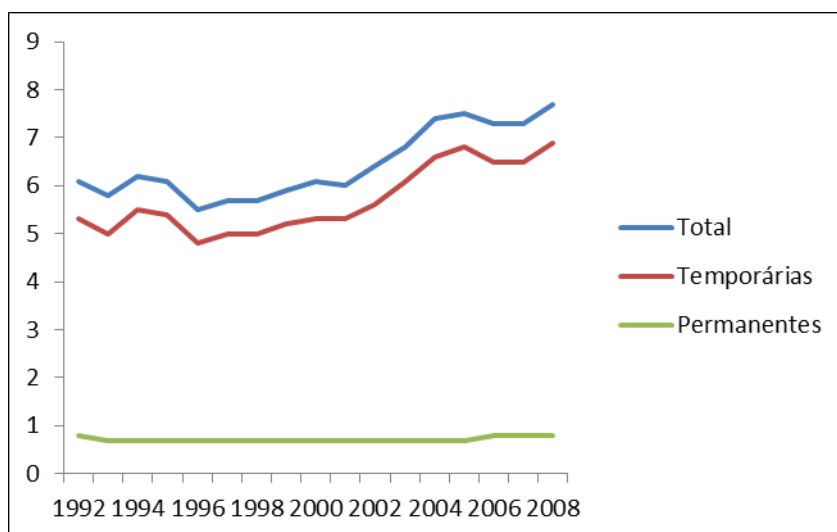
A redução das pastagens naturais e o incremento nas pastagens plantadas indicam uma intensificação da pecuária brasileira. A compactação do solo pelo pisoteio animal e a remoção da vegetação, via desfolha, podem trazer problemas causados pela diminuição da taxa de infiltração. Esse fato pode ainda ocasionar aumento da erosão e diminuição no crescimento das plantas (GREENWOOD e MCKENZIE, 2001).



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IBGE.

Figura 2 – Proporção das terras em uso, segundo o tipo de utilização das terras Brasil - 1970/2006.

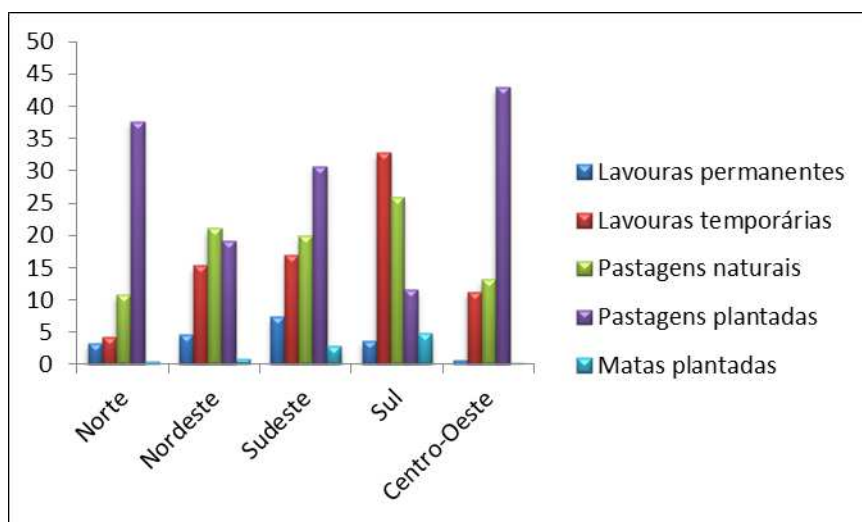
A Figura 3 apresenta os resultados da proporção do uso da terra com lavouras no Brasil. O aumento de 10,4 milhões de hectares nas lavouras, representando um acréscimo de 20,9% aproximadamente, é verificado em todas as regiões do País. O maior aumento ocorreu na Região Centro-Oeste (68,4%), seguido das Regiões Sul (12,6%) e Sudeste (15%) (IBGE, 2010).



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IBGE.

Figura 3 – Proporção (%) das terras em uso com lavouras em relação à superfície territorial do Brasil, por tipo de lavoura -1992-2008.

O crescimento da lavoura, por regiões brasileiras, é apresentado na Figura 4, evidenciando o perfil produtivo de cada região e a movimentação desses sistemas produtivos. É importante ressaltar que a intensificação da lavoura representa redução na variedade e na diversidade agrícola, gerada pelo sistema de ILPF, além de promover pressões sobre a agricultura familiar, fundamental na geração de renda (IBGE, 2010).



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Censo Agropecuário 2006.

Figura 4 – Área dos estabelecimentos agropecuários por utilização de terras (%).

É possível notar o incremento de pastagens plantadas na região Norte, acompanhado da região Nordeste, embora seja perceptível a utilização desse sistema em todas as regiões. De acordo com o IBGE (2010), todas as demais regiões apresentaram um decréscimo, com destaque para a região Sudeste, com São Paulo apresentando uma queda de 42%, aproximadamente.

Em relação às perdas de pastagens naturais, a maior concentração foi verificada na região Sudeste, com maior contribuição do estado de Minas Gerais, com aproximadamente -36%. Outros estados também se destacam nas perdas desse tipo de pastagens: Tocantins (-51,4%), Bahia (-34%), Rio Grande do Sul (-21%), Goiás (-38%) e Mato Grosso (-28%) (IBGE, 2010). Conforme os resultados apresentados, a redução em áreas de pastagens naturais e o crescimento de áreas com pastagens plantadas indicam um avanço da pecuária, principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Nestas áreas, juntamente com a região Centro-Oeste,

verifica-se maior movimento entre os sistemas, sendo o aumento na lavoura propiciado pela redução de pastagens.

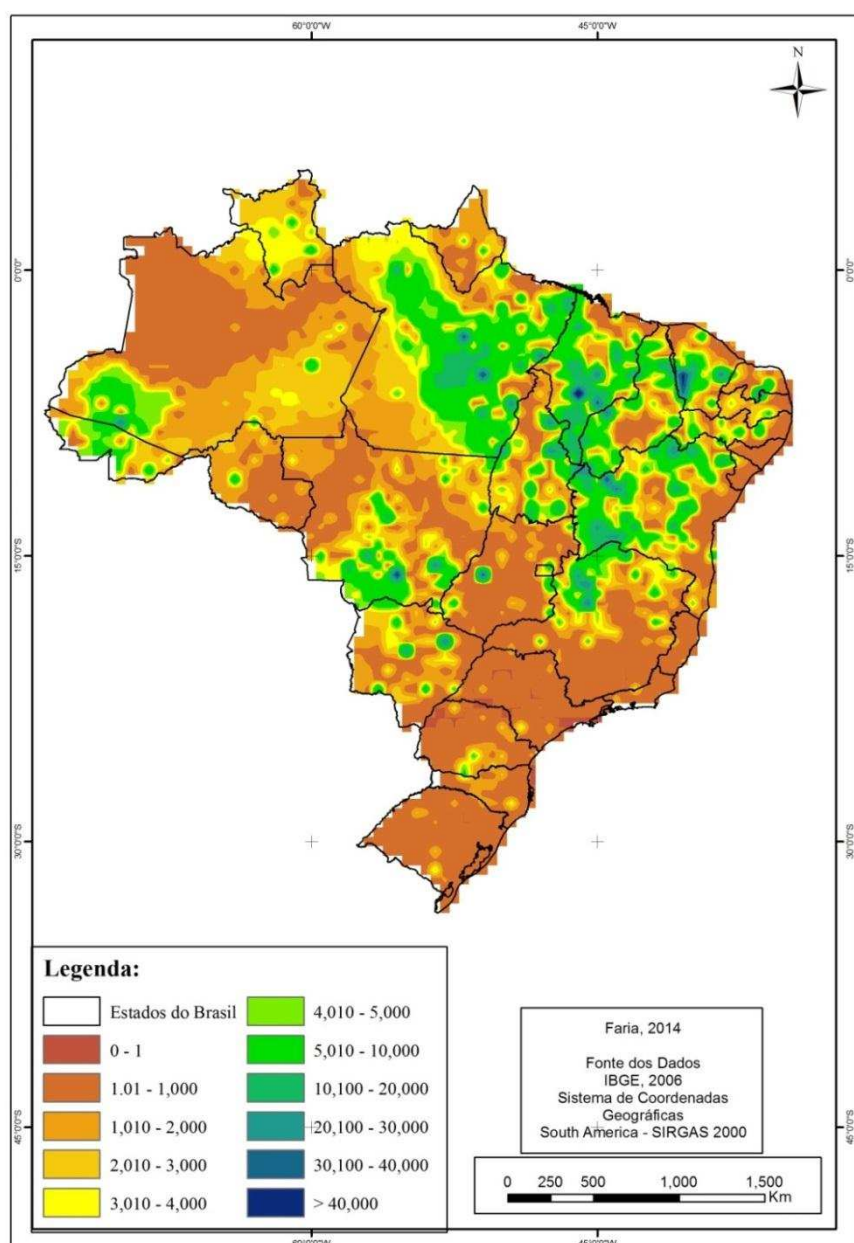
Esses resultados refletem alguns dos obstáculos para a implantação de sistemas que visem à adequação econômica e ambiental, mostrando a necessidade de práticas que objetivem uma produção contínua e sustentável, caso da iLPF.

O reflexo da movimentação dessas culturas é apontado pelo IPCC (2013) por contribuir significativamente para os impactos negativos ocasionados pelas mudanças climáticas, decorrentes do avanço do desmatamento e da agricultura extensiva. De acordo com o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2013), o Brasil tem apresentado redução na emissão de CO₂ graças à redução do desmatamento nas regiões da Amazônia e do Cerrado. Ainda assim, o setor agropecuário e as mudanças do uso da terra e florestas são as atividades que mais contribuem para emissões de CO₂, quando comparados aos demais setores produtivos.

Segundo Siqueira *et al.* (2001), os impactos do aquecimento global, pela ampla possibilidade de reflexos no meio ambiente, ameaçam a preservação dos sistemas agrícolas atuais. Contudo, podem se tornar indutores de oportunidades de desenvolvimento agrícola sustentável.

Porém, as mudanças do clima devem ser tão intensas que podem favorecer a movimentação de sistemas produtivos. Municípios que hoje são grandes, até 2020 podem diminuir, indicando ainda que os prejuízos para o setor agrícola brasileiro na produção de grãos podem chegar, em 2020, a R\$ 7,4 bilhões. Esses valores podem duplicar em 2070, apontando uma alteração no mapa produtivo do país, exigindo uma política para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e adaptar as novas situações no País (EMBRAPA- UNICAMP; 2008).

A perspectiva de queda de produtividade é uma questão crítica em países de clima tropical, como o Brasil. A queda da produção deve provocar redução na renda do produtor e expressar um impacto negativo sobre o desenvolvimento econômico, aumentando a pobreza e reduzindo os níveis de bem-estar da população rural (FÉRES *et al.*, 2009).



Fonte: Elaboração própria com base em dados do IBGE (2006)

Figura 5 – Distribuição geográfica dos Sistemas ILPF no Brasil.

A Figura 5 mostra que o sistema de ILPF contempla todos os biomas dentro do território nacional, o que pode estar aumentando a resiliência do produtor frente às mudanças climáticas, refletindo possíveis ganhos econômicos, ambientais e sociais. Os estudos de Balbino *et al.* (2011; 2012) apresentam características inerentes aos principais biomas de cada região:

- i. Amazônia (Norte): apresenta clima favorável, sobretudo pela radiação solar. O sistema de iLPF permite adoção de outras práticas sustentáveis como o Sistema Bragantino², juntamente com o Sistema de Plantio Direto.
- ii. Caatinga (Nordeste): apresenta clima árido e semiárido, fator que agrava o sistema hídrico. A adoção do sistema de iLPF garante a recuperação do solo degradado, aumentando a matéria orgânica pela introdução do componente arbóreo.
- iii. Cerrado (Centro-Oeste e Sudeste): apresenta clima seco com níveis de precipitação bem definidos. Suas características climáticas e de solo favorecem a adoção do sistema de iLPF, com sua amplitude total. Embora ainda pouco utilizada, o iLPF é importante ferramenta na conservação dos recursos naturais, reduzindo o avanço das fronteiras agrícolas.
- iv. Mata Atlântica (Sul, Sudeste e Nordeste): sua extensão, pela costa brasileira, com limites fronteiriços com a região de Pampa, Cerrado e Caatinga, apresenta climas característicos como tropical (precipitações intensas no verão, seguido de estiagem) e subtropical. A produção pelo sistema integrado é importante para a recuperação do solo degradado pelo amplo desmatamento e pelos impactos do clima.
- v. Pampa (Sul): clima subtropical e chuvoso. É beneficiado pelo sistema agropastoril (arroz irrigado e gado de corte e leiteiro), ao Sul do Rio Grande do Sul, e outra modalidade agropastoril ao norte do Estado (soja e milho na estação de verão, com pastagens anuais de milheto e sorgo, e trigo e pastagens no inverno, com pastagens anuais de aveia e azevém, associados à pecuária leiteira e de corte).
- vi. Pantanal (Centro-Oeste): com chuvas intensas e alto índice pluviométrico no período de outubro a março, mostra grandes perdas de biodiversidade ocasionadas pelo desmatamento, decorrente do avanço da agropecuária. Apresenta sistemas próximos ao agropastoril. O desmatamento das matas ciliares e as técnicas de manejo inadequadas agravam a situação da região.

² O sistema Bragantino é uma tecnologia de manejo da terra que visa ao cultivo contínuo de diversas culturas, utilizado no sistema de rotação e consórcio, associado à prática de plantio direto, atuando na recuperação do solo, permitindo uma produção durante o ano todo (CRAVO *et al.*, 2005).

Muitos estudos analisaram os resultados da iLPF no campo agrônomo e teórico, sobretudo por todas as vantagens que o sistema oferece e como forma de superar os obstáculos que o setor agropecuário pode enfrentar. Os estudos não focam somente as dificuldades futuras para manter a competitividade no cenário internacional, mas também como garantir a disponibilidade interna de alimentos e ainda como não contribuir negativamente com o meio ambiente.

O benefício ambiental e agrônomo que pode ser gerado pela adoção do sistema de iLPF foi comprovado por Kluthcouski *et al.* (2000), com a introdução de forrageira, na modalidade de cultivo consorciado com milho, sorgo, milheto e arroz, em pastagens degradadas na Universidade Federal de Goiás. Os resultados obtidos pelos autores mostraram a viabilidade agrônoma do consórcio das culturas com a forrageira, recuperando a qualidade do solo.

Os mesmos benefícios foram comprovados por Vilela *et al.* (2011), analisando os efeitos do sistema do agropastoril (iLP) em áreas de lavouras de grãos e pastagens no Cerrado. Os resultados indicam os benefícios agrônomicos e ambientais oferecidos pelo sistema. Ao mesmo tempo, o estudo discute a dificuldade da migração do sistema de monocultivo para o sistema misto pelas condições estruturais das propriedades e pela capacidade de obtenção de recursos para custeio.

Em contrapartida, Cordeiro (2010) demonstra os benefícios econômicos da adoção dos sistemas de iLPF e Floresta-Pecuária, comparados à produção florestal com eucalipto na produção de carvão, em Minas Gerais. Sua análise, por meio da simulação de Monte Carlo, comprovou a viabilidade econômica dos sistemas agroflorestais analisados, apresentando os melhores indicadores financeiros pela agregação de valor da madeira.

De maneira análoga, Lazzarotto (2009) analisou a relação risco e retorno do sistema agropastoril (iLP) na região de Guarapuava, no Estado do Paraná. Seus resultados indicaram que, no longo prazo, o sistema apresenta melhores índices financeiros. Já o sistema de produção vegetal gera maior risco (em torno de 52%) de o produtor não obter resultados suficientes para, ao menos, cobrir custos de oportunidade do capital. Para o sistema de bovino de corte e iLP, estes riscos são de aproximadamente 39% e 26%, respectivamente. De modo geral, mesmo no curto

prazo, a iLP gera melhores resultados, ainda que sejam consideradas condições operacionais e/ou mercadológicas desfavoráveis.

A perspectiva da redução dos riscos pelo efeito da diversificação do sistema de iLP, de acordo com Martha Júnior *et al.* (2011), revela que o sistema de iLP é competitivo com os sistemas de produção especializados de pecuária. Porém, não mantém a mesma paridade quando comparado com o sistema especializado da soja. Uma das razões apontadas pelo estudo, que dificulta a ampla adoção do sistema, refere-se à alta demanda de recursos financeiros para aquisição de animais em recria e engorda.

Em Santa Brígida, Ipamerí-GO, o estudo de Teixeira *et al.* (2012) objetivou construir a estrutura de custos e retornos sob implantação do sistema de iLPF. A análise permitiu verificar a viabilidade econômica do sistema, mostrando-se rentável no período da análise (início de 2009 a fevereiro de 2012), recompensando o produtor e cobrindo os custos de implementação, fato que impacta nas suas decisões de longo prazo.

Os resultados apresentados, em consonância com Kluthcousli e Oliveira (2012), mostram a possibilidade de adoção do sistema de iLPF e suas variantes. Embora indicado para todos os produtores, independentemente das condições climáticas, estruturais e socioeconômicas, para possibilitar a ampla adoção do sistema é necessário que haja parcerias entre instituições de ensino, pesquisadores e fomento por parte das políticas públicas. Além disso, todos devem atuar de forma conjunta para superar os obstáculos surgidos no decorrer do desenvolvimento da prática do sistema.

2.2. Modelos de Análise do Impacto das Mudanças Climáticas no Setor Agrícola

2.2.1. Modelo Simplificado para Avaliar o Impacto do Clima sobre Agricultura

Para mensurar o efeito do impacto das mudanças climáticas sobre a agricultura, Deschênes e Greenstone (2007) propuseram um modelo simplificado para o lucro de um produtor que é incapaz de alterar sua produção, ou seja, sem qualquer capacidade adaptativa, em resposta a uma variação climática no curto prazo. Essa preocupação ocorreu pelo fato de alterações de curto prazo no clima

levarem a alterações no preço, camuflando o verdadeiro impacto de longo prazo da mudança climática.

Os autores sugerem a seguinte especificação:

$$\pi = P(Q(w)) \cdot Q(w) - C(Q(w)) \quad (1)$$

Em que P , Q e C representam o preço, a quantidade e o custo total, respectivamente; sendo as quantidades função do tempo (w), pelo motivo de a temperatura e a precipitação afetarem diretamente o rendimento das culturas.

Considerando que a mudança climática é um efeito de longo prazo, isola-se seu efeito sobre o lucro, assim, tem-se que:

$$\frac{\partial \pi}{\partial w} = \left(\frac{\partial P}{\partial Q} \right) \left(\frac{\partial Q}{\partial w} \right) Q + \left(p - \frac{\partial C}{\partial Q} \right) \left(\frac{\partial Q}{\partial w} \right) \quad (2)$$

O primeiro termo à direita de (2) é a mudança nos preços causada pelo choque de tempo (através do efeito do tempo sobre as quantidades) multiplicado pelo nível inicial de quantidades. Quando a mudança no clima afeta a produção, é natural que ela varie de curto prazo (CP) para o longo prazo (LP).

Para analisar como isso ocorre, os autores supõem um choque no tempo, de forma que o efeito sobre o produto seja negativo ($\frac{\partial Q}{\partial w} < 0$), no curto prazo, em consequência de a oferta ser inelástica. O espaço de tempo entre a colheita e o plantio causaria, *ceteris paribus* aumento do preço, o que contribuiria para mitigar a perda do produtor, devido à safra menor.

No entanto, a oferta de produtos agrícolas no longo prazo é maior, já que outros produtores (novos ou já participantes do mercado) responderão ao aumento de preço, aumentando sua produção.

Sem perda de generalidade, é possível assumir que $(\partial P / \partial Q)_{LP} < (\partial P / \partial Q)_{CP}$, ou $(\partial P / \partial Q)_{LP} = 0$, ou seja, mesmo que no curto prazo o resultado seja positivo, no longo prazo, ele será substancialmente menor, ou até mesmo igual à zero.

O segundo termo à direita da equação (2) representa a diferença entre o preço e o custo marginal, multiplicado pela variação das quantidades em consequência da mudança do clima. Esse termo mede a alteração nos lucros

induzidos pelas mudanças do clima, desde que não exista nenhuma possibilidade de adaptação e que o custo marginal da produção seja crescente. A análise econômica procura isolar esse efeito, considerando a hipótese de o primeiro termo ser nulo.

2.2.2. Modelo Ricardiano

Os trabalhos pioneiros sobre mudanças climáticas em relação ao setor agrícola tornaram-se conhecidos como modelos agronômicos ou como abordagem da função de produção. Esta abordagem se inicia com a relação entre o clima e a produção agrícola. Por meio de experimentos, agrônomos calibravam os modelos de acordo com cenários climáticos futuros para prever os resultados de culturas específicas, o que levava a um resultado de equilíbrio parcial do setor agrícola. Sua abordagem possibilitou análises sobre sistemas hidrológicos e também capazes de estudar os efeitos da fertilização do dióxido de carbono (CO₂) no solo. Inicialmente, esta modelagem teve ampla aplicação no setor agrícola dos Estados Unidos, podendo ser citados os trabalhos de Adams *et al.* (1989, 1990), Crosson (1993) e Rosenzweig e Parry (1993).

Embora estes estudos revelem que o aquecimento global exercerá grande impacto nos rendimentos de diversas culturas, deve-se destacar que esta abordagem não leva em conta aspectos econômicos e limitações, como o capital humano, superestimando os efeitos negativos das mudanças climáticas. Segundo Mendelsohn e Kurukularuriya (2006), estes modelos não conseguem captar como os produtores rurais podem responder, ou se adaptar a essas alterações provocadas pelo clima.

Estudos como os de Kaiser e Crosson (1995) mostram esta diferença do impacto das mudanças climáticas de acordo com sua magnitude, tendo os autores evidenciado um efeito mínimo sobre os rendimentos agrícolas, porém, culturas como milho e soja seriam seriamente comprometidas sob temperaturas mais elevadas.

No Brasil, podem ser considerados os resultados encontrados por Siqueira *et al.* (1994) e Nobre *et al.* (2005). Em contraste com o resultado americano, Siqueira *et al.* (1994) evidenciaram que a cultura de soja seria menos prejudicada do que culturas como milho e trigo, porém Nobre *et al.* (2005) corroboram os resultados americanos, evidenciando maior queda de produção com aumento de temperatura para cultura de soja.

O modelo Ricardiano ou Hedônico, sugerido por Mendelsonh *et al.* (1994), procurou corrigir a tendência à superestimação observada nos modelos agronômicos. Esse modelo analisa o impacto das variáveis climáticas, não somente sobre uma cultura específica, mas também em diferentes áreas geográficas. Analisa ainda como as mudanças climáticas afetam o valor das terras agrícolas.

Considerando a hipótese de eficiência dos mercados, o modelo de Mendelsonh *et al.* (1994) assume que cada agricultor deseja maximizar rendimentos sujeitos às condições exógenas de sua propriedade. Especificamente, o agricultor escolherá a cultura agrícola para cada unidade de terra, de forma a maximizar sua renda. Assim, o valor da terra refletirá o fluxo descontado das rendas agrícolas futuras. Dessa forma, os produtores escolherão alocar suas terras para o uso mais lucrativo, considerando as condições econômicas, agronômicas e climáticas e, consequentemente, o valor da terra incorporaria também o efeito do clima sobre a atividade agrícola.

A importante contribuição do modelo é porque consegue captar diretamente o impacto das mudanças climáticas sobre diferentes tipos de atividades agrícolas - agricultura, pecuária ou combinações dos sistemas - e, indiretamente, a substituição de insumos e a introdução de novas tecnologias e/ou técnicas produtivas e potenciais medidas adaptativas.

Considerando os fatores exógenos, o modelo proposto pode ser descrito da seguinte forma:

$$\pi = f(P_q, Q, P_x, X, S, C) \quad (3)$$

em que π representa a receita líquida do produtor ou valor da terra; P_q e P_x representam os preços de exógenos dos produtos e insumos; S , as características agronômicas; e C , um vetor de variáveis climáticas.

Dessa forma, o impacto das mudanças climáticas é detectado por mudanças no valor da terra. O modelo parte do pressuposto de que os mercados são eficientes, ou seja, em concorrência perfeita no fator terra, qualquer existência de lucro excessivo seria eliminada pela ausência de barreiras à entrada neste mercado,

atraindo novos participantes, fazendo com que o lucro tenda à zero, e a renda da terra seria igual à renda líquida por hectare (MENDELSONH *et al.*, 1994).

O modelo proposto por Mendelsonh *et al.* (1994) abriu caminhos para novas perspectivas analíticas. Com base em uma amostra de 3.000 municípios dos Estados Unidos, os autores verificaram que o aumento de temperatura em todas as estações do ano, exceto no outono, leva a reduções no valor da terra. Ao mesmo tempo, aumentos no nível de precipitação tendem a valorizar a terra. A vantagem mais importante da abordagem Ricardiana em corte transversal é a possibilidade de incorporar as adaptações que os produtores fariam para adequar suas atividades a um clima mais quente.

Evenson e Alves (1998) destacam a necessidade de novas tecnologias para o setor agrícola brasileiro e a preocupação com a mudança no uso da terra, ressaltando maior impacto sobre as florestas naturais. Seus resultados sugerem um avanço de 2,76% de áreas de pastagens e uma redução de 1,84% das florestas naturais, como consequência do aumento de 3°C de temperatura e 3% no nível de precipitação, corroborando suas expectativas de mudanças no padrão de uso da terra, que no Brasil hoje são as principais contribuintes para emissões de CO₂ na atmosfera.

A queda de receita líquida do setor agrícola é destacada por Mendelsohn e Dinnar (1999) em estudo que considera a dependência dos países em desenvolvimento (Índia e Brasil) do setor agrícola. Utilizando uma versão modificada do modelo Ricardiano, os autores concluem que o valor da terra no Brasil e na Índia tende a diminuir com temperaturas mais elevadas.

Estudo de Seo e Mendelsohn (2008) sobre propriedades agrícolas na América do Sul analisou a vulnerabilidade dos produtores rurais dessas regiões frente às alterações provocadas pelo clima. Usando diferentes especificações de modelos, para assegurar a robustez dos resultados, os autores demonstraram que tanto pequenos quanto grandes produtores são suscetíveis às mudanças climáticas. Segundo o estudo, o mesmo ocorre com os produtores de sequeiro e irrigante, projetando perdas que podem chegar a 50% até o ano de 2100.

Féres *et al.* (2008) analisaram o efeito das mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira, comparando os modelos propostos por Deschênes e Greenstone (2007) com o modelo Ricardiano (Hedônico) de Mendelsohn *et al.*

(1994). Os resultados das simulações apontam que os impactos sobre a agricultura brasileira em médio prazo (2040-2069) serão mais brandos, indicando a necessidade de políticas de mitigação e adaptação para enfrentar alterações no longo prazo. Os autores destacam ainda que as regiões Centro-Oeste e Norte podem sofrer impactos negativos decorrentes da alteração climática. Em contrapartida, regiões como Sul e Sudeste, de forma modesta, podem se beneficiar de prováveis elevações de temperatura.

Seo (2010) analisou o impacto das mudanças climáticas em sistemas agrícolas na América do Sul, por meio da análise microeconômica de adaptação de portfólios (sistemas produtivos), como resposta às mudanças climáticas, utilizando dados do Banco Mundial (*World Bank*). Seus resultados indicam que a produção integrada apresenta aumento da resiliência do produtor frente às mudanças climáticas, devido à diversificação de culturas. Indica ainda que as reduções no valor da terra em sistemas especializados serão superiores ao sistema misto, representando decréscimo de 18% pela decisão de não adaptação às mudanças climáticas.

As diferenças regionais são destacadas por Féres, Reis e Speranza (2010), ao considerarem diferentes tamanhos de propriedades e biomas brasileiros, indicando efeitos diversos para cada região, causados pela heterogeneidade do País. Seus resultados destacam ainda a pressão do desmatamento da Amazônia, pelo avanço da pecuária, com queda de produtividade para quase todas as culturas analisadas.

Cunha *et al.* (2014) analisaram os efeitos das mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira, considerando diferentes cenários apontados pelo Quarto Relatório do IPCC. Neste estudo, os autores analisaram o papel da irrigação como medida adaptativa. A conclusão geral dos autores foi que o rendimento dos produtores de sequeiro, no período atual, oferece maiores ganhos, porém, quando são considerados os cenários climáticos futuros, a utilização do sistema de irrigação como medida adaptativa garante maiores retornos em relação à produção de sequeiro.

Embora seja difícil mensurar os reais efeitos das mudanças climáticas no Brasil, espera-se que, com o aumento do investimento em medidas de adaptação, os efeitos negativos sejam cada vez menores. Espera-se que medidas como o

investimento em iLPF possam minimizar quebras de safra, migração de culturas e quedas na produtividade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Mudanças Climáticas

As questões relacionadas às mudanças climáticas certamente se tornaram um dos grandes desafios da humanidade. Os últimos relatórios do IPCC (2007; 2013) e o Stern Review (2007) contribuíram de forma fundamental para que houvesse nova ótica sobre o assunto, fazendo com que as esferas públicas repensassem ações para estabilizar as concentrações atmosféricas dos GEEs, visando, sobretudo, a formas de crescimento e de desenvolvimento sustentável.

O termo mudança climática, conforme definido pela Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, 2009), refere-se a qualquer atividade humana que cause, direta ou indiretamente, alteração no clima, que modifique a composição da atmosfera global e que seja adicional à variabilidade climática natural observada em períodos de tempo comparáveis. A definição de mudanças climáticas pelo IPCC pode ser também entendida como qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo, pela variabilidade natural ou pela atividade humana (IPCC, 2007). Porém, as crescentes alterações climáticas observadas levaram a uma nova definição do termo, adicionalmente considerando a atividade antrópica na composição da atmosfera e no uso da terra (IPCC, 2014).

Deve-se observar que, indiferentemente da ação tomada pelo homem, a mudança climática ocorre de forma permanente. Para Trenberth *et al.* (2000), o clima estende-se ao longo de um período mais longo do que o tempo, sendo normalmente fixado para uma determinada região geográfica. Portanto, a palavra clima é usada mais genericamente para abranger não apenas a média, mas também o alcance de extremas condições climáticas, e onde e com que frequência ocorrem vários fenômenos.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro, em 1992, com a presença de delegações nacionais de 175 países, foi um marco na questão das mudanças climáticas, confrontando os temas do desenvolvimento e meio ambiente. A CNUMAD foi criada em 1992 e regulamentada em 1997 pelo Protocolo de Quioto, reconhecido legalmente pelo Brasil. Este protocolo foi considerado um instrumento fortalecedor no esforço da redução de emissões de gases de efeito estufa.

Depois de regulamentado, o Protocolo de Quioto e os membros participantes assumiram o compromisso de realizar um inventário nacional de emissões e remoções de GEEs. O Brasil publicou sua Primeira Comunicação Nacional em 2004, contendo as estimativas do inventário nacional relativo ao período de 1990 a 1994. A Segunda Comunicação Nacional foi apresentada em 2010, sendo nela incluídas estimativas do inventário nacional até o ano de 2005, como forma de reafirmar seu compromisso para combater o aquecimento global.

3.2 Conceito de adaptação

De acordo com o IPCC (2013), a adaptação é um processo de ajustamento ao clima real ou esperado em sistemas humanos que visa a moderar ou evitar danos ou explorar oportunidades benéficas. Em alguns sistemas naturais, a intervenção humana pode facilitar a adaptação ao clima esperado e a seus efeitos.

No contexto do problema das mudanças climáticas, os conceitos de vulnerabilidade e capacidade adaptativa são fundamentais ao presente trabalho. Pode-se dizer que o grau em que um sistema econômico é suscetível aos efeitos adversos da mudança climática - incluindo a variabilidade do clima e os eventos extremos - é chamado de vulnerabilidade.

O nível de vulnerabilidade das diferentes regiões, setores econômicos e grupos sociais são determinados por fatores ambientais e socioeconômicos, incluindo o nível de desenvolvimento tecnológico, a infraestrutura, as instituições e a organização política. A capacidade adaptativa das regiões, também determinada por esses conjuntos de fatores, igualmente interfere no grau de exposição às mudanças climáticas (IPCC, 2007).

O caminho para aumentar a resiliência em relação às mudanças climáticas deverá ser um processo contínuo, combinando ações de flexibilidade, inovação e ações participativas para que as ações de mitigação e adaptação sejam eficazes. (IPCC, 2014).

O'Brien e Leichenko (2000) definem que as decisões de adaptação não são isoladas de outras decisões e devem ocorrer em um contexto da evolução demográfica, cultural e econômica, levando em conta as transformações nas tecnologias da informação, a governança global, as convenções sociais e os fluxos de globalização do capital.

A análise da capacidade adaptativa deverá levar em consideração fatores como (TOL e YOHE, 2002):

- I. As tecnologias possíveis para adaptação;
- II. Disponibilidade de recursos;
- III. Estrutura de instituições participativas no controle da mudança climática;
- IV. Estoque de capital humano (educação);
- V. Estoque de capital social (direitos de propriedade);
- VI. Acesso a sistemas que permitam difundir o processo de riscos;
- VII. Capacidade dos tomadores de decisão (produtores) em gerir as informações; e
- VIII. Percepção do público sobre a fonte de estresse (mudança climática) e a importância da exposição para seu local de manifestação.

Segundo Tol e Yohe (2002), há uma ampla relação entre vulnerabilidade, sensibilidade e capacidade adaptativa, a qual pode ser expressa da seguinte forma:

$$V = F\{E(A); S(A)\} \quad (4)$$

em que:

$$A = AC\{D_1; \dots; D_8\} \quad (5)$$

Denotando que a vulnerabilidade é uma função da exposição (E) e da sensibilidade (S), sendo (A) a capacidade adaptativa e cada (D_i) expressa cada um dos oito determinantes da capacidade adaptativa listados anteriormente.

Assim, a vulnerabilidade pode ser medida simultaneamente em várias dimensões diferentes, considerando que um sistema pode ser exposto a diferentes estresses simultâneos, ou seja, (F) e (AC) seriam funções multivariadas, com locais específicos.

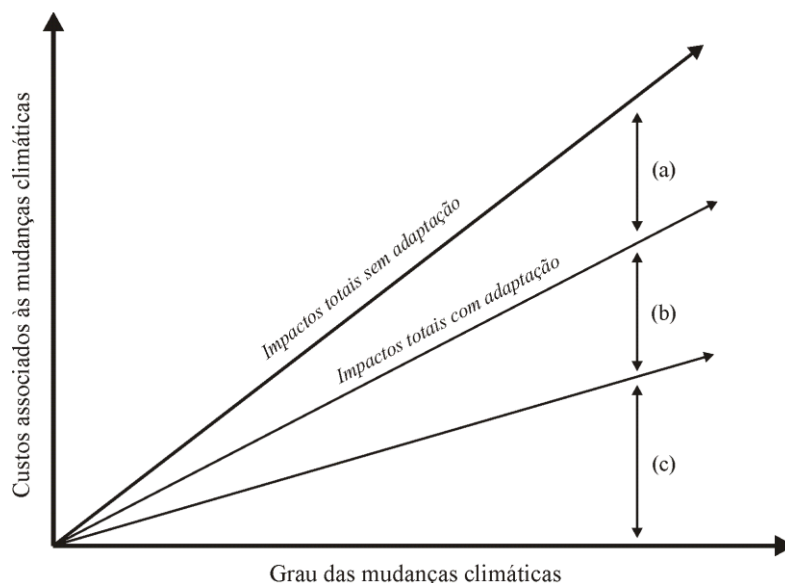
Nesse processo, entende-se como adaptação o conjunto de iniciativas e estratégias que permitem que os sistemas naturais ou criados pelos homens estejam preparados para resistir a um novo ambiente, em resposta à mudança do clima atual ou esperado (PNMC, 2008).

Segundo o IPCC (2007), destacam-se as medidas de adaptação espontânea, nas quais eventos extremos já começaram a acontecer. Já a adaptação prévia ou proativa e a adaptação planejada dizem respeito às ações que os governos e a sociedade adotam antes mesmo de os efeitos das mudanças serem percebidos. Ambas são decisões resultantes de decisões políticas, a exemplo do Plano Nacional de Mudança Climática (PNMC).

De acordo com Deressa *et al.* (2008), a capacidade adaptativa é a capacidade de um sistema para regular tensões do clima real ou esperado ou para lidar com as consequências dessas tensões. A adaptação ocorre em sistemas físicos, ecológicos e humanos e envolve mudanças nos processos sociais e ambientais, nas percepções de risco climático e nas práticas para reduzir seus prejuízos potenciais (IPCC, 2007).

As principais características que determinam a capacidade de adaptação da região incluem riqueza econômica, tecnologia, informações e habilidades, infraestrutura, instituições e patrimônio líquido. Esses fatores, agregados, apresentam o nível de desenvolvimento e de disponibilidade de cada região. Os países com instituições sociais bem desenvolvidas são considerados como tendo maior capacidade de adaptação do que aqueles com arranjos institucionais menos eficazes (SMITH e LENHART, 1996).

A Figura 6 mostra a relação entre os prejuízos associados às mudanças climáticas e os custos e benefícios da adaptação, mostrando o impacto total das mudanças climáticas. Considera-se a hipótese de que nenhuma adaptação seja feita e o impacto com medidas adaptativas. As distâncias representadas por (a), (b) e (c), respectivamente, se referem aos benefícios líquidos da adaptação, aos custos associados à adoção de medidas adaptativas e às perdas residuais (prejuízos que persistem após a adoção de medidas adaptativas).



Fonte: Cunha (2011), adaptado de Stern (2007).

Figura 6 – Mudanças climáticas e os custos e benefícios da adaptação.

A Figura 6 mostra que a adaptação reduz os efeitos adversos, mas não consegue eliminá-los, o que confirma seu caráter de medida reativa. Segundo Stern (2007), é importante reconhecer os limites da adaptação. Embora possa reduzir os impactos das mudanças climáticas, não pode por si só resolver definitivamente os problemas causados pelo fenômeno. Existem restrições naturais e técnicas para a adaptação, e, mesmo para quantidades relativamente baixas de aquecimento, sem mitigação forte e precoce, os limites físicos e os custos da adaptação crescerão rapidamente.

No curto prazo, no caso do setor agrícola, as principais opções disponíveis estão restritas à alteração dos insumos de produção. Por exemplo: um produtor pode alternar culturas e adiar ou antecipar as datas de plantio, visto que existe um limite de capital físico disponível. Por outro lado, no médio/longo prazo, é possível alterar o estoque de capital e as formas de organização da produção, como, por exemplo, investir num sistema de iLPF. Com respaldo nas expectativas de mudança no clima, podem ser avaliados custos e benefícios associados a novos investimentos (STERN, 2007).

3.3 Modelo teórico

As mudanças do clima influenciam as decisões em relação ao setor agrícola, e sua lucratividade pode ser analisada conforme o modelo de produção multiproduto, apresentado em Negri *et al.* (2005). Esse modelo permite a substituição, tanto de insumos como de produtos, possibilitando aos produtores alterar o conjunto de culturas produzidas ou suas práticas produtivas. Aqui é enfatizada a decisão de se empregar o sistema integrado de produção iLPF, que é incorporado explicitamente como meio de adaptação, diferenciando-se do modelo Ricardiano tradicional, no qual a adaptação é medida indiretamente.

Considera-se $\mathbf{Q}$ vetor de produtos agrícolas e $\mathbf{X}$, vetor de insumos de variáveis; $\mathbf{P}_q$ e $\mathbf{P}_x$ se referem aos vetores de preços exógenos dos produtos e dos insumos; T é um escalar que representa a escolha discreta de uso do sistema integrado de iLPF; ω é o custo da implantação; e $\mathbf{W}$ é um vetor de variáveis exógenas, que incluem características edafoclimáticas (tais como tipo de solo, temperatura e precipitação), fatores demográficos, socioeconômicos e estruturais, que estão associados à escolha da utilização do sistema de iLPF. Na abordagem aqui empregada, considera-se a quantidade de terra utilizada para produção agrícola como fixa e representada por um escalar N .

Considerando que os produtores são avessos ao risco, e que os mercados são competitivos para insumos e produtos, uma quantidade fixa de terra e a tecnologia representada por uma função de produção bem comportada, a função de lucro pode ser descrita como dependente dos preços e dos produtos, dos insumos variáveis e das quantidades fixas de insumos:

$$\pi(P_q; P_x; \omega; N; W) = \max_{x,t} \{P'_q Q - P'_x X - \omega T : Q \in Q(X, W, N, T)\} \quad (6)$$

em que $Q(X, W, N, T)$ é o conjunto restrito de possibilidades de produção impostas pela tecnologia de produção, restrição de terra: N ; variáveis exógenas: W ; e a escolha discreta do uso do sistema integrado: T .

A decisão de produzir utilizando o sistema integrado de produção iLPF será tomada se:

$$\pi^{iLPF}(P_q; P_x; \omega; N; W) > \pi^{trad.}(P_q; P_x; N; W) \quad (7)$$

em que π^{iLPF} e $\pi^{trad.}$ denotam o retorno associado à produção associada, à utilização do sistema integrado e do sistema integrado ou especializado.

As funções de lucro associadas à escolha do produtor podem ser escritas como:

$$\begin{aligned} \pi^{iLPF}(P_q; P_x; \omega; N; W) &= \max_x \{ (P'_q Q - P'_x X - \omega T^{iLPF}) : Q \in Q(X, W, N, T^{iLPF}) \} \\ \pi^{trad.}(P_q; P_x; N; W) &= \max_x \{ P'_q Q - P'_x X : Q \in Q(X, W, N, T^{trad.}) \} \end{aligned} \quad (8)$$

A análise das mudanças climáticas sobre cada opção de produção não pode ser realizada sobre o lucro anual representada por (8). Isso ocorre porque π^{iLPF} e π^{trad} expressam valores que variam de ano para ano, como resultado das mudanças meteorológicas e de preços, ao passo que o interesse recai sobre a análise dos efeitos climáticos, que é o padrão de longo prazo de tempo. Assim, nesse estudo, foi utilizado o valor da terra.

4. METODOLOGIA

Certamente o *Stern Review on the Economics of Climate Change* (Stern, 2006) ilustra de forma abrangente os impactos econômicos da mudança climática em nível mundial. Embora o foco do estudo esteja assentado sobretudo nos países desenvolvidos, o relatório relata a dificuldade de obter dados em países em desenvolvimento, embora reconheça que nesses países ocorrerá grande parte dos efeitos das mudanças climáticas.

Entre outros fatores, a relevância do trabalho de Stern (2006) se dá pela consideração dos métodos econométricos utilizados. Os resultados encontrados contribuíram para motivar estudos alternativos, permitindo que a comunidade acadêmica pudesse se centralizar em estudos que avaliassem os aspectos e efeitos regionais e nacionais, fornecendo suporte maior para o entendimento dos resultados em níveis globais.

Nesta seção, são apresentados os métodos econométricos utilizados para alcançar os objetivos do presente trabalho. A seção 4.1 consiste na etapa inicial para realizar a comparação entre os produtores que adotaram o sistema integrado de iLPF e os que utilizam o sistema especializado de produção, analisando a probabilidade de adoção do sistema de iLPF. A seção seguinte, 4.2, apresenta o método utilizado para analisar o grupo de produtores igualmente comparáveis (*propensity score*). Após o pareamento via método de Kernel (*kernel matching*) e com o cálculo do efeito de tratamento médio sobre os tratados – ETMT, será analisado o efeito da adoção do sistema de iLPF sobre o desempenho dos produtores.

4.1 Probabilidade de adoção do sistema de iLPF

Para possibilitar a análise do efeito da adoção do sistema de iLPF sobre o desempenho dos produtores, calculou-se, inicialmente, a probabilidade de adoção do sistema de iLPF, dadas as características observáveis dos produtores, com a utilização do modelo *Probit*.

O modelo de probabilidade pode ser descrito da seguinte forma:

$$\text{Prob}(y = 1/x) = G(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k) = G(\beta_0 + x\beta) \quad (9)$$

Ou de forma mais geral:

$$y^* = \beta_0 + x\beta + \varepsilon, y = 1[y^* > 0] \quad (10)$$

Em que G é uma função de densidade normal padronizada

$$G(z) = \phi(z) \equiv \int_{-\infty}^z \phi(v) dv, \text{ e; } \phi(z) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-z^2 / 2).$$

Sendo y^* a variável latente, definida pela função indicadora $1[y^* > 0]$, no presente estudo, considera-se que:

$$y^* = \begin{cases} 1, & \text{iLPF} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Ou seja, a variável *dummy* (y^*) assume valor 1 no caso de o produtor ter optado pela adoção do sistema de iLPF, e assumirá valor 0 no caso de produção especializada. Dessa forma, a probabilidade da adoção do sistema integrado é analisada de acordo com o efeito de cada variável explicativa (x_k) sobre a variável latente (y^*).

Um dos cuidados a serem tomados na aplicação do modelo de probabilidade (*Probit*) é em relação à heterocedasticidade. Isso porque a variável latente (y^*) é heterocedástica no termo de erro (ε). Tomando-se a variância, tem-se que $\text{Var}(\varepsilon/x)$ depende de x e a probabilidade de resposta não terá mais a forma $G(\beta_0 + x\beta)$ (WOOLDRIDGE, 2002). Considera-se ainda que o problema da heterocedasticidade no modelo *Probit* possa ser entendido possivelmente pela má especificação do modelo (GREENE, 2003; p.680).

4.2 Avaliação da adoção do sistema de iLPF sobre o desempenho do produtor

Este trabalho tem o objetivo de avaliar se a escolha pela adoção de um sistema integrado como o de lavoura-pecuária-floresta, como medida adaptativa, irá reduzir o impacto negativo esperado das mudanças climáticas globais sobre os produtores agrícolas brasileiros. Para responder a essa questão de pesquisa, é preciso mensurar o efeito causal de uma variável binária (adoção ou não do sistema integrado) sobre o resultado de uma variável de interesse (lucro ou receita líquida etc.).

Considera-se que o produtor tome sua decisão com base num processo de otimização, influenciado pelas suas condições socioeconômicas e estruturais bem como por fatores climáticos. Em outras palavras, a opção por adotar ou não um sistema de iLPF depende de quão lucrativo seja para ele, decidindo pela adoção somente se esta opção for a mais rentável. Esse fato não permite que as decisões sejam tratadas como sendo aleatórias. Tem-se, assim, caracterizado um problema de autosseleção, sendo que uma simples comparação entre os resultados resultaria em superestimação da efetividade do sistema integrado (BRYSON *et al.*; 2002).

Entretanto, além da autosseleção, há outra dificuldade para a estimação. Para que seja possível verificar o efeito da iPLF sobre um produtor individual, seria necessário comparar seu resultado observado com o retorno que seria obtido, caso ele não tivesse diversificado sua produção. No entanto, com dados *cross-section* (como os desta pesquisa), somente um desses valores é observado – chamado de resultado factual. O contrafactual não está disponível para o mesmo indivíduo, o que leva ao problema de avaliação conhecido como “dados faltantes” (*missing data*) (BRYSON *et al.*, 2002).

Para lidar com o problema da auto-seleção e dos dados faltantes, foi utilizado o modelo de Efeito de Tratamento, cujas estimativas foram obtidas a partir da técnica conhecida como Pareamento por Escore de Propensão - PSM (*Propensity Score Matching*). Essa metodologia foi inicialmente desenvolvida por Rosenbaum e Rubin (1983). Para o presente caso, será adotado o procedimento padrão descrito em Bento *et al.* (2007).

O modelo analítico permite verificar qual o impacto da adoção do sistema de produção (iPLF) sobre um produtor, escolhido aleatoriamente entre os demais, e

ainda o impacto sobre os produtores que efetivamente adotaram essa estratégia (Efeito do Tratamento Médio sobre o Tratado – ETM_t).

O ETM e o ETM_t podem ser descritos da seguinte forma:

$$ETM \equiv E(y_{1i} - y_{0i}) \quad (11)$$

$$ETM_t \equiv E(y_{1i} - y_{0i} / D = 1) \quad (12)$$

em que y_{1i} é a lucratividade esperada para cada produtor que utiliza o sistema integrado e y_{0i} para cada produtor especializado; $E(y_{1i} - y_{0i})$ refere-se à expectativa do efeito do tratamento, de modo que, para chegar ao resultado do ETM, é preciso obter a diferença $y_{1i} - y_{0i}$; e D_1 identifica a produção integrada (ROSENBAUM e RUBIN, 1983).

A estimação foi feita em duas etapas: num primeiro momento, estimou-se um modelo Probit da adoção do sistema (iLPF), sendo que os coeficientes estimados foram usados para calcular o escore de propensão, $P[W_i]$, que é a probabilidade de se adotar o sistema integrado para cada observação. Segundo Rosenbaum e Rubin (1983), o escore de propensão é definido como a probabilidade condicional de receber o tratamento, dadas as características preestabelecidas: $p(W) \equiv \Pr(D_1/W) = E(D/W)$ em que $D = (1; 0)$ é a *dummy* indicadora de utilização do sistema integrado (tratamento) e W o vetor multidimensional de características antes do tratamento (tipos de solos, temperatura e precipitação, fatores demográficos, socioeconômicos e estruturais que condicionam a escolha).

No segundo estágio, utilizando os valores do escore de propensão, os dados foram organizados em seus respectivos grupos, ou seja, produtores com uso do sistema (tratados) e aqueles que não utilizam o sistema de iLPF. Na última etapa,

estimou-se um contrafactual para cada observação tratada $y_{1i} \mid D_i = 1$, $P[W_i]$ baseando-se em $(y_{0i} \mid D_i = 0, P[W_i])$.

Para a estimação do contrafactual, foi utilizado o método *Kernel*, conforme sugerido por Frölich (2004). Tal método pondera a contribuição de cada membro do grupo de comparação, mas fazendo com que mais importância seja dada àqueles que propiciam um melhor pareamento. Todos os membros do grupo de controle são utilizados para a construção de uma correspondência para cada membro do grupo de tratamento.

De acordo com Becker e Ichino (2002), o método de *Kernel* pode ser descrito da seguinte forma:

$$\tau^T = \frac{1}{N^T} \sum_{i \in T} \left\{ y_i^T - \frac{\sum_{j \in C} y_j^C G\left(\frac{p_j - p_i}{h_n}\right)}{\sum_{k \in C} G\left(\frac{p_k - p_i}{h_n}\right)} \right\} \quad (13)$$

em que (N^T) representa o número de unidades no grupo de tratamento; (y_i^T) , os resultados observados para o grupo de tratamento; $(p_j - p_i)$, o valor estimado pelo *propensity score*; e $G(\cdot)$ é denominado uma função *kernel*. O pareamento por *kernel* gera um teste cuja hipótese nula da existência de diferenças entre a função de densidade dos grupos de tratamento e de controle se relaciona à variável de interesse (valor_terra). Caso essa hipótese seja rejeitada, o valor do ETMT estimado é estatisticamente significativo.

Portanto, o efeito do tratamento sobre o tratado (ETMT), ou seja, o impacto da adoção do sistema de iLPF sobre o desempenho dos produtores, é calculado conforme a equação (12):

$$\begin{aligned} ETM_1 &= \{y_{1i} - y_{0i} / D_i\} \\ &= E[E\{y_{1i} - y_{0i} / D_i = 1, p(W_i)\}] \\ &= E[E\{y_{1i} / D_i = 1, p(W_i)\} - E\{y_{0i} / D_i = 0, p(W_i)\} / D_i = 1] \end{aligned} \quad (14)$$

em que $p(W_i)$ é uma função de variáveis observadas (W_i), tal que a distribuição condicional de (W_i), dado por $p(W_i)$, seja a mesma para o grupo tratado e não tratado.

4.3 Variáveis utilizadas

Neste estudo, foram incluídas, além das condições agronômicas e do clima, como são comuns nos estudos de mudanças climáticas, também as características socioeconômicas dos estabelecimentos agropecuários (crédito agrícola, acesso à informação, grau de escolaridade do produtor etc.). As variáveis utilizadas na pesquisa estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas na pesquisa.

(continua)

Variáveis	Descrição
Climáticas	
<i>Temperatura verão</i>	Temperatura média de verão (°C) (1979 - 2012).
<i>Temperatura inverno</i>	Temperatura média de inverno (°C) (1979 - 2012).
<i>Precipitação verão</i>	Precipitação média de verão (mm) (1979 - 2012).
<i>Precipitação inverno</i>	Precipitação média de inverno (mm) (1979 - 2012).
Agronômicas³	
<i>Classe 1 – Boa</i>	Dummy que assume o valor 1 quando o município tem área com solos na classe 1.
<i>Classe 2 – Regular</i>	Dummy que assume o valor 1 quando o município tem área com solos na classe 2.
<i>Recursos hídricos</i>	Número de estabelecimentos agropecuários com recursos hídricos (unidades).
Socioeconômicas	
<i>Experiência</i>	Fator formado pela idade do produtor e tempo em que ocupa a terra.
<i>Informação</i>	Soma do número de estabelecimentos agropecuários com eletrodomésticos, televisores, rádio e acesso a internet. (unidades).
<i>Sem orientação técnica</i>	Número de estabelecimentos agropecuários (unidades) nos quais o produtor não recebeu orientação técnica.

³ Classe 1- Boa refere-se à qualidade do solo que apresenta deficiência de nutrientes; Classe 2- Regular, refere-se à deficiência de nutrientes, teores elevados de alumínio, pequena profundidade e fortes declives. (IBGE, 1992).

(conclusão)

Variáveis	Descrição
<i>Ensino superior</i>	Número de estabelecimentos agropecuários (unidades) em que o nível de instrução da pessoa que dirige o estabelecimento é de nível superior.
<i>Não pronafiano</i>	Número de estabelecimentos agropecuários (unidades) em que o produtor é não pronafiano.

Fonte: Cru (1979- 2012); Embrapa (2002); IBGE (2006).

A escolha das variáveis foi baseada nos estudos de Mendelsohn *et al.* (1994), Seo e Mendelsohn (2008 a, b) e Seo (2010), entre outros que tratam dos efeitos das mudanças climáticas sobre o setor agrícola. Os dados foram obtidos das seguintes fontes:

i) Censo Agropecuário 2006, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (variáveis socioeconômicas);

(ii) Base CRU Times Series 3.2.1 do Climate Research Unit – CRU/University of East Anglia (valores observados de temperatura e precipitação para o período 1979- 2012);

iii) Mapa de Solos do Brasil, disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa);

A variável *Proxy* do uso de iLPF foi construída com base no Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), segundo a questão referente à presença de sistemas agroflorestais nos municípios, que recebeu valor 1 (um) no caso de prática do sistema e 0 (zero) caso contrário (Tabela 854 do Banco de Dados Sidra). Foram considerados 5.464 municípios. Esse número se deve à exclusão de municípios que apresentaram inconsistência de dados, das regiões metropolitanas e de municípios que não apresentaram valores referentes ao valor da terra no Censo Agropecuário 2006.

É importante ressaltar que a variável *Experiência* foi construída de modo semelhante ao estudo de Below *et al.* (2012). Aplicou-se o método multivariado⁴ de componentes principais, considerando a condição do produtor em relação a ser proprietário da terra, adicionalmente sua idade e o tempo em que ocupa a terra

⁴ Os resultados da análise fatorial por componentes principal encontram-se no Anexo do presente trabalho.

como tomador de decisão. O fator construído foi rotacionado pelo método de *VARIMAX*, explicando aproximadamente 83% da variância total dos dados.

O software utilizado na presente pesquisa para a extração, tratamento dos dados e estimação dos modelos econométricos foi o *Stata* 12.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sendo o objetivo do presente trabalho analisar as potencialidades da adoção do sistema produtivo de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) como medida adaptativa às mudanças climáticas, assim como fatores que favoreçam ou não a adoção do sistema, este capítulo busca analisar os principais resultados da pesquisa. Primeiramente, é apresentada a análise descritiva das variáveis utilizadas e, em seguida, são analisados os resultados referentes aos fatores que influenciam a decisão do produtor em adotar ou não o sistema integrado de iLPF. Por fim, é analisada a contribuição do sistema como medida adaptativa às mudanças climáticas em relação ao sistema de produção especializada (ou tradicional).

5.1 Análise descritiva das variáveis

Foram considerados 5.464 municípios, dos quais apenas 1.170 utilizaram o sistema de iLPF (21,41%), totalizando 2.333,957 hectares. Esse percentual mostra o potencial de crescimento do sistema em relação ao sistema de produção especializada. Ao mesmo tempo, reforça as dificuldades para atingir a meta estabelecida pela Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) até 2020, de quatro milhões de hectares via Programa de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (PLANO ABC). A distribuição dos sistemas produtivos, considerando as diferentes regiões brasileiras, é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição dos sistemas de produção por municípios.

Região	Nº de municípios		Percentual (%)	
	Especializada	iLPF	Especializada	iLPF
Norte	260	182	58,82	41,18
Nordeste	1.277	477	72,81	27,19
Sudeste	1.435	210	87,23	12,77
Sul	999	172	85,31	14,69
Centro-Oeste	323	129	71,46	28,54
Brasil	4.294	1.170	78,59	21,41

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006).

A Tabela 2 mostra que as regiões Nordeste e Sudeste apresentam maior nível de utilização de sistema de iLPF, considerando terem apresentado um número maior de municípios, se comparadas às demais regiões; ao mesmo tempo, as

regiões Centro-Oeste e Sul são as que apresentam o menor nível de utilização do sistema. Em termos percentuais, considerando os totais de cada região, verifica-se que o Norte se destaca com mais de 40% dos municípios utilizando sistemas de produção integrada. Ao mesmo tempo, Centro-Oeste e Nordeste também apresentam percentual expressivo de utilização do sistema, o que reforça a preocupação com a utilização de sistemas de produção que visem ao favorecimento econômico e ambiental.

Para buscar evidências de que o sistema de iLPF pode ser considerado uma prática de produção adotada também como medida adaptativa em relação às mudanças climáticas, comparativamente ao sistema especializado, as variáveis explicativas foram organizadas, considerando separadamente cada sistema de produção. A Tabela 3 apresenta os resultados descritivos das variáveis de acordo com o sistema produtivo utilizado.

Tabela 3 – Estatística descritiva por tipo de produção.

Variáveis	Produção especializada		Produção integrada (iLPF)	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
<i>Climáticas</i>				
Temperatura verão ^{***}	25,04	1,67	25,75	1,38
Temperatura inverno ^{***}	20,54	4,12	22,48	3,84
Precipitação verão	178,33	72,55	175,72	82,33
Precipitação inverno [*]	60,24	53,31	56,82	56,49
<i>Agronômicas</i>				
Classe1-bom ^{***}	0,09	0,29	0,28	0,44
Classe2-regular ^{***}	0,76	0,42	0,63	0,48
Recursos hídricos	586,33	570,26	597,88	583,50
<i>Socioeconômicas</i>				
Experiência ^{***}	-0,02	0,96	0,09	1,10
Informação [*]	1310,98	1327,90	1383,32	1500,31
Sem orientação técnica ^{***}	704,08	878,80	832,43	982,45
Não pronafiano	195,85	184,64	203,67	210,11
Ensino superior	26,09	32,27	26,55	37,92
Valor da terra ^{***}	15.411,7	22.8734,4	17.4957,2	31.3681,4

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), da Climate DataBase CRU 3.21 e do Mapa do Potencial Agrícola do Brasil (2002). Notas: (1) A variável Valor da terra está cotada em mil reais (valores referentes ao Censo Agropecuário de 2006); (***), (**) e (*) indicam, respectivamente, que as diferenças de médias são estatisticamente diferentes a 1%, 5% e 10% com base no teste de hipótese para médias com distribuição *t-estudem*.

A Tabela 3 mostra que as diferenças entre as médias não são estatisticamente significativas para as variáveis precipitação de verão, recursos

hídricos, não pronafiano e ensino superior. Essas variáveis ainda assim foram mantidas na análise, pois são importantes para composição do modelo (sua exclusão poderia causar viés de variável omitida) e por influenciarem em ambos os sistemas produtivos.

O sistema de iLPF está exposto à maior média de temperatura, embora isso seja mais expressivo nas temperaturas de inverno, e também apresenta menor média de precipitação. Esse é um primeiro indício de que o sistema pode estar sendo adotado como resposta às varrições climáticas, ou seja, como precaução às maiores temperaturas e menores taxas de precipitação.

No que diz respeito às variáveis agrônômicas, o sistema de produção integrada apresenta médias superiores ao sistema especializado em relação à qualidade do solo (Classe 1 - boa) e a recursos hídricos, o que poderia estar confirmando a premissa de que a adoção do sistema de iLPF pode melhorar a qualidade do solo, recuperando áreas degradadas. É importante ressaltar que, embora o sistema apresente este desempenho, para que possa possibilitar uma maximização produtiva e sustentável, deve ser precedido de análise hídrica e das características do solo. Dessa forma, o produtor evita incorrer em custos mais elevados, atendendo às exigências das culturas utilizadas (ALVARENGA *et al.* 2010).

É possível também notar que a média de experiência dos produtores nos municípios que utilizam o sistema integrado é superior à média naqueles municípios nos quais se verifica apenas a produção especializada. Em relação às variáveis *Informação* e *Ensino Superior*, a média dos produtores que utilizam o sistema integrado também é maior. Acredita-se que os produtores que apresentam tais características, ou seja, mais experiência, maior acesso à informação e maior nível educacional, consigam assimilar melhor os benefícios e vantagens apresentados pelo sistema, possibilitando gerenciamento mais eficiente e, assim, favorecendo a adoção da produção integrada.

Ainda em relação à Tabela 3, observa-se que a falta de orientação técnica e de políticas públicas efetivas direcionadas para melhor compreensão e execução do sistema ainda são consideradas um obstáculo para sua implantação.

Os benefícios gerados pela implantação do sistema podem ser observados na Tabela 3, medidos pelo valor médio do preço da terra. Verifica-se que nos

municípios onde há propriedades que optaram pela utilização do sistema integrado o valor médio da terra é superior, o que pode ser um indicativo de que a adoção do sistema contribui não somente para melhorias nas condições do solo, mas também possibilita redução do risco de produção e torna a renda mais elevada e estável, melhorando a qualidade de vida do produtor. Em suma, é possível caracterizar o sistema como alternativa eficaz para adaptação às mudanças climáticas.

5.2 Análise dos fatores relacionados à adoção da iLPF

A iLPF, entre os diferentes sistemas de manejo da terra, pode ser vista como o mais complexo, apresentando diversas vantagens em relação ao sistema especializado (melhor qualidade do solo, melhorar a qualidade hídrica, favorecer o desenvolvimento econômico e social do produtor). Contudo, o Brasil ainda precisa percorrer um longo caminho para cumprir seu compromisso estabelecido voluntariamente durante a 15ª Conferência das Partes (COP 15). Dessa forma, é necessário conhecer e analisar os fatores que condicionam o desenvolvimento deste sistema de produção nos municípios brasileiros.

De acordo com o relatório “Agricultura de baixa emissão de carbono: financiando a transição” (Observatório do Clima, 2014), a amplitude do Programa ABC é considerada modesta para contribuir para a redução das emissões de GEEs no país, conforme o compromisso assumido pelo Brasil. Segundo este relatório, a adoção do sistema de iLPF representou, até fevereiro de 2013, investimento de 52 milhões de reais, o que é considerado muito pequeno. A falta de conhecimento da prática de iLPF e a burocracia para obtenção de crédito são fatores que têm dificultado o crescimento da adoção do sistema.

Para possibilitar a análise em relação à adoção do sistema, foi utilizado o modelo econométrico Probit. Por meio dessa abordagem metodológica, foi possível captar os impactos gerados pelas variáveis utilizadas sobre a probabilidade de adoção do sistema integrado de produção. Ressalta-se que o modelo foi submetido à correção da matriz de variância-covariância de *White* para correção de heterocedasticidade, gerando erros padrão robustos. A importância desse procedimento está no fato de que desconsiderar o problema da heterocedasticidade tornaria os coeficientes inconsistentes.

Posto isso, os coeficientes obtidos em relação à probabilidade em adotar o sistema integrado de integração Lavoura-Pecuária-Floresta e seus respectivos efeitos marginais são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Estimativas da probabilidade de adoção do sistema iLPF.

Variáveis	Coeficiente	P- valor	Efeito Marginal
<i>Climáticas</i>			
Temperatura verão	1,1548** (0,4629)	0,013	
Temperatura verão ²	-0,0242*** (0,0093)	0,009	0,2578*
Temperatura inverno	-0,1486* (0,0780)	0,057	
Temperatura inverno ²	0,0056*** (0,0017)	0,001	0,2602*
Precipitação verão	-0,0051*** (0,0015)	0,001	
Precipitação verão ²	1,23e+04*** (4,23e-06)	0,004	0,2588*
Precipitação inverno	-0,00053 ^{NS} (0,0013)	0,686	
Precipitação inverno ²	6,32e-06 ^{NS} (6,07e-06)	0,298	0,2588*
<i>Agronômicas</i>			
Classe1-bona	0,7895*** (0,0590)	0,000	0,2617*
Classe2-regular	-0,1430*** (0,0477)	0,003	-0,0403*
Recursos hídricos	-0,0001** (6,87e-05)	0,026	4,19e-04**
<i>Socioeconômicas</i>			
Experiência	0,1247* (0,0712)	0,080	0,0341***
Informação	6,75e+04*** (3,1e-04)	0,029	1,85e+04**
Sem orientação técnica	-0,0001 (7,65e-05)	0,067	3,83e-04***
Não pronafiano	-0,0002 ^{NS} (0,0002)	0,203	7,82e-04 ^{NS}
Ensino superior	0,0023*** (0,0008)	0,006	0,0006*
Intercepto	-13,454** (5,3894)	0,013	

Notas: (1) (***), (**), (*) e (NS) indicam significância de 1%, 5%, 10% e coeficiente não significativo respectivamente; (2) os p-valores foram obtidos após a correção de heterocedasticidade e os erros padrão corrigidos estão entre parênteses; (3) a estatística LR estimada foi de 476,11 com p-valor de 0,000; (4) o efeito marginal das variáveis ao quadrado considerou a equação $EM_{xi} = \beta_j \phi(Z_i)$ em que $\phi(.)$ é uma função de densidade normal padrão e que $Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ji}$, os demais efeitos marginais foram calculados considerando o ponto médio da amostra.

Por um lado, a inclusão de variáveis climáticas ao quadrado (temperatura e precipitação) foi feita para verificar como os efeitos marginais mudarão na medida em que se afastam da média. Por outro, a utilização dessas mesmas variáveis em nível permite avaliar o efeito marginal em relação às médias do clima (MENDELSON *et al.*, 1994).

De acordo com a Tabela 4, é possível notar que somente as variáveis em relação à precipitação de inverno e aquela relativa ao fato de o produtor não dispor de recurso advindo do Pronaf não foram estatisticamente significativas. As demais variáveis foram significativas, considerando os níveis convencionais de significância de 1%, 5% e 10%. Rejeitou-se a hipótese nula de os coeficientes serem, conjuntamente, estatisticamente igual a zero. No geral, o modelo classificou corretamente 77,62% das observações⁵.

Conforme observado na análise descritiva das variáveis, ainda há dificuldade em analisar os dados referentes às condições climáticas. Para tanto, para definir as variáveis climáticas a serem utilizadas no modelo, foram testados diversos modelos para verificar o comportamento dessas variáveis. Num primeiro momento, foram utilizadas todas as estações do ano, sendo que a adição das variáveis agrônômicas e socioeconômicas é procedimento comum em estudos desta natureza (SEO e MENDELSON, 2007; SEO, 2011). No caso brasileiro, a adição das demais estações, além de inverno e verão, mostrou baixa adequação devido a não significância. Contudo, as demais variáveis climáticas se mantiveram constantes em todos os modelos, justificando assim somente a utilização de inverno e verão. Ressalta-se que o mesmo resultado é evidenciado em Cunha *et al.* (2014) ao analisarem as vantagens da adoção do sistema de irrigação como forma adaptativa às mudanças climáticas nas diferentes regiões brasileiras.

Conforme a Tabela 4, é perceptível que as variações climáticas exercem influência sobre a decisão do produtor em adotar o sistema de iLPF, o que reforça a ideia de que o sistema seja uma boa medida adaptativa às variações climáticas.

A análise do termo linear e quadrático da temperatura de verão revela o formato de U-invertido, indicando que o aumento da temperatura favorece o uso da adoção do sistema integrado, porém aumentos sucessivos da temperatura fazem com que a utilização do sistema decresça após atingir um máximo. Como destacado

⁵ Os testes de classificação e adequação do modelo encontram-se no anexo do presente trabalho.

por Stern (2007), esse resultado indica que, a partir de certo limite de temperatura, o uso do sistema deixa de ser lucrativo para o produtor, fazendo com que os custos da adaptação suplantem os lucros do produtor.

Já para temperatura de inverno, os resultados apresentam formato de U, ou seja, à medida que a temperatura vai aumentando nesta estação, a probabilidade da adoção do sistema diminui, até o ponto que atinge um mínimo e começa a crescer, ocorrendo o mesmo formato com as variáveis de precipitação, tanto de verão quanto de inverno.

Os resultados referentes à temperatura de verão e inverno são semelhantes aos encontrados por Seo e Mendelsohn (2007), embora sua análise seja voltada para o sistema de irrigação. É importante compreender que o aumento de temperatura causa aumento na evapotranspiração das plantas, o que dependerá, entre outros fatores, da capacidade hídrica do solo. De acordo com Primavesi (2007), há um ótimo para a respiração das plantas, de forma que um aumento da temperatura aumenta sua respiração e, sem hidratação suficiente, os danos podem ser irrecuperáveis. Em adição, embora a fixação de CO₂ seja desejável por aumentar a produtividade da planta segundo Streck e Alberto (2006), o aumento na temperatura média do ar pode causar efeito contrário, fazendo com que haja queda no rendimento de culturas como milho, café, trigo e soja.

A queda de produtividade não se reflete somente na agricultura, uma vez que a exposição dos animais a estresses térmicos pode reduzir sua capacidade produtiva ou reprodutiva. De acordo com Bridi (2006), em caso de distúrbios térmicos, o animal precisará despender mais energia para gerar calor, reduzindo a energia que seria utilizada para produção ou reprodução.

Estes problemas decorrentes do aumento de temperatura mostram a necessidade de planos de mitigação de GEEs bem elaborados e adotados simultaneamente aos planos de adaptação, caso contrário, a adoção de sistemas para adaptação às mudanças do clima será bem-sucedida até certo limite de temperatura, deixando de ser eficaz, fazendo com que os custos de se manter este sistema sejam superiores às receitas obtidas pelos produtores.

O aumento de temperatura no inverno diminui a probabilidade de adoção do sistema até certo limite de temperatura, e aumentos sucessivos fazem com que a probabilidade de adoção do sistema volte a crescer. De acordo com o IPCC (2013),

as elevações de temperaturas podem indicar movimento migratório de culturas como resposta a essas elevações. De acordo com o PBMC (2013), aumento de temperatura reduzirá o risco de geadas no Sul e Sudeste do país, favorecendo o avanço de culturas tropicais.

Em relação às variáveis precipitação de verão e de inverno, ambas apresentam formato de U, ou seja, favorecem a adoção do sistema de iLPF ao atingir certo nível de pluviosidade. De acordo com o IPCC (2013), até o final do século são esperadas anomalias (positivas/negativas) para a América Latina e, para contornar essas dificuldades, medidas adaptativas deverão ser adotadas, caso da iLPF.

De acordo com Primavesi *et al.* (2007), o componente arbóreo é eficiente para conter o aquecimento, por funcionar como estabilizador térmico e formador de interceptação de radiação solar, mas também porque seus resíduos vegetais conseguem interceptar e armazenar águas pluviais. Dessa forma, costuma estar presente em áreas com maiores produtividades. Os autores consideram ainda que o sistema integrado, além de reduzir os impactos da elevação de temperatura, consegue também reduzir o impacto de chuvas tropicais, reduzindo a velocidade de escoamento superficial da água, uma vez que em sistemas especializados esta vazão é dez vezes maior, causando enchentes e rebaixamento do lençol freático, perdendo a capacidade hídrica que deveria abastecer a vegetação em períodos mais secos.

Os resultados das variáveis climáticas do presente estudo são semelhantes aos da função de produção apresentada por Mendelsohn *et al.* (1994). Pode-se afirmar, portanto, que a utilização do sistema de iLPF aumentaria a resiliência do produtor frente às alterações climáticas, possibilitando enfrentar as alterações do clima com menores perdas. Ao mesmo tempo, esses efeitos não são fixos, como destacado em Stern (2007) e IPCC (2013), devendo haver sinergia entre as atividades de adaptação e de mitigação para possibilitar que os efeitos da medida de adaptação sejam eficazes.

Em relação às condições agronômicas, as variáveis são estatisticamente significativas e apresentaram o sinal esperado, visto que terras com melhor qualidade de solo (Classe 1 - boa) aumentam a probabilidade de adoção do sistema. De acordo com Thangataa e Hildebrand (2012), o sistema fornece diversos

benefícios aos produtores, melhorando a qualidade e a fertilidade do solo, aumentando a resiliência do produtor pelo fornecimento de produtos adicionais para comercialização e consumo. Ao mesmo tempo, a variável relativa às terras de qualidade inferior (Classe 2 – regular) reduz a probabilidade da adoção do sistema. Como já explicado anteriormente, para terras de qualidade inferior, a adoção do sistema deve ser precedida de análises das condições hídricas e da qualidade do solo, de modo a favorecer a adoção do sistema. Dessa forma, o produtor pode alcançar melhores resultados pela interação produtiva que o sistema oferece, possibilitando-lhe intensificar o uso da terra de maneira sustentável, garantindo maior produção anual e maiores rendimentos, contribuindo significativamente com o meio ambiente (ALVARENGA; GONTIJO NETO, 2012).

Em relação à variável *Recursos Hídricos*, esperava-se sinal positivo, ou seja, que a presença de rios, lagos ou outras fontes de água aumentasse a probabilidade de adoção do sistema iLPF. Essa, entretanto, é uma questão complexa, na qual devem ser considerados diferentes fatores, como a disponibilidade de água para garantir atendimento das demandas dos setores produtivos e da sociedade e ainda a concorrência do sistema de iLPF com outras tecnologias de manejo da terra, como irrigação, fazendo com que a disponibilidade de recursos hídricos não necessariamente afete de modo positivo a probabilidade de adoção do sistema. Ademais, a amplitude do sistema integrado, sobretudo pela cobertura florestal, auxilia o sistema hídrico da propriedade e pode aumentar a capacidade de infiltração de água no solo.

Em relação às variáveis socioeconômicas dos produtores, as variáveis *Experiência*, *Informação* e *Sem Orientação Técnica* tornam-se mais relevantes para o presente estudo por apresentarem médias estatisticamente diferentes em relação ao sistema especializado. Embora as variáveis *Ensino Superior* e *Não Pronafiano* não tenham apresentado médias estatisticamente diferentes em relação ao sistema especializado, elas são importantes para a composição e a análise do modelo (Tabela 3). De acordo com a Tabela 4, é possível notar que, com exceção da variável *Não Pronafiano*, que não foi estatisticamente significativa, as demais variáveis socioeconômicas apresentaram o sinal esperado e foram estatisticamente significativas.

Os resultados obtidos mostram que quanto maior a *Experiência*, *Informação* e o *Ensino Superior*, maior a probabilidade de o produtor adotar o sistema de iLPF. A variável *Experiência* apresenta maior efeito em relação às demais variáveis. É importante ressaltar que esta variável considerou o tempo em que o produtor ocupa a terra e a sua idade, ou seja, representa a capacidade de o produtor gerir de forma eficiente o processo produtivo e administrativo de sua propriedade.

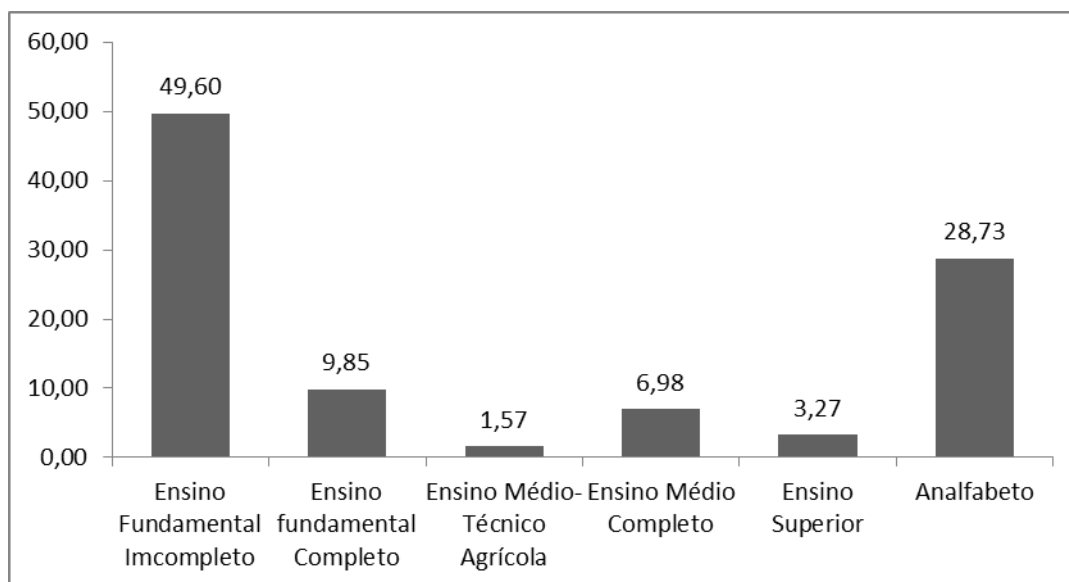
Esse resultado mostra a capacidade de o produtor, ao longo dos anos, aprimorar suas técnicas produtivas, levando em consideração tanto a gestão econômica quanto a ambiental. De acordo com Nuthall (2001), a tomada de decisão do produtor dependerá de seus atributos pessoais e de sua experiência, envolvendo a personalidade, motivação, inteligência e estilo de aprendizagem.

Adicionalmente à experiência, o acesso à informação é outro fator relevante para decisão do produtor em adotar o sistema integrado. Deve-se lembrar que a construção da variável considerou as diferentes formas de acesso aos meios de comunicação (rádio, televisores e internet). É possível afirmar que esse acesso possibilita ao produtor acompanhar e desenvolver estratégias referentes a mudanças climáticas. Ademais, é possível que o produtor com maior acesso à internet obtenha informações sobre a variabilidade climática, aprofundando seu conhecimento para auxiliá-lo em tomadas de decisão sobre novas tecnologias de manejo da terra, como forma de se adaptar, além de possibilitar controle econômico mais eficaz de sua propriedade.

Verificou-se que a variável *Ensino Superior* é positivamente correlacionada à probabilidade de adoção de iLPF. Para que seja possível ao produtor aprofundar seu conhecimento sobre novas práticas produtivas, deve-se considerar o estoque de capital humano produzido no meio rural. Entretanto, esse é mais um obstáculo a ser suplantado no sentido de adotar sistemas de produção agrícola que exijam maior capacidade administrativa, caso da iLPF. A Figura 9 apresenta a média do número de produtores e seu respectivo grau de formação, mostrando que a maior parte dos produtores rurais ainda não tem acesso ao ensino superior.

De acordo com Figura 9, aproximadamente 3% dos produtores rurais, cuja condição é ser proprietário da terra, têm nível superior. Além disso, apenas 1%, ensino médio de técnico agrícola, 50%, ensino fundamental incompleto, e 29% deles

são analfabetos⁶. De acordo com Ney e Hoffmann (2009), o nível educacional é responsável pela grande parcela de desigualdade de rendimento no meio rural, fato que pode causar maior resistência por parte dos produtores em adotar novas práticas produtivas.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário 2006.

Figura 7 – Média do número de produtores brasileiros em relação ao nível de escolaridade.

Embora apresente um percentual muito baixo, é possível observar, na Tabela 4, o efeito positivo da variável *Ensino Superior* na decisão do produtor em adotar o sistema integrado, o que reforça a hipótese de que quanto mais elevado o nível de escolaridade do produtor, maior a probabilidade de adoção do sistema integrado. Deve-se considerar que a variável levou em conta a soma de todos os cursos superiores, entre eles, cursos de Engenharia Florestal, Agronomia, Veterinária e Zootecnia.

Em relação às variáveis *Sem Orientação Técnica* e *Não Pronafiano*, ambas apresentaram impacto negativo sobre a probabilidade da adoção do sistema integrado, embora a variável *Não Pronafiano* não tenha sido estatisticamente significativa (Tabela 4).

A falta de orientação técnica leva à redução da probabilidade da adoção do sistema de iLPF. Como dito anteriormente, para o sucesso do sistema, deve-se fazer

⁶ Considerou-se analfabeto apenas os produtores que declaram no Censo Agropecuário 2006 não ter nenhuma formação e não saberem ler e escrever.

uma boa análise de qualidade de solo e de suas condições hídricas para favorecer as culturas a serem utilizadas. Além disso, depois de iniciadas as atividades, o produtor deve ser auxiliado para não incorrer em prejuízos causados pela má gestão do sistema. De acordo com Alvarenga e Gontijo Neto (2012), é comum produtores adotarem sistemas com os quais têm maior afinidade e, por essa razão, a assistência técnica desempenha papel fundamental para elaboração e implantação do sistema à medida que o produtor deixa sua zona de conforto.

Por fim, embora a variável *Não Pronafiano* não tenha sido estatisticamente significativa, é importante ressaltar que a falta de financiamento por parte do proprietário pode resultar na falta de melhorias na infraestrutura de sua propriedade e de equipamentos. Vale ressaltar que uma das fontes de financiamento do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) é destinada ao PRONAF-Florestas, que engloba financiamentos para Sistemas Agroflorestais, recuperação de áreas degradadas e exploração ecológica sustentável, o que é uma maneira de incentivar a adoção desses sistemas

Os resultados apresentados referente à adoção do sistema de iLPF estão em conformidade com Balbino *et al.* (2011). Os autores sugerem a necessidade de mecanismos que possibilitem o investimento inicial bem como a difusão do conhecimento tecnológico, investimentos em capacitação técnica e formação técnica e de nível superior. Além disso, considerando o tempo de implantação do sistema integrado, a adaptação de novos modelos de assistência técnica, como forma de garantir um planejamento de longo prazo, tanto econômica quanto ambiental, é necessária e urgente para a importância dos sistemas integrados, tanto sob a ótica socioeconômica quanto ambiental.

5.3 Probabilidade de adoção do sistema iLPF e efeito da adoção sobre o desempenho dos produtores

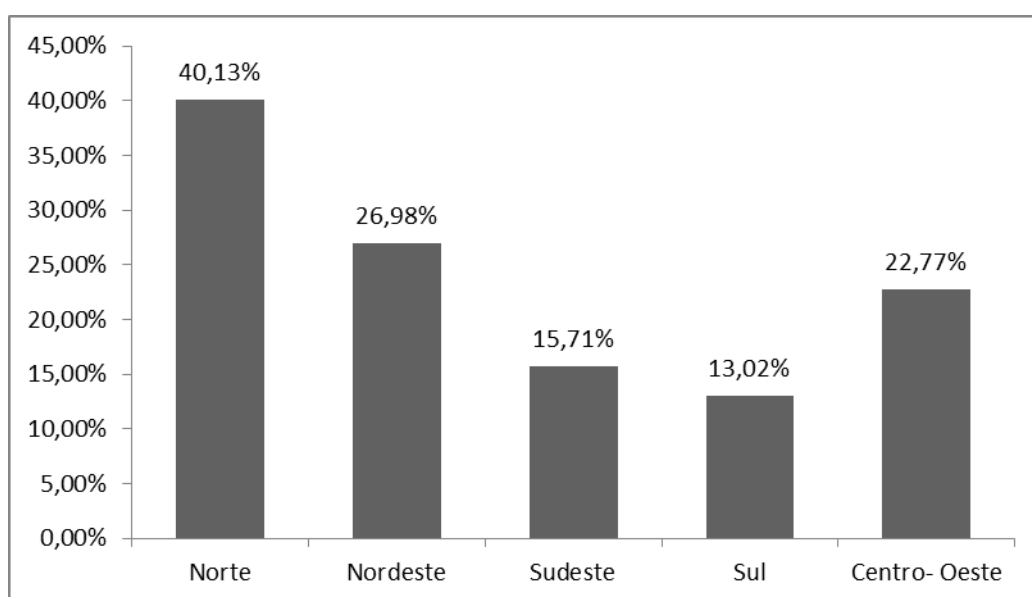
O modelo Probit utilizado na seção anterior, além de possibilitar a análise dos fatores que influenciam a decisão do produtor em adotar o sistema de iLPF, permitiu parrear os grupos (sistema integrado/especializado), levando em conta a semelhança entre os sistemas produtivos, por meio do método conhecido como *propensity score matching* (pareamento por escore de propensão).

A análise do desempenho do produtor, considerando o sistema adotado, foi feita considerando o Efeito de Tratamento Médio sobre o Tratado (ETM), sendo a variável de interesse da presente pesquisa o valor da terra. Como sugerido por Mendelsohn *et al.* (1994), ao utilizar o valor da terra, considera-se a racionalidade do produtor em adotar o sistema que lhe ofereça maiores lucros. Além disso, deve-se lembrar que preços distintos pagos por parcelas de terra refletem suas diferenças de produtividade.

De acordo com os dados da pesquisa, o Brasil apresenta, em média, 21% de probabilidade de adoção do sistema iLPF, mostrando a baixa adoção no Brasil do sistema de produção integrada, principalmente quando comparado com outras medidas adaptativas.

O estudo de Cunha *et al.* (2014) apresenta probabilidades de adoção do sistema de irrigação como medida adaptativa de aproximadamente 75%. Já o estudo de Pires e Cunha (2014) apresenta o valor de 74% no período atual de probabilidade de adoção de sementes transgênicas como estratégia adaptativa às mudanças climáticas. Desta forma, é possível verificar que a probabilidade da adoção do sistema de iLPF ainda é muito baixa, quando comparada a outras medidas adaptativas já utilizadas no território brasileiro.

A Figura 10 apresenta a probabilidade média de adoção do sistema de iLPF nas regiões brasileiras.



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Figura 8 – Probabilidade de adoção do sistema de iLPF por regiões brasileiras.

Conforme a Figura 10, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentam as maiores probabilidades de adoção do sistema integrado. É importante ressaltar que a vulnerabilidade destas regiões é constantemente ressaltada nos relatórios do IPCC, sendo seguida pelas regiões Sudeste e Sul, respectivamente.

A adoção do sistema iLPF nas regiões brasileiras é explicada por Balbino *et al.* (2011) como uma forma de recuperar as características inerentes a cada tipo de solo, assegurando a produtividade e a qualidade de vida do produtor rural. Além disso, sua contribuição para o meio ambiente, pelo sequestro de carbono, poderá evitar a migração de culturas destas regiões, o que causaria perdas de produtividade, conforme destacado por Pinto e Assad (2008).

A Tabela 5 apresenta os valores resultantes da análise do “efeito de tratamento”, ou seja, o teste da hipótese principal desse estudo, a qual sugere que a adoção de iLPF diminui a vulnerabilidade dos agricultores às variações climáticas. O valor da diferença entre os grupos é estatisticamente significativo a 1%. Esse resultado indica que o produtor, ao decidir adotar o sistema integrado, auferirá ganhos aproximadamente 13,5% superiores aos produtores que utilizam o sistema de produção especializada.

Tabela 5 – Estimativa do efeito de tratamento médio (ETM1) para o Brasil.

Variável Resposta	Sistema iLPF	Produção Especializada	Diferença	P- Valor
Valor Terra	174.957,228	154.115,704	20.841,5242	0,008 ^{***}

Nota: (1) A variável *Valor_ Terra* está cotada a 1.000R\$ (valores referentes ao Censo Agropecuário 2006); (2) *ETM₁* calculado pelo método *Kernel*; (3) P- valor baseado no erro padrão calculado por *bootstrap*; (***) indica significância de 1%.

O resultado mostrado na Tabela 5 está em conformidade com os pressupostos da adoção do sistema de iLPF e com as diversas conclusões presentes na literatura (MACEDO, 2009; CORDEIRO, 2010; BABINO *et al.*, 2010); VILELA *et al.*, 2011; BALBINO *et al.*, 2011; MARTHA JÚNIOR, 2011). Dessa forma, a iLPF é importante não apenas por recuperar áreas degradadas, melhorar os sistema hídrico dos solos, combater pragas e fornecer maiores ganhos para os produtores. Além dessas vantagens, o uso do sistema de integração é uma importante ferramenta como medida adaptativa às mudanças climáticas.

De acordo com o resultado encontrado, é possível afirmar que o sistema de iLPF tem real potencial de contribuir para a segurança alimentar, a mitigação das alterações climáticas e a adaptação, preservando e fortalecendo a base de recursos ambientais das paisagens rurais.

A inserção do componente arbóreo no sistema de iLPF, além prover benefícios indiretos como a formação de um microclima, permite a transmissão dos benefícios diretos da adaptação para o produtor, oferecendo para a propriedade benefícios diretos como lenha, frutos e forragem, evitando o desmatamento de novas áreas (MBOW *et al.*, 2014). Dessa maneira, a adoção do sistema de iLPF permite aumento e estabilização dos rendimentos do produtor, aumentando a resiliência frente às mudanças climáticas e reduzindo sua vulnerabilidade.

De acordo com Lasco *et al.* (2013), esse resultado positivo da adoção do sistema de iLPF pode ser considerado um benefício econômico e ambiental imediato, percebido em nível exploratório, mas que deve ser expandidos em níveis regionais e globais. Os autores acreditam que a ampla adoção de sistemas agroflorestais atrairá fontes de financiamento e de assistência técnica para esses produtores, por apresentar um grande potencial de sequestro de carbono e pela contribuição para o desenvolvimento sustentável.

A potencialidade de sequestro de carbono oferecido pelo sistema de iLPF pode representar um incremento na renda do produtor pelo Pagamento de Serviços Ambientais (PSA). Esse tipo de evidência foi demonstrado por Hedge e Bull (2011), que analisaram famílias na região de Moçambique. No referido estudo, os autores concluíram que a renda das famílias que adotaram o sistema agroflorestal foi maior do que a renda das famílias não participantes. Resultado semelhante já havia sido evidenciado por Pagiola *et al.* (2007), que estudaram a adoção do sistema silvipastoril na Nicarágua, o qual possibilitou maiores níveis de renda, além de contribuir para a recuperação de pastagens degradadas.

Dessa forma, a ampliação do sistema de iLPF poderá reduzir o risco da insegurança alimentar no país, diante de cenários futuros de mudanças climáticas. A possibilidade da diversificação produtiva decorrente do sistema possibilitará reduzir o risco do produtor contra quebras de safras, além de novas adaptações consequentes de veranicos mais intensos, possibilitando ainda ao produtor se favorecer da produção da safrinha, casos do milho e da soja. De modo geral, o

sistema pode ajudar a manter o crescimento de forma sustentável do agronegócio brasileiro, aumentando, assim, sua competitividade perante o mercado externo.

5.4 Qualidade de estimação do efeito da adoção do sistema iLPF sobre o desempenho do produtor

O modelo Probit discutido nas seções anteriores foi necessário para calcular a probabilidade de adoção do sistema de iLPF e para efetuar o pareamento entre os grupos analisado via *propensity score*. Entretanto, testar a validade desses métodos é extremamente importante de modo a garantir a acurácia dos resultados.

Para assegurar a qualidade do pareamento, primeiramente foi verificada a redução do viés após o pareamento, Tabela 6, dependendo essa redução do viés da qualidade das variáveis de controle com as quais o escore de propensão foi calculado (BECKER e ICHINO, 2002).

Tabela 6 – Análise de redução do viés padronizado para amostra de municípios pareados e não pareados.

Variável	Amostra	Média		Redução viés (%)
		Tratados	Controle	
Temperatura_verão	não pareado	25,758	25,042	82.5
	pareado	25,758	25,884	
temperatura_verao ²	não pareado	665,39	629,9	81.9
	pareado	665,39	671,82	
Temperatura_inverno	não pareado	22,49	20,542	86.3
	pareado	22,49	22,757	
Temperatura_inverno ²	não pareado	520,58	438,97	86.1
	pareado	520,58	531,95	
Precipitação_verão	não pareado	175,73	178,34	-112.2
	pareado	175,73	170,2	
Precipitação_verão ²	não pareado	37654	37067	-183.5
	pareado	37654	35989	
Precipitação_inverno	não pareado	56,827	60,244	80.5
	pareado	56,827	56,162	
Precipitação_inverno ²	não pareado	6418	6471	-138.9
	pareado	6418	6291,6	
classe1- boa	não pareado	0,2812	0,09571	78.4
	pareado	0,2812	0,24113	
classe2-regular	não pareado	0,63419	0,76991	87.6
	pareado	0,63419	0,61732	
Experiência	não pareado	0,09275	-0,02527	84.6
	pareado	0,09275	0,07456	
Informação	não pareado	1383,3	1311	88.1
	pareado	1383,3	1374,7	
Sem orientação técnica	não pareado	832,44	704,08	93.3
	pareado	832,44	840,97	

Variável	Amostra	Média		(conclusão)
		Tratados	Controle	Redução viés (%)
Não pronafiano	não pareado	203,67	195,85	25.8
	pareado	203,67	197,87	
Recursos Hídricos	não pareado	597,88	586,34	-70.3
	pareado	597,88	578,21	
Ensino Superior	não pareado	3,9231	3,6148	-77.7
	pareado	3,9231	3,3754	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006. (IBGE,2006), base de dados da Climate DataBase CRU 3.21 e Mapa do Potencial Agrícola do Brasil (2002).

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 6, pode-se observar que apenas as variáveis *Precipitação Verão*, *Precipitação Verão*², *Precipitação Inverno*², *Recursos Hídricos* e *Ensino Superior* levaram a um aumento do viés. Todas as demais garantiram redução do viés padronizado.

É possível observar que *propensity score* reduziu o viés das variáveis explicativas para os produtores que pertencem ao grupo de tratamento e de controle, implicando que os produtores que adotam o sistema de iLPF foram comparados com aqueles que utilizam o sistema especializado mas que têm características semelhantes.

A Tabela 7 apresenta os resultados para verificar a existência de viés no pareamento e na estimativa do ETM causado pela omissão de variáveis, por meio da análise dos Limites de Rosembaum (Γ).

Tabela 7 – Análise de sensibilidade do efeito de tratamento.

Variável	Limites de Rosembaum (Γ)	P-valor
Valor Terra	1,0	0,0000
	1,1	0,0000
	1,2	0,0000
	1,3	0,0000
	1,4	0,0000
	1,5	0,0000

Fonte: Elaboração própria. Nota: Hipótese nula (H_0): há presença de viés causado pela omissão de variáveis.

A análise dos P-valores para todos os valores de Γ indicaram que o modelo não apresentou viés decorrente da omissão de variáveis. Dessa forma, pode se assegurar a robustez dos coeficientes obtidos no ETM, ou seja, garantir a não

existência de viés no efeito da adoção do sistema de iLPF sobre o desempenho do produtor. Por fim, a verificação dos testes mostra que o modelo adotado foi bem ajustado, validando os coeficientes encontrados e a interpretação de seus resultados.

6. CONCLUSÕES

O agronegócio brasileiro continua atuando como força motriz para o crescimento e desenvolvimento econômico do Brasil. Entretanto, o setor é altamente dependente dos fatores climáticos. No caso brasileiro, embora o clima seja favorável para a prática agropecuária, as mudanças climáticas podem fazer com que o crescimento não seja contínuo e sustentável, colocando em risco o sistema produtivo e, possivelmente, causando insegurança alimentar.

O estudo das mudanças climáticas vem ganhando cada vez mais enfoque nas discussões internacionais e, principalmente, a nível nacional. O Brasil, reconhecendo sua importância nessa área, vem contribuindo voluntariamente para a redução de emissões de gases de efeito estufa, cujas emissões têm contribuído positivamente para alterações climáticas.

Os custos causados pelas mudanças climáticas no setor agropecuário são refletidos pela queda de produtividade, pelos prejuízos decorrentes da quebra de produção, que se refletem diretamente nos preços para o consumidor. Ademais, a falta de oportunidades produtivas causa impactos negativos na qualidade de vida do produtor rural. No Brasil, os estudos que tratam dos impactos das mudanças climáticas sobre o setor agropecuário revelam a suscetibilidade do setor, mostrando que poderão ocorrer desde pequenas perdas a prejuízos elevados. A perda produtiva em diversas regiões poderá acarretar uma nova geografia produtiva pela migração de culturas.

Neste contexto, o presente estudo manteve o enfoque na vulnerabilidade do setor agropecuário frente às mudanças climáticas, adicionalmente, considerando a adoção de estratégias de adaptação como forma de amenizar os impactos causados pelas alterações climáticas e, ao mesmo tempo, garantir a produção de forma sustentável. Sendo assim, foi verificado se a estratégia da adoção do sistema integrado de integração Lavoura-Pecuária e Floresta (iLPF) seria mais resiliente a alterações climáticas que os sistemas especializados. Embora seja um sistema mais complexo, a iLPF favorece a análise do clima, do solo e da disponibilidade hídrica, fundamentais para o sucesso do setor agropecuário, possibilitando ao produtor intensificar seu sistema produtivo, reduzindo o impacto causado sobre o meio ambiente.

O arcabouço teórico do trabalho considerou o grau em que o sistema é suscetível a alterações climáticas (vulnerabilidade) e a forma como ele é capaz de regular essas tensões em relação às alterações climáticas (capacidade adaptativa). Foram estudados os fatores climáticos, agronômicos e socioeconômicos, considerados determinantes para avaliar a capacidade adaptativa dos produtores e analisado como esses fatores impactam na adoção de um sistema alternativo de produção.

A análise descritiva possibilitou observar a discrepância que existe entre o número de produtores que adotam o sistema integrado em comparação ao sistema especializado. Fatores considerados estruturais e socioeconômicos, como disponibilidade de recursos hídricos, dificuldade de acesso a crédito, como ao Pronaf, e acesso ao ensino superior, embora importantes para a composição e a análise do modelo adotado, não apresentaram médias estatisticamente significativas entre os grupos analisados.

A análise dos fatores associados à adoção do sistema integrado validou o uso do sistema de iLPF como medida adaptativa às mudanças climáticas, conforme resultado apresentado pelas variáveis climáticas, as quais, juntamente com o grupo de variáveis agronômicas e socioeconômicas, influenciam a adoção do sistema de iLPF ao longo do território brasileiro. Identificou-se também que a presença de terras de boa qualidade favorece a adoção do sistema.

Entre os fatores socioeconômicos, a decisão de implantar o sistema integrado considera a experiência que o produtor detém sobre a terra, representada pelos anos em que exerce atividade, associada aos anos de vida, e o fato de ser dono da terra poderiam apresentar sinal positivo ou negativo. O resultado positivo indica que muitos produtores vêm adotando a prática de adoção do sistema como forma adaptativa às mudanças climáticas.

A decisão do produtor, associada ao acesso à informação e ao ensino superior, favorece a adoção do sistema integrado, mostrando que a formação de capital humano no meio rural não somente facilita a compreensão do uso da técnica como também melhora o gerenciamento do produtor sobre sua atividade e amplia a capacidade de assimilar as informações recebidas pelos meios de comunicação. A variável *Ensino Superior* apresentou média estatisticamente igual ao sistema especializado, mas deve-se considerar que a obtenção de conhecimento favorece

ambas as técnicas, tanto pela adoção de uma nova técnica quanto pela gestão do empreendimento.

A falta de crédito e de assistência técnica é um entrave à adoção do sistema integrado. Por um lado, a dificuldade na obtenção de crédito representa menor capacidade de adquirir e melhorar equipamentos ou melhorar sua infraestrutura em geral; por outro lado, a falta de assistência técnica reduz a probabilidade de adoção do sistema. Cabe lembrar que a modalidade de iLPF pode ser considerada um arranjo de natureza mais complexa e, mesmo que indicado para qualquer produtor, a falta de assistência técnica pode levar a dificuldades operacionais e até mesmo causar prejuízos a ele.

Os resultados econômicos decorrentes da adoção do sistema integrado favorecem o sistema. Produtores que adotaram o sistema apresentaram ganhos aproximadamente 13% superiores aos produtores que utilizam o monocultivo.

Esses resultados estão em conformidade com os pressupostos da adoção do sistema de iLPF, não apenas por possibilitar ganhos adicionais aos produtores, mas também pela sua capacidade de adaptação frente às variações climáticas. Ademais, deve-se considerar que a adoção do sistema integrado desempenha duplo papel no processo de mudanças climáticas, uma vez que contribui para a mitigação, pelo sequestro de carbono, e também para a adaptação, tornando os produtores mais resilientes.

É importante ressaltar que somente a adoção do sistema de iLPF não resolverá o problema enfrentado pelo setor agropecuário brasileiro em relação às mudanças climáticas. Vários estudos indicam que o uso de outros sistemas agroflorestais é importante para reduzir os impactos do efeito do clima sobre o setor e, se associados ao sistema de iLPF, eles podem potencializar seus efeitos.

São escassos os dados referentes à adoção do sistema de iLPF no Brasil, sendo incipiente o monitoramento sobre os potenciais efeitos econômicos e ambientais nas diversas regiões brasileiras, o que dificulta uma análise integralizando todo o território nacional. Como dito anteriormente, não foi incorporado nenhum efeito da adição de outros SAFs, como a prática de plantio direto na palha, que potencializa os efeitos sinérgicos do sistema de iLPF, havendo, em suma, necessidade de ampliação do sistema de dados e efeitos do sistema quando

associados a outros sistemas agroflorestais que podem apresentar resultados positivos.

De modo geral, o presente trabalho concluiu os objetivos propostos, de forma a destacar a importância do estudo sobre mudanças climáticas e a possibilidade de adaptação a essas alterações, considerando o setor agropecuário. Nesse sentido, fato relevante é atentar para o incremento de políticas públicas que favoreçam a confiança do produtor em adotar novas técnicas que melhorem o aspecto produtivo não somente em termos econômicos, mas também considerando a sustentabilidade ambiental.

Finalmente, embora esteja fora do escopo da presente pesquisa, deve-se atentar que não compete somente às esferas públicas a busca pela melhor sustentabilidade produtiva do setor agropecuário brasileiro. A consciência de cada produtor em adotar práticas que estejam voltadas para a maximização dos seus lucros e que, ao mesmo tempo, visem a contribuir com o meio ambiente é extremamente importante. Dessa forma, pode-se tornar o país menos suscetível a alterações provocadas pelo clima, garantindo, assim, um crescimento do setor sem comprometer as gerações futuras.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R.; GLYER, D.; MCCARL, B. The economic effects of climate change in US agriculture: a preliminary assessment. In: TIRPAK, D.; SMITH, J. (Eds.). **The potential effects of global climate change in the United States: reports to congress**. Washington, DC: Unites States Environmental Protection Agency, 1989.

ADAMS, R.; ROSENZWEIG, C.; PEART, R. M.; RITCHIE, J. T.; MCCARL, B.; GLYER, D.; CURRY, R. B.; JONES, J. W.; BOOTE, K. J.; ALLEN JR, L .H. Global climate and US agriculture. **Nature**, v.345, n.6272, p.219-224, 1990.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M. Inovações tecnológicas nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta - ILPF. **VIII SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2012**. Disponível em < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/927330/inovacoes-tecnologicas-nos-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf>>. Acesso em mar. 2013.

ALVARENGA, R. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 59-67, 2010.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. p. 23-37.

BALBINO, L. C.; VILELA, L.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; PULROLNIK, K.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. L. S. Integração lavoura- pecuária e floresta (iLPF): região sul. **Apostila do Curso de Capacitação do Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, EMBRAPA, 2012. 83.f.

BALBINO, L.C.; MARTINEZ, G.B.; GALERANI, P.R. **Ações de transferência de tecnologia de sistema de integração lavoura- pecuária e floresta: 2007- 2011**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados; Belém: EMBRAPA Amazonia Oriental, 2011. 52p.

BECKER, S. O.; ICHINO, A. Estimation of average treatment effects based on propensity score. **The Stata Journal**, v.2, n.4, p.79-88.

BELLOW, T. B.; MUTABAZI, K. D.; KIRSCHKE, D.; FRANKE, C.; SIEBER, S.; SIEBERT, R.; TSCHERNING, K. Can farmer's adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? **Global environmental Change** 22, p.223-235, 2012.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI). Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, 2009.

BRASIL. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura : plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)** / Ministério

da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília : MAPA/ACS, 2012.173 p.

BRIDI, A, M. Adaptação e Aclimação Animal. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/AdaptacaoeAclimatacaoAnimal.pdf>. Acesso em set.2014.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; CERRI, CEP.; CERRI, C. C. Adequação Dos Sistemas De Produção Rumo A Sustentabilidade Ambiental. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Disponível em <<http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio/projeto/palestras/livro.pdf> >. Acesso em ago. 2013.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. Relatório **PIBAgro-Brasil**. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/Cepea_PIB_BR_dez12.pdf >. Acesso em nov. 2013.

CUNHA, D. A., A. B. COELHO, J. G. FÉRES, AND M. J. BRAGA. **Effects of climate change on irrigation adoption in Brazil**. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 36: 1-9, 2014.

CORDEIRO, S. A. **Avaliação econômica e simulação em sistemas agroflorestais**. 2010. 96 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2010.

CRAVO, M. de S.; CORTELETTI, J.; NOGUEIRA, O.L.; SMYTH, T.J.; SOUZA, B. D. L. de. **Sistema Bragantino: agricultura sustentável para Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005.

CROSSON, P. Impacts of climate change on agriculture and economy of the Missouri, Iowa, Nebraska and Kansas region. In. Kaiser, H.; Drennem, T. (Eds). **Agricultural Dimensions of Global Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

DERESSA, T.; HASSAN, R. M.; RINGLER, C. **Measuring Ethiopian Farmers' Vulnerability to Climate Change Across Regional States**. IFPRI Discussion Paper 00806, 2008. Disponível em: <<http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00806.pdf>>. Acesso em: ago.2013.

DÊSCHENES, O.; GREENSTONE, M. The economics impacts of climate change: evidence from agricultural output and fluctuations in weather. **The American Economic Review**, v.97, n.1, p. 354-385, 2007.

EMBRAPA: **Integração Lavoura- Pecuária e Floresta**. Disponível em:
< <http://www.agrosustentavel.com.br/downloads/iplf.pdf>>. Acesso em 27 de maio, 2013.

EMBRAPA-UNICAMP. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Embrapa-Unicamp: Campinas, Agosto de 2008. 84p.

FÉRES, J.; REIS, E.; SPERANZA, J. Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil. In: XLVII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009, Porto Alegre - RS. **Anais...** Brasília: SOBER, 2009.

GREENE, W. H. **Econometrics analysis**. Prentice Hall, 5ªed. New Jersey, 2003.

GREENWOOD, K.L.; MCKENZIE, B.M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1231-1250, 2001.

HEGDE, R.; BULL, G. Q. Performance of an agro-forestry based on Payments-for-Environmental-Services project in Mozambique: a household level analysis. **Ecol Econ**, v.7, p.1122-130, 2011.

HOFFMANN, R.; NEY, M. G. Educação, concentração fundiária e desigualdade de rendimento no meio rural brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.47, n.1. Brasília, 2009.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006**: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Potencialidade Agrícola dos Solos**. Atlas Nacional do Brasil, 1992.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. (Eds.). Geneva, Switzerland: IPCC, 2007.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Summary for Policymakers. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013.

KAISER, H. M.; CROSSON, P. Implications of Climate Change for U.S Agriculture. **American Journal of Agricultural Economics**, v.77, 1995.

KURUKULASURIYA, P.; MENDELSON, R. **A Ricardian analysis of the impact of climate change on African cropland**. Center for Environmental Economics and Policy in Africa (CEEPA), 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEIRA, O. Benefícios da iLPF para pecuária e desafios no cultivo de grandes culturas em sistemas de iLPF no Cerrado com uso de plantio direto na palha. In: **Integração lavoura-pecuária e floresta: potencialidades e técnicas de produção**/ Leonardo David et al. (2012). Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, 2012, p.21-35.

KLUTHCOUSKI, J.; PORTES, T. de A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7 p.1349-1358, 2000.

KRUMAR, K. S. K. Climate sensitivity of Indian agriculture. **Working paper 43/2009**-Madras School of Economics, 2009. Disponível em:
< <http://www.mse.ac.in/pub/working%20paper%2043.pdf>>. Acesso em set. 2013.

LASCO, RD.; DELFINO, R.J.P.; CATACUTAN, D.C.; SIMELTON, E.S.; WILSON, D.M. (2014). Climate risk adaptation by smallholder farmers: the roles of trees and agroforestry. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 2014, 6:83–88.

LAZZAROTO, J.J. **Desempenho econômico e riscos associados à integração lavoura-pecuária e floresta no Estado do Paraná**. Tese (doutorado Economia Aplicada). Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, UFV. Viçosa, Mg,2009. 176f.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.38, p.133-146, 2009.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. **Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades**. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1117-1126, out. 2011.

MENDELSON, R.; NORDHAUS, W.; SHAW, D. The impact of global warming on agriculture: Ricardian analysis. **The American Economic Review**, v. 84, n. 4, p. 753-771, 1994.

MENDELSON, R.; DINAR, A. Climate change, agriculture, and developing countries: Does adaptation matter?. **The World Bank Research Observer**, v.14, n.2, p.277-293, 1999.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Integração, Lavoura, Pecuária e Floresta.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/integracao-lavoura-pecuaria-silvicultura>>. Acesso em ago. 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura.**

PIRES, M.V.; CUNHA, D.A. Climate Changes and Adaptive Strategies in Brazil: the economic effects of genetic breeding. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 52, n. 4, p. 625-640, 2014.

Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: MAPA / MDA, 2011.

MORAES, W. B.; JUNIOR, W.C.J.; MORAES, W.B.; CECÍLIO, R.A. Potenciais impactos das mudanças climáticas globais sobre a agricultura. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**. v.5, n.2, 2011.

MOZZER, G. B. Agropecuária No Contexto De Economia Da Baixo Carbono. In: **Mudança do clima no Brasil : aspectos econômicos, sociais e regulatórios** / editores: Ronaldo Seroa da Motta ... [et al.]. Brasília : Ipea, 2011, p.111-125.

MCTI (MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA) COMUNICAÇÃO NACIONAL. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil.** Brasília, 2013. Disponível em: < <http://gvces.com.br/arquivos/177/EstimativasClima.pdf>>. Acesso em set. 2013.

NEGRI, D. H.; GOLLEHON, N. R.; AILLERY, M. P. The effects of climatic variability on US irrigation adoption. **Climate change**, v.69, n.2-3, p.299-323, 2005.

NUTHALL, P. L. Managerial ability - a review of its basis and potential improvement using psychological concepts. **Agricultural Economics**, v.24(3), p. 247-262, 2001.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: Financiando a transição.** Estudo III, Análise dos recursos do programa ABC, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, F.L.R.; LAZO, J.A.; SANTOS, L.D.T.; MACHADO, V.D.; SANTOS, M.V. INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA: Conceitos, Componentes e possibilidades. **Integração lavoura-pecuária e floresta: alternativa para produção sustentável nos trópicos.** Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. P. 9-25.

O'BRIEN, K. L.; LEICHENKO, R. M. **Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization.** Global Environmental Change 10 (2000): 221- 232.

PAGIOLA S, RAMÍREZ E, GOBBI J, DE HAAN C, IBRAHIM M, MURGUEITIO. E.; RUÍZ, J.P.: Paying for the environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua. **Ecol Econ** 2007, 64:374-385.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo, 2008.

PIDGGEON; FISCHHOFF. The role of social and decisions sciences in communicating uncertain climate risks. **Nature Climate Change**, v.1, n. 1, p.35-41, 2011.

PRIMAVESI, O.; , ARZABE, C.; PEDREIRA, M.S. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. — (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 70).

PBMC, 2013: **Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT2**. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 28 p.

Presidência da República (PR). **Decreto no 7.390**, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os Arts. 6o, 11 e 12 da Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), e dá outras providências. Brasília, 9 dez. 2010.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN D. B. The Central role of the Propensity Score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41-55, 1983.

ROSENZWEIG, C.; PARRY, M. L. Potential impacts of climate change on world food supply. **Research report. 3**. Oxford, England: Environmental change Unit, University of Oxford, 1993.

SEO, N. A microeconomic analysis of adapting portfolios to climate change: adoption of agricultural systems in Latin America. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 32, n. 3, p. 489-514, 2010.

SEO, N.; MENDELSON, R. A Ricardian analysis of the impact of climate change on South American farms. **Chilean Journal Of Agricultural Research**, v. 68, n.1, p. 69-79, 2008a.

SEO, N.; MENDELSON, R. An analysis of crop choice: adapting to climate change in South American farms. **Ecological Economics**, v. 67, n. 1, p. 109-116, 2008b.

SILVA, J. L. S.; THEISEN, G., BORTOLINI, F. Planejamento de uso das áreas em integração lavoura-pecuária. III Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. **Synergismus Scyentifica UTFPR**, v. 06, n. 2, Pato Branco, 10 p., 2011.

SIQUEIRA, O. J. W. de. et. al. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; M. J. D. G. **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 33-63.

SMITH, J. B.; LENHART, S. S. Climate change adaptation policy options. **Climate Research**, vol.6: 193-201, 1996.

STERN, N. **The economics of climate change: the Stern review**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento do trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.9, p. 1351-1359, 2006.

THANGATAA, P.H.; HILDEBRAND, P.E. Carbon stock and sequestration potential of agroforestry systems in smallholder agroecosystems of sub-Saharan Africa: mechanisms for 'reducing emissions from deforestation and forest degradation' (REDD+). **Agric Ecosyst Environ**, 158:172-183, 2012.

TEIXEIRA, L. P.; MELO, R. A. C. E. ; VILELA, L. ; BALBINO, L. C. ; CORDEIRO, L. A. M . **Viabilidade econômica da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF): estudo em Ipameri-GO..** Sociedade e Desenvolvimento Rural, v. 6, p. 1-23-23, 2012.

TOL, R. S. J.; YOHE, G. Indicators for social and economic coping capacity- moving toward a working definition of adaptative capacity. **Global Environmental Change** 12, p. 25-40, 2002.

TRENBERTH, K. E., STEPANIAK, D. P.; CARON, J. M. The global monsoon as seen through the divergent atmospheric circulation. **J. Climate**, 13, 3969-3993, 2000.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE – UNFCCC. **Text of the Convention**. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>>. Acesso em: set. 2013.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; JÚNIOR, R. G.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p. 1127-1138, 2011.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics**. A modern approach, 2º ed, 2002.

ANEXOS

Tabela A1 – Análise fatorial da formação do fator Experiência do produtor.

Fator	Autovalores	Diferença	Proporção	Acumulado
Fator 1	7,5145	6,7662	0,8350	0,8350
Fator 2	0,7483	0,4604	0,0831	0,9181
Fator 3	0,2879	0,0922	0,0320	0,9501
Fator 4	0,1956	0,0852	0,0217	0,9718
Fator 5	0,1104	0,0189	0,0123	0,9841
Fator 6	0,0915	0,0621	0,0102	0,9943
Fator 7	0,0293	0,0178	0,0033	0,9975
Fator 8	0,0114	0,0006	0,0013	0,9988
Fator 9	0,0108		0,0012	1,0000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela A2 – Fatores rotacionados pelo método Varimax.

Variável	Fator 1	Unicidade
_35anos	0.9378	0.1206
_45anos	0.9741	0.0510
_55anos	0.9645	0.0698
_65anos	0.9502	0.0971
Menos_1	0.6703	0.5508
_5anos	0.8764	0.2318
_10anos	0.9246	0.1451
_acima	0.9196	0.1544
proprietário	0.9670	0.0648

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A3 – Teste KMO para adequação dos dados.

Kaiser- Meyer- Olkin Measure of Sampling Adequacy	0,8982
---	--------

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A4 – Teste de hipótese sobre as médias dos grupos.

Tabela A1 - Teste de hipótese sobre as médias dos grupos.						
Variáveis	Grupo	Observações	Média	Erro padrão	Desvio padrão	P-valor
Climáticas						
Temperatura_verão	0	4294	25,04	0,0255	1,67	0,0000
	1	1170	25,75	0,0403	1,38	
Temperatura_inverno	0	4294	20,54	0,0629	4,12	0,0000
	1	1170	22,48	0,1125	3,85	
Precipitação_verão	0	4294	178,33	1,11	72,56	0,2906
	1	1170	175,72	2,41	82,33	
Precipitação_inverno	0	4294	60,24	0,81	53,31	0,0552
	1	1170	56,83	1,65	56,49	
Agronômicas						
Casse1-bona	0	4294	0,096	0,004	0,294	0,0000
	1	1170	0,281	0,013	0,450	
Classe2-regular	0	4294	0,770	0,006	0,421	0,0000
	1	1170	0,634	0,014	0,482	
Recursos hídricos	0	4294	586,33	8,70	570,26	0,5413
	1	1170	597,88	17,06	583,51	
Socioeconômicas						
Experiência	0	4294	-0,03	0,01	0,97	0,0003
	1	1170	0,09	0,03	1,11	
Informação	0	4294	1310,98	20,26	1327,90	0,1000
	1	1170	1383,33	43,86	1500,31	
Sem orientação técnica	0	4294	704,08	13,41	878,81	0,0000
	1	1170	832,44	28,72	982,46	
Não pronafiano	0	4294	195,85	2,82	184,65	0,2130
	1	1170	203,67	6,14	210,11	
Ensino Superior	0	4294	26,09	0,49	32,28	0,6714
	1	1170	26,56	1,11	37,92	
Valor_Terra	0	4294	15411,70	3490,60	228734,00	0,0100
	1	1170	17495,20	9170,56	313681,00	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Hipótese nula (H_0): as médias são estatisticamente iguais entre os grupos.

Tabela A5 – Teste Pearson ou Hosmer-Lemeshow para qualidade do teste de ajustamento do modelo probit (estat. gof).

Número de observações	5464
Número de variáveis independentes	5464
Pearson $\chi^2(5447)$	5.379,21
Prob > χ^2	0,7808

Fonte: resultados da pesquisa.

Nota: Hipótese nula do teste (H_0): O modelo apresenta um bom ajuste.

Tabela A6 – Classificação do modelo probit.

Classificação	Verdadeiras		
	D	~D	Total
+	86	139	225
-	1084	4155	5239
Total	1170	4294	5464
Sensibilidade	Pr(+ / D)	0,07	
Especificidade	Pr(- / ~D)	0,97	
Predição do valor positivo	Pr (D / +)	0,38	
Predição do valor negativo	Pr (~D / -)	0,79	
Taxa de falsos positivos para o verdadeiro	Pr (+ / ~D)	3,24%	
Taxa de falsos negativos para verdadeiro	Pr (- / D)	92,65%	
Taxa de falsos positivos para classificação +	Pr (~D / +)	61,78%	
Taxa de falsos negativos para classificação -	Pr (D / -)	20,69%	
Classificações corretas	77,62%		

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: (D) verdadeiro é definido como iLPF

Tabela A7 – Medidas de ajustamento do modelo probit para iLPF.

Log-Lik Intercept Only	-2.837,87	Log-Lik Full Model	-2.580,70
D(5447):	5.161	LR(16)	514,32
McFadden's R2	0,091	Prob > LR	0,0000
Maximum Likelihood R2	0,09	McFadden's Adj R2	0.085
McKelvey and Zavoina's R2	0.162	Cragg & Uhler's R2	0,139
Variance of y*	1,194	Efron's R2	0,089
Count R2	0,776	Variance of error	1
AIC	0,951	Adj Count R2	-0,045
BIC	-41.715,11	AIC*n	5.195,41
		BIC'	-376,62

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A8 – Teste Wald do conjunto de variáveis.

chi2 (16)	476,11
Prob > chi2	0,0000

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Hipótese nula do teste (H_0) é que os coeficientes estimados das variáveis são estatisticamente iguais à zero.

Tabela A9 – Efeito de tratamento médio (ETM) por vizinho mais próximo.

Variável	Amostra	Tratado	Controle	Diferença	S.E.	T-stat
valor_terra	Não tratado	174.957	154.115,70	208.415	822.356	2,53
	Tratado	174.957	144.676,39	302.808	127.830	2,37

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela A10 – Estimativa do Efeito de Tratamento Médio (ETM) por vizinho mais próximo.

Variável resposta	Coeficiente observado	Erro padrão padronizado por bootstrap	Z	P > (Z)
Valor_Terra	30.280, 84	13.868,21	2,18	0,029

Fonte: Resultados da pesquisa.