

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

TARIK MARQUES DO PRADO TANURE

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AGRICULTURA NO BRASIL: IMPACTOS
ECONÔMICOS REGIONAIS E POR CULTIVO FAMILIAR E PATRONAL

Belo Horizonte, MG
UFMG / CEDEPLAR

2020

TARIK MARQUES DO PRADO TANURE

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AGRICULTURA NO BRASIL: IMPACTOS
ECONÔMICOS REGIONAIS E POR CULTIVO FAMILIAR E PATRONAL

Tese apresentada ao curso de Doutorado do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Edson Paulo Domingues

Coorientadora: Prof.^a Dra. Aline Magalhães

Belo Horizonte, MG

UFMG / CEDEPLAR

2020

Ficha Catalográfica

T169m
2020

Tanure, Tarik Marques do Prado.
Mudanças climáticas e agricultura no Brasil [manuscrito] :
impactos econômicos regionais e por cultivo familiar e patronal /
Tarik Marques do Prado Tanure. – 2020.
257 f.: il e tabs.

Orientador: Edson Paulo Domingues.
Coorientadora: Aline Souza Magalhães.
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais,
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional.
Inclui bibliografia (f. 215-227) e apêndices.

1. Agricultura familiar – Teses. 2. Agricultura e desenvolvimento
econômico – Teses. 3. Mudanças climáticas – Teses. I. Domingues,
Edson P. (Edson Paulo). II. Magalhães, Aline Souza. III. Universidade
Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento
Regional. IV. Título.

CDD: 330

Elaborado por Leonardo Vasconcelos Renault CRB-6/2211
Biblioteca da FACE/UFMG – LVR/057/2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

TARIK MARQUES DO PRADO TANURE

TÍTULO DO TRABALHO:

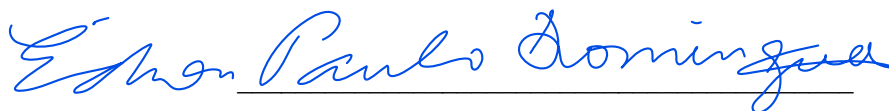
“MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AGRICULTURA NO BRASIL: IMPACTOS ECONÔMICOS REGIONAIS E POR CULTIVO FAMILIAR E PATRONAL”

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Doutor em Economia, área de concentração em Economia Aplicada.

Aprovada

EM 08 DE ABRIL DE 2020.

Prof. Edson Paulo Domingues (Orientador)
(CEDEPLAR/FACE/UFMG)



Prof. Gilberto de Assis Libânio
Coordenador do Curso de Pós-Graduação
em Economia

AGRADECIMENTOS

Esta tese de doutoramento é a etapa final de um percurso de quatro anos constituído de um intenso processo de aprendizado. Foram quatro anos de disciplinas cursadas, seminários, congressos, discussões econômicas, políticas e mundanas, artigos, apresentações e muita leitura. Enfim, quatro anos observando e absorvendo.

Inúmeras são as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a construção deste processo, em diferentes aspectos e períodos, contribuindo desde as ideias iniciais para a elaboração do projeto, com o convívio diário ou nem tão diário, com discussões sobre o tema, metodologia e resultados, observações pontuais e até mesmo com comentários “despretensiosos”.

Primeiramente, gostaria de agradecer às pessoas as quais me inspiro. Meus pais Dalton e Moab, pelo incentivo, pela educação e por fornecerem todo o conforto necessário para a realização do doutorado. Amo vocês. E meus orientadores Edson Domingues e Aline Magalhães, pela disponibilidade, paciência, e por todas as orientações, não só as vinculadas à tese. Tenho profunda admiração e respeito por vocês.

Agradeço à minha avó Zezé e aos meus tios Ana Paula, Ary, Rômulo e Patrícia pela acolhida em Belo Horizonte. A presença e suporte da família fez com que eu me sentisse em casa.

À professora Debora Freire e aos demais colegas do NEMEA, especialmente ao Thiago Simonato e Diego Miyajima, pelos conhecimentos compartilhados.

Agradeço aos amigos Ilya Cruz e Marcos Gustavo pela companhia nos quatro anos, pelos grupos de estudo, pelas discussões/críticas metodológicas e pelos momentos de lazer.

Ao amigo Rafael Campos, por dividir interesses, orientadores, tema de pesquisa, moradia e quase o sobrenome. Sua companhia, sobretudo no período de sanduíche nos EUA, te fez presente nos melhores momentos do doutorado.

Aos colegas e amigos de pós graduação Stefan D’amato, Guilherme Cardoso, Vanessa Campos, Tatiana Ferrari, Wallace Marcelino, Jonas Henrique, Alexandre Stein, Nathalia Barbosa, Hugo Carcanholo, Marcelo Figueiredo, Isabel Akemi e Guilherme Denes, pelo convívio, discussões e momentos de lazer em algum momento do doutorado.

Aos amigos que fiz no período de doutorado sanduíche na Universidade de Illinois em Urbana-Champaign, Thaís Sehn, Rafael Onega, Germano Carvalho, André Freire, Lucas Borges, e especialmente à grande amiga Larissa Mazuchelli.

À minha tia avó Clarice, à Miriam, Leo e Leandro, por terem me recebido tão bem em Brasília, na reta final de elaboração da tese.

Por fim, agradeço à minha eterna namorada Mayara, pela presença constante e apoio nos altos e baixos do doutorado e de minha vida. Te amo.

RESUMO

O fenômeno das mudanças climáticas afeta uma variedade de aspectos, vai do ecossistêmico e biológico ao socioeconômico, envolve transformações graduais ao longo de um extenso horizonte temporal, causa externalidades e amplia incertezas. A produtividade agrícola, apesar de ser determinada, em grande medida, por fatores produtivos, é extremamente sensível às alterações de temperatura e precipitação, e portanto, vulnerável aos efeitos do fenômeno climático. Esta tese analisa os impactos futuros das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola dos cultivos vinculados à agricultura familiar e patronal no Brasil, e seus potenciais efeitos econômicos. A hipótese que norteia o estudo é a de que as mudanças climáticas trarão impactos sobre a produtividade agrícola ao longo do século XXI e posto este novo cenário, as culturas ligadas à agricultura familiar estarão mais vulneráveis a estes efeitos, tanto pela menor capacidade financeira, técnica e informacional, quanto pelo menor foco de políticas de planejamento e pesquisas de adaptação climática, que tendem a se concentrar sobre as culturas vinculadas ao agronegócio. Ademais, dada a heterogeneidade da agricultura brasileira e dos impactos das mudanças climáticas sobre o território, impõem-se a necessidade de verificar tais efeitos, diferenciando as diversas culturas e o tipo de produtor. Neste sentido, estimou-se os impactos das alterações climáticas sobre a produtividade agrícola dos agricultores familiares e patronais, utilizando-se dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 de projeção de aquecimento global do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), produzidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para os períodos de 2021/2050 e 2051/2080. As variações de produtividade agrícola foram utilizadas como insumo no modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) desenvolvido nesta tese para projetar os impactos econômicos decorrentes das alterações de produtividade. O modelo denominado *Agriculture Regional Model - AGRO-BR*, apresenta configuração regional composta pelas 27 Unidades da Federação e 42 setores agrícolas, desagregados em familiar e patronal. Os resultados obtidos indicam que a produtividade agrícola dos agricultores familiares é mais sensível às mudanças climáticas. Os cultivos de mandioca, milho e feijão, típicos da agricultura familiar, seriam em média, impactados com perda de produtividade. Os cultivos patronais de Cana de Açúcar e Soja seriam impactados com ganho de produtividade nas principais regiões produtoras. Em termos de impactos econômicos, as regiões Norte e Nordeste seriam negativamente afetadas, Centro-Oeste e Sudeste sofreriam impactos moderados, ao passo que a região Sul seria majoritariamente beneficiada. Apesar das projeções para maioria das Unidades da Federação serem negativas, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul apresentariam crescimento econômico, amenizando os impactos negativos sobre o PIB nacional, que apresentaria pequena retração nos dois cenários. Os resultados indicam, ainda, que o fenômeno poderia contribuir para o aumento das disparidades intrarregionais e para a deterioração das condições de segurança alimentar no Brasil, posto que afetaria de maneira negativa as regiões menos desenvolvidas e os cultivos relevantes para os agricultores familiares.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, Agricultura Familiar, Produtividade Agrícola e Equilíbrio Geral Computável.

ABSTRACT

The phenomenon of climate change affects a variety of aspects, ranging from ecosystem/biological to socioeconomic, involves gradual transformations along an extensive time horizon, causes externalities and expands uncertainties. Agricultural productivity, although determined, to a large extent, by productive factors, is extremely sensitive to temperature and precipitation changes, and therefore vulnerable to the effects of the climatic phenomenon. This thesis analyzes the future impacts of climate change on agricultural productivity of crops linked to family farmers and regular farming in Brazil, and its potential economic effects. The hypothesis that guided the study is that climate change will affect agricultural productivity throughout the 21st century and given this new scenario, crops linked to family farming will be more vulnerable to these effects, both by the lower financial, technical and informational capacity to deal with its effects, and by the lower focus of planning policies and climate adaptation research, which tend to focus on agribusiness-linked crops. Moreover, given the heterogeneity of the Brazilian agriculture and the impacts of climate change on the territory, the need to verify these effects is required, differentiating the impacts on crops and the type of producer. In this sense, the impacts of climate change on the agricultural productivity of family and regular farmers was estimated, using the RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios of global warming projection of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), produced by the National Institute of Spatial Research (INPE), for the periods of 2021/2050 and 2051/2080. The variations in agricultural productivity were used as input in the Computable General Equilibrium (CGE) model developed in this thesis to project the economic impacts resulting from productivity changes. The model called Agriculture Regional Model - AGRO-BR, presents regional configuration composed of the 27 Federation Units and 42 agricultural sectors, disaggregated into family and regular producers. The results obtained indicate that the agricultural productivity of family farmers is more sensitive to climate change. The cassava, corn and bean crops, typical of family farming, would be, on average, impacted by loss of productivity. The sugar cane and soybean plantations would be impacted by productivity gains in the main producing regions. In terms of economic impacts, the North and Northeast regions would be negatively affected, the Midwest and Southeast would suffer moderate impacts, while the South region would benefit mostly. Despite the projections for most of the Federation Units being negative, São Paulo, Paraná and Rio Grande do Sul would show economic growth, mitigating the negative impacts on the national GDP, which would present a small retraction in both scenarios. The results also indicate that the phenomenon could contribute to the increase of intra-regional disparities and to the deterioration of food security conditions in Brazil, since it would negatively affect the less developed regions and the relevant crops for family farmers.

Keywords: Climate Change, Family Farming, Agriculture, Computable General Equilibrium

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Projeção das mudanças na produção agrícola mundial em decorrência das mudanças climáticas (ano) (%).....	34
Figura 2: Dados Históricos de Precipitação e Temperatura (1971/2005)	56
Figura 3: Temperatura Média Projetada pelos Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5	57
Figura 4: Precipitação Média Projetada pelos Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5	58
Figura 5: Fluxograma da base de dados do modelo AGRO-BR	100
Figura 6: Estrutura produtiva do modelo AGRO-BR.....	104
Figura 7: Mecanismo de Composição de Demanda do modelo AGRO-BR.....	105
Figura 8: Estrutura da Demanda por Investimentos	108
Figura 9: Estrutura de Demanda Regional das Famílias no modelo AGRO-BR	111
Figura 10: Resumo do Procedimento de Regionalização	115
Figura 11: Base de dados nacional do modelo AGRO-BR	116
Figura 12: Representação gráfica do cenário de referência e do cenário de política	141
Figura 13: Trajetória das variáveis macroeconômicas no cenário de referência (2020 a 2080) (Variação % acumulada)	146
Figura 14: Produção dos principais setores da agricultura familiar no cenário de referência (Var. % acumulada) (Eixo vertical em valores acumulados)	149
Figura 15: Produção dos principais setores da agricultura patronal no cenário de referência (Var. % acumulada) (Eixo vertical em valores acumulados)	150
Figura 16: Produção setorial no cenário de referência (Var. % acumulada) (Eixo vertical em valores acumulados)	151
Figura 17: Diagrama de relações causais do modelo AGRO-BR	165
Figura 18: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Mandioca Familiar no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	174
Figura 19: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Mandioca Familiar no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	175
Figura 20: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Fumo em Folha Familiar no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	175
Figura 21: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Fumo em Folha Familiar no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	176
Figura 22: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Café em Grão Familiar no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	177

Figura 23: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Café em Grão Familiar no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	177
Figura 24: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Milho em Grão Patronal no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	178
Figura 25: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Milho em Grão Patronal no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	179
Figura 26: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Cana de Açúcar Patronal no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	180
Figura 27: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Cana de Açúcar Patronal no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	181
Figura 28: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Soja em Grão Patronal no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	182
Figura 29: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Soja em Grão Patronal no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	183
Figura 30: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Café em Grão Patronal no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	183
Figura 31: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Café em Grão Patronal no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080).....	184
Figura 32: Produção do Setor Agrícola Familiar por Unidade da Federação em 2080 no Cenário RCP 4.5 (Var. % acumulada).....	186
Figura 33: Produção do Setor Agrícola Patronal por Unidade da Federação em 2080 no Cenário RCP 4.5 (Var. % acumulada).....	187
Figura 34: Produção do Setor Agrícola Familiar por Unidade da Federação em 2080 no Cenário RCP 8.5 (Var. % acumulada).....	187
Figura 35: Produção do Setor Agrícola Patronal por Unidade da Federação em 2080 no Cenário RCP 8.5 (Var. % acumulada).....	188
Figura 36: Nível de Atividade Econômica Regional no Cenário RCP 4.5 (Var. % acumulada)	189
Figura 37: Nível de Atividade Econômica Regional no Cenário RCP 8.5 (Var. % acumulada)	190
Figura 38: Nível de Produção Setorial (Var. % Acumulada em relação ao cenário base).....	196
Figura 39: Nível de Produção Setorial da Agricultura Familiar (Var. % Acumulada em relação ao cenário base)	198

Figura 40: Nível de Produção Setorial da Agricultura Patronal (Var. % Acumulada em relação ao cenário base) 199

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais Conjuntos do Modelo AGRO-BR	98
Quadro 2 : Participação Setorial Familiar e Patronal por Setor desagregado	119
Quadro 3: Participações Regionais para o Procedimento de Regionalização	121
Quadro 4: Dados Adicionais para o Procedimento de Regionalização	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Projeção de temperatura da superfície global para 2100 (°C)	27
Tabela 2: Projeção de temperatura da superfície global para 2100 (°C) em relação à média entre 1986 e 2005	28
Tabela 3: Aumento da temperatura por biomas (anos) (°C)	30
Tabela 4: Variação da precipitação por biomas (anos) (%).....	31
Tabela 5: Variação das áreas com potencial agrícola para o plantio das principais culturas brasileiras.....	35
Tabela 6: Impacto das mudanças climáticas sobre a lucratividade agrícola das regiões brasileiras segundo os cenários de emissões A2 e B2 (%).....	35
Tabela 7: Estatística Descritiva de Produtividade Agrícola Familiar.....	60
Tabela 8: Estatísticas Descritivas das Variáveis Climáticas e de Controle Familiares	61
Tabela 9: Estatística Descritiva de Produtividade Agrícola Patronal.....	62
Tabela 10: Estatísticas Descritivas das Variáveis Climáticas e de Controle Patronais	63
Tabela 11: Coeficientes da <i>Dummy</i> "Agricultura Familiar" por Cultivo	64
Tabela 12: Produtividade Agrícola Familiar Total e Variáveis de Controle.....	66
Tabela 13: Produtividade Agrícola por Cultivo Familiar e Fatores Climáticos (Modelo Base) (1971/2005)	69
Tabela 14: Produtividade Agrícola por Cultivo Familiar e Fatores Climáticos (Modelo Base) (1971/2005)	70
Tabela 15: Efeito Agregado das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade Agrícola Familiar (UF) (%).....	71
Tabela 16: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Familiar (Cenário RCP 4.5) (2021-2050)	73
Tabela 17: Produtividade Agrícola Patronal Total e Variáveis de Controle	74
Tabela 18: Produtividade Agrícola por Cultivo Patronal e Fatores Climáticos (Modelo Base) (1971/2005)	76
Tabela 19: Produtividade Agrícola por Cultivo Patronal e Fatores Climáticos (Modelo Base) (1971/2005)	77
Tabela 20: Efeito Agregado das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade Agrícola Patronal (UF) (%).....	78
Tabela 21: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Patronal (Cenário RCP 4.5) (2021-2050)	81
Tabela 22: Setores do modelo AGRO-BR	97

Tabela 23: Participação das Atividades Econômicas no PIB	122
Tabela 24: Participação das Unidades da Federação no PIB nacional (2015)	128
Tabela 25: Participação da produção setorial agrícola das Unidades da Federação no total nacional (Ano base 2015).....	130
Tabela 26: Participação setorial na produção total familiar nacional (2015).....	131
Tabela 27: Participação da produção setorial agrícola patronal das Unidades da Federação no total nacional (Ano base 2015).....	133
Tabela 28: Participação setorial na produção total patronal (2015)	134
Tabela 29: Participação da produção setorial entre familiar e patronal (2015).....	135
Tabela 30: Parâmetros de elasticidades no modelo AGRO-BR.....	138
Tabela 31: Descrição das variáveis utilizadas para o fechamento do modelo AGRO-BR.....	141
Tabela 32: Descrição das variáveis utilizadas para o fechamento do modelo AGRO-BR.....	143
Tabela 33: Variáveis Macroeconômicas para o Cenário de Referência (Variação %)	145
Tabela 34: Produto Interno Bruto por Unidade da Federação no Cenário de Referência (%)	147
Tabela 35: Nível de Atividade Setorial Acumulada por Grande Região no Cenário de Referência (%).....	148
Tabela 36: Choques quinquenais de produtividade da terra aplicados ao setor Banana Familiar (RCP 4.5) (2021/2050) (%)	152
Tabela 37: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Familiares (Var. %) (Cenário RCP 4.5) (2021-2050)	154
Tabela 38: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Familiares (Var. %) (Cenário RCP 4.5) (2051-2080)	155
Tabela 39: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Patronais (Var. %) (Cenário RCP 4.5) (2021-2050)	157
Tabela 40: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Patronais (Var. %) (Cenário RCP 4.5) (2051-2080)	158
Tabela 41: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Familiares (Var. %) (Cenário RCP 8.5) (2021-2050)	160
Tabela 42: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Familiares (Var. %) (Cenário RCP 8.5) (2051-2080)	161
Tabela 43: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Patronais (Var. %) (Cenário RCP 8.5) (2021-2050)	163

Tabela 44: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Patronais (Var. %) (Cenário RCP 8.5) (2051-2080)	164
Tabela 45: Participação dos custos dos fatores primários na produção dos setores agrícolas (% do custo do fator primário setorial)	166
Tabela 46: Choques de produtividade da terra setorial das Unidades da Federação ponderados pelo valor da produção nacional (var. %) (2021/2050) (2051/2080)	168
Tabela 47: Choques de produtividade da terra nas Unidades da Federação ponderados pela participação do setor na produção regional (var %) (2021/2050) (2051/2080)	169
Tabela 48: Variação da Produção Setorial Nacional decorrente dos choques de produtividade no cenário RCP 4.5 (Var. % acumulada em relação ao cenário base)	170
Tabela 49: Variação da Produção Setorial Nacional decorrente dos choques de produtividade no cenário RCP 8.5 (Var. % acumulada em relação ao cenário base)	172
Tabela 50: Variação da produção do setor agrícola familiar e patronal decorrentes dos choques de produtividade agrícola (Variação % acumulada em relação ao cenário base)	185
Tabela 51: Produção Agrícola Setorial Familiar por Grande Região em 2080 (Var.% Acumulada em relação ao cenário base)	191
Tabela 52: Produção Agrícola Setorial Patronal por Grande Região em 2080 (Var. % Acumulada em relação ao cenário base)	192
Tabela 53: Produção Setorial por Grande Região no Cenário RCP 4.5 (Var. % Acumulada)	192
Tabela 54: Produção Setorial por Grande Região no Cenário RCP 8.5 (Var. % Acumulada em relação ao cenário base).....	194
Tabela 55: Resultados Macroeconômicos (Var. % acumulada em relação ao cenário base).200	
Tabela 56: Produto Interno Bruto por Unidade da Federação (Var. % Acumulada)	203
Tabela 57: Índice de Gini do PIB para as regiões do Brasil.....	205
Tabela 58: Impacto das mudanças climáticas sobre a desigualdade regional no Brasil - variação percentual do Índice de Gini em relação ao cenário base	206
Tabela 59: Síntese dos resultados do modelo AGRO-BR.....	212
Tabela A1: Participação por UF no Valor da Produção dos Cultivos Familiares (2006)	228
Tabela A2: Participação por UF no Valor da Produção dos Cultivos Familiares (2006)	229
Tabela A3: Participação por UF no Valor da Produção dos Cultivos Patronais (2006)	230
Tabela A4: Participação por UF no Valor da Produção dos Cultivos Patronais (2006)	231

Tabela B1: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Familiar (Cenário RCP 4.5) (2051-2080)	232
Tabela B2: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Patronal (Cenário RCP 4.5) (2051-2080)	233
Tabela B3: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Familiar (Cenário RCP 8.5) (2021-2050)	234
Tabela B4: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Familiar (Cenário RCP 8.5) (2051-2080)	235
Tabela B5: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Patronal (Cenário RCP 8.5) (2021-2050)	236
Tabela B6: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Patronal (Cenário RCP 8.5) (2051-2080)	237
Tabela C1: Consumo Interno (% da Produção).....	238
Tabela C2: Participações Setoriais no consumo dos Usuários Finais	239
Tabela C3: Consumo dos setores desagregados	241
Tabela D1: Nível de Atividade Setorial no Cenário de Referência (Var. % acumulada) (2050)	243
Tabela D2: Nível de Atividade Setorial no Cenário de Referência (Var. % acumulada) (2080)	244
Tabela D3: Nível de Atividade Setorial por Unidade da Federação (variação % em relação ao cenário base) (2050) (RCP 4.5)	246
Tabela D4: Nível de Atividade Setorial por Unidade da Federação (variação % em relação ao cenário base) (2080) (RCP 4.5)	247
Tabela D5: Nível de Atividade Setorial por UF (variação % em relação ao cenário base) (RCP 8.5) (2050)	248
Tabela D6: Nível de Atividade Setorial por UF (variação % em relação ao cenário base) (RCP 8.5) (2080)	249
Tabela D7: Produção Setorial Nacional (Var. %) (Cenário 4.5)	250
Tabela D8: Produção Setorial Nacional (Var. %) (Cenário 8.5)	252
Tabela D9: Contribuição setorial para o índice geral de preços ao consumidor (2080)	253
Tabela E1: Análise de Sensibilidade Sistemática sobre SIGMADOMDOM (RCP 4.5)	256
Tabela E2: Análise de Sensibilidade Sistemática sobre SIGMA1PRIM (RCP 4.5)	257

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC – Agricultura de Baixo Carbono
AGRO-BR – Agriculture Regional Model for Brazil
ALCA – Acordo de Livre Comércio das Américas
AR – Assessment Report
BIM – Brazilian Intersectoral Model
BLUE - Brazilian Land Use Energy
BM – Banco Mundial
CCST - Centro de Ciência do Sistema Terrestre
CES – Constant Elasticity of Substitution
CET - Constant Elasticity of Transformation
CGIAR – Consultative Group on International Agricultural Research
COPS – Centre of Policy Studies
EGC – Equilíbrio Geral Computável
EPPA - MIT Emissions Prediction and Policy Analysis model
FAO - Food and Agriculture Organization
FEBRABAN - Federação Brasileira de Bancos
FGV – Fundação Getúlio Vargas
GCM - General Circulation Models
GEE – Gases de Efeito Estufa
GMAP - Geographically scaled Microeconometric model of Adapting Portfolios
GT – Grupo de Trabalho
GTAP - Global Trade Analysis Project
GWM - Ginsburgh, Waelbroeck e Manne
HSSW - Harberger, Scarf, Shoven e Whalley
I/P – Insumo Produto
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFAD - Fundo Internacional para Desenvolvimento da Agricultura

IFPRI - International Food Policy Research Institute
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MC – Mudanças Climáticas
MIT – Massachusetts Institute of Technology
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MQO – Mínimos Quadrados Ordinários
NAFTA - North American Free Trade Agreement
NCM - Nomenclatura Comum do Mercosul
NRC – National Research Council
OEK - Office of Knowledge Exchange, Research and Extension
OMM – Organização Meteorológica Mundial
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento
PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PNMC - Política Nacional sobre a Mudança no Clima
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
POF - Pesquisa de Orçamentos Familiares
PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RCP - Representative Concentration Pathways
SAF – Sistema Agro-Florestal
SRES – Special Report on Emissions Scenarios
TERM – The Enormous Regional Model
TRU – Tabela de Recursos e Usos
UF – Unidades da Federação
UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change
VAB – Valor Adicionado Bruto
VU – Victoria University
ZAE – Zoneamento Agroecológico
ZARC – Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	20
1 O AQUECIMENTO GLOBAL E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	24
1.1 Projeções para os impactos das mudanças climáticas no Brasil.....	29
1.2 As mudanças climáticas e a nova geografia da produção agrícola.....	31
1.3 A agricultura familiar no contexto das mudanças climáticas.....	36
2 EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NO BRASIL.....	42
2.1 Mudanças climáticas e alterações de produtividade agrícola.....	42
2.2 Estimação da produtividade agrícola familiar e patronal.....	49
2.2.1 Referencial Teórico.....	50
2.2.2 Especificação econométrica e estimação.....	52
2.2.3 Base de dados.....	54
2.2.3.1 Agricultura Familiar.....	59
2.2.3.2 Agricultura Patronal.....	61
2.3 Estimação com dados empilhados.....	63
2.4 Estimação por Tipo de Agricultura.....	65
2.4.1 Resultados da Agricultura Familiar.....	65
2.4.2 Resultados da Agricultura Patronal.....	74
2.5 Conclusão.....	82
3 MODELO AGRO-BR: METODOLOGIA E ESTRUTURA TEÓRICA.....	84
3.1 Uma breve revisão de literatura de modelos de EGC.....	84
3.1.2 Estudos econômicos sobre mudanças climáticas envolvendo EGC no Brasil.....	92
3.2 O Modelo AGRO-BR: Características Gerais.....	96
3.2.1 Estrutura de dados do modelo AGRO-BR.....	97
3.3 Estrutura Teórica do Modelo AGRO-BR.....	103
3.3.1 Estrutura da Tecnologia de Produção.....	103
3.3.2 Mercado de Trabalho.....	104
3.3.3 Estrutura da Composição por Origem da Demanda.....	105
3.3.4 Demanda por Investimento.....	107
3.3.5 Demanda das Famílias.....	110
3.3.6 Demanda por Exportações e Importações.....	112
3.3.7 Demanda do Governo.....	113
3.3.8 Demanda por Estoques.....	113

3.3.9 Margens e Impostos Indiretos.....	113
3.3.10 Outras Especificações.....	113
3.3.11 Equilíbrio de Mercado e preços de compra.....	114
3.4 Base de Dados e Procedimento de Regionalização.....	114
3.4.1 Desagregação setorial do modelo AGRO-BR.....	117
3.4.2 Distribuição regional da produção e da demanda final.....	121
3.4.3 Matriz de Fluxos de Comércio.....	124
3.4.4 Análise Descritiva da Base de Dados do modelo AGRO-BR.....	128
3.5 Método de Solução.....	136
3.6 Parâmetros e Elasticidades.....	138
4 SIMULAÇÕES DOS IMPACTOS ECONÔMICOS OCACIONADOS PELOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NO BRASIL.....	139
4.1 – Fechamento, Cenário Base e Cenários de Política RCP 4.5 e RCP 8.5.....	140
4.1.1 – Resultados do Cenário de Referência.....	145
4.2 – Cenário de Política: RCP 4.5 e RCP 8.5.....	151
4.2.1 – Resultados das simulações.....	165
4.2.1 – Resultados setoriais, regionais e nacionais das simulações.....	170
4.2.2 – Resultados Setoriais.....	170
4.2.3 – Resultados Regionais.....	185
4.2.2 – Resultados Nacionais.....	195
4.2.3 – Resultados Macroeconômicos e Regionais Agregados.....	200
4.2.4 – Resultados sobre a Desigualdade Regional.....	203
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	207
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	215
APÊNDICE A – Participação das Unidades da Federação na Produção Agrícola.....	228
APÊNDICE B – Variação de Produtividade Agrícola por Cultivo.....	232
APÊNDICE C – Base de Dados para o Procedimento de Desagregação Setorial.....	238
APÊNDICE D – Níveis de Atividade Setoriais.....	243
APÊNDICE E - Análise de Sensibilidade Sistemática.....	255

INTRODUÇÃO

As emissões antrópicas de gases causadores do efeito estufa (GEE), notadamente oriundos da industrialização dos países capitalistas desencadearam um processo gradual de aquecimento global e mudança climática com amplos impactos sobre os ecossistemas existentes no planeta Terra. Tais mudanças trazem consigo desafios a serem enfrentados pelo Homem, ainda no curto prazo, visto a magnitude dos efeitos com potencial negativo previstos (IPCC, 2007; 2013; 2014a). A biodiversidade e os ecossistemas, que notadamente são a base dos recursos necessários para a manutenção da vida humana, são sensíveis às evidências mais imediatas do atual processo climático, como as alterações de temperatura e dos regimes de precipitação e, portanto, impactos ambientais, econômicos e sociais são esperados.

O marco da ação antrópica relacionado ao início do aumento da temperatura global é a Revolução Industrial no século XVIII. A partir desse período, as escalas de produção industrial aumentaram e contribuíram para a progressiva elevação das emissões dos GEE e da temperatura média global, sendo que a partir de meados do século XX, com o processo de industrialização dos países em desenvolvimento, o fenômeno do aquecimento se intensificou. Segundo o IPCC (2013), as três últimas décadas foram sucessivamente mais quentes que qualquer outra década precedente ao ano de 1850.

O IPCC desde o ano de 2000 apresenta as projeções de cenários para a temperatura, atualizando de acordo com novas evidências. O cenário mais recente, IPCC (2014a), projeta para a temperatura média global no ano de 2100, um aumento entre 1°C a 3,7°C, com amplitude de 0,3°C a 6,4°C, indicando que o nível de radiação solar poderá alcançar um valor quatro vezes maior que o verificado antes da Revolução Industrial.

Os cenários projetados para o Brasil pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), órgão vinculado aos Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação e do Meio Ambiente, indicam um aumento de temperatura entre 1°C a 5,5°C e de oscilação de +5% a -50% nos níveis de precipitação para o final do século XXI, além do aumento da probabilidade da ocorrência de eventos extremos, como secas e estiagens (PBMC, 2014a).

Alterações de temperatura e precipitação afetam diretamente os níveis de produtividade agrícola, fazendo com que a agricultura seja um dos setores mais afetados pelo fenômeno do aquecimento global. Segundo a FAO (2005) a oferta de alimentos poderá ser comprometida, assim como a segurança alimentar, e uma nova geografia da produção agrícola se configurará. No âmbito mundial, em relação à produção agrícola, as latitudes altas tenderiam a se beneficiar

do processo de aquecimento global. Em contrapartida, latitudes baixas tenderiam a sofrer com redução em termos de produtividade. Fischer *et al.* (2005), estimam que os Estados Unidos teriam ganho de área apta à produção agrícola da ordem de 20% a 50%, enquanto a Rússia apresentaria ganho de 40% a 70%. Contudo, a África subsaariana perderia cerca de 10% das áreas aptas ao cultivo agrícola. No sul da Ásia, segundo estudo de Perry, Rosenzweig e Livermore (2005), o ciclo das monções seria alterado, implicando queda na produção agrícola da região na ordem de 40%, caso a temperatura aumente em 4°C.

No final do século XXI, aumentos de temperatura global de 4°C ou mais, acima dos níveis do final do século XX, combinados com o aumento de demanda por alimentos, representaria grandes riscos para a segurança alimentar. Os impactos projetados variam entre culturas, regiões e cenários. As projeções indicam que a produção de trigo, arroz e mandioca em regiões tropicais e temperadas, sem instrumentos de adaptação, decrescerá em média, caso a temperatura aumente em 2°C ou mais, acima dos níveis do final do último século (IPCC, 2014b).

No Brasil, os impactos das mudanças climáticas sobre a produção agrícola serão heterogêneos em magnitude e localização. Como o país possui dimensões continentais, evidencia-se a redução da produtividade agrícola em latitudes baixas e aumento em latitudes altas. Neste sentido, as regiões Norte e Nordeste serão as mais impactadas, as regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentarão impactos moderados, e a região Sul será majoritariamente beneficiada com o advento do aquecimento global, evidenciando um quadro de alteração na geografia da produção agrícola no país. Essa nova configuração agrícola poderá potencializar as disparidades regionais, posto que as regiões menos desenvolvidas serão justamente as mais afetadas.

Assad *et al.* (2008) estimaram os impactos sobre o padrão de distribuição das culturas baseada na produtividade agrícola, indicando perdas na produção da ordem de R\$7,4 bilhões já no ano de 2020, sendo a soja a cultura mais impactada. As estimativas indicam ainda para uma redução nos cultivos do milho, arroz, feijão e girassol, sobretudo na região Nordeste, que também perderá em produção de mandioca. A cana de açúcar será beneficiada, podendo dobrar de produção nas próximas décadas. O café poderá migrar em direção ao Sul do país, região que tenderá abrigar outras culturas tropicais em decorrência da redução dos efeitos climáticos extremos, como geadas.

Os estudos sobre os impactos das mudanças climáticas na agricultura são numerosos,

contudo, concentram-se em certos tipos de cultivos, sobretudo commodities e vinculados aos grandes produtores. Existe uma lacuna na literatura especializada sobre os efeitos das MC na agricultura, representada pelos impactos sobre a agricultura familiar. O setor é parte importante no atual sistema de produção, em termos sociais, econômicos e ambientais. Segundo a FAO (2014), no âmbito mundial, a agricultura familiar é responsável por cerca de 70% da produção de alimentos e emprega cerca de 50% da população do campo, chegando a 80% em países em desenvolvimento. No Brasil, segundo dados do Censo Agropecuário do IBGE (2017), a agricultura familiar responde por grande parte da produção nacional de cultivos, como a mandioca, fumo, café, feijão, banana e uva. Sua importância é evidenciada, ainda, por sua capacidade de preservar culturas e tradições locais, preservar ecossistemas e facilitar o acesso à alimentação.

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é estimar os efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola de cultivos vinculados à agricultura familiar e à agricultura patronal, e analisar os efeitos econômicos setoriais e regionais decorrentes desse processo. Para tanto, elaborar-se-á estimativas de variação de produção agrícola para um grupo de cultivos originados da agricultura familiar e patronal, com base nos cenários de aquecimento global do IPCC, produzidos pelo INPE, para dois períodos, 2021/2050 e 2051/2080. As estimativas serão utilizadas como insumo no modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), com calibragem específica da agricultura familiar e patronal, e grande desagregação setorial agrícola, para simular os efeitos, diretos e indiretos, das alterações de produtividade agrícola entre os setores econômicos e regiões do Brasil.

A análise dos impactos das mudanças climáticas sobre a produção agrícola vinculada a agricultura familiar e seus potenciais efeitos econômicos e regionais se mostra necessária em virtude da escassez de estudos direcionados aos agricultores familiares e relacionados à temática das mudanças climáticas no Brasil. Os resultados da pesquisa poderiam complementar as informações disponíveis sobre o tema, auxiliando no planejamento e definição de políticas adaptativas para a agricultura familiar. Assim, o estudo pretende responder as seguintes questões: Como as mudanças climáticas irão afetar as principais culturas produzidas pela agricultura familiar? Como será o impacto em termos regionais? Quais serão os efeitos econômicos derivados desse processo sobre as Unidades da Federação? Ressalta-se que o estudo inova ao estimar os impactos das Mudanças Climáticas sobre a produtividade agrícola de forma desagregada, entre produção familiar e patronal, e por propor um modelo de EGC com modelagem específica por tipo de produtor.

Este estudo, se enquadra na temática do Grupo de Trabalho II do IPCC, posto que procura mensurar os impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola e demais efeitos decorrentes sobre a economia. O modelo AGRO-BR, desenvolvido neste estudo, apresenta dinâmica recursiva e estrutura de desagregação regional do tipo *bottom up*, ou seja, multirregional em que os resultados nacionais são agregações dos resultados regionais. A estrutura do modelo segue a estrutura teórica do modelo TERM, desagregado em 27 unidades da federação.

Os modelos de equilíbrio geral computável são compostos por um sistema de equações que procuram descrever a economia real em equilíbrio, modelando o comportamento dos agentes e as interligações entre os setores. A metodologia tem sido mais utilizada para a análise e projeções econômicas dos impactos das mudanças climáticas, pois a dinâmica das variáveis econômicas regionais observadas além de ser afetada pelas mudanças climáticas, também é afetada por fatores conjunturais e estruturais, como aspectos demográficos, macroeconômicos e por políticas públicas, sendo essa cadeia de inter-relações captada pelos modelos de EGC. Não obstante, como se trata de um evento sem precedentes históricos, então não há banco de dados ou séries históricas a respeito das consequências sobre a economia e sociedade, de alterações climáticas desta magnitude, inviabilizando a análise econométrica *ex-post*. Contudo, esta abordagem será utilizada na estimação das variações de produtividade agrícola em relação às alterações de temperatura e precipitação.

Este estudo está estruturado em seis seções, incluindo esta introdução e as considerações finais. Inicialmente, o capítulo 1 abordará as causas das mudanças climáticas, as projeções de temperatura para o século XXI e seus impactos sobre a produção agrícola no Brasil. No capítulo 2, serão elaboradas estimativas para a produtividade agrícola vinculados à agricultura familiar e à agricultura patronal, em consonância com os cenários de mudança climática propostos pelo IPCC e INPE. As estimativas serão incorporadas à elaboração do choque de produtividade utilizado pelo modelo de EGC. O capítulo 3 apresentará a estrutura teórica e de funcionamento do modelo AGRO-BR, configurado para captar as especificidades dos agricultores familiares e patronais. O capítulo 4 apresenta as simulações e a análise dos resultados dos impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola vinculada aos dois tipos de agricultores, e seus efeitos econômicos setoriais e regionais. A última seção é composta pelas considerações finais.

1 O AQUECIMENTO GLOBAL E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O aquecimento global, processo de elevação das temperaturas da superfície terrestre e dos oceanos, vem ganhando destaque devido aos impactos potenciais sobre os sistemas naturais e humanos. Conforme seus efeitos são intensificados ao passar dos anos, evidenciados pelo aumento das ondas de calor no verão e de frio intenso no inverno, incidência de secas, diminuição das camadas de gelo, aumento do nível e acidificação dos oceanos, dentre outros, fica cada vez mais evidente que estamos em uma situação de alerta, pois a velocidade e a magnitude de impactos não têm precedentes na história recente (IPCC, 2007; 2013).

O aquecimento global e seus impactos sobre a mudança climática oriundos da ação antrópica originaram-se a partir da revolução industrial no século XVIII e ganharam impulso a partir do processo de industrialização dos países em desenvolvimento ao longo do século XX, sendo a emissão de Gases do Efeito Estufa¹ (GEE) o principal propagador do processo de aquecimento (MARENGO, 2006).

O efeito estufa é um fenômeno natural ocasionado pela presença de gases na atmosfera que impedem que parte da energia solar que chega ao planeta retorne ao espaço. Tal efeito faz com que a temperatura no planeta Terra seja, em média, próxima de 14°C, caso contrário seria próxima aos 18°C negativos, sendo um fenômeno natural e possibilitando a vida humana na Terra (BRASIL, 2018). O clima no planeta se mantém inalterado quando há um equilíbrio entre a quantidade de energia solar recebida e refletida pela Terra. No entanto, o balanço de energia pode ser alterado de acordo com a quantidade de energia emitida pelo Sol, pela mudança na órbita da Terra ou do Sol, pela quantidade de energia que é refletida de volta ao espaço e por fim, devido às mudanças na concentração de gases do efeito estufa na atmosfera.

Estudos paleoclimáticos, como o de Petit *et al.* (1999), realizados através da verificação geoquímica e geocronológica em camadas polares de gelo, possibilitam a análise das variações de temperatura ao longo do tempo e a caracterização dos ciclos glaciais e interglaciais do clima terrestre. Em relação aos últimos 420.000 anos sabe-se que entre um período de máximo glacial, caracterizado pelo frio extremo, e o período de máximo interglacial, como máximo de aquecimento, o planeta Terra passou por variações de cerca de 10 °C. O tempo necessário para o resfriamento e para o aquecimento de 10 °C são distintos, sendo necessários cerca de 10 mil anos para o aquecimento e de 30 a 50 mil anos para o resfriamento. O período necessário para

¹ Segundo o MMA o vapor d'água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) e ozônio (O₃) são os principais gases de efeito estufa na atmosfera da Terra (BRASIL, 2018).

o aquecimento é consideravelmente menor, pois conta com processos de retroalimentação ou ciclos de *feedback* que desencadeiam o progressivo aumento da temperatura (BURSZTYN *et al.* 2016).

Os seres humanos passaram a se desenvolver socialmente e a ter um controle maior sobre o ambiente a partir do último período interglacial, especificadamente no período geológico denominado de Holoceno, há cerca de 11,5 mil anos. Neste período de ótimo climático, a temperatura média da terra era de cerca de 15°C. Com o passar do tempo, a temperatura passou a reduzir lentamente num processo gradual, o qual levará ainda dezenas de milhares de anos para se alcançar um novo ciclo glacial. Contudo, as análises dos últimos 500 anos, indicam que a redução da temperatura média da superfície terrestre foi não somente interrompida, mas também revertida, ou seja, verificou-se o aumento de 1°C a partir dos últimos 250 anos, com o advento da Revolução Industrial (BURSZTYN *et al.* 2016).

A ação antrópica por meio das atividades industriais e agropecuárias é a principal causadora das emissões dos GEE e, portanto, do aquecimento global atual (IPCC, 2013). Tal efeito impacta diretamente a vida do Homem e o impõe uma nova realidade, surgindo assim a necessidade imediata de criar maneiras de mitigar e adaptar os hábitos, repensar a relação do Homem com a Natureza e com os processos produtivos dada essa nova condição.

No final da década de 1980, conforme as evidências sobre o aquecimento global e os processos de mudança climática se acentuavam, surgiram as primeiras organizações multilaterais instruídas a estudar e entender especificamente tais fenômenos. Neste contexto, foi criado em 1988 pelo Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês) com o intuito de fornecer ao mundo uma visão científica sobre o estado em que as mudanças estavam ocorrendo e seus impactos ambientais, econômicos e sociais (IPCC, 2018).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é um órgão científico sob os auspícios da Organização das Nações Unidas (ONU). Revisa e avalia as informações científicas, técnicas e socioeconômicas mais recentes produzidas em todo o mundo, relevantes para a compreensão das mudanças climáticas. Não realiza nenhuma pesquisa nem monitora dados ou parâmetros relacionados ao clima (IPCC, 2018).

O IPCC é uma instituição que reúne e avalia as principais pesquisas sobre a mudança climática e o aquecimento global e apresenta tais informações para o público em geral, sobretudo aos *policy makers*. Os estudos, que são compilados de pesquisadores de toda parte

do mundo, são reunidos em três grupos de trabalho: O Grupo de Trabalho I refere-se às bases físicas e científicas das alterações climáticas; O Grupo de Trabalho II lida com os impactos, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas; o Grupo de Trabalho III aborda maneiras de mitigar as mudanças climáticas. Ademais, o IPCC conta ainda com uma força tarefa sobre os inventários nacionais de gases causadores do efeito estufa, com o intuito de desenvolver e aperfeiçoar uma metodologia de cálculo e comunicação das emissões e remoção de gases de efeito estufa nacionais (IPCC, 2018).

Segundo o IPCC (2013), é extremamente provável que a ação humana seja a principal causa do aquecimento global desde meados do século XX. Tais evidências são amparadas por avançadas pesquisas e modelos climáticos.

O aquecimento apresentado pelo sistema climático é inequívoco e, desde 1950, muitas mudanças foram observadas em todo o sistema climático, que são inéditas ao longo de décadas a milênios. Cada uma das últimas três décadas têm sido sucessivamente mais quente na superfície da Terra do que em qualquer década anterior desde 1850 (...) As observações das mudanças no sistema climático são baseadas em múltiplas linhas de evidências independentes. Nossa avaliação da ciência mostra que a atmosfera e o oceano se aqueceram, a quantidade de neve e gelo diminuiu, a média global do nível do mar aumentou e as concentrações de gases de efeito estufa aumentaram (...) (IPCC, 2014a, p.2).

A temperatura média no planeta Terra continuará a subir se nada for feito para mitigar o processo. Neste contexto, o IPCC (2000) apresentou o *Special Report Emission Scenarios* com os possíveis cenários² para o aquecimento global até o final do século XXI, levando em consideração os níveis de emissão de GEE pelo homem, sendo que a temperatura média global poderá aumentar entre 1.1°C e 6.4°C até o ano de 2100. Os níveis de emissões de GEE foram baseados em simulações considerando os caminhos de desenvolvimento econômico, tendências em mudanças tecnológicas e reestruturação econômica mundial. Os cenários são importantes, pois contribuem para as simulações dos impactos ambientais e avaliações de suas consequências, possibilitando a adoção de estratégias de adaptação e mitigação aos efeitos das mudanças climáticas.

Quatro grupos de cenários (A1, A2, B1 e B2) foram estabelecidos no SRES. O cenário A1 compreende um mundo com rápida introdução de tecnologias eficientes e crescimento econômico, com população mundial atingindo seu auge em meados do século XXI. Este cenário se divide em três: A1FI, baseado em combustíveis fósseis; A1T, baseado em combustíveis não

² O Special Report Emission Scenarios (SRES) substituiu e atualizou a primeira geração de cenários (IS92) elaborados pelo IPCC em 1992. Sobre o IS92 ver Leggett *et al.* (1992), Girod *et al.* (2009) e IPCC (2000)

fósseis; e A1B não dependente de uma fonte específica de combustível. O cenário A2 apresenta um mundo heterogêneo, população crescente, avanço tecnológico e crescimento econômico lento e fragmentado. O cenário B1 apresenta um mundo mais homogêneo, com população atingindo seu auge também em meados do século XXI, com a presença de tecnologias limpas orientadas para a solução de problemas sociais e ambientais (sem ênfase nas mudanças climáticas) e com a economia baseada no setor de informação e de serviços. O cenário B2 consiste em um mundo orientado para o “local”, com contínuo crescimento populacional, mas ainda abaixo do cenário A2, e com níveis de crescimento econômico intermediário e de mudança tecnológica lento (abaixo dos cenários A1 e B1).

Tabela 1: Projeção de temperatura da superfície global para 2100 (°C)

Cenários	Estimativa provável	Amplitude
Concentrações constantes ao nível de 2000	0.6	0.3 - 0.9
B1	1.8	1.1 - 2.9
A1T	2.4	1.4 - 3.8
B2	2.4	1.4 - 3.8
A1B	2.8	1.7 - 4.4
A2	3.4	2.0 - 5.4
A1FI	4	2.4 - 6.4

Fonte: IPCC (2000)

O SRES foi atualizado e substituído em 2013 pelo *Representative Concentration Pathways* (RCP) que consiste em quatro cenários compostos por um conjunto de parâmetros padronizados e utilizados na modelagem climática. A padronização é importante pois estabelece um ponto de partida comum para as pesquisas climáticas ao redor do mundo e compiladas pelo IPCC, e ao contrário do SRES, o RCP permite uma maior flexibilidade na modelagem em termos de variáveis relacionadas às políticas públicas, iniciativas sociais e legislativas, aumentando a capacidade dos modelos em verificar impactos econômicos e ambientais. Os caminhos representativos de concentração baseiam-se na forçante radiativa, ou seja, na diferença entre a quantidade de radiação solar absorvida pelo planeta e a quantidade refletida de volta para o espaço. As projeções vão da mais otimista (RCP2.6) à mais pessimista (RCP8.5).

O cenário RCP2.6 compreende em um fluxo líquido de radiação na ordem de 2,6 watts por metro quadrado de superfície no ano de 2100, sendo o pico de radiação alcançado em meados do século XXI no valor de 3 W/M² com posterior recuo ao nível de 2,6 no final do século. Este cenário também é denominado de RCP3PD (*peak-decline*). Os cenários

intermediários RCP4.5 e RCP6.0 apresentam uma conjuntura em que haverá estabilização via redução nos níveis de emissão de GEE. No RCP4.5, a radiação se estabilizaria antes de 2100 havendo uma duplicação na radiação em relação aos níveis pré-industriais. No RCP6.0, a estabilidade ocorreria apenas em 2100 com um volume três vezes maior de radiação também em relação aos níveis pré-industriais. No RCP8.5, o aumento da radiação seria quadruplicado em virtude da contínua expansão das emissões dos GEE e consequente aumento da concentração na atmosfera (IPCC, 201).

Tabela 2: Projeção de temperatura da superfície global para 2100 (°C) em relação à média entre 1986 e 2005

Cenários	Estimativa provável	Amplitude
RCP2.6	1.0	0.3 - 1.7
RCP4.5	1.8	1.1 - 2.6
RCP6.0	2.2	1.4 - 3.1
RCP8.5	3.7	2.6 - 4.8

Fonte: IPCC (2013)

Os impactos do aquecimento global são diversos e afetam todo o conjunto de vida que habita o planeta Terra, inclusive a vida humana. Dentre os impactos globais mais imediatos provocados pelo aquecimento global, podemos citar o deslocamento de populações em virtude de climas extremos, como furacões, secas, alagamento de rios e de áreas próximas aos oceanos, proliferação de doenças, alteração de ecossistemas e produção de alimentos.

A mudança climática amplificará os riscos existentes e criará novos riscos para os sistemas naturais e humanos. Os riscos são distribuídos de forma desigual e geralmente são maiores para pessoas e comunidades desfavorecidas em países em todos os níveis de desenvolvimento. O aumento da magnitude do aquecimento aumenta a probabilidade de impactos severos, generalizados e irreversíveis para pessoas, espécies e ecossistemas. A continuação de altas emissões levaria principalmente a impactos negativos para a biodiversidade, serviços ecossistêmicos e desenvolvimento econômico e ampliaria os riscos para os meios de subsistência e para a segurança alimentar e humana (IPCC, 2014c, p.1).

A vulnerabilidade aos efeitos das mudanças climáticas relaciona-se a fatores sociais, econômicos e culturais, tais como nível de renda, demografia, migração, acesso à tecnologia e informação, perfil de emprego, valores sociais, questões de gênero, governança e qualidade das instituições na gestão de conflitos e risco. Fatores não climáticos potencializam a vulnerabilidade e prejudicam a capacidade adaptativa, sendo os grupos sociais marginalizados economicamente e politicamente mais susceptíveis aos riscos (IPCC, 2014b).

Em termos de perda de biodiversidade, uma grande porção das espécies terrestres e aquáticas sofrem risco de extinção já ao longo do século XXI em decorrência direta das

alterações nos níveis de temperatura, do nível do mar, nos níveis de precipitação, da redução dos fluxos de água que abastecem os rios, da acidificação e redução do oxigênio nos oceanos (IPCC, 2014b). Outros fatores correlacionados às mudanças climáticas e que também induzem a redução da biodiversidade são a introdução de espécies e doenças exóticas em determinados habitats, exploração excessiva de espécies de animais e plantas, uso de híbridos e monoculturas na agroindústria e a contaminação do solo, água e atmosfera por poluentes. A correlação é oriunda do próprio efeito de retroalimentação causado pelas mudanças climáticas.

O ecossistema marítimo também tende a ser impactado, trazendo consequências graves para a pesca e conseqüentemente para a segurança alimentar. Segundo Hitz e Smith (2004), Behrenfeld *et al.* (2006) e FAO (2004) o aquecimento dos oceanos e o processo de acidificação prejudica a proliferação do fitoplâncton, importante componente da cadeia alimentar marítima e responsável também pela absorção de CO₂ da atmosfera, ocasionando desta maneira um feedback amplificado³ no processo de aquecimento global, assim como prejudica o ecossistema dos corais e das zonas polares. A biodiversidade marinha será reduzida sobretudo em regiões sensíveis como as de latitude baixa, com impactos perversos sobre os serviços ecossistêmicos. Em latitudes médias e altas haverá um aumento potencial no número de exemplares por espécies, contudo globalmente o potencial para a pesca será reduzido (IPCC, 2014b).

Portanto, o processo de aquecimento global e mudanças climáticas em curso, ao afetar todo o conjunto de vida do planeta Terra, sobretudo, seus aspectos sociais, ambientais e econômicos, se impõe como um desafio imediato a ser enfrentado. Neste sentido, uma mobilização por parte dos *policy makers* já acontece, sendo verificada tanto pela elaboração de estudos relacionados quanto pela instituição de órgãos governamentais direcionados para o tema.

1.1 Projeções para os impactos das mudanças climáticas no Brasil

Em setembro de 2009 foi instituído o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), órgão vinculado aos Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e do Meio Ambiente (MMA) e cuja finalidade é fornecer avaliações científicas relacionadas às mudanças climáticas no Brasil, considerando impactos, vulnerabilidade, adaptação e mitigação. O modelo do PBMC segue a estrutura e o funcionamento do IPCC e se propõe a subsidiar os

³ O aquecimento global promove o aquecimento das águas dos oceanos alterando as condições ideais de proliferação dos fitoplanctons, estes por sua vez são responsáveis também pela absorção de CO₂ da atmosfera ao realizarem a fotossíntese. Desta maneira, a redução dos fitoplanctons diminui a quantidade de CO₂ absorvido da atmosfera intensificando o processo de aquecimento global.

policy makers com informações para um adequado planejamento ambiental, social e econômico (PBMC, 2014a).

O PBMC produziu em 2014 o 1º Relatório de Avaliação Nacional (RAN1), sendo o documento composto de três volumes, cada um referente a seu respectivo grupo de trabalho, como nos moldes dos relatórios do IPCC. O Grupo de Trabalho I (GT1) aborda as Bases Científicas das Mudanças Climáticas, o Grupo de Trabalho II (GT2) aborda questões relacionadas aos impactos, vulnerabilidade e a adaptação às Mudanças Climáticas e o Grupo de Trabalho III (GT3) aborda questões relacionadas à mitigação.

Os resultados projetados pelo Grupo de Trabalho I para o Brasil apontam para uma amplitude de oscilação de +40% a -50% na precipitação e de 0,5°C a 5,5°C na temperatura, ambos em relação aos níveis verificados no final do século XX. Outro aspecto levantado pelas projeções é a alta probabilidade do aumento da ocorrência de eventos extremos de secas e estiagens, sobretudo nos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga. Os modelos climáticos utilizados para a geração das projeções de cenários futuros pelo GT1 levam em consideração os diferentes cenários de emissões de GEE propostos pelo IPCC(2013), sendo as projeções elaboradas através da metodologia de *downscaling* dinâmico⁴.

Tabela 3: Aumento da temperatura por biomas (anos) (°C)

Bioma / Períodos	2011 - 2040	2041 - 2070	2071 - 2100
Amazônia	1 - 1,5	3 - 3,5	5 - 6
Caatinga	0,5 - 1	1,5 - 2,5	3,5 - 4,5
Cerrado	1	3 - 3,5	5 - 5,5
Pantanal	1	2,5 - 3	3,5 - 4,5
Mata Atlântica (NE)	0,5 - 1	2 - 3	3 - 4
Mata Atlântica (S/SE)	0,5 - 1	1,5 - 2	2,5 - 3
Pampa	1	1 - 1,5	2,5 - 3

Fonte: Elaboração própria a partir de PBMC (2014a)

Por se situarem em latitudes mais baixas, as regiões Norte e Nordeste são mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas e por isso as projeções mais preocupantes são para os biomas Amazônia, Caatinga e Cerrado. Conforme verificado nas Tabelas 3 e 4, ambos os biomas apresentam tendências de aumento de temperatura e redução da precipitação maiores que a média dos outros biomas. Segundo o PBMC (2014a), as causas dessas mudanças

⁴ O *downscaling* dinâmico consiste na utilização de um modelo climático regional com simulações em alta resolução espacial (25 a 50km²) “aninhado” a um modelo climático global com resoluções maiores (100 a 200km²), permitindo uma representação mais realística do clima nacional.

climáticas estão vinculadas ao aumento da temperatura dos oceanos Pacífico e Atlântico, com efeitos sobre os regimes de ventos que induzem a diminuição no transporte de umidade sobre o Brasil tropical, inibindo a formação de nuvens convectivas⁵ e, conseqüentemente, contribuindo para a redução nos níveis de precipitação.

Tabela 4: Variação da precipitação por biomas (anos) (%)

Bioma / Períodos	2011 - 2040	2041 - 2070	2071 - 2100
Amazônia	-10	-25 / -30	-40 / -45
Caatinga	-10 / -20	-25 / -35	-40 / -50
Cerrado	-10 / -20	-20 / -35	-35 / -45
Pantanal	-5 / -15	-10 / -25	-35 / -45
Mata Atlântica (NE)	-10	-20 / -25	-30 / -35
Mata Atlântica (S/SE)	+5 / +10	+15 / +20	+25 / +30
Pampa	+5 / +10	+15 / +20	+35 / +40

Fonte: Elaboração própria a partir de PBMC (2014a)

Em relação ao bioma Amazônia, um fator potencializador para as mudanças climáticas no curto prazo é a presença do desmatamento. Segundo o 1º Relatório do PBMC (2014b), caso o desmatamento alcance 40% na região, espera-se uma alteração drástica no padrão do ciclo hidrológico que somado aos efeitos do aquecimento global propiciam o processo de savanização do bioma, sobretudo na porção oriental. O documento aponta ainda para o processo de desertificação da caatinga e de acentuação das variações sazonais no bioma Cerrado.

1.2 As mudanças climáticas e a nova geografia da produção agrícola

A radiação solar, a temperatura e a água disponível afetam a fotossíntese, a respiração das plantas e sua decomposição, com efeitos diretos sobre sua produtividade líquida. O aumento dos níveis de temperatura pode contribuir para a elevação da produtividade em ecossistemas árticos ou temperados, via aumento do comprimento dos ciclos sazonais e diários de crescimento do cultivo, mas em contrapartida, pode reduzir a produtividade em ecossistemas com estresse hídrico, em decorrência do aumento da perda de água. Processos respiratórios de raízes e do solo são sensíveis à temperatura, e tendem a melhorar em temperaturas altas no curto prazo, contudo, no longo prazo os efeitos são incertos. Em relação aos níveis de precipitação, alterações implicam em mudanças na duração da estação de crescimento, sobretudo em regiões áridas e semiáridas. Ainda, sobre os fatores climáticos que afetam a produtividade agrícola, a cobertura de nuvens contribui positivamente em regiões secas onde a incidência de radiação

⁵ Nuvens formadas pela elevação do ar.

solar é elevada, e contribui de maneira negativa em regiões onde a incidência de radiação solar é baixa. Não obstante, as alterações climáticas podem contribuir para o aumento da incidência de queimadas, ventos, ataques de insetos e patógenos, desencadeando alterações na produtividade dos ecossistemas. O balanço global dos efeitos líquidos das mudanças climáticas sobre a produtividade, depende fortemente dos aspectos regionais do fenômeno (PEREIRA *et al.*, 2002).

A produção de alimentos e, conseqüentemente, a segurança alimentar face ao aquecimento global se destaca como uma questão desafiadora, visto que a população mundial continua a crescer em termos absolutos, demandando maior produção de alimentos, enquanto as mudanças climáticas implicarão efeitos potenciais sobre a produção e qualidade dos alimentos. O CGIAR⁶ estima que a demanda de alimentos aumentará por volta de 60% a 70% nos próximos 40 anos, e tal demanda deverá ser preenchida num ambiente onde as secas e o nível de precipitações terão um impacto negativo sobre a produção (TILMAN *et al.*, 2011; ALEXANDRATOS, N; BRUINSMA, J. 2012; CGIAR, 2014).

Segundo a FAO (2003b) as mudanças climáticas ocasionadas pelo aquecimento global trarão conseqüências negativas para as quatro dimensões da segurança alimentar: a disponibilidade de alimentos, a estabilidade da oferta de alimentos, o acesso à alimentação e a maneira como os alimentos são utilizados. A oferta de alimentos tende a ser comprometida pela redução da produção das lavouras, sobretudo, na África subsaariana e no sul asiático, regiões caracterizadas pela insegurança alimentar. A redução da produção e a alteração na geografia agrícola poderá comprometer ainda os preços dos alimentos a nível global, com impactos negativos sobre o acesso aos alimentos. Destarte, com a elevação da temperatura e da umidade, alterações nos padrões das doenças de plantas e animais aumentam a utilização de agrotóxicos e antibióticos potencializando os riscos associados à contaminação e superexposição humana.

Outro aspecto relevante relacionado à segurança alimentar é a nutrição da população de menor renda e grupos de vulneráveis como idosos, mulheres e crianças. As mudanças climáticas se impõem como um multiplicador de risco nutricional. Segundo estimativas da IFPRI⁷ (2009), em 2050, cerca de 24 milhões de crianças malnutridas serão incorporadas as estatísticas em decorrência das mudanças climáticas, grande parte na África subsaariana. Projeções realizadas por Springmann *et al.* (2016) indicam que em 2050 haverá uma redução per capita de cerca de

⁶ CGIAR, acrônimo de Consultative Group for International Agricultural Research, é uma organização internacional que coordena pesquisas agrícolas orientadas para a segurança alimentar e redução da pobreza.

⁷ *International Food Policy Research Institute*

3% na disponibilidade de alimentos, com queda de 4% no consumo de frutas e vegetais e de 0.7% no consumo de carne vermelha.

Sabe-se que o aumento dos níveis de CO₂ e da temperatura favorece o crescimento de algumas culturas, mas isso não se traduz em maior produção visto que o aquecimento global traz consigo fatores negativos que se sobrepõem aos positivos, como a proliferação de pestes e escassez de fontes de água para irrigação e alteração no nível de precipitações (FAO, 2003b).

Espera-se que as áreas rurais experimentem grandes impactos na disponibilidade e fornecimento de água, segurança alimentar, infraestrutura e renda agrícola, incluindo mudanças nas áreas de produção de alimentos e culturas não alimentares ao redor do mundo (alta confiança). Esses impactos afetarão desproporcionalmente o bem-estar dos pobres nas áreas rurais, tais como os domicílios chefiados por mulheres e aqueles com acesso limitado à terra, insumos agrícolas modernos, infraestrutura e educação (IPCC, 2014b, p. 19).

Os efeitos do aquecimento global sobre a produção de alimentos em nível mundial serão variados (Lobell, M. *et al.*, 2008; Hitz, S; J. Smith, 2004; FAO 2003b; 2005). Segundo o NRC (2012), um aumento moderado de temperatura associado a um aumento na concentração de CO₂ e mudanças nos níveis de precipitação beneficiarão o aumento da produção para as culturas localizadas em latitudes médias e altas. Contudo, em regiões secas e de latitudes baixas a produção tenderá a cair. Ainda de acordo com o estudo, para cada 1°C de aumento na temperatura global, espera-se, por exemplo, que a produção de milho nos Estados Unidos e na África e a produção de trigo na Índia, decresça entre 5 a 15%.

Segundo o IPCC (2014b), projeções indicam que a produção de trigo, arroz e mandioca em regiões tropicais e temperadas, sem instrumentos de adaptação, decrescerá em média, caso a temperatura aumente em 2°C ou mais, acima dos níveis do final do século XX. Destarte, os impactos projetados variam entre culturas e regiões e cenários de adaptação. Verifica-se na Figura 1 que cerca de 10% das projeções para o período de 2030 a 2049, apresentam ganhos de rendimento de mais de 10%, e cerca de 10% das projeções mostram perdas de rendimento superiores a 25%. No final do século XXI, aumentos de temperatura global de 4°C ou mais, acima dos níveis do final do século XX, combinados com o aumento de demanda por alimentos, representaria grandes riscos para a segurança alimentar (IPCC, 2014b).

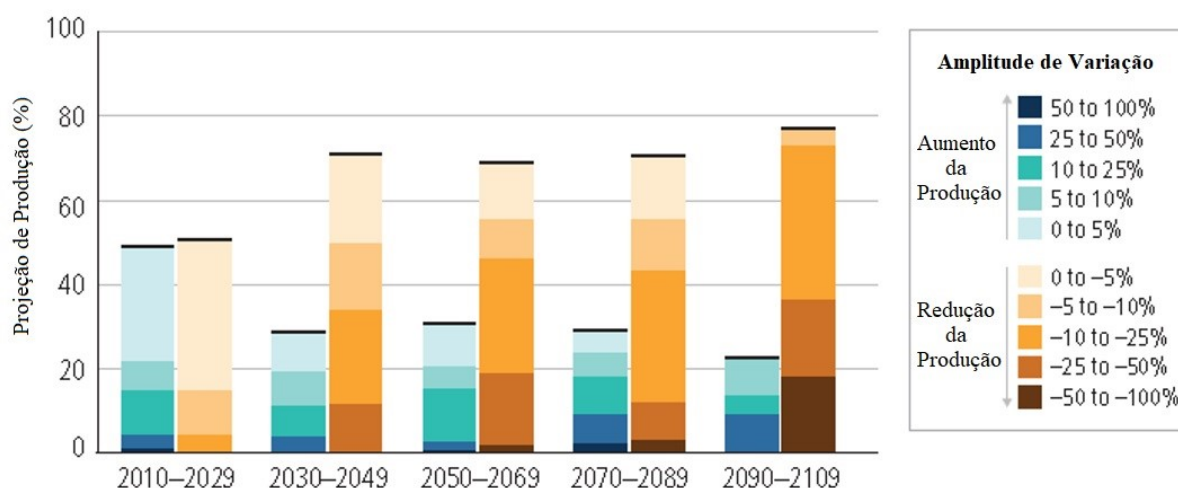


Figura 1: Projeção das mudanças na produção agrícola⁸ mundial em decorrência das mudanças climáticas (ano) (%)

Fonte: Adaptado de IPCC (2014b, p.18)

Sobre a produção de cereais nos países em desenvolvimento, haverá uma diminuição de cerca de 11% das terras cultiváveis em virtude da queda das precipitações, com impactos negativos sobre a produção. Sessenta e cinco países em desenvolvimento perderão cerca de 280 milhões de toneladas de cereais que deixarão de ser produzidos em virtude das mudanças climáticas. A Índia apresentará redução de cerca de 18% de sua produção, mas em contrapartida, a China aumentará sua produção em 15% (FAO, 2005).

Na América Latina, em termos gerais, o relatório do IPCC projetou impactos diversos, com destaque para a redução da produção de alimentos em decorrência de aumentos da temperatura e decréscimo associado da água no solo; reposição gradual da floresta tropical pela savana no sudeste da Amazônia; elevação das perdas em biodiversidade, sobretudo em áreas tropicais; alterações no padrão de chuvas; redução de glaciares; redução da disponibilidade de água para o consumo humano, agrícola e para geração de eletricidade; e queda da produtividade de cultivos agrícolas e da pecuária (DOMINGUES *et al.*, 2011).

No Brasil, o aquecimento global poderá trazer importantes transformações na geografia da produção agrícola, com perdas e ganhos dependendo da cultura cultivada. As perdas decorrentes do aquecimento global podem chegar a R\$7,4 bilhões já em 2020, sendo a soja a cultura mais afetada. Milho, arroz, feijão e girassol podem ter redução, sobretudo na região Nordeste. A mandioca pode ter ganho geral em área de produção, contudo poderá ter perdas no Nordeste, região onde a cultura é de extrema importância para a segurança alimentar. Ademais,

⁸ Maior participação das culturas da soja, trigo, arroz e milho.

a cana de açúcar, por ser uma cultura adepta a altas temperaturas, poderá ter sua produção dobrada nas próximas décadas (ASSAD; PINTO, 2008).

Tabela 5: Variação das áreas com potencial agrícola para o plantio das principais culturas brasileiras

Culturas	Área potencial atual (km ²)	Cenário A2 - Ano 2020		Cenário A2 - Ano 2070	
		Área potencial estimada (km ²)	Variação (%)	Área potencial estimada (km ²)	Variação (%)
Algodão	4.029.507	3.583.461	-11,07	3.386.020	-16,12
Arroz	4.168.806	3.764.488	-9,7	3.577.169	-14,19
Café	395.976	358.446	-9,48	265.243	-33,01
Cana de Açúcar	619.422	1.608.994	159,76	1.351.441	118,18
Feijão	4.137.837	3.957.481	-4,36	3.587.559	-13,30
Girassol	4.440.650	3.811.838	-14,16	3.633.928	-18,17
Mandioca	5.169.601	5.006.777	-3,15	6.268.636	21,26
Milho	4.381.791	3.856.839	-11,98	3.624.487	-17,28
Soja	2.790.265	2.132.001	-23,59	1.635.239	-41,39

Fonte: Assad *et al.* (2008)

Féres *et al.* (2011) através de um modelo hedônico, estimaram os impactos das mudanças climáticas sobre a lucratividade agrícola no Brasil, considerando os cenários A2 e B2 do IPCC. As simulações indicaram que, no médio prazo, período entre os anos de 2040 e 2069, os impactos seriam modestos, com perda entre 0,8% a 3,7%. No longo prazo, entre 2070 e 2099, as reduções na lucratividade poderiam alcançar cerca de 26%. Em relação aos impactos regionais, as simulações apontam para redução maior de lucratividade nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e para um aumento da lucratividade nas regiões Sul e Sudeste, conforme verificado na Tabela 6.

Tabela 6: Impacto das mudanças climáticas sobre a lucratividade agrícola das regiões brasileiras segundo os cenários de emissões A2 e B2 (%)

Período	Cenário A2	Cenário B2
Região Norte		
2040/2070	-50,0	-34,8
2070/2100	-124,6	-65,7
Região Nordeste		
2040/2070	-20,4	-14,3
2070/2100	-51,8	-27,8
Região Sudeste		
2040/2070	8,5	8,5
2070/2100	-0,5	6,4
Região Sul		
2040/2070	13,3	9,2
2070/2100	17,3	12,8

	Região Centro-Oeste	
2040/2070	-46,0	-23,2
2070/2100	-161,8	-9,4

Fonte: Féres *et al.* (2011)

A alteração da geografia da produção de alimentos já chama atenção da comunidade científica, dos órgãos governamentais e, sobretudo das grandes corporações que nos últimos anos passaram a se mobilizar para alcançar maneiras de adaptar a produção de alimentos aos efeitos do aquecimento global (ASSAD *et al.*, 2008; GHINI 2005; BRAHIC, C. 2006). Dentre as principais políticas de adaptação recomendadas pelo IPCC (2007), encontram-se as relacionadas com as boas práticas de manejo do solo, como a restauração de solos orgânicos visando aumentar os sumidouros de carbono, recuperação de pasto com lavouras, melhores formas de manejo do arroz, reduzindo a emissão do gás metano além de evitar queimadas e a utilização de culturas mais resistentes ao calor. Ademais, podemos citar o melhoramento e a adaptação genética de sementes para temperaturas mais altas.

Dentro do escopo das culturas que estão sendo analisadas e adaptadas para um clima mais hostil, notadamente as *commodities* agrícolas são as mais estudadas, em virtude da escala e de que sua produção e comercialização são garantidas por grandes empresas. Tais empresas procuram se antecipar aos problemas criados pelo aquecimento global e por possuírem condições financeiras para financiar pesquisas particulares, já tomaram a iniciativa de pôr em prática tais estudos. Ademais centros de pesquisas governamentais também tendem a privilegiar culturas vinculadas ao agronegócio em suas pesquisas, sobretudo *commodities*.

1.3 A agricultura familiar no contexto das mudanças climáticas

A agricultura familiar é a forma predominante de agricultura no setor de produção de alimentos tanto em países em desenvolvimento quanto em países desenvolvidos, representando cerca de 70% da produção mundial de alimentos. Ademais, sua importância é notória pelo fato de preservar a produção de alimentos tradicionais, contribuir para uma alimentação balanceada dada a diversidade de culturas cultivadas, proteger a agro biodiversidade e pela utilização sustentável dos recursos naturais (FAO, 2014).

Historicamente, a agricultura familiar sempre foi denominada por outros termos, como agricultura de subsistência, pequena produção ou pequena agricultura, termos que remetem a certo julgamento negativo em relação ao futuro desse tipo de organização de produção fadado a ser incorporado à grande produção agrícola. Contudo, a resiliência demonstrada pelos agricultores familiares frente aos avanços da produção agrícola de larga escala indica que este

modelo de produção é um componente estrutural e que exerce dupla função dentro do processo de produção agrícola capitalista: ela é ao mesmo tempo responsável por grande parcela da produção de alimentos e por frear os avanços de atividades típicas do capitalismo no campo (ORTEGA, 2008). Destarte, os agricultores familiares possibilitam concomitantemente evitar o vazio populacional nas áreas rurais e a sobrecarga populacional na periferia das grandes e médias cidades, via contenção do êxodo rural, tão marcante até a década de 1980 e início da década de 1990 (NASCIMENTO, 2008).

Segundo a FAO (2014), a agricultura familiar é definida como uma forma de garantir a produção agrícola e silvícola, assim como a pesca, o pastoreio e a agricultura, gerida e dirigida por uma família que na sua maior parte depende da mão de obra familiar não assalariada, tanto de mulheres como de homens. A família e a exploração estão vinculadas, coevoluem e combinam funções econômicas, ambientais, reprodutivas, sociais e culturais. Ao falarmos de Agricultura Familiar, também nos referimos aos pescadores artesanais, pastores, trabalhadores sem-terra e às comunidades indígenas.

Em termos organizacionais, a agricultura familiar se configura de maneira muito específica, se distinguindo em relação à agricultura patronal. Dentre as características, evidencia-se que na agricultura familiar: i) o trabalho e a gestão estão intimamente relacionados, a produção é diversificada e com ênfase no uso de insumos internos, ii) o processo de tomada de decisões é imediata, iii) o trabalho assalariado é complementar, e principalmente, iv) há presença de distintos graus de instrução dos produtores, mecanização das propriedades e vinculação ao mercado (VEIGA, 1996).

A pluriatividade é outra característica relevante da agricultura familiar, e compreende não só a diversificação da produção, mas também a atuação em atividades fora do estabelecimento rural como forma de complementação da renda. Deste modo, a pluriatividade acrescenta mais complexidade ao comportamento dos agricultores familiares, e apresenta-se como uma alternativa para as estratégias de adaptação⁹ ante aos efeitos das mudanças climáticas, ao mesmo tempo que também é impactada pelo evento.

No contexto das mudanças climáticas sobre a agricultura, a agricultura familiar se posiciona como um agente central. As alterações nos níveis de precipitação e temperatura,

⁹ O IPCC (2001) define o conceito de adaptação às mudanças climáticas como um ajuste em sistemas humanos e naturais em resposta ao atual ou futuro estímulo climático ou seus efeitos, ela pode moderar dano ou explorar oportunidades benéficas.

efeitos primários da nova condição climática, afetam diretamente a produção e consequentemente o modo de vida dos agricultores familiares. Neste sentido, o risco climático associa-se à histórica fragilidade econômica e social desses produtores e amplia sua posição de vulnerabilidade.

A vulnerabilidade na literatura sobre as mudanças climáticas é definida como o *grau em que um sistema é susceptível aos efeitos adversos das mudanças climáticas*, incluindo a variabilidade climática e os extremos climáticos (SMIT *et al.*, 2001). O termo relaciona-se à exposição, à sensibilidade e à capacidade adaptativa dos agentes envolvidos. Em relação aos agricultores familiares, a vulnerabilidade origina-se tanto de elementos externos, como a própria exposição aos fatores climáticos, quanto de fatores internos, expressos através de suas características sociais e econômicas que os tornam mais ou menos susceptíveis ao fenômeno. Esses elementos em conjunto, somado às condições político-administrativas, são responsáveis pela capacidade adaptativa *ex-ante* e *ex-post* dos agricultores familiares (LINDOSO; RODRIGUES FILHO, 2016).

No Brasil, pesquisas sobre os efeitos e percepções das mudanças climáticas realizadas com agricultores familiares nos biomas Amazônia, Cerrado, Semiárido nordestino e Pantanal, indicam haver uma considerável percepção acerca do fenômeno por parte dos agentes. Dentre as alterações percebidas, as mais evidentes e relatadas são as alterações nos níveis de precipitação e temperatura, mudanças na estação chuvosa, alterações na fenologia das plantas locais, e alterações no comportamento e quantidade dos animais selvagens. Tais efeitos ocorreram em todos os biomas, em magnitude distintas. Contudo, essa percepção não se traduz de forma automática em mudança de comportamento por parte dos agricultores familiares, muito em parte pela falta de conhecimento técnico relacionado ao evento. (NASUTI *et al.*, 2016A; NASUTI *et al.*, 2016B; SILVA *et al.*, 2016; LITRE *et al.*, 2016; SIMONI *et al.*, 2016).

O apoio e as instruções via políticas públicas de governos e organismos multilaterais no contexto das mudanças climáticas são fundamentais para a sustentabilidade social, econômica e ambiental da agricultura familiar, assim como para a redução de sua vulnerabilidade, sobretudo, em países subdesenvolvidos. Neste sentido, verifica-se um movimento, ainda incipiente, de mobilização por parte dos *policy makers* e entidades, a nível nacional e internacional, em relação ao tema.

A FAO através de seu *Office of Knowledge Exchange, Research and Extension* (OEK) busca, por meio de parcerias entre indivíduos, organizações públicas e privadas em diversos

países, promover¹⁰ a inovação no sistema agrícola familiar com a criação de novos processos produtivos, novos produtos, novas formas de organização social e econômica com o intuito de alcançar a segurança alimentar e nutricional, assim como o próprio desenvolvimento econômico sustentável (FAO, 2012).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) lançou em 2014 uma pesquisa global para localizar e compilar políticas públicas e inovações orientadas para acelerar a destinação de recursos financeiros para as iniciativas que envolvam técnicas sustentáveis de produção, relacionadas à sustentabilidade ambiental. No Brasil, o estudo¹¹ foi realizado pela Federação Brasileira dos Bancos (FEBRABAN), em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV) e dentre as recomendações propostas, apresentou-se a necessidade de ampliar o fornecimento de crédito a juros baixos, vinculados a práticas sustentáveis de produção para os pequenos produtores. O que evidencia a falta de alternativas para os agricultores familiares, que, restritos aos créditos do PRONAF, carecem de outras fontes de financiamento relacionadas às questões ambientais.

No Brasil, as políticas que visam a adaptação às MGC da produção especificamente vinculada à agricultura familiar ainda são incipientes. Dentre as políticas, destacam-se a Política Nacional sobre a Mudança no Clima (PNMC) e o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono da Agricultura, conhecido como Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Tais políticas são voltadas para o setor agropecuário como um todo, e não especificamente para os agricultores familiares. Elas compreendem instrumentos que evidenciam a existência das mudanças climáticas e procuram orientar os agentes envolvidos diretamente e indiretamente pelos impactos ambientais, a desenvolver e implementar ações adaptativas e de mitigação condizentes com esse novo cenário.

O PNMC criado em 2008 apresenta de maneira inicial as intenções da Política Pública em relação às ações a serem tomadas frente às mudanças climáticas em consonância com as diretrizes sugeridas pelas organizações multilaterais nas convenções sobre o clima e pelos

¹⁰ Vários são os projetos amparados pela FAO/OEK em âmbito mundial, com destaque para o INCAGRO (Proyecto de Investigación y Extensión Agrícola), programa de pesquisa e extensão agrícola realizado no Peru; o IFAD, Fundo Internacional para Desenvolvimento da Agricultura, realizado no Paquistão visando articular as comunidades rurais e suas demandas e o COMDEV (*Communication for Development*) programa em execução em Bangladesh, República Dominicana, Haiti e Jamaica com o objetivo de compartilhar técnicas de produção visando a adaptação climática e a redução de riscos oriundos de desastres naturais (FAO, 2012).

¹¹ Ver FEBRABAN (2014).

acordos internacionais, como o UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) e o Protocolo de Quioto. Segundo o PNMC (2008 p. 28):

O objetivo geral do Plano Nacional sobre Mudança do Clima é identificar, planejar e coordenar as ações e medidas que possam ser empreendidas para mitigar as emissões de gases de efeito estufa geradas no Brasil, bem como àquelas necessárias à adaptação da sociedade aos impactos que ocorram devido à mudança do clima.

O Plano ABC, criado em 2012, aprofunda o tema e sugere as ações a serem tomadas na agricultura. O plano é composto por sete programas, sendo seis orientados para a mitigação e um para a adaptação às mudanças climáticas. Os programas destinados à mitigação visam: 1) A recuperação de pastagens degradadas; 2) A integração lavoura-pecuária-floresta e os Sistemas Agro florestais (SAFs); 3) Os sistemas de plantio direto; 4) A fixação biológica de nitrogênio; 5) As florestas plantadas; e 6) O tratamento dos dejetos animais (BRASIL, 2012).

O programa orientado para a adaptação às mudanças climáticas do Plano ABC visa de maneira sucinta qualificar técnicos e produtores para a adoção de tecnologias adaptativas; incentivar a adesão de técnicos e produtores à novas técnicas produtivas visando o aumento da resiliência e adaptação; ampliar a utilização do seguro agrícola e outros instrumentos de política agrícola em consonância com o Plano Nacional de Redução de Riscos e Desastres¹²; formar competências focadas em mudanças climáticas e sustentabilidade na agricultura; fortalecer as ações de assistência técnica e extensão rural; fortalecer ações de contenção, redução e prevenção da desertificação; desenvolver e adequar tecnologias de produção que viabilizem a adaptação, garantindo sua transferência aos produtores; desenvolver sistemas de produção diversificados, com foco no aumento da resiliência em áreas vulneráveis; criar mosaicos produtivos, com integração entre lavoura-pecuária-floresta em áreas produtivas, florestadas, de vegetação nativa e corredores ecológicos, resultando em uma maior resiliência regional e conservação dos recursos naturais; canalizar e adequar os procedimentos dos agentes financeiros para as ações voltadas para a adaptação e mitigação; desenvolver e disponibilizar tecnologias; e por fim, garantir amplo acesso às informações relacionadas à agricultura (BRASIL, 2012).

As organizações multilaterais em parceria com governos nacionais também têm papel fundamental no processo de incentivo e de disseminação dos estudos e dos resultados obtidos.

¹² O Plano visa garantir a segurança das populações situadas em áreas suscetíveis a desastres naturais, como enchentes e deslizamentos, e contempla investimentos na área de infraestrutura, formação de capital humano, compra de equipamentos de apoio, construção de moradias, e outras medidas contempladas pelo PAC - Programa de Aceleração do Crescimento (BRASIL, 2012).

Não obstante, apesar de órgãos nacionais de apoio à pesquisa e a inovação tecnológica existirem em vários países, se verifica que os recursos e os esforços não são divididos entre todas as áreas da agricultura de forma igualitária, havendo a captura maior de recursos e pesquisas por parte do agronegócio e de setores mais dinâmicos e vinculados ao mercado (RAJALAHTI, R. 2012).

Os estudos¹³ que relacionam mudanças climáticas e agricultura familiar abordam, sobretudo, a mitigação e a adaptação ao fenômeno, via utilização de técnicas sustentáveis de manejo e produção, com grande participação da EMBRAPA. Já os estudos relacionados aos impactos, são fragmentados, restritos às regiões específicas do território nacional ou abordam a agricultura como um todo, como os estudos de Assad *et al.* (2008), Lima e Alves (2008), Ghini *et al.* (2008b), Margulis e Debeux. (2010), Feres *et al.* (2011), Cunha e Reis (2012), Sanghi *et al.* (1997), Streck e Alberto (2006). Ademais, apesar de existirem políticas nacionais instruídas para o novo cenário de mudanças climáticas, tais políticas abordam o tema de maneira genérica, sendo ainda insuficientes em relação aos agricultores familiares, que notadamente são a parte mais vulnerável dentro do âmbito da agricultura.

Em virtude de suas características e da relação imediata com os efeitos das mudanças climática, os agricultores familiares apresentam-se em condição de maior vulnerabilidade frente ao fenômeno, quando comparado aos demais agentes, sobretudo aos agricultores patronais. Ademais, verifica-se a existência de uma lacuna nos estudos sobre impactos das MC na agricultura, relacionada aos agricultores familiares, evidenciando a necessidade de ampará-los contra os efeitos negativos das mudanças climáticas, dada a representatividade do setor junto à economia brasileira e sua intrínseca relação com a segurança alimentar, com a proteção social, com o bem-estar das comunidades e com o próprio crescimento das economias locais. Neste sentido, a produção de informações sobre os impactos das MC sobre a agricultura familiar configura-se como o ponto de partida para as estratégias de adaptação e mitigação ao fenômeno e, portanto, o presente estudo contribui para a temática ao colocar a agricultura familiar como escopo dos modelos econométricos e de EGC desenvolvidos, avaliando como esse agente será impactado em termos de variação de produtividade agrícola e como tais efeitos serão repassados para a economia brasileira.

¹³ Ver Cuadra (2018), Madari (2018), Higa *et al.* (2017), Monteiro (2007), Monteiro *et al.* (2017).

2 EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NO BRASIL

As projeções de alterações de produtividade agrícola, decorrentes das mudanças climáticas, são o ponto de partida para a análise dos impactos do fenômeno climático sobre a economia do Brasil. A agricultura configura-se como um setor vulnerável ante aos efeitos das MC em virtude de sua dependência e sensibilidade às variáveis climáticas. A produção agrícola brasileira é heterogênea entre as regiões e diversificada em termos de estrutura produtiva e cultivos, estas características, somadas ao fato dos efeitos das MC também serem heterogêneos espacialmente, elevam o grau de complexidade da análise e relevância do tema. Neste sentido, o objetivo deste capítulo é estimar as alterações de produtividade agrícola referentes a um grupo de cultivos, oriundos da agricultura familiar e patronal, de modo a verificar quais cultivos, regiões e tipo de produtores serão impactados pelo fenômeno climático.

2.1 Mudanças climáticas e alterações de produtividade agrícola

A análise dos impactos das mudanças climáticas é complexa. O fenômeno afeta uma variedade de aspectos, que vai do ecossistêmico/biológico ao econômico/social, envolve transformações graduais ao longo de um extenso horizonte temporal, causa externalidades negativas e amplia incertezas. Em linhas gerais, os estudos sobre as MC abordam três aspectos sobre o fenômeno: i) suas causas e características físicas/químicas, ii) impactos e vulnerabilidade e, iii) mitigação. O presente estudo enquadra-se no segundo grupo, projetando os impactos sobre a produtividade agrícola e potenciais efeitos econômicos regionais sobre o Brasil.

Os estudos sobre impactos econômicos/sociais das mudanças climáticas estão concentrados em duas abordagens metodológicas: i) equilíbrio parcial e ii) equilíbrio geral. A primeira abordagem é referente aos estudos econométricos, baseados em técnicas estatísticas que utilizam uma série de informações do passado para realizar inferências sobre aspectos relacionados a fenômenos econômicos. A segunda abordagem, utiliza-se de modelos de equilíbrio geral para verificar efeitos diretos e indiretos, de algum fenômeno ou efeito, sobre uma economia estilizada. A utilização conjunta das metodologias também é usual na literatura¹⁴ sobre impactos na agricultura, em que os resultados estimados em termos de alteração no uso do solo ou alteração de áreas aptas ao cultivo, são utilizados como insumo em modelos de EGC.

¹⁴ Ver Domingues *et al.* (2008), Margulis e Dubeux (2010), Moraes (2010), Ferreira Filho e Horridge (2016).

Os estudos que analisam os impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura no Brasil, através da metodologia econométrica, utilizam três estratégias de análise: i) abordagem da função de produção (modelo agrônômico) e ii) abordagem ricardiana (modelo hedônico) e, iii) abordagem pela Zona Agroecológica (ZAE).

Os modelos agrônômicos¹⁵ especificam uma função de produção para cada cultivo agrícola e analisam os efeitos do clima sobre a produtividade da cultura. Esta abordagem permite estimar os efeitos “puros” ou isolados de variáveis climáticas, como temperatura, precipitação e gases causadores do efeito estufa, sobre a produtividade agrícola. Ou seja, a estimação é realizada sem viés, posto que todos os demais fatores que influenciam na produtividade agrícola, são mantidos fixos no modelo, variando-se apenas os dados climáticos (FERES *et al.*, 2009; ASSUNÇÃO; CHEIN, 2016).

Os modelos agrônômicos também são realizados através de experimentos controlados. As culturas são cultivadas em ambientes de campo ou laboratório sob os efeitos de diferentes climas futuros possíveis e níveis de dióxido de carbono. Não são permitidas alterações nos métodos agrícolas em condições experimentais para que todas as diferenças nos desfechos possam ser atribuídas às variáveis de interesse (temperatura, precipitação ou dióxido de carbono). As estimativas não incluem adaptação. Os resultados em termos de produtividade são então inseridos em modelos econômicos que preveem os impactos econômicos resultantes (FAO, 2000)

A limitação da abordagem através da função de produção, está relacionada à não incorporação da possibilidade de adaptação dos produtores agrícolas frente as alterações de produtividade do cultivo, e portanto, o método pode superestimar os impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura. Ademais, como cada cultura requer experimentos extensos, grande parte dos estudos agrônômicos têm, conseqüentemente, focado em grãos. (FERES *et al.*, 2009; MENDELSON *et al.*, 2004; 2007).

Outra abordagem é realizada através de modelos hedônicos, que especificam uma função de produção que utiliza o valor da terra, e não a produtividade de cultivos específicos, verificando como as variáveis climáticas afetam o preço da terra. A metodologia foi desenvolvida por Mendelsohn *et al.* (1994). A abordagem considera que o mercado de terras é

¹⁵ Para estudos sobre impactos das mudanças climáticas na agricultura, através da abordagem agrônômica, ver: Adams *et al.*(1989; 1990; 1995; 1999); Easterling *et al.*(1993); Kaiser *et al.*(1993a; 1993b); Rosenzweig; Parry (1994); Kumar; Parikh (1998)

eficiente, ou seja, o preço da terra reflete o fluxo descontado de rendas agrícolas futuras, e que os produtores alocam fatores de produção para garantir o maior retorno, levando em consideração as informações econômicas e agroclimáticas disponíveis. Desta maneira, os modelos hedônicos conseguem incorporar o movimento adaptativo dos agentes, na análise dos impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura (FERES *et al.*, 2009; ASSUNÇÃO; CHEIN, 2016).

Limitações são verificadas na abordagem ricardiana. Os modelos i) não consideram os custos de transação, que apresentam-se como um fator importante na decisão adaptativa do produtor, ii) são estáticos (sem ajustes temporais), iii) não consideram a possibilidade de irrigação, variável fundamental para amenizar os efeitos de alterações do nível de precipitação, iv) consideram preços fixos, ou seja, não consideram o efeito de alterações de preços em decorrência de alterações no volume produzido, e v) não apresentam a direção ou os mecanismos pelos quais os produtores se adaptam às mudanças climáticas (KURUKULASURIYA *et al.*, 2008; SANGHI; MENDELSON, 2008; SEO; MENDELSON, 2008a; WANG *et al.*, 2008; ASSUNÇÃO; CHEIN, 2016). Outra limitação da abordagem ricardiana, apontada por Assunção e Chein (2016), é que o valor da terra no Brasil e em países em desenvolvimento não reflete bem os fluxos monetários futuros descontados. Nestes países, a terra também é utilizada com propósitos especulativos, como reserva de valor, como ativo utilizado para *hedge* ou proteção contra a inflação, como garantia em empréstimos e, ainda, como mecanismo de “lavagem de dinheiro”.

Visando suprir a limitação de ausência de direção em termos de possibilidades de adaptação, Seo e Mendelsohn (2008), desenvolveram o modelo hedônico GMAP¹⁶ com modelagem específica do comportamento endógeno dos agentes, que maximizam sua função de lucro baseados em um conjunto de recursos naturais disponíveis, incluindo agricultura. Desta maneira, os agentes realocam sua produção agrícola e outros recursos naturais (compostas por uma cesta ou mix de possibilidades de produção) em decorrência de alterações exógenas nas variáveis climáticas (ASSUNÇÃO; CHEIN, 2016).

Outra abordagem para avaliar a sensibilidade da produção agrícola às variáveis climáticas, é a utilização do Zoneamento Agroecológico (ZAE). Como a abordagem agrônoma, o modelo de ZAE depende fortemente das relações verificadas pelas ciências naturais. No

¹⁶ Modelo denominado GMAP (Geographically scaled Microeconomic model of Adapting Portfolios in response to global warming). Para estudos com o modelo GMAP, ver SEO (2010), KURUKULASURIYA; MENDELSON (2008), SEO; MENDELSON (2008b).

entanto, em vez de tomar uma abordagem agrônômica, o ZAE desenvolve um modelo de processo eco-fisiológico detalhado. Vários fatores que explicam o crescimento das plantas são insumos no modelo, como duração do ciclo de crescimento, período de formação de rendimentos, índice de área da folha e índice de colheita. A tecnologia, o solo e o clima existentes são combinados para prever tipos de utilização da terra. Combinando essas variáveis, o modelo determina quais culturas são adequadas para cada célula. O impacto das mudanças na temperatura e precipitação sobre potenciais padrões agrícolas e de cultivo em diferentes escalas pode, portanto, ser simulado (FAO, 1996; 2000).

O modelo ZAE foi desenvolvido para analisar a capacidade de produção potencial em zonas ecológicas. O potencial de produção agrícola para uma determinada área são estimados usando um modelo de simulação de produção de biomassa. Este modelo utiliza informações sobre radiação e temperaturas associadas à latitude e longitude específicas do local de cultivo proposto, juntamente com a capacidade fotossintética de culturas economicamente viáveis para produzir uma estimativa de produtividade potencial máxima. Dentro do modelo ZAE, essa produtividade máxima alcançável é então ajustada para refletir diferentes níveis de tecnologia (baixo, médio e alto), bem como o impacto de fatores agroclimáticos, como período de crescimento, estresse hídrico, presença de doenças, pragas, e outros fatores (FAO, 2000; QUARTAROLI; ARAUJO, 2014; BRASIL, 2020).

A vantagem da abordagem ZAE, baseada em relações ecofisiológicas detalhadas, é que possibilidades de tecnologia e diferentes cepas genéticas podem ser modeladas se seu impacto em parâmetros específicos for conhecido. A desvantagem dessa modelagem de processo é que não se pode prever resultados sem modelar explicitamente todos os componentes relevantes. Mesmo com sistemas agrônômicos relativamente simples, é difícil construir um modelo geral que preveja rendimentos reais na maioria dos locais. A omissão de variáveis prejudicaria as previsões do modelo. Uma maneira pela qual esse problema é minimizado nos esforços de modelagem da AEZ, tem sido comparar resultados simulados contra resultados verificados em campo, substituindo os dados discrepantes por dados constatados (FAO, 2000).

No Brasil, o Zoneamento Agroecológico (ZAE) passou a ser operacionalizado em 1996, pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo utilizado para elaborar os calendários de safra, como referência para a concessão de crédito agrícola e para a elaboração do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC) (BRASIL, 2020). O ZARC passou a ser referência em estudos sobre impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura,

sendo utilizado em conjunto com cenários de MC projetados pelo IPCC, conforme verificado em Assad e Pinto (2008) e Assad *et al.* (2013).

Os estudos que analisam os impactos econômicos das mudanças climáticas na agricultura brasileira, utilizam sobretudo, a abordagem hedônica, ou uma abordagem que se situa entre a hedônica e a agronômica, com a incorporação do valor da produtividade da terra em funções de produção por cultivo. Os estudos de Sanghi *et al.* (1997), Evenson e Alves (1998), Sanghi e Mendelsohn (2008), Feres *et al.* (2009), Massetti *et al.* (2013) e De Paula (2019) destacam-se entre os estudos realizados pela abordagem ricardiana. A adoção dos modelos intermediários é mais recente na literatura, sendo utilizada em Assunção e Chein (2009; 2016), Bragança (2015) e Miyajima (2018). Ademais, verifica-se na literatura, estudos que utilizam os resultados de modelos de ZAE como insumos para modelos de EGC, como Domingues *et al.* (2008), Margulis e Dubeux (2010), Moraes (2010), Ferreira Filho e Horridge (2016).

O primeiro estudo sobre impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira, envolvendo a metodologia hedônica, foi desenvolvido por Sanghi *et al.* (1997). O trabalho utilizou o modelo hedônico e um modelo de função de produção desenvolvido por Siqueira *et al.* (1994) para estimar as alterações de temperatura e precipitação sobre o uso da terra e produtividade agrícola. Como resultado, verificou-se que os estados da região Centro-Oeste seriam os mais afetados negativamente pelas mudanças climáticas, sendo que a região Sul poderia ser beneficiada (FERES *et al.*, 2009).

Evenson e Alves (1998) aprofundaram o modelo de Sanghi *et al.* (1997) e Sanghi e Mendelsohn (1998) ao incorporar variáveis tecnológicas referentes a P&D de programas de pesquisa agrícola públicos e privados para estimar os impactos das mudanças climáticas e dos serviços de tecnologia no uso e no valor da terra. Os resultados gerais das estimativas de mudanças climáticas e tecnológicas para a agricultura brasileira apontam que o impacto do investimento em pesquisa e desenvolvimento agrícola aumenta a participação das terras cultivadas em grande parte às custas das pastagens naturais. A participação nas terras cultivadas aumenta de 29% para 31,4%. A tecnologia agrícola aprimorada ameniza os efeitos climáticos sobre as pastagens. A tecnologia favorece as pastagens e combate a conversão induzida pelo clima de áreas de florestas naturais em áreas de pastagens naturais, e ainda, nem os efeitos das mudanças climáticas, nem a mudança tecnológica favorecem a silvicultura.

Outra derivação do modelo de Sanghi e Mendelsohn (1998) foi utilizada no estudo de Feres *et al.* (2009). Os autores incorporaram um método de estimação simultânea para estimar o sistema de equações que determina o uso da terra e adaptaram pressupostos microeconômicos neoclássicos relacionados à maximização do lucro dos produtores agrícolas ao modelo econométrico. Assim, estimaram os impactos das mudanças climáticas, referentes às projeções de temperatura e precipitação dos cenários A2 e B2 do IPCC, sobre o uso do solo (lavoura, pasto e floresta). Os resultados indicaram heterogeneidade regional de impactos. A região Norte apresenta variação positiva para pasto e lavoura, e redução das áreas de florestas, indicando aumento de pressão para o desmatamento. A região Nordeste apresentaria ligeira redução das áreas de lavoura, expressiva redução de floresta e aumento das áreas de pasto de baixa qualidade, sobretudo nas áreas do bioma Caatinga. Para o Sudeste, os resultados indicaram aumento das áreas de pastagem e redução de florestas nos dois cenários analisados, sendo os efeitos sobre as áreas agrícolas variado, dependendo do cenário e do horizonte temporal. Já para a região Sul, os resultados apontaram aumento significativo das áreas de lavoura, com redução das demais áreas, em decorrência do aumento da produtividade média agrícola. Por fim, os resultados indicaram que a produtividade agrícola média das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste seriam afetadas negativamente, com destaque para culturas de subsistência como milho, feijão e arroz.

Masseti *et al.* (2013) utilizaram um modelo ricardiano para estimar os efeitos das mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira ao nível microrregional. As simulações adotaram a utilização conjunta do modelo ricardiano acoplado a outros 3 modelos climáticos¹⁷ e a um modelo de dois estágios baseado no modelo Hsiao 2003. Foram utilizados dados do censo agropecuário dos anos de 1975, 1985, 1995 e 2006 em *cross section* para cada ano e o cenário A2 do IPCC. Os resultados mostraram que um aumento marginal de temperatura é prejudicial à agricultura em todas as regiões do Brasil, com exceção do sul. Os impactos mais negativos seriam sentidos no Norte e no Nordeste. Existem evidências mistas sobre o efeito de um impacto marginal da precipitação, sendo benéfica no Sul, Sudeste e Centro-Oeste, e prejudicial em outras regiões. As estimativas de impacto utilizando os cenários de GCM gerados, usando o cenário de emissão A2, mostram que a mudança climática deve ser prejudicial em 2060. Em 2100, apenas o cenário de mudança climática gerado pelo modelo

¹⁷ HADCM3, MIMR e NCPCM são modelos climáticos globais (*General Circulation Models - GCM*), utilizados de maneira acoplada ao modelo hedônico em Massetti *et al.* (2013). Os GCM fornecem as projeções de variáveis climáticas para as estimações.

HADCM3 prevê impactos negativos; o modelo MIMR prevê que a mudança climática não afetará significativamente os valores da terra, enquanto o modelo NCPCM prevê efeitos benéficos significativos. Por fim, os resultados do modelo Hsiao indicam efeitos benéficos não significativos entre as regiões brasileiras, espera-se que apenas o Sul e alguns casos o Sudeste se beneficiem das mudanças climáticas.

De Paula (2018) analisou os impactos das mudanças climáticas sobre o valor da terra no Brasil utilizando um modelo ricardiano quantílico e dados do Censo Agropecuário do IBGE de 2006. Os resultados indicaram que os impactos são heterogêneos e, sobretudo, negativos, variando conforme o clima e as características dos produtores. Indicaram, ainda, que o aumento de 1°C na temperatura média, reduziria os valores da terra em 5% para os agricultores mais produtivos na região Sul e reduz em 34% para os agricultores menos produtivos do Norte, e que o efeito marginal médio do aquecimento no menor quantil da produtividade agrícola é de -80% no valor da terra. Como resultado, as mudanças climáticas quase dobram a desigualdade de produtividade entre os agricultores nos extremos da distribuição dos valores da terra. De Paula (2018), reitera que os agricultores comerciais menos produtivos das regiões norte do país representam a fronteira da vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil.

Assunção e Chein (2009; 2016), estabeleceram um modelo intermediário entre a abordagem hedônica e a abordagem agrônômica, ao incorporar na função de produção o valor da produtividade da terra de diferentes cultivos agrícolas. O modelo estima em *cross section* a variação de produtividade agrícola média para os municípios brasileiros em relação a atributos geográficos e climáticos, de acordo com o cenário A1B do IPCC, para os anos entre 2030 e 2049. Os resultados indicaram que o aquecimento global sob os atuais padrões tecnológicos deverá reduzir a produção agrícola por hectare no Brasil em 18%, com efeitos nos municípios variando de -40 a +15% e concentração de efeitos negativos nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Bragança (2015) analisou os impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola de um grupo de cultivos utilizando como referência os cenários mais atuais do IPCC (RCP 4.5 e RCO 8.5). O modelo utilizado se assemelha ao de Assunção e Chein (2016), contudo Bragança (2015) acrescentou um processo de decomposição dos resultados que permite avaliar os resultados em termos de efeitos intensivos (considerando apenas alterações de produtividade agrícola) e em termos extensivos (considerando também a realocação de terras). Os resultados indicaram perdas mais elevadas em termos de produtividade agrícola, comparados aos

resultados de Assunção e Chein (2016) e Feres *et al.* (2009). Em relação ao cenário RCP 4.5 (RCP8.5) a redução agregada de produtividade média agrícola estimada é 21% (30%) no período de 2041/2070 e de 24% (47%) no período de 2071/2100. Ao nível regional, verifica-se que os estados da região Sul e Sudeste, com exceção de Minas Gerais, seriam beneficiados com aumento de produtividade, ao passo que as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste apresentariam redução na produtividade média agrícola. Os resultados em termos de uso da terra indicam que a margem extensiva responde por 30% do efeito total dos impactos climáticos, com alocação de áreas de lavoura para áreas de pecuária e silvicultura, em virtude do menor custo de manutenção destas áreas.

Miyajima (2018) também utilizou um modelo intermediário, semelhante ao de Assunção e Chein (2016), para estimar os efeitos climáticos sobre a produtividade agrícola média de um grupo de cultivos. O modelo utilizou os dados de projeção climática referentes ao cenário RCP 4.5 e RCP 8.5 para o período de 2021 a 2080. Os resultados indicam que na média, o Brasil apresentaria queda de 12% na produtividade agrícola ao longo do período analisado, com impactos negativos maiores para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Considerando o cenário RCP 4.5, os resultados indicam redução média de 41% (2021/2050) e de 46% (2051/2080) na produtividade agrícola da região Nordeste, a mais afetada. Em contrapartida, a região Sul apresentaria aumento de produtividade média de 47% (2021/2050) e 66% (2051/2080). Ressalta-se que Miyajima (2018) utilizou os resultados das variações na produtividade agrícola como insumos no modelo de EGC para avaliar os impactos econômicos na região da Amazônia Legal.

Portanto, os estudos mais recentes que analisam os impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola, utilizam uma estrutura teórica que vincula o uso da terra às funções de produção, comuns em modelos agrônômicos, de forma a aproximar da estrutura metodológica dos modelos hedônicos. Nas palavras de Assunção e Chein (2016 p. 587), essa abordagem metodológica “*lies somewhere between the Ricardian and the production function approaches, focusing on cross-section climate variation rather than time-series weather variation*”. Esta estratégia metodológica, será implementada na estimação dos efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola, realizada neste estudo.

2.2 Estimação da produtividade agrícola familiar e patronal

Este estudo analisa os impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola de um conjunto de cultivos no Brasil, utilizando projeções de modelos climatológicos

desenvolvidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) segundo os cenários globais de mudanças climáticas do IPCC (2014) RCP 4.5 e RCP 8.5, para dois períodos de normais climatológicos¹⁸ 2021/2050 e 2051/2080. Dados agrícolas do Censo Agropecuário de 2006 são combinados com dados climáticos e geográficos para estimar a sensibilidade da produtividade agrícola em decorrência de alterações de temperatura e precipitação médias. A estratégia metodológica é oriunda de Bragança (2015) e Assunção e Chein (2016), consistindo na estimação em *cross section* de uma função de produção em que os resultados em termos de produtividade agrícola são determinados por fatores climáticos, geográficos e produtivos. O estudo se diferencia, e portanto, contribui para a literatura, em dois aspectos: i) desagrega a produção agrícola em familiar e patronal, e ii) apresenta grande desagregação de cultivos agrícolas. Sob as hipóteses de que a produtividade agrícola dos agricultores familiares e patronais respondem de maneira distinta aos impactos das mudanças climáticas.

2.2.1 Referencial Teórico

Esta seção, baseada em Bragança (2015) e Assunção e Chein (2016), apresenta o referencial teórico que orienta o processo de alocação de terras dos produtores agrícolas. O modelo apresentado guiará a etapa de análise econométrica deste estudo.

Suponha uma economia agrícola com M municípios, em que cada município $m \in M$, um agricultor representativo aloca terra L_m entre K cultivos diferentes. A produção P_{mk} do cultivo $k \in K$ no município $m \in M$ depende da quantidade de terras L_{mk} e de insumos X_{mk} alocada nesse cultivo e de um vetor com características geográficas e climáticas GC_m :

$$P_{mk}(GC_m) = \gamma_{mk} f^k(L_{mk}, X_{mk} | GC_m) \quad (1)$$

Sendo γ_{mk} um vetor de produtividade individual e $f_L^k > 0$, $f_X^k > 0$, $f_{LL}^k \leq 0$ e $f_{XX}^k \leq 0$.

Considerando w_m o preço unitário dos insumos. O problema do agricultor representativo pode ser dividido em dois estágios. No primeiro, ele escolhe a quantidade de insumos de forma a maximizar o lucro obtido na produção do cultivo k no município m para cada valor de L_{mk} . A função valor desse problema é definida como:

$$V_{mk}(L_{mk} | GC_m) = \max_{X_{mk}} [\gamma_{mk} f^k(L_{mk}, X_{mk} | GC_m) - w_m x_{mk}] \quad (2)$$

¹⁸ A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define Normais como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” (INMET, 2020).

No segundo estágio, o agricultor representativo escolhe o uso da terra que maximiza seu retorno agregado, sujeito à restrição de terra disponível:

$$\max_{\{L_{mk}\}} \Pi_m(GC_m) = \sum_k V_{mk}(L_{mk}|GC_m), \text{ sujeito a } \sum_k L_{mk} = L_m \quad (3)$$

As condições de primeira ordem do problema (3) são dadas por:

$$V'_{mk}(L_{mk}|GC_m) \geq V'_{m'k}(L_{m'k}|GC_m), \forall k, k' > 0 \in K \quad (4)$$

A equação (4) valerá como igualdade sempre que $L_{mk}^* > 0$ e valerá como desigualdade estrita sempre que $L_{mk}^* = 0$.

O equilíbrio do modelo é dado pela seguinte igualdade:

$$\sum_k L_{mk}^*(GC_m) = L_m \quad (5)$$

As equações (4) e (5) definem implicitamente a alocação ótima de terra, nos permitindo entender como a mudança climática, presente em GC_m , afeta as escolhas dos agricultores e a produtividade agrícola. Suponha que o vetor com as características climáticas mude de GC_m para GC'_m , afetando de maneira heterogênea o valor marginal das diferentes atividades agrícolas. Isso implica que a alocação de terra $L_{mk}^*(GC'_m)$ será diferente da alocação inicial de terra $L_{mk}^*(GC_m)$, posto que os agricultores realocam seu cultivo para o tipo mais lucrativo, em decorrência das alterações climáticas. Verifica-se dois efeitos das alterações climáticas em GC_m , o primeiro sobre a produtividade agrícola e o segundo sobre a mudança no uso do solo em decorrência da alteração de produtividade. Desta forma o modelo captura o ajuste dos agricultores às mudanças climáticas, em termos de alocação de uso do solo.

Definindo um vetor de produtividade por cultivo $\gamma_m = (\gamma_{m1}, \gamma_{m2}, \dots, \gamma_{mk})$, resolvendo o sistema definido nas equações (4) e (5) e utilizando a função de produção definida na equação (1), podemos expressar a produtividade de cada cultura no equilíbrio como uma função dos parâmetros do modelo:

$$Y_{mk}^*(GC_m) = \frac{P_{mk}^*(GC_m)}{L_{mk}^*(GC_m)} = Y_k(w_m, \gamma_m, GC_m) \quad (6)$$

A partir da equação (6), podemos definir a produtividade agrícola agregada como:

$$Y_m(GC_m) = \frac{P_m^*(GC_m)}{L_m} = Y(w_m, \gamma_m, GC_m) \quad (7)$$

As equações (6) e (7), que definem a produtividade agrícola, são a base do exercício empírico realizado na próxima seção. Tais equações permitem estimar como a produtividade agrícola reage aos fatores climáticos.

2.2.2 Especificação econométrica e estimação

O modelo econométrico utilizado para estimar a sensibilidade da produtividade agrícola aos efeitos das MC, do cultivo k , no município m , é determinado a partir da equação (6). Suponha que exista mobilidade perfeita de fatores produtivos entre os municípios da amostra. Essa hipótese implica que o preço dos fatores é o mesmo em todos os municípios ($w = w_m, \forall m$) e que podemos estimar o modelo sem dados de preços de fatores. A forma funcional para a relação entre fatores climáticos e produtividade é dada por:

$$Y_m = Y(w, \gamma_m, GC_m) = \exp[\theta(GC_m) + \gamma_m + \epsilon_m] \quad (8)$$

Sendo ϵ_m um termo de erro idiossincrático.

Reescrevendo (8), temos:

$$\ln Y_m = \gamma_m + \theta(GC_m) + \epsilon_m \quad (9)$$

A aproximação das características dos municípios γ_m , sem a utilização de dados em painel, é realizada pelas características observáveis X_m . Desta forma, temos a seguinte equação estimável:

$$\ln Y_m = \theta(GC_m) + \beta' X_m + \epsilon_m \quad (10)$$

Como os choques climáticos que afetam uma cultura k , também se correlacionam com choques que afetam a cultura k' , existe covariância $\text{cov}(\epsilon_m, \epsilon_{m'})$ no sistema de equações apresentado. Assim, o método SUR¹⁹ (*Seemingly Unrelated Regression*) seria recomendado para estimar a produtividade, contudo, posto que GC_m e X_m são iguais para todas as culturas, os regressores são exatamente iguais, logo este método se equivaleria à estimação pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Portanto, equação (10) é estimada por MQO.

Após a estimação do modelo representado em (10), as variáveis de temperatura e precipitação médias GC_m , são substituídas, no mesmo modelo, por suas projeções GC'_m

¹⁹ Método SUR foi proposto por Zellner (1962) para estimar um conjunto de regressões aparentemente não correlacionadas, como as equações que determinam a produtividade de cada cultivo. O método é utilizado quando parte das variáveis explicativas são diferentes entre as equações, mas os termos de erro apresentam correlação. Para o método SUR, ver Beasley (2008).

referentes aos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, as demais variáveis de controle permanecem. Em seguida, calcula-se o valor predito de $\ln Y_m$.

$$\ln Y_m = \theta(GC_m) + \beta' X_m + \epsilon_m \quad (11)$$

A variação de produtividade agrícola, ocasionada pela alteração das variáveis climáticas, é dada pela diferença determinada por:

$$\Delta \ln Y_m = [\theta(GC_m) + \beta' X_m] - [\theta(GC'_m) + \beta' X_m] \quad (12)$$

Assim, seja Y_{m0} a produtividade agrícola quando $GC_m = GC_{m0}$, e Y_{m1} a produtividade agrícola quando $GC_m = GC_{m1}$. O impacto da mudanças climáticas será dado por $\Delta Y^* = Y^*_{m1} - Y^*_{m0}$

A estimação é realizada com o acréscimo de um polinômio quadrático da temperatura e precipitação para capturar a não linearidade destas variáveis, posto que aumentos de temperatura e precipitação, podem contribuir para o aumento da produtividade em um primeiro momento, mas o aumento marginal (entendido como um excesso de temperatura ou precipitação) pode prejudicar a produtividade (MENDELSON et al., 1994; FERES et al., 2009). Consideram-se as médias trimestrais de temperatura e precipitação, para capturar os efeitos específicos da sazonalidade climática sobre a produtividade agrícola de cada cultivo, e por fim, para o cálculo da produtividade agrícola agregada, utilizou-se a ponderação pela raiz quadrada da área total agrícola de cada município (SCHLENKER et al., 2006).

A incorporação de novas tecnologias produtivas, como estratégia adaptativa dos agricultores, é um importante aspecto a ser considerado nos estudos envolvendo impactos das mudanças climáticas. O modelo estimado, não incorpora o progresso tecnológico. Por isso, pode apresentar resultados superestimados de variação de produtividade agrícola. Desta maneira, os resultados devem ser entendidos como o efeito puro do clima sobre a produtividade, evidenciando, ainda, a magnitude do progresso tecnológico necessário para amenizar os efeitos (ASSUNÇÃO; CHEIN, 2016).

O objetivo da análise empírica é verificar os efeitos do clima na produtividade agrícola familiar e patronal, sob a hipótese de que suas respectivas estruturas produtivas são relevantes para determinar a sensibilidade da produtividade agrícola aos efeitos climáticos. Neste sentido, o exercício empírico realizado foi dividido em duas partes. Inicialmente, estimamos a equação (10) considerando todas as amostras, ou seja, com os dados referentes à agricultura familiar e patronal empilhados. Na estimação, uma variável *dummy* de controle, de valor igual a 1, é criada

a partir de dados da agricultura familiar, com o intuito de verificar o efeito da “agricultura familiar” sobre a produtividade agrícola. Este exercício indicou que a *dummy* “agricultura familiar” é estatisticamente significativa, evidenciando a distinção entre os produtores e a necessidade de separar as amostras em familiar e patronal. No segundo exercício empírico, estimamos o efeito das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola entre os tipos de agricultores separadamente. Os resultados nos fornecem uma visão de como os efeitos das mudanças climáticas, sobre a produtividade agrícola, variam entre as regiões e os tipos agrícolas.

2.2.3 Base de dados

A base de dados utilizada para construir os indicadores de produtividade agrícola municipal, por cultivo, foi extraída do Censo Agropecuário do IBGE de 2006²⁰. Foram selecionados 21 cultivos: Arroz em Casca, Trigo e Cereais, Milho em Grão, Algodão em Fibra, Cana de Açúcar, Soja em Grão, Mandioca, Fumo em Folha, Tomate, Batata Inglesa, Cebola, Amendoim, Abacaxi, Banana, Feijão em Grão, Castanha de Caju, Uva para suco ou vinho, Laranja, Café em Grão, Outros da Lavoura Permanente e Outros da Lavoura Temporária. Os cultivos foram desagregados em produção oriunda da agricultura familiar e da agricultura patronal.

O número de hectares cultivados com o cultivo k em cada município m determina o uso de terra para cada categoria da lavoura. A participação ou *share* em área de cada cultivo é determinada pela divisão da área do cultivo k pela área total dos cultivos analisados, em hectares. O *share* é dado por:

$$S_{mk} = \frac{\text{Área ocupada com cultivo } k \text{ em } m}{\text{Área cultivada em } m}$$

A produtividade do cultivo k no município m é determinada pela razão entre o valor de sua produção e a área cultivada de k em m :

$$Y_{mk} = \frac{\text{Valor da produção do cultivo } k \text{ em } m}{\text{Área cultivada de } k \text{ em } m}$$

A produtividade agregada é definida como:

²⁰ O modelo estimado com o cenário climático base, utiliza o período de normal climatológica calculado entre os anos de 1971 a 2005. Desta forma, os dados do Censo Agropecuário do IBGE de 2017 não foram utilizados, pois i) os dados do censo de 2017 já incorporam os efeitos das mudanças climáticas, verificados entre 2006 e 2017, e ii) utilizá-los implicaria no distanciamento entre os dados climáticos e os dados agrícolas.

$$Y_m = \frac{\sum_k \text{Valor da produção do cultivo } k \text{ em } m}{\text{Área cultivada em } m}$$

As variáveis utilizadas como controle na análise empírica também são oriundas do Censo Agropecuário de 2006 e relacionam-se aos fatores utilizados na produção. Foram utilizados: i) o logaritmo natural do valor das máquinas, equipamentos e tratores presentes nas propriedades, por hectare; ii) o logaritmo natural do número de trabalhadores por hectare; iii) a área de benfeitorias, representada pelas áreas com construções, benfeitorias ou caminhos, iv) o logaritmo natural do valor das instalações nas propriedades; v) o logaritmo natural da área irrigada em hectares; vi) a participação de proprietários em cooperativas; vii) a participação de proprietários em associações; e viii) variáveis geográficas, por município, referentes à altitude, latitude e longitude, extraídas do Ipeadata.

Os dados²¹ climáticos de temperatura e precipitação, utilizados para a construção do modelo base, são provenientes da base de dados *Terrestrial Air Temperature and Precipitation* descrita por Wilmott e Matsuura (2012). Os dados são estimativas mensais de temperatura e precipitação para todas as regiões da Terra, obtidos através de interpolações de dados de diferentes estações climáticas com resolução de 0.5 graus, com dados em grid. O recorte temporal selecionado para a construção do modelo base, compreende um período de 34 anos, entre 1971 a 2005, respeitando assim o padrão mínimo de trinta anos estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para análises sobre mudanças climáticas. O período de trinta anos, denominado de normal climatológico, é utilizado como referência no cálculo da média de variáveis climáticas, de forma que o fenômeno das mudanças climáticas é constatado quando há alterações relevantes nos valores médios das variáveis entre as normais climatológicas.

A escolha das variáveis temperatura e precipitação como *proxy* para clima é usual na literatura, dada a maior disponibilidade de dados históricos e projetados, e por apresentar relação com outras variáveis climáticas, como os níveis de humidade relativa do ar e de cobertura de nuvens. Especificamente no presente estudo, a escolha se dá ainda, em virtude da alta sensibilidade da produtividade agrícola à temperatura e aos níveis de precipitação. A Figura 2 ilustra os dados de temperatura e precipitação históricos médios ao nível municipal no Brasil.

²¹ A descrição das bases de dados de temperatura e precipitação estão disponíveis em: http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/Global2011/README.GlobalTsT2011.html e http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/Global2011/README.GlobalTsP2011.html

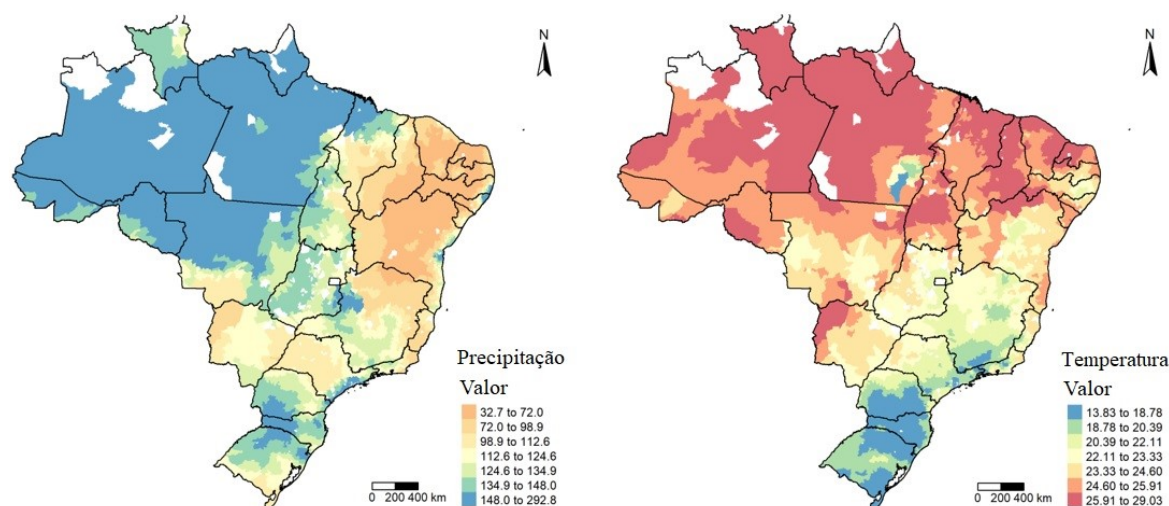


Figura 2: Dados Históricos de Precipitação e Temperatura (1971/2005)

Fonte: Elaboração própria com base em *Terrestrial Air Temperature and Precipitation*

Os dados projetados de temperatura e precipitação, substituídos no modelo estimado, são referentes aos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 do IPCC (2014), considerando os períodos de 2021/2050 e 2051/2080. A elaboração dos cenários para o Brasil, pelo INPE e com base na normal climatológica de 1971/2005, foi realizada através do modelo climático regional Eta-CPTEC. Tais dados estão disponíveis²² no repositório de dados de projeções climáticas futuras do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST/INPE). O Cenário RCP 4.5 foi escolhido por representar um caminho mais otimista para o desempenho das emissões de GEE e temperatura globais, com projeção de aquecimento médio global em 1,8°C no ano de 2100, em relação à temperatura média verificada entre 1986 e 2005. O cenário RC 8.5, representa uma possibilidade pessimista de evolução das emissões e temperatura globais, com estimativa provável de aquecimento em torno de 3,7°C em 2100 (AR5, 2014). Assim, é possível definir, grosso modo, uma amplitude de resultados, dado um cenário que contempla políticas mitigatórias, cujo aumento da temperatura média global ficaria abaixo dos 2° C, e outro cenário pessimista, de aumento relevante da temperatura. Cabe destacar, que pelo último relatório do IPCC (2014), o caminho histórico das emissões tem se aproximado das projeções do cenário mais pessimista. As Figuras 3 e 4, ilustram as projeções de precipitação e temperatura de acordo com os cenários climáticos.

²² Os dados de projeções de mudança do clima para a América do sul regionalizadas pelo modelo Eta estão disponíveis em: <https://projeta.cptec.inpe.br/#/dashboard>

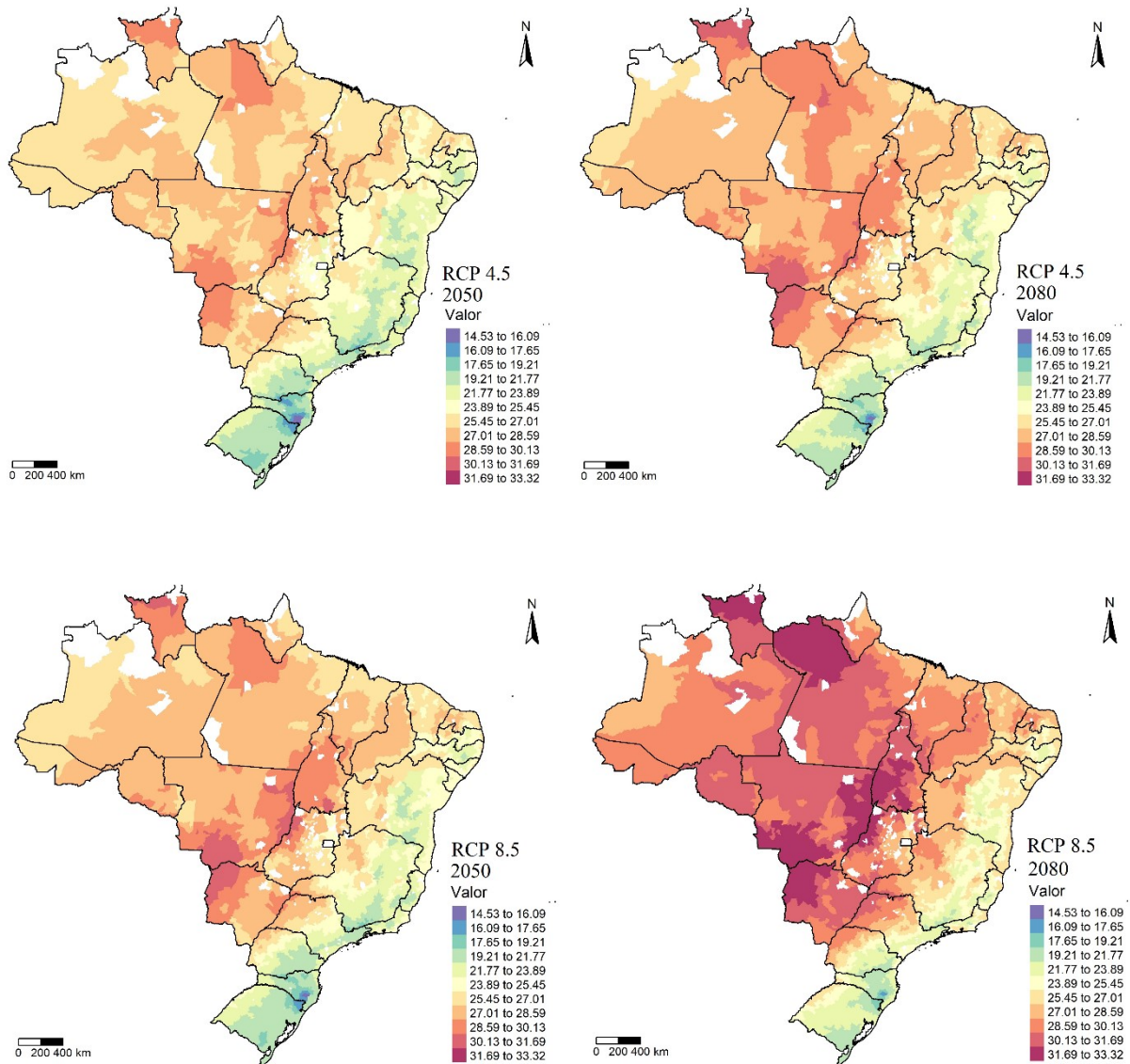


Figura 3: Temperatura Média Projetada pelos Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INPE

As temperaturas projetadas para os anos de 2050 e 2080 pelos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 indicam elevação mais intensa nas regiões de latitude baixa, ou, próximas à linha do equador. Neste sentido, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste serão mais impactadas. O aumento de temperatura é gradual, alcançando os maiores valores médios ao final do século XXI. Como esperado, verifica-se pela Figura 3, que as projeções são mais intensas no cenário RCP 8.5. Considerando os dois cenários, verifica-se que a temperatura mínima projetada para o cenário otimista RCP 4.5, inicia-se em 14,5°C no ano de 2050 e passa a ser de 16,8°C em 2080 no cenário pessimista. Ou seja, uma variação de 2°C entre os dois cenários. Em relação à temperatura máxima, a variação chega a 3°C entre os cenários.

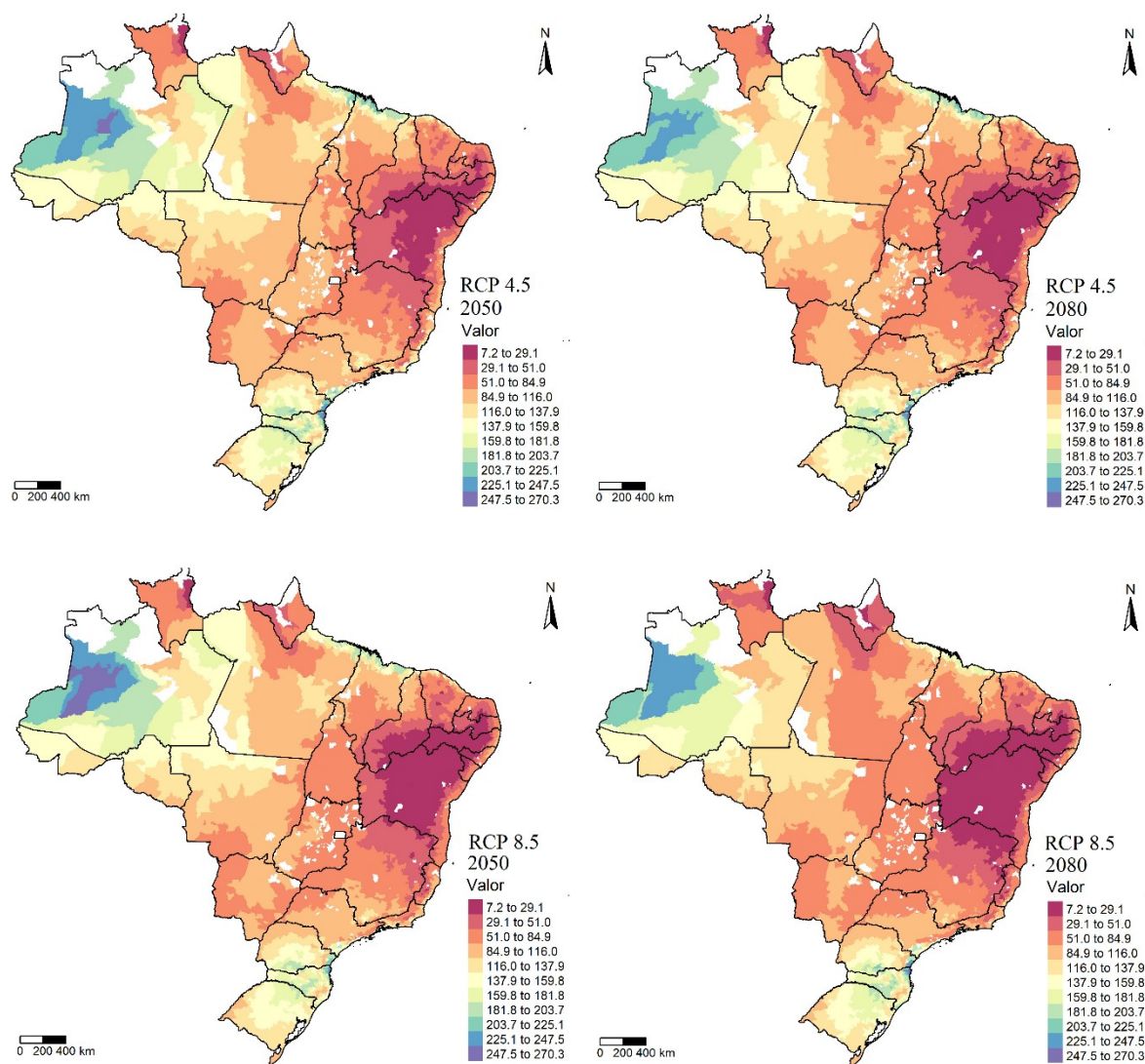


Figura 4: Precipitação Média Projetada pelos Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do INPE

A Figura 4 ilustra as projeções de precipitação para os anos de 2050 e 2080 para os dois cenários RCP 4.5 e RCP 8.5. Verifica-se uma redução do volume de precipitação entre os anos e entre os cenários. Com redução nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, e elevação dos níveis na região Sul e partes da região Sudeste.

Por fim, o modelo considerou uma amostra de 5364 municípios na estimação dos impactos climáticos na produtividade agrícola agregada originada da agricultura familiar e 5327 considerando agricultores patronais. Os municípios que não apresentam dados de uso da terra e dados climáticos foram retirados das amostras na estimação, por cultivo individual e por

cultivo agregado. A seguir são apresentadas as estatísticas descritivas dos cultivos da agricultura familiar e patronal.

2.2.3.1 Agricultura Familiar

Os dados utilizados para caracterizar a produtividade agrícola dos agricultores familiares foram extraídos do Censo Agropecuário de 2006. A definição de agricultura familiar utilizada pelo Censo é orientada pela Lei nº 11.326, de 24 de Julho de 2006, que estabelece o agricultor familiar como aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo simultaneamente, aos requisitos: i) não detenha área maior que 4 módulos fiscais; ii) utilize predominantemente mão de obra familiar; iii) tenha renda familiar predominantemente oriunda das atividades do estabelecimento rural; e iv) dirija seu estabelecimento com sua família. Neste sentido, a agricultura familiar foi delimitada nos questionários, seguindo o princípio legal enunciado, de forma que para o estabelecimento ser classificado como familiar, precisaria atender simultaneamente todas as seguintes condições (Censo Agropecuário do IBGE, 2006):

- i) O estabelecimento não foi considerado de agricultura familiar, se a área do estabelecimento fosse maior que 4 módulos fiscais;
- ii) Se o estabelecimento pertencia a produtores comunitários, mas estes detinham frações por produtor, maiores que 4 módulos fiscais, o estabelecimento não foi considerado de agricultura familiar;
- iii) Se a unidade de trabalho contratado for maior que a unidade de trabalho familiar, não foi considerado como agricultura familiar;
- iv) Se o total de rendimentos do estabelecimento for menor que o rendimento de salários obtidos em atividades externas ao estabelecimento, ou se o estabelecimento for dirigido por um administrador, sociedade anônima, instituição de utilidade pública ou por um produtor através de um capataz, ou pessoa com laços de parentesco, contando com empregados contratados, o estabelecimento não foi considerado de agricultura familiar;

A Tabela 7 apresenta as estatísticas descritivas dos dados de produtividade média familiar utilizados como variável dependente no modelo econométrico. Verifica-se que a produtividade média, medida em termos de valor da produção por hectare colhido é heterogêneo, assim como o número de municípios com dados disponíveis de produção. Ressalta-se, pela metodologia do Censo Agropecuário do IBGE, os municípios com apenas

um produtor, não foram considerados na amostra. As Tabelas A1 e A2 no Apêndice A, apresentam as informações de participação das UF, em termos de valor da produção, por cultivo familiar.

Tabela 7: Estatística Descritiva de Produtividade Agrícola Familiar

Cultivo	Produtividade (R\$/ha)		Número de Municípios
	Média	Desvio-Padrão	
Agricultura (Total)	1627,73	49,53	5364
Banana	20747,52	2478,26	2655
Café em Grão	3809,4	183,01	1522
Castanha de Caju	923,37	63,28	628
Laranja	9462,11	939,91	1278
Uva	9723,38	564,95	387
Outros da Lav. Temporária	5453,39	491,9	4276
Abacaxi	7264,25	879,73	1028
Algodão Herbáceo	906,34	93,39	361
Amendoim	1106,16	123,41	1154
Arroz	1214,78	43,88	2531
Batata	3674,66	241,97	807
Cana de Açúcar	3888,91	706,5	2973
Cebola	1606,3	68,58	558
Feijão	494,99	12,34	4194
Fumo em Folha	5290,7	266,12	793
Mandioca	2258,45	203,28	4291
Milho	826,71	17,32	5000
Soja	988,27	10,74	1024
Tomate	3079,34	195,74	298
Trigo	572,16	18,49	531
Outros da Lav. Permanente	1757,85	356,95	5261

Fonte: Elaboração própria com base no Censo Agropecuário do IBGE (2006)

A Tabela 8 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas como controle nas estimações. As variáveis temperatura e precipitação foram utilizadas como *proxy* para o clima no modelo estimado, sendo posteriormente substituídas por dados de projeções de temperatura e precipitação segundo os cenários de mudanças climáticas. As variáveis climáticas utilizadas na estimação são referentes às médias do período de alta, compreendendo os meses correspondentes às estações primavera e verão, e de baixa, compreendendo os meses referentes às estações outono e inverno. Em relação às variáveis utilizadas como insumo no processo produtivo, máquinas e equipamentos, trabalho, instalações e área irrigada são reportadas na Tabela 8 em nível, mas utilizadas em logaritmo natural nas estimações.

Tabela 8: Estatísticas Descritivas das Variáveis Climáticas e de Controle Familiares

Variável	Obs.	Média	Desvio Padrão	Min.	Max.
Temperatura (mensal)	5364	22,23	3,38	13,82	29,02
Precipitação (mensal)	5364	114,74	42,2	32,68	292,77
Temperatura Primavera/Verão	5364	23,86	2,46	16,49	29,57
Temperatura Outono/Inverno	5364	20,61	4,37	11,16	28,48
Precipitação Primavera/Verão	5364	134,33	57,12	31,78	386,78
Precipitação Outono/Inverno	5364	95,15	49,2	9	281,15
Altitude	5364	413,44	269,7	0	1495,63
Latitude	5364	-16,26	9,41	-33,51	3,88
Longitude	5364	-46,58	7,06	-72,91	-34,81
Máquinas e Equipamentos (R\$/Ha)	5364	6.364*	11.700*	12	184.000*
Trabalho	5364	0,08	0,31	0	320
Associados às entidades de classe	5364	0,15	1,58	0	1830,7
Associados às cooperativas	5364	0,04	0,13	0	59,74
Benfeitorias (área)	5364	397,61	639,01	0	10851
Instalações (R\$/Ha)	5364	11.400*	16.400*	15	203.000*
Área Irrigada	5364	287,22	860,34	0	13969,15

Fonte: Elaboração própria com base nos dados climáticos do Terrestrial Air Temperature and Precipitation, Censo Agropecuário do IBGE (2006) e Ipeadata. Nota: *Valores em mil reais

Os dados sobre a agricultura familiar utilizados, obtidos do Censo Agropecuário do IBGE (2006), representam as características deste tipo de produtor, para cada município e, posteriormente, para cada Unidade da Federação. Ressalta-se que os agricultores familiares são heterogêneos, com uma parcela de produtores produzindo para a subsistência e outra altamente mecanizada, produzindo em cooperativas e inseridas em cadeias produtivas e, não obstante, esta diferenciação entre os produtores varia de região e de cultivo produzido. Neste sentido, a agregação de todos os tipos de produtores familiares na amostra, pode ser um fator limitador dos resultados deste estudo, contudo ele capta minimamente a configuração regional dos produtores ao utilizar os dados municipais do Censo Agropecuário do IBGE.

2.2.3.2 Agricultura Patronal

O conceito de agricultura patronal utilizado neste estudo é extraído do Censo Agropecuário do IBGE de 2006, que caracteriza a agricultura patronal como sendo aquela desempenhada em estabelecimentos: i) administrados por um administrador, ou produtor titular (inclusive através de um capataz ou pessoa com laço de parentesco); ii) cuja unidade de trabalho contratada seja superior à unidade de trabalho familiar; iii) cuja área total do estabelecimento seja maior que a Área Máxima Regional por Região Geográfica, e portanto, maior que 1155,2 ha na região Norte, 693,9 ha no Nordeste, 650,7 ha no Centro-Oeste, 348,2 ha no Sudeste e 279,3 ha na região Sul.

A Tabela 9 apresenta os dados de produtividade agrícola dos agricultores patronais, calculadas como a razão entre o valor da produção e a área colhida. Verifica-se que a produtividade média dos cultivos agregados (variável Agricultura) da agricultura patronal é maior que a produtividade média dos agricultores familiares. Contudo, na análise individual o resultado é heterogêneo, com a agricultura patronal se destacando na produtividade média dos cultivos de Café, Algodão, Milho, Soja, Trigo, Amendoim, Arroz e Batata. A agricultura familiar se destaca com produtividade média maior nos cultivos de Banana, Castanha de Caju, Laranja, Uva, Abacaxi, Fumo, Mandioca e Tomate. Ressalta-se que as amostras de municípios com agricultura patronal são consideravelmente inferior às amostras de municípios com agricultura familiar. As Tabelas A3 e A4 no Apêndice A, apresentam as informações sobre as participações das UF, em termos de valor da produção, por cultivo.

Tabela 9: Estatística Descritiva de Produtividade Agrícola Patronal

Cultivo	Produtividade (R\$/ha)		Número de Municípios
	Média	Desvio-Padrão	
Agricultura (Total)	2048,929	57,74645	5327
Banana	19359,67	2122,782	1487
Café em Grão	6512,086	300,3374	1204
Castanha de Caju	706,4177	189,6332	377
Laranja	6427,06	403,4143	819
Uva	8613,427	913,9648	142
Outros da Lav. Temporária	5433,242	627,7393	3817
Abacaxi	6323,784	450,5525	337
Algodão Herbáceo	3812,347	444,7121	150
Amendoim	2194,714	221,4522	242
Arroz	2179,905	83,32025	1575
Batata	6417,082	674,9301	226
Cana de Açúcar	3745,594	148,2397	2126
Cebola	1697,54	490,9507	173
Feijão	931,3416	51,27163	3302
Fumo em Folha	4585,356	686,8688	373
Mandioca	2248,068	412,1625	2933
Milho	1168,982	36,37324	4628
Soja	1092,035	13,15011	1211
Tomate	2767,046	501,5526	106
Trigo	714,2387	21,95194	537
Outros da Lav. Permanente	2467,335	231,9451	5127

Fonte: Elaboração própria com base no Censo Agropecuário do IBGE (2006)

A Tabela 10 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis climáticas e demais controles utilizados na estimação do modelo patronal. Assim como no modelo familiar, as variáveis relacionadas aos fatores de produção, máquinas e equipamentos, trabalho e

instalações, são reportadas em nível na Tabela 10, mas utilizadas em logaritmo natural nas estimações. As características que distinguem os tipos de produtores em familiar e patronal estão presentes nas estatísticas descritivas reportadas nas Tabelas 8 e 10. Observa-se que em relação aos produtores familiares, a área irrigada e de benfeitorias são relativamente superiores, assim como os valores por hectare das instalações, máquinas e equipamentos utilizados na produção. Ademais, o número de trabalhadores por hectare, é inferior nas propriedades patronais. Tais características evidenciam o uso intensivo de capital pelos produtores patronais e uso intensivo em trabalho pelos familiares.

Tabela 10: Estatísticas Descritivas das Variáveis Climáticas e de Controle Patronais

Variável	Obs.	Média	Desvio Padrão	Min	Max
Temperatura (mensal)	5327	22,01	2,47	13,83	29,03
Precipitação (mensal)	5327	128,27	25,31	32,68	292,78
Temperatura Primavera/Verão	5327	23,67	1,78	16,50	29,57
Temperatura Outono/Inverno	5327	20,35	3,29	11,16	28,48
Precipitação Primavera/Verão	5327	179,53	55,19	31,78	386,79
Precipitação Outono/Inverno	5327	77,00	44,26	9,01	302,70
Altitude	5327	507,30	246,89	0,00	1495,64
Latitude	5327	-19,07	6,43	-33,69	4,48
Longitude	5327	-50,33	5,27	-72,92	-34,81
Máquinas e Equipamentos (R\$/Ha)	5327	16.400*	36.600*	52	654.000*
Trabalho	5327	0,01	0,04	0	12,2
Associados às cooperativas	5327	0,13	0,47	0	145,85
Associados às entidades de classe	5327	0,14	0,90	0	174,37
Benfeitorias (área)	5327	794,11	1603,33	0	66.740
Instalações (R\$/Ha)	5327	20.200*	38.800*	2	48.600*
Área Irrigada	5327	4897,5	9175,9	0	69.843

Fonte: Elaboração própria com base nos dados climáticos do Terrestrial Air Temperature and Precipitation, Censo Agropecuário do IBGE (2006) e Ipeadata. Nota: * Valores em mil reais

2.3 Estimção com dados empilhados

O primeiro exercício empírico realizado, consistiu em estimar a amostra total de agricultores familiares e patronais, utilizando todas as variáveis de controle apresentadas nas Tabelas 8 e 10 e mais uma variável *dummy* criada para identificar os dados referentes à agricultura familiar. A Tabela 11 apresenta os coeficientes obtidos pela estimção individual de cada cultivo e para os cultivos agregados, representados pela variável denominada Agricultura. Verifica-se que os coeficientes foram estatisticamente significativos para a maioria dos cultivos, inclusive para a variável Agricultura. Há indícios de que a produtividade agrícola é distinta entre os tipos de produtores, e portanto, os efeitos das mudanças climáticas podem ser absorvidos de maneira diferenciada.

Tabela 11: Coeficientes da *Dummy* "Agricultura Familiar" por Cultivo

Agricultura	-0.2196*** (0.0414)	Cana de Açúcar	-0.124* (0.0712)
Café	-0.219*** (0.0300)	Cebola	-0.0983 (0.1013)
Castanha de Caju	0.336*** (0.1143)	Feijão	-0.042 (0.0548)
Laranja	0.065 (0.0981)	Fumo	0.2139 (0.2540)
Uva	0.1003432 (0.0782)	Mandioca	0.344** (0.1622)
Outros da Lav. Permanente	0.156* (0.0865)	Milho	-0.157*** (0.0304)
Abacaxi	0.264* (0.1490)	Soja	-0.071** (0.0348)
Algodão Herb.	-1.103*** (0.2149)	Tomate	0.2182 (0.2160)
Amendoim	-0.305*** (0.0919)	Trigo	-0.071** (0.0406)
Arroz	-0.0707 (0.0497)	Outros da Lavoura Temporária	-0.212* (0.1231)
Batata Inglesa	-0.405*** (0.1014)	Banana	0.089496 (0.1459)

Fonte: Elaboração Própria com base nos resultados do modelo econométrico. Nota: Erro-padrão robusto a heterocedasticidade entre parênteses. *** p-valor <0.01, ** p-valor <0.05, * p-valor <0.10

Os resultados da estimação indicam como a estrutura produtiva relaciona-se com a produtividade dos cultivos e qual tipo de produtor apresenta-se como mais produtivo. Para a produção dos cultivos de Café, Castanha de Caju, Abacaxi, Algodão, Amendoim, Batata Inglesa, Cana de Açúcar, Mandioca, Milho, Soja, Trigo e outros da Lavoura Temporária e Permanente, a configuração familiar e patronal é relevante para determinar a produtividade. Para os demais, o modelo não captou uma diferenciação na estrutura produtiva que influenciasse a produtividade. São os casos do cultivo de Laranja, Uva, Abacaxi, Arroz, Cebola, Feijão, Fumo, Tomate e Banana.

Ademais, a estimação com dados empilhados evidencia a contribuição da agricultura familiar para a produtividade, ou seja, indica que ser agricultor familiar contribui para o aumento ou diminuição da produtividade agrícola. O sinal negativo do coeficiente, na Tabela 11, sugere que a agricultura familiar possui menor produtividade nos cultivos do Café, Algodão, Amendoim, Arroz, Batata Inglesa, Cana de Açúcar, Cebola, Feijão, Milho, Soja, Trigo e Outros da Lavoura Temporária. Nos cultivos de Mandioca, Fumo, Tomate, Banana, Abacaxi, Castanha

de Caju, Laranja, Uva e Outros da Lavoura Permanente, a agricultura familiar apresenta-se como mais produtiva.

Destarte, considerando-se os cultivos de forma agregada (variável agricultura), verifica-se que a estrutura produtiva da agricultura familiar é relevante para determinar a produtividade agrícola, e não obstante, contribui de forma negativa para a produtividade total. Neste sentido, é necessário desagregar a agricultura entre familiar e patronal, a fim de se verificar os impactos das mudanças climáticas em cada tipo de produtor.

2.4 Estimação por Tipo de Agricultura

O segundo exercício empírico realizado consiste em estimar, separadamente, os efeitos das variáveis climáticas sobre a produtividade agrícola oriunda da agricultura familiar e da agricultura patronal. Um modelo inicial com dados climáticos históricos, referentes ao período de 1971 a 2005, foi estimado para cada tipo de produtor. Em seguida, alteram-se os valores das variáveis climáticas, mantendo os coeficientes estimados e demais variáveis controle, e verifica-se o resultado em termos de produtividade agrícola. As alterações de temperatura e precipitação são utilizadas como *proxy* para as mudanças climáticas no modelo. As estimações foram realizadas sobre a produtividade agrícola total (agregada) e sobre os cultivos de forma individual.

Ressalta-se que os resultados devem ser interpretados como o efeito “puro” das variáveis climáticas sobre a produtividade agrícola, posto que o progresso tecnológico, e outros fatores que afetam a produtividade não são incorporados ao modelo. Contudo, a relevância do estudo se mantém, posto que os resultados indicam a magnitude de ganho de produtividade necessário para compensar os efeitos das mudanças climáticas.

2.4.1 Resultados da Agricultura Familiar

A produtividade agrícola total foi estimada em três etapas, todas contra as variáveis climáticas, mas acrescentando gradualmente as demais variáveis de controle, a fim de se verificar o desempenho em termos de sinal e significância dos coeficientes relacionados à temperatura e precipitação. Primeiramente, a produtividade agrícola, variável dependente no modelo, foi estimada apenas contra as variáveis geográficas e climáticas (altitude, longitude, latitude, temperatura média e precipitação média). Neste exercício, todas as variáveis foram estatisticamente significativas, com exceção da precipitação e precipitação ao quadrado. Em seguida, as variáveis de controle referentes aos fatores de produção foram incorporadas ao

modelo. Contudo, as variáveis precipitação e precipitação ao quadrado continuaram não significativas. Por fim, ao estimar o modelo com a incorporação das demais variáveis de controle, a variável precipitação passou a ser estatisticamente significativa. Ressalta-se que as variáveis de temperatura e precipitação não apresentaram grandes alterações entre as estimações. A Tabela 12 apresenta os resultados da estimação para a produtividade agrícola total.

Tabela 12: Produtividade Agrícola Familiar Total e Variáveis de Controle

Variáveis de Controle	Variável Dependente: log (Produtividade Total da Agricultura)		
	Coef. (1)	Coef. (2)	Coef. (3)
Temperatura Alta (Primavera e Verão)	-3.088*** (0.382)	-3.363*** (0.465)	-3.376*** (0.484)
Temperatura Baixa (Outono e Inverno)	1.427*** (0.127)	1.519*** (0.142)	1.520*** (0.142)
Temperatura Alta ao Quadrado (Primavera e Verão)	0.060*** (0.008)	0.066*** (0.010)	0.066*** (0.010)
Temperatura Baixa ao Quadrado (Outono e Inverno)	-0.029*** (0.003)	-0.031*** (0.003)	-0.031*** (0.003)
Precipitação Alta (Primavera e Verão)	0.013*** (0.002)	0.014*** (0.002)	0.014*** (0.002)
Precipitação Baixa (Outono e Inverno)	0.005*** (0.002)	0.003 (0.002)	0.002 (0.002)
Precipitação Alta ao Quadrado (Primavera e Verão)	-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)
Precipitação Baixa ao Quadrado (Outono e Inverno)	0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000 (0.000)
Características Geográficas	Sim	Sim	Sim
Fatores Primários	Sim	Sim	Não
Capital Social	Sim	Não	Não
Outros	Sim	Não	Não
Observações	5128	5358	5358
R-Quadrado Ajustado	0.432	0.390	0.389

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico. Nota: Erro-padrão robusto a heterocedasticidade entre parênteses. *** p-valor <0.01, ** p-valor <0.05, * p-valor <0.10.

A produtividade agrícola foi estimada individualmente para cada cultivo familiar. Os resultados, apresentados nas Tabelas 13 e 14, indicam que as variáveis climáticas afetam a produtividade agrícola de forma bastante heterogênea, com disparidade de cultivos positivamente e negativamente impactados. A significância das variáveis climáticas nas estimações individuais é menor que a verificada na estimação com os cultivos agregados, mas, ainda relevante. Os cultivos de Café, Laranja, Outros da Lavoura Permanente, Outros da Lavoura Temporária, Algodão, Amendoim, Batata Inglesa, Cebola, Milho, Soja, Tomate, Trigo

e Banana apresentaram ao menos uma variável climática ao nível de significância de 1%. Apenas os cultivos de Castanha de Caju, Abacaxi, Uva, Arroz e Fumo apresentaram baixo nível de significância nas variáveis climáticas, no entanto, todas apresentaram ao menos uma variável climática significativa. Em relação aos valores obtidos da estatística R² Ajustado, observa-se que metade dos cultivos apresentam resultados acima de 0,40. As maiores estatísticas foram verificadas nos cultivos de Café, Trigo, Algodão, Amendoim e Outros da Lavoura Temporária. Cana de Açúcar, Abacaxi e Feijão, apresentaram valores reduzidos.

Em relação a influência das variáveis climáticas sobre a produtividade agregada da agricultura, os resultados da Tabela 13 indicam que o aumento de 1°C na temperatura média, entre as estações de alta de temperatura (primavera e verão), provoca uma redução de -3,08% na produtividade média (dada em R\$/Ha) dos cultivos agregados no Brasil. Já o aumento 1°C na temperatura média entre o outono e o inverno, representa a elevação de 1,42% na produtividade média. As variáveis temperatura ao quadrado nas estações de alta e baixa contribuem pouco para a alteração de produtividade, o aumento (redução) de 1°C da temperatura ao quadrado na estação de alta (baixa), contribui com 0,06% (-0,02%) na variação da produtividade. Em relação às variáveis de precipitação, os resultados indicam que o aumento de 1mm no nível de precipitação média, entre as estações primavera e verão, implica em aumento de produtividade agrícola agregada na ordem de 0,01%, já com o aumento de 1mm durante as estações outono e inverno, a produtividade se reduz em -0,02%. Os resultados para os cultivos individuais seguem a mesma lógica interpretativa.

A Tabela 15 apresenta os resultados dos impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola agregada familiar nas Unidades da Federação, para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, entre os anos de 2021/2050 e 2051/2080. Os resultados foram obtidos pela substituição no modelo base, das variáveis de temperatura e precipitação históricas, pelas variáveis projetadas nos cenários climáticos, e apresentam grande variabilidade de intensidade entre as regiões, períodos e cenários.

No cenário RCP 4.5, considerado o mais otimista, verifica-se que os estados da região Norte seriam os mais afetados, inclusive com intensificação dos efeitos negativos no ano de 2080. Neste quadro, somam-se os estados do MA, BA, MG e ES. Os resultados sugerem que as UF mais negativamente afetadas são Amapá, com redução de 83,5% na produtividade agrícola, seguido por Roraima (-53,6%), Sergipe (-52,8%), Bahia (-49,5%) e Alagoas (-46,8%). Destas UF, com exceção de Alagoas, todas apresentam deterioração do quadro de produtividade

para o período de 2051/2080. Em relação às UF beneficiadas com ganho de produtividade agrícola agregada, destacam-se as localizadas na região Sul, acompanhadas por SP, RJ e MS. Ressalta-se que, com exceção do RJ, o ganho de produtividade seria intensificado na segunda metade do século.

No cenário RCP 8.5, de maneira geral também há uma deterioração do quadro de produtividade entres os períodos de 2021/2050 e 2051/2080, com a maioria das UF sendo negativamente afetada. As maiores perdas em termos de produtividade agrícola agregada, no período de 2051/2080, foram verificadas no Amapá (-87,6%), Sergipe (-58,2%), Bahia (-56,3%), Pernambuco e Alagoas (-51%) e Pará (-49,7%). No período 2051/2080, amplia-se o número de UF beneficiadas, com o acréscimo de Mato Grosso e Goiás.

Verifica-se que grande maioria das UF é negativamente afetada, com efeitos negativos mais intensos nas regiões Norte e Nordeste. As regiões Centro-Oeste e Sudeste apresentam impactos moderados, com as UF ao norte dessas regiões sendo negativamente impactadas, ao passo que as UF localizadas ao sul, seriam impactadas positivamente. A região Sul configura-se como a grande beneficiária, concentrando os efeitos positivos de aumento de produtividade em ambos os cenários e períodos.

Tabela 13: Produtividade Agrícola por Cultivo Familiar e Fatores Climáticos (Modelo Base) (1971/2005)

Variáveis Climáticas	Variável Dependente: log (Produtividade Agrícola Patronal por Cultivo)										
	Agricultura	Café	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herb.	Amendoim	Arroz	Batata Inglesa
Temperatura Alta	-3.088***	-2.778***	3.747*	2.101	1.442	-2.690***	3.654	1.591	0.0566	-0.0618	-2.639***
(Primavera e Verão)	(0.382)	(0.801)	(2.163)	(1.685)	(2.149)	(0.651)	(2.834)	(1.634)	(1.084)	(0.472)	(0.834)
Temperatura Baixa	1.427***	1.320***	-1.092	-0.150	-2.067	0.908***	-0.673	-0.854	0.0740	0.219	1.105***
(Outono e Inverno)	(0.127)	(0.377)	(1.476)	(0.704)	(1.319)	(0.326)	(0.873)	(0.597)	(0.327)	(0.161)	(0.415)
Temperatura Alta ao Quadrado	0.0606***	0.0569***	-0.0625	-0.0412	-0.0459	0.0627***	-0.0684	-0.0220	0.0002	0.0007	0.0562***
(Primavera e Verão)	(0.0083)	(0.0172)	(0.0416)	(0.0369)	(0.0512)	(0.0133)	(0.0562)	(0.0337)	(0.0229)	(0.0099)	(0.0186)
Temperatura Baixa ao Quadrado	-0.0298***	-0.0291***	0.0168	-0.0034	0.0797*	-0.0276***	0.0116	0.0127	-0.0005	-0.0049	-0.0257**
(Outono e Inverno)	(0.0032)	(0.0091)	(0.0301)	(0.0181)	(0.0426)	(0.0072)	(0.0180)	(0.0147)	(0.0082)	(0.0034)	(0.0106)
Precipitação Alta	0.0137***	0.0118**	-0.0038	0.0417***	-0.0380	-0.0069*	-0.0038	0.0494***	-0.0142***	-0.0033	0.0229***
(Primavera e Verão)	(0.0020)	(0.0047)	(0.0095)	(0.0109)	(0.0521)	(0.0041)	(0.0073)	(0.0111)	(0.0051)	(0.0026)	(0.0085)
Precipitação Baixa	0.0056***	0.0038	0.0097	0.0430***	0.0497*	0.0023	-0.0115	0.0096	-0.0153***	0.0036	-0.0099
(Outono e Inverno)	(0.0021)	(0.0062)	(0.0072)	(0.0092)	(0.0275)	(0.0037)	(0.0086)	(0.0091)	(0.0052)	(0.0026)	(0.0081)
Precipitação Alta ao Quadrado	-0.0000***	-0.0000*	0.0000*	-0.0001***	0.0001	0.0000**	0.0000	-0.0001***	0.0000*	0.0000	-0.0000***
(Primavera e Verão)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Precipitação Baixa ao Quadrado	0.0000	0.0000	-0.0000*	-0.0001***	-0.0002*	0.0000	0.0000*	-0.0000	0.0000***	-0.0000*	0.0000*
(Outono e Inverno)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Observações	5128	1482	596	1229	368	4018	902	328	1074	2425	707
R-Quadrado Ajustado	0.432	0.559	0.231	0.251	0.318	0.350	0.153	0.647	0.490	0.444	0.382

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico. Nota: Erro-padrão robusto a heterocedasticidade entre parênteses. *** p-valor <0.01, ** p-valor <0.05, * p-valor <0.10.

Tabela 14: Produtividade Agrícola por Cultivo Familiar e Fatores Climáticos (Modelo Base) (1971/2005)

Variáveis Climáticas	Variável Dependente: log (Produtividade Agrícola Patronal por Cultivo)										
	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão	Fumo	Mandioca	Milho	Soja	Tomate	Trigo	Outros da Lav. Temporária	Banana
Temperatura Alta	2.590*	0.467	-1.692**	-0.252	1.484**	-0.949***	-1.633***	1.775	-2.971***	-4.783***	3.835***
(Primavera e Verão)	(1.406)	(1.331)	(0.754)	(0.991)	(0.695)	(0.298)	(0.375)	(1.221)	(1.116)	(0.937)	(1.032)
Temperatura Baixa	-1.158**	-0.470	0.378	-0.319	-0.296	0.174	0.940***	-1.342**	0.165	1.123**	-1.864***
(Outono e Inverno)	(0.494)	(0.599)	(0.376)	(0.829)	(0.216)	(0.133)	(0.305)	(0.576)	(0.758)	(0.460)	(0.499)
Temperatura Alta ao Quadrado	-0.0561*	-0.0057	0.0380**	0.0061	-0.0300**	0.0208***	0.0320***	-0.0390	0.0716***	0.109***	-0.0654***
(Primavera e Verão)	(0.0309)	(0.0286)	(0.0152)	(0.0222)	(0.0147)	(0.0064)	(0.0069)	(0.0241)	(0.0251)	(0.0206)	(0.0214)
Temperatura Baixa ao Quadrado	0.0299**	0.0068	-0.0123	0.0126	0.0063	-0.0046	-0.0228***	0.0339***	-0.0085	-0.0332***	0.0263**
(Outono e Inverno)	(0.0132)	(0.0143)	(0.0080)	(0.0226)	(0.0055)	(0.0031)	(0.0072)	(0.0123)	(0.0222)	(0.0113)	(0.0115)
Precipitação Alta	-0.0009	0.0400*	0.0124***	-0.0141	0.0024	0.0110***	0.0092*	-0.0203*	-0.156***	0.0091*	0.0007
(Primavera e Verão)	(0.0060)	(0.0221)	(0.0032)	(0.0113)	(0.0026)	(0.0020)	(0.0048)	(0.0103)	(0.0224)	(0.0052)	(0.0050)
Precipitação Baixa	-0.0013	-0.0376***	0.0037	0.0159	0.0050**	0.0078***	0.0052	0.0044	0.0741***	-0.0108**	0.0040
(Outono e Inverno)	(0.0049)	(0.0101)	(0.0027)	(0.0128)	(0.0020)	(0.0018)	(0.0040)	(0.0058)	(0.0180)	(0.0046)	(0.0046)
Precipitação Alta ao Quadrado	0.0000	-0.0001	-0.0000**	0.0000*	0.0000	-0.0000***	-0.0000**	0.0000***	0.0005***	-0.0000	0.0000
(Primavera e Verão)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Precipitação Baixa ao Quadrado	-0.0000	0.0001***	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000***	-0.0000	-0.0000	-0.0002***	0.0000**	-0.0000
(Outono e Inverno)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Observações	2849	495	3995	746	4097	4794	975	280	507	4961	2592
R-Quadrado Ajustado	0.131	0.392	0.144	0.268	0.409	0.402	0.311	0.213	0.583	0.600	0.275

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico. Nota: Erro-padrão robusto a heterocedasticidade entre parênteses. *** p-valor <0.01, ** p-valor <0.05, * p-valor <0.10.

Tabela 15: Efeito Agregado das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade Agrícola Familiar (UF) (%)

UF	Cenário RCP 4.5				Cenário RCP 8.5			
	2021 - 2050		2051 - 2080		2021 - 2050		2051 - 2080	
	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Rondônia	-20.3%	0.051	-21.2%	0.076	-22.2%	0.061	-11.6%	0.152
Acre	-17.7%	0.066	-20.8%	0.077	-20.9%	0.075	-23.1%	0.066
Amazonas	-16.4%	0.245	-22.1%	0.255	-16.4%	0.235	-11.0%	0.234
Roraima	-53.6%	0.097	-53.5%	0.091	-51.7%	0.103	-43.2%	0.102
Pará	-46.2%	0.227	-49.8%	0.222	-43.6%	0.268	-49.7%	0.311
Amapá	-83.5%	0.046	-85.4%	0.034	-83.1%	0.042	-87.6%	0.024
Tocantins	-21.8%	0.158	-10.5%	0.211	-16.4%	0.184	5.3%	0.336
Maranhão	-19.0%	0.298	-22.7%	0.280	-22.5%	0.277	-34.7%	0.221
Piauí	-7.5%	0.276	-2.0%	0.272	-17.3%	0.266	-14.6%	0.219
Ceará	-5.4%	0.297	2.0%	0.321	-19.8%	0.272	-24.8%	0.225
Rio Grande do Norte	-24.1%	0.167	-15.1%	0.213	-34.9%	0.143	-36.4%	0.142
Paraíba	-39.6%	0.096	-35.9%	0.125	-46.5%	0.079	-49.0%	0.093
Pernambuco	-42.3%	0.099	-40.0%	0.142	-47.6%	0.065	-51.0%	0.089
Alagoas	-46.8%	0.094	-43.5%	0.107	-49.4%	0.091	-51.0%	0.082
Sergipe	-52.8%	0.142	-49.5%	0.169	-53.2%	0.122	-58.2%	0.123
Bahia	-49.5%	0.100	-50.0%	0.126	-51.5%	0.084	-56.3%	0.100
Minas Gerais	-26.2%	0.209	-28.8%	0.333	-26.0%	0.247	-14.4%	0.669
Espírito Santo	-13.7%	0.605	-30.2%	0.532	-12.7%	0.545	-36.3%	0.428
Rio de Janeiro	48.8%	0.695	27.9%	0.605	34.0%	0.564	14.3%	0.486
São Paulo	66.9%	0.476	147.3%	1.145	104.7%	0.771	399.7%	3.401
Paraná	144.1%	0.995	278.7%	2.458	210.5%	1.710	794.0%	8.367
Santa Catarina	121.5%	0.715	149.9%	1.021	154.6%	0.907	304.6%	2.266
Rio Grande do Sul	87.5%	0.741	159.8%	1.419	126.8%	1.051	402.7%	3.593
Mato Grosso do Sul	121.2%	0.713	325.8%	1.524	232.4%	1.091	1303.3%	6.384
Mato Grosso	-4.3%	0.284	15.8%	0.514	5.2%	0.373	81.0%	1.416
Goiás	-30.8%	0.179	-14.3%	0.311	-26.7%	0.241	21.7%	0.616

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Os resultados^{23,24} dos impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola familiar dos cultivos individuais, são apresentados na Tabela 16. Verifica-se que as alterações de produtividade agrícola nos cultivos familiares selecionados, são heterogêneos em termos de magnitude, região, cultivo e período analisado. Ressalta-se que tais resultados são utilizados como insumo no modelo de EGC calibrado nesta tese, com o intuito de avaliar os impactos das MC sobre a economia, via alteração na produtividade agrícola estimadas neste capítulo. Os cultivos, oriundos da agricultura familiar, mais afetados negativamente pelas mudanças climáticas seriam Mandioca, Milho, Café, Feijão, Algodão, Fumo, Laranja e Outros da Lavoura Permanente. Os cultivos de Arroz, Amendoim, Abacaxi, Trigo e Outros da Lavoura Temporária são, em média, positivamente impactados. Reitera-se que nenhum cultivo apresentou impacto somente positivo ou somente negativo entre todas as UF.

²³ Nos resultados, considerou-se como *outlier* variações de produtividade maiores que 100%. Os outliers foram substituídos pela média de produtividade agrícola do cultivo analisado.

²⁴ Os resultados são referentes ao cenário RCP 4.5, para os anos de 2021/2050. Os demais resultados individuais por cultivo familiar são reportados na seção Apêndice B deste trabalho.

Considerando os cultivos da Mandioca, Milho, Feijão e Outros da Lavoura Permanente, verifica-se que os impactos negativos são mais intensos entre os estados da região Norte e Nordeste. Tais cultivos, sobretudo nessas regiões, são típicos de subsistência, o que pode implicar deterioração da segurança alimentar dos agricultores familiares destas regiões. Em relação ao cultivo de Café, verifica-se que a produtividade decrescerá em 18% e 28%, respectivamente nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, regiões que, juntas, concentram 75% da produção nacional do cultivo. A produtividade do cultivo de Banana seria, em média, positivamente afetada nos estados do Nordeste, ao passo que nas demais regiões, o impacto seria negativo. Contudo, os maiores produtores da região, Ceará e Pernambuco, seriam negativamente afetados. A produtividade dos cultivos de Arroz e Amendoim pode ser majoritariamente beneficiada, assim como a produtividade do cultivo de Fumo nos estados da região Sul.

Os resultados por cultivo individual e por cultivo agregado entre as UF evidenciam que o fenômeno das MC, ao afetar de maneira heterogênea a produtividade entre os cultivos e as regiões, pode contribuir para o aumento das disparidades regionais no Brasil e para a deterioração das condições de segurança alimentar. As regiões mais afetadas negativamente em termos de produtividade, Norte, Nordeste e Centro-Oeste, são as regiões menos desenvolvidas em termos econômicos. Em contrapartida, regiões desenvolvidas, como os estados da região Sul, além de SP e RJ apresentam-se como UF beneficiadas. Sob o escopo da produtividade individual, as projeções indicam que cultivos fundamentais para a segurança alimentar, sofrerão decréscimo de produtividade em regiões onde são relevantes para esse propósito.

Por fim, observa-se que o comportamento das variáveis é, em grande medida, o mesmo entre os períodos e cenários analisados, com diferença relevante apenas em termos de magnitude de variação, ou seja, os cultivos negativamente afetados com perda de produtividade em determinada região e período, permanecem sendo negativamente afetados no período seguinte, embora tenham magnitude distinta. Na média, os resultados das estimações sugerem uma intensificação das perdas e dos ganhos de produtividade para os cultivos no cenário RCP 8.5.

Tabela 16: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Familiar (Cenário RCP 4.5) (2021-2050)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-0,42	-0,18		-0,23		-0,31	-0,02	-0,06	0,10	0,04	0,92	0,18		-0,13	-0,26	-0,22	-0,13				-0,25
AL	0,20	-0,44	-0,12	-0,21		-0,56	0,05	-0,71	-0,18	0,01	-0,42	0,34		-0,28	-0,49	-0,29	-0,37		0,13		-0,22
AP	0,07			0,30		-0,57	0,14			0,64		0,08		-0,56		-0,73	-0,72				-0,59
AM	-0,23	0,11		0,47		-0,31	0,14		0,23	0,08	0,97	-0,19		-0,11	-0,56	-0,26	-0,22				0,24
BA	0,02	-0,46	-0,37	-0,79	-0,70	-0,22	0,22	-0,77	0,40	0,17	-0,39	-0,17	-0,41	-0,33	-0,29	-0,29	-0,41	-0,27	0,41		0,09
CE	-0,03	-0,35	0,01	-0,58		-0,28	0,06	0,13	0,18	0,02	-0,08	0,01	0,23	-0,01	-0,25	0,27	-0,08		0,04		-0,15
ES	-0,36	-0,28		-0,46	-0,57	-0,14	-0,32		0,47	0,15	-0,42	0,07	-0,56	-0,35		0,21	-0,45		0,24		-0,28
GO	0,06	-0,21		-0,03		0,25	0,77		0,96	0,08	0,55	-0,22	0,81	0,11	-0,11	-0,47	-0,19	-0,40	-0,68		0,95
MA	0,01	-0,46	0,68	0,11		0,09	-0,02		0,22	0,07		-0,06		-0,04		0,00	-0,13	-0,33			0,36
MT	-0,62	0,08	-0,53	-0,11			-0,25	-0,20	0,50	0,01	0,55	-0,43		0,19		-0,55	0,03	-0,46	-0,27		0,40
MS	-0,79	0,45		-0,90		0,32	-0,55	-0,40	0,48	0,06	0,55	-0,74	-0,36	0,13		-0,63	0,29	0,02	-0,55	0,43	0,40
MG	-0,26	-0,18		-0,16	-0,48	0,04	0,05	-0,51	0,98	0,19	0,03	-0,07	-0,47	-0,30	-0,16	-0,29	-0,30	-0,40	-0,05		0,09
PR	-0,70	0,45	-0,02	-0,54	0,16	0,32	0,13	0,44	0,48	0,04	0,36	-0,52	-0,01	-0,10	0,98	-0,26	0,19	0,01	-0,35	0,43	0,40
PB	-0,14	-0,35	-0,27	-0,77	-0,68	-0,32	0,03	-0,34	0,08	-0,04	-0,02	0,18	0,45	-0,20	-0,53	-0,20	-0,30		0,06		-0,01
PA	-0,14	-0,38	-0,47	0,30		-0,53	0,10	-0,74	0,19	0,14	0,22	0,07	-0,14	0,04	0,42	-0,55	-0,23	-0,23	0,33		-0,14
PE	-0,03	-0,34	-0,37	-0,76	-0,50	-0,14	0,22	-0,78	0,45	0,05	-0,23	0,35	-0,07	-0,27	-0,44	-0,31	-0,36	-0,08	0,27		-0,11
PI	0,28		0,30	0,46		0,63	0,20	-0,55	0,63	0,03		-0,20		0,10	-0,28	-0,08	-0,09	-0,36	-0,05		0,63
RN	0,02	-0,23	-0,15	-0,71		-0,56	0,02	0,49	0,13	-0,09		0,24	0,45	-0,13	-0,47	-0,16	-0,22	0,11	-0,04	-0,96	-0,26
RS	-0,57	0,93		-0,17	-0,55	0,57	0,15		0,86	-0,04	0,58	-0,38	-0,09	0,06	0,38	0,16	0,17	0,05	-0,39	0,43	0,40
RJ	-0,44	-0,27		0,16		0,02	-0,32			0,18	-0,31	0,11	-0,43	-0,38		0,20	-0,29		-0,12		-0,38
RO	-0,54	-0,09		0,31		-0,41	0,01		0,37	0,07	0,92	0,14	0,73	-0,03		-0,43	-0,14	-0,42	-0,43		-0,10
RR	0,11	-0,59		0,30		-0,69	-0,66		-0,76	0,42		0,22		0,09		-0,54	0,00		0,27		0,43
SC	-0,75	0,45		-0,37	-0,11	0,41	0,15		0,96	-0,09	0,41	-0,29	0,02	-0,14	0,83	0,46	0,06	0,04	-0,41	0,43	0,40
SE	0,23		0,36	-0,61		-0,52	-0,04		-0,24	0,00	-0,49	0,26	-0,01	-0,31	-0,53	-0,33	-0,45		0,66		-0,33
SP	-0,58	0,68		-0,55	0,99	0,32	-0,59	0,03	0,69	0,07	0,52	-0,46	-0,39	0,04	0,66	-0,25	0,19	-0,11	-0,47	0,43	0,40
TO	-0,18		-0,42	-0,74		0,89	-0,07		0,75	0,02	0,55	-0,47		0,30		-0,53	-0,08	-0,24			0,40

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

2.4.2 Resultados da Agricultura Patronal

A produtividade agrícola dos cultivos da agricultura patronal foi estimada seguindo o mesmo procedimento utilizado para a produtividade familiar. Inicialmente, o modelo patronal foi estimado apenas com as variáveis climáticas e geográficas como controle. Em seguida, as demais variáveis de controle foram sendo incorporadas. Novamente, o intuito foi verificar o comportamento das variáveis, temperatura e precipitação, em termos de significância e sinal dos coeficientes. A Tabela 17 apresenta os resultados da estimação do modelo base para a produtividade agrícola patronal.

Tabela 17: Produtividade Agrícola Patronal Total e Variáveis de Controle

Variáveis de Controle	Variável Dependente: log (Produtividade Total da Agricultura)		
	Coef. (1)	Coef. (2)	Coef. (3)
Temperatura Alta (Primavera e Verão)	-2.269*** (0.338)	-2.206*** (0.338)	-2.294*** (0.343)
Temperatura Baixa (Outono e Inverno)	0.837*** (0.149)	0.907*** (0.135)	0.984*** (0.131)
Temperatura Alta ao Quadrado (Primavera e Verão)	0.0463*** (0.00699)	0.0448*** (0.00700)	0.0466*** (0.00713)
Temperatura Baixa ao Quadrado (Outono e Inverno)	-0.0206*** (0.00310)	-0.0220*** (0.00284)	-0.0239*** (0.00280)
Precipitação Alta (Primavera e Verão)	0.0115*** (0.00240)	0.0109*** (0.00243)	0.0118*** (0.00240)
Precipitação Baixa (Outono e Inverno)	-0.00673** (0.00273)	-0.00876*** (0.00268)	-0.00774*** (0.00276)
Precipitação Alta ao Quadrado (Primavera e Verão)	-0.0000229*** (0.00000560)	-0.0000209*** (0.00000564)	-0.0000235*** (0.00000562)
Precipitação Baixa ao Quadrado (Outono e Inverno)	0.0000233** (0.0000110)	0.0000320*** (0.0000108)	0.0000283** (0.0000111)
Características Geográficas	Sim	Sim	Sim
Fatores Primários	Sim	Sim	Não
Capital Social	Sim	Não	Não
Outros	Sim	Não	Não
Observações	5119	5324	5324
R-Quadrado Ajustado	0.293	0.266	0.261

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico. Nota: Erro-padrão robusto a heterocedasticidade entre parênteses. *** p-valor <0.01, ** p-valor <0.05, * p-valor <0.10.

Os coeficientes das variáveis climáticas foram estatisticamente significativos nas três estimações. As estimativas indicam que o aumento na temperatura durante o período mais quente (primavera e verão) impacta de maneira negativa a produtividade agrícola agregada, já o aumento da temperatura no período de baixa (Outono e Inverno) contribui para o aumento da produtividade. Em relação à precipitação, verifica-se que a produtividade média se eleva com

aumentos nos níveis de precipitação nas estações primavera e verão, e reduz com o aumento do volume de precipitação nas estações outono e inverno. Tais resultados são observados nas três estimações realizadas.

A estatística R-Quadrado Ajustado aumenta conforme as variáveis de controle são inseridas. As variáveis geográficas de altitude, latitude e longitude foram estatisticamente significativas a 1%, resultado importante, pois tais variáveis estão relacionadas às características geográficas regionais. O uso das variáveis geográficas substitui o uso de variáveis *dummy* por tipo de solo. Assunção e Chein (2016), estimam um modelo semelhante, incorporando tipos de solo como controle, e verificaram que as variáveis geográficas são mais relevantes para os efeitos marginais do clima do que a *dummy* por tipo de solo, que inclusive, sofre também, interferência das mudanças climáticas. As demais variáveis de controle, log do trabalho e log da área irrigada também foram estatisticamente significativas, a 5% e 1%, respectivamente. Contudo, as variáveis log do valor das instalações, área de benfeitorias, e participação em cooperativas e associações não foram significativas ao nível de 10% de significância.

A produtividade agrícola patronal dos cultivos selecionados responde de maneira distinta às variáveis climáticas, ou seja, o aumento de temperatura e/ou precipitação nas estações primavera e verão podem contribuir para o aumento marginal da produtividade agrícola de alguns cultivos, como algodão e soja, e também para a redução da produtividade de outros, como cana de açúcar, trigo e café. Esses efeitos são heterogêneos entre as regiões e entre os cultivos. As Tabelas 18 e 19 apresentam os resultados da estimação do modelo base para a produtividade agrícola patronal.

Nota-se que o nível de significância dos coeficientes estimados para os cultivos individuais é inferior ao reportado para a agricultura agregada. Os cultivos de Café, Laranja, Uva, Outros da Lavoura Permanente e Temporária, Abacaxi, Mandioca, Tomate, Trigo e Banana, apresentam significância, de ao menos 5%, em grande parte das variáveis climáticas. Os cultivos de Cana de Açúcar, Soja e Algodão, exibem nível de significância a 5% apenas nas variáveis de precipitação. Cultivos com amostras maiores tendem a apresentar níveis maiores de significância. Os estimativas mostram que todos os cultivos, com exceção do Fumo (cultura típica da agricultura familiar) apresentaram ao menos uma variável climática significativa.

Tabela 18: Produtividade Agrícola por Cultivo Patronal e Fatores Climáticos (Modelo Base) (1971/2005)

Variáveis Climáticas	Variável Dependente: log (Produtividade Agrícola Patronal por Cultivo)										
	Agricultura	Café	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herb.	Amendoim	Arroz	Batata Inglesa
Temperatura Alta	-2.269***	-1.274*	-0.335	-5.325**	-6.195**	-2.828***	7.559**	6.425	2.471	0.774**	5.011**
(Primavera e Verão)	(0.338)	(0.693)	(4.867)	(2.498)	(2.376)	(0.930)	(3.342)	(5.208)	(2.359)	(0.373)	(2.315)
Temperatura Baixa	0.837***	0.554	1.892	3.925***	2.562	0.489	-2.504***	0.476	-0.398	-0.210	-2.500*
(Outono e Inverno)	(0.149)	(0.417)	(3.404)	(1.005)	(1.634)	(0.447)	(0.911)	(2.189)	(0.758)	(0.131)	(1.300)
Temperatura Alta ao Quadrado	0.0463***	0.0265*	-0.0046	0.0986*	0.154***	0.060***	-0.151**	-0.135	-0.0414	-0.0159*	-0.118**
(Primavera e Verão)	-0.0069	(0.0149)	(0.0929)	(0.0533)	(0.0524)	(0.0200)	(0.0682)	(0.106)	(0.0488)	(0.0081)	(0.0524)
Temperatura Baixa ao Quadrado	-0.0206***	-0.0109	-0.0273	-0.090***	-0.0908*	-0.0108	0.051***	-0.0039	0.0064	0.0047	0.0745**
(Outono e Inverno)	-0.0031	(0.0104)	(0.0685)	(0.0252)	(0.0464)	(0.0108)	(0.0184)	(0.0476)	(0.0177)	(0.0034)	(0.0350)
Precipitação Alta	0.0115***	0.0098**	-0.0151	0.0185	0.0512	-0.0114**	-0.0010	0.0274**	-0.0140	-0.0062*	0.0323
(Primavera e Verão)	-0.0024	(0.0040)	(0.0143)	(0.0230)	(0.0547)	(0.0056)	(0.0074)	(0.0135)	(0.00938)	(0.0034)	(0.0208)
Precipitação Baixa	-0.0067**	-0.0115	0.0456**	0.0205**	-0.0295	-0.0077	-0.023***	0.0564**	-0.0188	0.0034	0.0051
(Outono e Inverno)	(0.0027)	(0.0079)	(0.0183)	(0.0100)	(0.0292)	(0.0058)	(0.0082)	(0.0264)	(0.0128)	(0.0039)	(0.0135)
Precipitação Alta ao Quadrado	-0.0000***	-0.0000	0.0001**	-0.0000	-0.0002	0.0000**	-0.0000	-0.0000**	0.0000**	0.0000	-0.0000*
(Primavera e Verão)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Precipitação Baixa ao Quadrado	0.0000**	0.0000*	-0.0003**	-0.0000*	0.0000	0.0000**	0.0000**	-0.0003*	0.0001*	-0.0000	-0.0000
(Outono e Inverno)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Observações	5119	1188	368	806	141	3643	291	145	218	1526	196
R-Quadrado Ajustado	0.293	0.439	0.690	0.124	0.478	0.416	0.153	0.471	0.785	0.658	0.245

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico. Nota: Erro-padrão robusto a heterocedasticidade entre parênteses. *** p-valor <0.01, ** p-valor <0.05, * p-valor <0.10.

Tabela 19: Produtividade Agrícola por Cultivo Patronal e Fatores Climáticos (Modelo Base) (1971/2005)

Variáveis Climáticas	Variável Dependente: log (Produtividade Agrícola Patronal por Cultivo)										
	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão	Fumo	Mandioca	Milho	Soja	Tomate	Trigo	Outros da Lav. Temporária	Banana
Temperatura Alta	-2.768	-0.557	-2.730*	0.150	0.537*	-0.332	0.659	-1.764***	-3.066***	-3.066***	4.010***
(Primavera e Verão)	(2.323)	(0.692)	(1.591)	(1.134)	(0.285)	(0.216)	(2.731)	(0.677)	(0.858)	(0.858)	(1.374)
Temperatura Baixa	1.329	0.182	-0.648	0.0491	-0.261*	0.190*	-0.555	0.548	0.416	0.416	-1.373**
(Outono e Inverno)	(1.196)	(0.332)	(0.753)	(0.399)	(0.159)	(0.0990)	(1.334)	(0.401)	(0.344)	(0.344)	(0.593)
Temperatura Alta ao Quadrado	0.0538	0.0146	0.0676*	0.0052	-0.0138**	0.0064	-0.0197	0.0380**	0.0637***	0.0637***	-0.0647**
(Primavera e Verão)	(0.0490)	(0.0139)	(0.0365)	(0.0231)	(0.0057)	(0.0042)	(0.0571)	(0.0153)	(0.0182)	(0.0182)	(0.0278)
Temperatura Baixa ao Quadrado	-0.0271	-0.0075	0.0163	-0.0102	0.0073**	-0.0037*	0.0219	-0.0148	-0.0100	-0.0100	0.0115
(Outono e Inverno)	(0.0291)	(0.0068)	(0.0207)	(0.0078)	(0.0034)	(0.0021)	(0.0316)	(0.0105)	(0.0077)	(0.0077)	(0.0135)
Precipitação Alta	-0.0260**	0.0131***	-0.0276	0.0028	0.0129***	0.0032	0.0155	-0.0229***	0.0129**	0.0129**	-0.00278
(Primavera e Verão)	(0.0117)	(0.0024)	(0.0183)	(0.0085)	(0.0026)	(0.0025)	(0.0181)	(0.0083)	(0.0064)	(0.0064)	(0.0117)
Precipitação Baixa	-0.0066	0.0061**	-0.0117	0.00455	0.0020	0.0031	-0.0455**	-0.0149*	0.0082	0.0082	0.00485
(Outono e Inverno)	(0.0138)	(0.0026)	(0.0133)	(0.0105)	(0.0023)	(0.0034)	(0.0193)	(0.0090)	(0.0059)	(0.0059)	(0.00558)
Precipitação Alta ao Quadrado	0.0001***	-0.0000***	0.0001**	0.0000	-0.0000***	-0.0000	-0.0000	0.0000**	-0.0000	-0.0000	0.0000
(Primavera e Verão)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Precipitação Baixa ao Quadrado	0.0000	-0.0000*	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0003**	0.0000**	-0.0000***	-0.0000***	-0.0000*
(Outono e Inverno)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0001)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)	(0.0000)
Observações	2077	158	3154	361	2815	4450	1165	105	522	4786	1459
R-Quadrado Ajustado	0.068	0.607	0.549	0.540	0.303	0.449	0.073	0.532	0.457	0.201	0.250

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico. Nota: Erro-padrão robusto a heterocedasticidade entre parênteses. *** p-valor <0.01, ** p-valor <0.05, * p-valor <0.10.

Os resultados, em termos de variação de produtividade agrícola, decorrentes das alterações das variáveis climáticas, foram obtidos de forma análoga aos resultados da agricultura familiar. Em linhas gerais, substituiu-se as variáveis de temperatura e precipitação históricas, por dados projetados segundo os cenários de mudança climática, RCP 4.5 e RCP 8.5, no modelo estimado. Os resultados são a diferença de produtividade entre os dois exercícios, e devem ser interpretados como o efeito “puro” do clima sobre a produtividade agrícola. A Tabela 20 apresenta os efeitos agregados por Unidade da Federação, considerando os dois cenários (RCP 4.5 e RCP 8.5) e os dois períodos analisados (2021/2050 e 2051/2080).

Tabela 20: Efeito Agregado das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade Agrícola Patronal (UF) (%)

UF	Cenário RCP 4.5				Cenário RCP 8.5			
	2021 - 2050		2051 - 2080		2021 - 2050		2051 - 2080	
	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
Rondônia	-14.2%	0.097	-6.3%	0.133	-10.1%	0.120	25.3%	0.287
Acre	-14.1%	0.023	-12.6%	0.024	-12.8%	0.026	2.9%	0.038
Amazonas	-15.4%	0.240	-14.9%	0.248	-13.1%	0.224	9.0%	0.255
Roraima	-54.8%	0.125	-53.2%	0.182	-50.4%	0.170	-36.9%	0.373
Pará	-28.5%	0.179	-26.9%	0.213	-27.8%	0.228	-20.1%	0.398
Amapá	-65.3%	0.077	-66.9%	0.061	-65.1%	0.064	-67.5%	0.050
Tocantins	5.5%	0.135	25.6%	0.210	4.2%	0.176	61.0%	0.427
Maranhão	-10.0%	0.109	0.3%	0.135	-21.1%	0.110	-1.4%	0.166
Piauí	-12.6%	0.166	-2.5%	0.160	-27.5%	0.140	-8.7%	0.158
Ceará	4.3%	0.215	12.6%	0.238	-18.8%	0.177	-17.1%	0.177
Rio Grande do Norte	-7.2%	0.146	3.5%	0.184	-30.2%	0.098	-25.3%	0.130
Paraíba	-4.8%	0.101	2.9%	0.121	-27.8%	0.078	-24.7%	0.090
Pernambuco	-26.8%	0.131	-26.4%	0.154	-41.6%	0.105	-44.4%	0.111
Alagoas	-14.6%	0.169	-11.9%	0.186	-36.1%	0.116	-38.3%	0.116
Sergipe	-27.0%	0.098	-21.7%	0.132	-40.8%	0.068	-42.3%	0.076
Bahia	-35.0%	0.057	-31.5%	0.082	-47.4%	0.044	-41.6%	0.101
Minas Gerais	-21.1%	0.176	-9.0%	0.336	-24.2%	0.238	14.4%	0.685
Espírito Santo	-12.9%	0.235	-23.5%	0.241	-30.6%	0.166	-44.2%	0.147
Rio de Janeiro	22.3%	0.305	15.2%	0.306	-1.6%	0.225	-6.7%	0.232
São Paulo	26.6%	0.311	79.4%	0.705	48.0%	0.497	219.1%	1.859
Paraná	49.2%	0.516	109.1%	1.187	76.9%	0.892	313.4%	3.544
Santa Catarina	24.5%	0.318	25.3%	0.389	26.6%	0.355	55.3%	0.663
Rio Grande do Sul	33.5%	0.261	66.8%	0.534	49.7%	0.409	162.4%	1.421
Mato Grosso do Sul	77.1%	0.457	200.6%	0.980	151.6%	0.742	702.7%	3.536
Mato Grosso	-3.2%	0.188	21.3%	0.349	7.6%	0.272	93.4%	1.011
Goiás	-15.9%	0.153	7.4%	0.275	-9.3%	0.226	63.0%	0.585

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Verifica-se, novamente, que a maior parte das UF seriam impactadas de maneira negativa. Os estados das regiões Norte e Nordeste concentram os resultados de decréscimo de produtividade, ao passo que os estados da região Sul, e os estados de SP, MS e TO, apresentam-se como beneficiados com ganho de produtividade agrícola médio. Conforme esperado, as variações de produtividade são maiores no cenário pessimista RCP 8.5. Os efeitos são, em média, amenizados ao longo da década, ou seja, os resultados para o período de 2051/2080 são melhores, em termos de produtividade. As unidades da federação com perda (ganho) de produtividade no período 2021/2050, apresentam perda (ganho) menor (maior) no período 2051/2080. Esse desempenho é verificado em ambos os cenários.

Os estados com os maiores decréscimos de produtividade, no cenário RCP 4.5 (2021/2050), seriam Amapá, com redução de 65,3%, seguido por Roraima (-54,8%), Bahia (-35,%), Pará (-28,5%) e Sergipe (-27%). Considerando o cenário RCP 8.5 (2021/2050), os estados mais afetados negativamente seriam: Amapá (-65,1%), Roraima (-50,1%), Bahia (-47,4%), Pernambuco (-41,6%) e Sergipe (-40,8%). Em relação aos estados com ganho de produtividade, nota-se que apesar da região Sul concentrar os efeitos positivos, a UF mais beneficiada em termos de produtividade agrícola é o MS (+77,1%).

A Tabela 21 reporta os resultados²⁵ de variação de produtividade agrícola individuais por cultivo patronal e agregados por UF. Pode-se observar, novamente, grande heterogeneidade de resultados entre os cultivos e entre as regiões. Norte e Nordeste seriam as regiões mais afetadas com perdas de produtividade agrícola, seguidas por Centro-Oeste e Sudeste. A região Sul seria majoritariamente beneficiada com ganhos de produtividade.

Apenas três cultivos apresentam aumento de produtividade médio nas UF da região Norte. Abacaxi, Outros da Lavoura Temporária e Cana de Açúcar, sendo o último concentrado no estado do Tocantins. Para a região, as maiores perdas de produtividade são verificadas para os cultivos de Mandioca, Milho, Feijão, Soja e Arroz. Ressalta-se que apesar da região concentrar a fronteira de expansão agrícola no país, os dados do Censo Agropecuário do IBGE de 2006 captam parcialmente o fenômeno, posto que os avanços da fronteira se intensificaram a partir da segunda metade dos anos 2000. Não obstante, verifica-se redução de produtividade dos cultivos de Milho e Soja, para os estados do Pará e Tocantins.

²⁵ Os resultados são referentes ao cenário RCP 4.5 no período de 2021/2050. Os demais resultados estão apresentados na seção Apêndice B.

A região Nordeste também apresenta perdas em termos de produtividade, para os cultivos de Mandioca, Milho, Feijão, Arroz, Laranja e Outros da Lavoura Permanente e Temporária. Em relação a cultivos com aumento de produtividade, a região é a única no país onde a produção de Abacaxi seria beneficiada.

A região Sudeste seria afetada de maneira moderada, com os estados de MG, ES e RJ concentrando os efeitos negativos e SP se destacando com ganhos de produtividade na maior parte dos cultivos. Destacam-se as quedas de produtividade projetadas para o cultivo de Café nos estados de MG (-12%) e ES (-21%), e a queda generalizada dos cultivos de Milho, Feijão, Abacaxi e Banana. Em relação aos cultivos beneficiados com ganho de produtividade, destaca-se o cultivo de Cana de Açúcar em SP e MG, com aumento de produtividade de 43% e 26%, respectivamente, e o aumento de 94% na produtividade do algodão em SP.

A região Centro-Oeste, caracterizada pela grande participação do agronegócio, também seria afetada de maneira moderada, com o estado de GO sendo mais negativamente afetado. Os cultivos de Milho, Algodão, Feijão, Mandioca, Banana, Abacaxi e Arroz também mostram estimativas de perda de produtividade. Duas culturas importantes em termos de PIB para a região, Cana de Açúcar e Soja, seriam beneficiadas, assim como Outros da Lavoura Temporária e Outros da Lavoura permanente.

A região Sul apresenta-se como a região com os maiores ganhos de produtividade entre os cultivos analisados. Nos cenários, os cultivos de Banana, Batata Inglesa e Milho são os únicos com redução de produtividade em todos os estados que compõem a região. A produção de Amendoim, Cebola, Feijão, Fumo, Mandioca, Soja e Tomate, também, apresentam ganhos de produtividade para todos os estados. Cabe ressaltar, ainda, o aumento de produtividade para o cultivo de Café no PR, Cana de Açúcar, Uva e Trigo no RS e PR.

Por fim, os resultados sugerem que os padrões de variação de produtividade são, em grande medida, mantidos entre os cenários, períodos e regiões, com alteração relevante apenas nas magnitudes de variação. As estimativas de variação de produtividade agrícola patronal, por cultivo, obtidos do modelo econométrico, serão utilizados como insumo no modelo de EGC desenvolvido para avaliar os efeitos econômicos resultantes do fenômeno das MC.

Tabela 21: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Patronal (Cenário RCP 4.5) (2021-2050)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-0,61	-0,09		-0,71		0,19	0,01		0,04	0,03		0,02		-0,23	-0,01	-0,46	-0,10				0,07
AL	0,37		-0,17	-0,46		-0,52	0,66	-0,63	-0,34	-0,10	0,18	-0,11		-0,31	-0,23	-0,35	-0,19				0,32
AP				-0,68		-0,24	0,34			-0,10						-0,75	-0,64				0,32
AM	-0,37	0,12		0,50		-0,10	0,91			-0,06		-0,12		-0,20		-0,33	-0,14				-0,24
BA	0,24	-0,34	-0,11	-0,44		0,05	0,34	-0,87	0,25	0,18	-0,89	0,05	0,70	-0,39	0,28	-0,27	-0,51	-0,15	-0,20		-0,32
CE	0,10	-0,32	0,49	0,50		-0,35	0,18	0,47	-0,41	-0,02		-0,07	0,27	0,00	0,93	0,02	0,07	-0,09	0,40		-0,20
ES	-0,38	-0,21		0,43	0,15	-0,05	-0,65		0,38	0,12	-0,66	-0,02	0,38	-0,49		0,04	-0,38		-0,13		-0,23
GO	-0,16	-0,25		-0,57		0,60	0,77	-0,39	-0,08	-0,02	-0,09	0,38	-0,93	-0,32		-0,26	-0,47	-0,04	-0,52	0,75	0,02
MA	-0,12		0,59	-0,21		0,46	0,01		0,12	-0,03		0,38		-0,07		0,14	-0,29	-0,09			0,37
MT	-0,84	0,04		0,67		0,30	-0,63	-0,31	-0,41	-0,10	0,19	0,70		-0,31		-0,57	-0,29	0,01	0,51		0,32
MS	-0,86	0,85		-0,12		0,30	-0,97	-0,59	0,54	-0,26		0,28		0,11		0,35	-0,63	0,04		0,43	0,32
MG	-0,21	-0,12		-0,48	0,44	0,52	-0,63	-0,28	0,24	-0,01	0,26	0,26	-0,54	-0,31	-0,25	-0,29	-0,43	-0,04	-0,44	0,84	-0,19
PR	-0,82	0,71	-0,35	-0,08	0,44	0,30	-0,85	-0,14	0,29	-0,17	-0,12	0,58	0,38	0,07	0,61	0,47	-0,39	0,14	0,54	0,74	0,40
PB	-0,02	-0,06	-0,04	-0,42	0,79	-0,03	0,61	-0,40	0,16	-0,08	-0,22	-0,07	0,08	-0,25	-0,36	-0,29	-0,12		0,54	0,14	-0,14
PA	-0,22	-0,45	0,49	0,46		-0,29	0,20		-0,13	-0,11	-0,44	0,13		-0,01	-0,41	-0,59	-0,34	-0,09	-0,77		0,19
PE	0,14	-0,15	-0,35	-0,59	-0,13	0,12	0,34	-0,85	0,24	0,07	0,12	0,02	0,45	-0,35		-0,33	-0,22		0,90		-0,20
PI	0,60	-0,10	-0,41	0,88		0,55		-0,62	-0,11	0,01		-0,04		-0,05		0,21	-0,30	-0,12	-0,28		-0,12
RN	0,28		0,39			-0,37	0,34	0,01		-0,10		-0,09	-0,34	-0,14	-0,35	-0,31	0,10		0,68	0,12	0,36
RS	-0,47			-0,15	0,40	-0,10	0,03		0,29	-0,04	-0,20	0,22	0,38	0,18	0,61	0,77	-0,16	0,12	0,54	0,36	-0,17
RJ	-0,48	-0,33		0,13		0,14	-0,59			0,14	-0,23	-0,13		-0,29		-0,07	-0,21		-0,53		-0,29
RO	-0,80	0,00		-0,70		0,02	0,07		-0,59	-0,03		0,08		-0,23		-0,61	-0,28	-0,01	0,21		0,10
RR	0,37			0,50		-0,39	-0,62			-0,12		0,14		-0,21		-0,51	-0,48	-0,35			0,32
SC	-0,80		0,41	-0,36	-0,19	-0,41			0,29	0,24	-0,20	-0,02	0,38	0,09	0,61	0,00	-0,13	0,16	0,54	-0,02	-0,45
SE	0,88		-0,35	-0,45	0,34				-0,42	-0,06	-0,18	-0,13		-0,38	-0,36	-0,34	-0,24				-0,09
SP	-0,59	0,15		-0,43	0,44	0,30	-0,97	0,94	0,62	0,11	-0,21	0,43	-0,07	0,00	0,61	0,23	-0,35	0,10	-0,40	0,05	0,76
TO	-0,37		-0,97	-0,35		0,30	-0,59		0,19	-0,13		0,58		-0,09		-0,10	-0,49	-0,06			0,64

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

2.5 Conclusão

Há evidências de que a agricultura familiar e a agricultura patronal são afetadas de maneira distinta pelos impactos das mudanças climáticas em termos de produtividade, e desta forma, devem ser analisadas de maneira desagregada. A composição de suas estruturas produtivas faz com que a sensibilidade agrícola, às mudanças de temperatura e precipitação, seja diferenciada entre cultivos e regiões. De modo geral, pode-se concluir que a agricultura familiar é mais sensível, dado que apresenta variações mais intensas de produtividade. Em outras palavras, em cultivos e regiões onde há redução de produtividade, a variação é maior que a verificada pela agricultura patronal. Quando ocorre aumento de produtividade, a intensidade também é maior que a verificada pela agricultura patronal. Este resultado pode estar relacionado, dentre outros fatores, ao fato de a agricultura familiar ser menos intensiva em capital e/ou tecnologia no processo produtivo, fazendo com que a produtividade responda mais a outros fatores, como o clima, o que pode se traduzir em uma maior vulnerabilidade.

Entre os cultivos selecionados para a análise, vale ressaltar que a produtividade agrícola é, em média, maior nos cultivos da agricultura patronal. Em termos de produção, a maior parcela é produzida pela agricultura patronal. Porém, nos cultivos cuja produção é concentrada na agricultura familiar, a produtividade é maior entre os produtores familiares, sendo o caso dos cultivos da Mandioca e do Fumo.

A estimação da produtividade agrícola individual por cultivo, ao reduzir o número de observações, produziu coeficientes com nível de significância relativamente inferior ao nível de significância dos cultivos agregados. Todavia, grande parte dos cultivos apresentaram níveis satisfatórios de significância entre as variáveis climáticas. Entre os cultivos com baixo nível de significância, apenas no cultivo de Fumo, o nível de significância se manteve baixo nos dois tipos de produtores, ao passo que para os cultivos de Abacaxi, Soja e Arroz, os níveis baixos de significância prevaleceram em apenas um tipo de produtor. Neste caso, os coeficientes das variáveis climáticas no cultivo do Abacaxi foram pouco significativos para a produção familiar, mas muito significativas para a produção patronal, por exemplo.

Os impactos negativos, em termos de perda de produtividade agrícola, seriam concentrados nas regiões Norte e Nordeste. As regiões Centro-Oeste e Sudeste teriam impactos moderados, e a região Sul apresenta-se como majoritariamente beneficiada por ganhos de produtividade nos cenários. Cultivos relevantes para a agricultura familiar, como a Mandioca e o Milho, apresentam variação negativa de produtividade, com possíveis reflexos sobre a

segurança alimentar dos agricultores familiares, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste. Cultivos relevantes para a agricultura patronal, em contrapartida, seriam beneficiados com aumento de produtividade nas principais regiões produtoras. Neste aspecto, destacam-se o cultivo da Cana de Açúcar e Soja. A produtividade do Café apresenta redução nos estados de MG e ES, principais regiões produtoras do cultivo, no entanto, a produtividade se eleva nos estados de SP, PR e MS, indicando um possível deslocamento de região propícia à cultura.

Portanto, as estimativas sugerem que as alterações de produtividade agrícola nos cultivos familiares e patronais selecionados, são heterogêneos em termos de magnitude, região, cultivo e período analisado. Esses resultados evidenciam a complexidade do fenômeno e justificam a utilização da metodologia de EGC para a análise dos desdobramentos desses efeitos sobre a economia. Neste sentido, tais resultados são incorporados ao modelo de EGC com o intuito de se verificar os impactos intersetoriais e regionais das mudanças climáticas, propagadas pelas alterações de produtividade agrícola.

3 MODELO AGRO-BR: METODOLOGIA E ESTRUTURA TEÓRICA

As variações de produtividade agrícola estimadas pelo modelo econométrico são incorporadas no modelo de EGC denominado AGRO-BR, com o objetivo de verificar os impactos, diretos e indiretos, das mudanças climáticas sobre a economia brasileira. Os modelos de EGC são compostos por sistemas de equações que procuram descrever a economia real em equilíbrio, modelando o comportamento dos agentes e as interligações entre os setores. A metodologia tem sido utilizada para a análise e projeções econômicas dos impactos das mudanças climáticas, pois a dinâmica das variáveis econômicas regionais observadas além de ser afetada pelas mudanças climáticas, também é afetada por fatores conjunturais e estruturais, sendo essa cadeia de inter-relações captada pelos modelos de EGC. Este capítulo apresenta uma breve revisão de literatura sobre os modelos de EGC, especificações relacionadas ao funcionamento do modelo AGRO-BR, sua estrutura teórica, base de dados e demais características.

3.1 Uma breve revisão de literatura de modelos de EGC

Os modelos de Equilíbrio Geral Computável ganharam espaço pelo fato de possibilitarem estudos sobre eventos que ainda não ocorreram e não obstante, devido a capacidade de estudar fenômenos que envolvam a interação de vários mercados, com mudanças de preços relativos e impactos desagregados diferenciados em setores e regiões. Especificamente, entre as aplicações, os modelos podem ser calibrados para mensurar alterações em políticas públicas e demais aspectos com efeitos econômicos generalizados, como alterações nos níveis de impostos, consumo público, contribuições sociais, tarifas e barreiras comerciais, tecnologia, preços internacionais, produtividade, dentre outros.

Os modelos de EGC pertencem à classe de modelos do tipo *economy-wide*, ou seja, aqueles que fornecem a desagregação da indústria em uma descrição quantitativa de toda a economia. O primeiro modelo do tipo *economy-wide* foi o sistema de insumo-produto de Leontief (Leontief, 1936; 1951), seguido pelos modelos de programação de Sandee (1960), Manne (1963) e Evans (1972). Os modelos de insumo-produto e de programação não tinham descrições claras do comportamento dos agentes econômicos. Nos de insumo-produto, a *economia* é representada pela produção de cada produto (vetor X) para satisfazer um vetor de demandas finais (o vetor Y), sendo a tecnologia especificada pela matriz de coeficiente de produção de entrada (A). Em modelos de programação, a *economia* organiza a produção de

modo a maximizar uma função de bem-estar sujeita à especificação tecnológica de Leontief e sujeita a restrições na disponibilidade de fatores primários (DIXON; RIMMER, 2010).

A modelagem do comportamento de agentes individuais é a característica definidora dos modelos CGE que os distingue dos modelos anteriores do tipo *economy-wide*. As famílias maximizam a utilidade sujeita à sua restrição orçamentária. As indústrias escolhem insumos para minimizar os custos sujeitos às restrições de função de produção e à necessidade de satisfazer as demandas por sua produção. Os investidores alocam capital entre as indústrias para maximizar seus retornos. O resultado global para a economia é determinado pelas ações de agentes individuais coordenadas por meio de ajustes de preços que igualam a demanda e a oferta nos mercados de produtos e fatores (DIXON; RIMMER, 2010).

Os modelos de Equilíbrio Geral Computável são definidos como um conjunto de equações matemáticas comportamentais que expressam as condições de equilíbrio de uma economia, convertendo a concepção teórica de equilíbrio geral de Walras, formalizada nos anos 1950 por Kenneth Arrow e Gerard Debreu, em modelos empíricos. Se diferenciam dos modelos teóricos, essencialmente, por utilizarem dados da matriz de insumo produto (I/P) como fonte da base de dados e por permitir a modelagem explícita do comportamento dos agentes, sendo esta, o grande diferencial para os modelos de I/P (LKHANAAJAV, 2016). A teoria objetiva compreender o comportamento da oferta, da demanda e dos preços em uma economia composta por vários mercados que se interagem. Segundo Haddad (2008), os modelos combinam uma visão geral das relações relevantes e dos mecanismos de transmissão, presentes em uma economia, com os dados resumindo o que se sabe sobre eles.

Através da micro-fundamentação, os modelos captam o comportamento e a interação dos agentes representativos da economia, como as famílias, as empresas, o governo e demais instituições, ou seja, sua estrutura analítica e funcional capta os mecanismos de funcionamento da economia. Concomitantemente, os modelos apresentam uma estrutura numérica (banco de dados) que seria uma “fotografia da economia” com dados da contabilidade nacional. Desta maneira há a interação entre a contabilidade social e a teoria econômica (HADDAD, 2008).

A base teórica dos modelos de EGC é a interpretação walrasiana de uma economia concorrencial, com a existência de dois agentes principais, produtores e consumidores, os quais produzem, consomem e comercializam bens e fatores. Os consumidores demandam bens de acordo com seu orçamento e conjunto de preferências, e visam a maximização de sua função utilidade. As preferências são contínuas e convexas, resultando em funções de demanda

contínuas e homogêneas de grau zero em relação aos preços, desta forma, apenas os preços relativos são determinados. O lado da produção é caracterizado por firmas que demandam fatores com o objetivo de minimizar custos, sendo sua tecnologia representada por uma função de produção com rendimentos constantes de escala, implicando em lucro nulo no equilíbrio (FOCHEZATTO, 2005).

Um modelo de equilíbrio geral pode ser descrito genericamente, de acordo com Haddad (2008) pela seguinte expressão: $F(v,a) = 0$; onde v representa o vetor de variáveis endógenas e a o vetor de variáveis e parâmetros exógenos. A solução da equação pode ser definida como $v^*(a)$ e, sendo $v^*(a) = H(a)$, o vetor de resultados de interesse. Para se operacionalizar um modelo, deve-se primeiro determinar a função $F(\cdot)$ através de um conjunto de equações que incorporem um histórico de conhecimentos econômicos, teóricos e empíricos. O segundo passo está relacionado à calibragem do modelo, ou seja, determinar uma solução inicial, v^I e a^I , para o seu sistema de equações simultâneas, $F(\cdot)$, tal que se pode mostrar que as equações da forma estrutural são satisfeitas pelos valores do equilíbrio inicial [$F(v^I, a^I)=0$].

O primeiro modelo aplicado de EGC foi desenvolvido por Johansen (1960) com a aplicação de métodos de programação linear. Scarf e Hansen (1973) desenvolveram um algoritmo computacional baseado no teorema do ponto fixo de Brouwer²⁶, que acabaram por resultar em diferentes técnicas de resolução. Outros modelos e formas de solução foram desenvolvidos, sobretudo devido ao avanço das técnicas computacionais, sendo a escolha do modelo dependente da complexidade e do nível de detalhamento e precisão das análises (FOCHEZATTO, 2005).

Uma característica dos modelos de EGC é sua possibilidade de aplicação e adaptação de pressupostos em relação às diferentes abordagens dos fenômenos econômicos, partindo de pressupostos neoclássicos às modelagens que incorporam especificações incompatíveis com a teoria walrasiana, visando garantir uma melhor representação das características das economias em desenvolvimento. Neste sentido, os modelos mais recentes tendem a incorporar alterações em relação às versões iniciais, introduzindo tipos de rigidez de curto prazo, concorrência imperfeita e formulações dinâmicas.

²⁶ O teorema do ponto fixo de Brouwer é utilizado na compreensão da topologia de espaços euclidianos e ponto de partida para a demonstração de outros teoremas relacionados a pontos fixos.

A inclusão de concorrência imperfeita é uma característica dos modelos mais recentes, que utilizam como regra para a determinação de preços, sua fixação em relação aos custos, garantindo uma margem de lucro (regra do mark-up). Harris (1984) aponta para duas maneiras de fixação de preços: a monopolística, em que a firma adiciona a seus custos variáveis uma quantia calculada a partir de sua demanda; e a colusiva, em que o preço se aproxima do preço mundial das importações somado às tarifas. Ademais, pode se acrescentar ainda uma hipótese de diferenciação de produtos, em que a firma decide o produto e a quantidade de produção, e caso haja fixação de preços em situações de queda de lucro, ela reduzirá a quantidade ofertada (FOCHEZATTO, 2005).

Outro avanço em relação aos modelos de EGC é a inclusão de mecanismos de dinâmica os quais permitem incorporar as expectativas dos agentes econômicos em um processo intertemporal. Neste sentido, uma formulação bastante utilizada é considerar a trajetória econômica como uma sucessão de equilíbrios de curto prazo, em que o resultado de um período depende de resultados dos períodos anteriores, e assim, após um choque, a economia sai de uma situação de equilíbrio, passa por um período de transição para depois se reestabelecer em equilíbrio. A resolução de tais problemas é denominada de recursiva (FOCHEZATTO, 2005).

Nos modelos recursivos, os agentes não utilizam de informações sobre o futuro para tomar suas decisões, suas expectativas são estáticas, contudo, a dinâmica do modelo advém do caráter intertemporal do comportamento dos consumidores, no qual as decisões de poupança de cada período são baseadas em uma antecipação estática das taxas de rendimento futuro. Tais decisões determinam o investimento, que inserida em uma equação de acumulação de capital, e somado ao crescimento demográfico e ao progresso técnico, asseguram a ligação entre os períodos sucessivos. Portanto, o desempenho do estoque de capital induzido pela poupança é o fator que determina as possibilidades de consumo e investimento no futuro (FOCHEZATTO, 2005).

As limitações metodológicas dos modelos de Equilíbrio Geral Computável são sobretudo decorrentes de não serem testáveis estatisticamente, posto que a validação por comparação explícita com dados históricos pode ser feita apenas com modelos datados, assim, os modelos de equilíbrio devem ser validados heurísticamente, havendo ainda a comparação direta com episódios históricos. Não obstante, os modelos devem ser construídos sob o critério da razoabilidade da especificação de seus parâmetros (HADDAD, E. 2008).

Segundo Fochezatto (2005), podemos classificar os modelos de EGC em cinco tipos distintos: i) Johansen; ii) Harberger, Scarf, Shoven e Whalley (HSSW); iii) Banco Mundial (BM); iv) Jorgenson; e v) Ginsburgh, Waelbroeck e Manne (GWM). Em linhas gerais, a abordagem Johanseana utiliza-se de algumas especificações externas à teoria de Walras, com o intuito de apresentar uma maior aproximação do modelo com o fenômenos econômicos reais, contudo a micro-fundamentação do comportamento dos agentes é neoclássico, o consumo é residual e a poupança depende do investimento; Os modelos HSSW estão dentro da mais pura tradição de equilíbrio walrasiano, não utilizando portanto, concorrência imperfeita, moeda, mobilidade imperfeita de fatores e incerteza; Os modelos utilizados pelo Banco Mundial, com destaque para Adelman e Robinson (1978), utilizam-se de um fechamento mais próximo à teoria keynesiana, com independência entre poupança e investimento e introdução de rigidez estrutural nos salários (via definição de valores reduzidos para alguns parâmetros chave, como a elasticidade de substituição entre capital e trabalho); O modelo de Jorgenson utiliza-se de estimativas econométricas, e não calibragem, na definição dos valores dos parâmetros, sendo por isso teoricamente mais satisfatório, no entanto a estimação é dificultada pelo grande número de dados necessários para sua realização; e por fim os modelos GWM são caracterizados pela utilização de funções lineares e não-lineares.

O modelo de Johansen (1960), desenvolvido para analisar a economia da Noruega, apresentava 22 setores, modelagem explícita dos agentes, com comportamento maximizador de utilidade sujeito à renda das famílias, minimizador de custos sujeito ao nível de produção das firmas e alocação de investimento das indústrias orientada pela maximização de retorno. O mecanismo de ajuste de preços do modelo equalizava o mercado levando a uma situação de equilíbrio, em que a oferta se igualava à demanda (LKHANAAJAV, 2016).

A abordagem de Johansen foi utilizada como referência nos modelos desenvolvidos pelo *Centre of Policy Studies* (CoPS), instituição vinculada à Universidade de Vitória na Austrália. O centro foi criado com o objetivo de desenvolver modelos orientados para análise de impactos de políticas públicas, se tornando referência na modelagem através de EGC. Os modelos desenvolvidos, além de seguirem a linha de Johansen, também possuíam outras características singulares, que os distinguiam das demais abordagens utilizadas pelos modelos de EGC no mundo, com destaque para os métodos de solução lineares utilizados e os softwares desenvolvidos para as simulações (LKHANAAJAV, 2016).

Um dos primeiros modelos do CoPS foi o ORANI (DIXON *et al.*, 1982). Criado com o objetivo de analisar impactos de alterações de tarifas, o modelo foi bem-sucedido em avaliar que tarifas elevadas aumentavam o custo de produção na Austrália e que sua redução traria benefícios via aumento dos salários médios, com impactos positivos no padrão de consumo, ao passo que não comprometeria a geração de empregos. O ORANI introduziu uma série de inovações de modelagem, com destaque para a possibilidade de fechamentos alternativos; possibilidade de uma indústria produzir mais de um produto, ou um produto ser produzido por mais de uma indústria; modelagem específica da mudança tecnológica; modelagem explícita do setor de transportes; presença de margem de venda e dimensão regional (LKHANAAJAV, 2016).

O ORANI obteve reconhecimento da comunidade científica e passou a ser utilizado e adaptado para diversos estudos, regiões e países. Dixon e Rimmer (2002) creditam o sucesso do modelo a cinco fatores: i) Ampla documentação da metodologia e da base de dados e parâmetros utilizados; ii) Divulgação do funcionamento do modelo via treinamento; iii) Disponibilidade de acesso ao software Gempack, utilizado para as simulações; iv) Versatilidade de usos do modelo e v) simplificação dos mecanismos de funcionamento do modelo, sendo intuitivos e fáceis de apresentar, ou, em outras palavras, o modelo permitia o uso de cálculos do tipo “*back of the envelope*” (anotações ou cálculos simplificados realizados em pedaços de papel) fazendo o modelo ser mais atrativo.

O modelo MONASH (DIXON; PARMENTER, 1996), criado no início da década de 1990, surgiu através dos avanços na modelagem dinâmica do ORANI, se tornando base para as versões USAGE, para a economia dos EUA e para a chinesa CHINAGEM. A abordagem de dinâmica recursiva desenvolvida permitia a construção de projeções temporais mais específicas e completas, sendo elaborada via quatro tipos de elo intertemporal: i) acumulação de capital e investimento vinculadas à taxa de retorno; ii) acumulação de dívida externa e balanço de pagamentos; iii) acumulação de dívida pública e déficit público; e iii) ajuste dinâmico dos salários em resposta à oferta e demanda por trabalho. Ademais, expectativas racionais e estáticas também foram incorporadas à modelagem dos investimentos (LKHANAAJAV, 2016).

Os modelos seguintes desenvolvidos pelo CoPS, permitiram a produção de estimativas de alteração tecnológica, alteração no perfil de consumo das famílias, permitiram também, avaliar a decomposição desses impactos e mudanças estruturais, sendo muito utilizados para a

construção de projeções de desempenho industrial, de produção de commodities, de comércio regional, dentre outras possibilidades envolvendo mudanças de política econômica (LKHANAAJAV, 2016).

Os modelos mais recentes desenvolvidos pelo CoPS são o VU-National (Victoria University National Model) e o TERM (The Enormous Regional Model). O VU avança na modelagem dos aspectos financeiros da economia, com destaque para o papel dos intermediários financeiros nas transações econômicas, dos ativos financeiros, taxas de retorno, fluxos financeiros e elos entre a parte real e financeira da economia. Esse avanço é importante para suprir uma deficiência dos modelos de EGC, representada até então, pela ausência da modelagem dos componentes financeiros da economia. Já o TERM, modelo em que se baseia o AGRO-BR, calibrado nesta tese, avança na qualidade da modelagem regional, permitindo a obtenção de um número maior de regiões e setores.

Seguindo a tradição australiana de modelagem, o primeiro modelo de EGC desenvolvido para a economia brasileira foi o modelo PAPA (GUILHOTO, 1995). O modelo, baseado na estrutura teórica do MONASH (DIXON; PARMENTER, 1996), continha 33 setores, sendo elaborado para analisar políticas de planejamento econômico e políticas agrícolas. Em termos de modelagem regional, o pioneiro no Brasil, foi o modelo B-MARIA (HADDAD; HEWINGS, 1997), também partindo da estrutura teórica do MONASH. O modelo foi desenvolvido para analisar desigualdade regional e mudança estrutural nas regiões Norte, Nordeste e resto do Brasil, contendo 40 setores produtores de 40 commodities e calibragem referente ao ano de 1985 (PEROBELLI *et al.*, 2009). Outro modelo pioneiro, o TERM-BR (FERREIRA FILHO, 1998) foi configurado para as 27 unidades da federação e estrutura teórica baseada no modelo TERM.

O modelo EFES (HADDAD; DOMINGUES, 2001), ao contrário dos modelos anteriores desenvolvidos para a economia brasileira, apresenta dinâmica recursiva, permitindo a análise temporal dos impactos econômicos para 42 setores e 80 produtos. Sendo criado a partir da estrutura do MONASH. Uma extensão com detalhamento maior do setor externo foi desenvolvida no modelo EFES-IT (HADDAD *et al.*, 2002), nele, o setor externo é configurado em NAFTA, MERCOSUL, resto da ALCA, União Europeia (UE) e resto do mundo. Seus resultados podem ser incorporados por modelos regionais a fim de se avaliar os impactos regionais de políticas comerciais (PEROBELLI *et al.*, 2009).

Outros desdobramentos dos modelos B-MARIA e EFES, são os modelos: SPARTA (DOMINGUES, 2002), que permite avaliar os impactos regionais e setoriais de políticas comerciais, com modelagem regional representando as regiões de São Paulo, Resto do Brasil, Argentina, Resto do MERCOSUL, Resto da ALCA, NAFTA, UE, Japão e Resto do Mundo, sendo calibrado com dados de 1996 para 42 setores e 42 commodities; O modelo B-MARIA27 (HADDAD *et al.*, 2003), que avança na modelagem em termos de estrutura regional do B-MARIA, representando os 26 estados da federação e o Distrito Federal, apresentando tratamento detalhado dos fluxos interestaduais da economia brasileira e dos mercados de origem e destino das exportações e das importações, com dados referentes a 1996; e o modelo B-MARIA27-IT (PEROBELLI, 2004), que avança na configuração do setor externo, desagregado em cinco regiões: NAFTA, restante da ALCA (Área Livre de Comercio das Américas), União Europeia, MERCOSUL e resto do mundo, permitindo a análise de políticas comerciais e efeitos regionais no Brasil.

O IMAGEM-B (DOMINGUES; MAGALHÃES; FARIAS, 2009), outro modelo com avanços no aspecto regional foi desenvolvido a partir da base teórica do TERM (HORRIDGE; MADDEN; WITTEWER, 2005). Comparativamente aos outros modelos regionais baseados no MONASH, se diferencia pelo fato de sua capacidade computacional permitir a análise com grande número de regiões e setores. Essa característica é permitida em virtude da adoção de hipóteses simplificadoras sobre o comércio inter-regional, e pela composição mais reduzida da base de dados.

Os modelos mais recentes passaram a incorporar os mecanismos de dinâmica recursiva em modelos nacionais e regionais. No âmbito dos modelos nacionais, o modelo BLUE (FARIA, 2012) analisa políticas que envolvem diferentes usos de terra no Brasil. O modelo BeGreen (MAGALHAES, 2013), analisa políticas climáticas de redução de emissões. O BRIDGE-ENERGY (VALLADARES, 2013) mensura impactos de alterações na oferta de petróleo e gás natural. O BIM-T (BETARELLI, 2013), avalia os impactos de políticas de transportes e o BRIDGE-POP (SANTIAGO, 2014) analisa impactos econômicos relacionadas à mudanças demográficas no Brasil. Em relação aos modelos dinâmicos regionais, o modelo ENERGY-BR (SANTOS, 2010), analisa os impactos nas 27 Unidades da Federação de políticas tarifárias do setor energético brasileiro; o modelo REGIA (CARVALHO, 2014) mensura impactos de políticas de controle do desmatamento em 30 mesorregiões que compõem a região da Amazônia Legal brasileira; o modelo B-NORIM (RIBEIRO, 2015) avalia os impactos regionais decorrentes da implantação de refinarias de petróleo anunciadas para a região Nordeste do

Brasil; e por fim, o modelo TERM-ES (SESSA, 2019) analisa os impactos do ciclo das commodities e de guerras fiscais sobre 27 Unidades da Federação do Brasil, sendo o estado do Espírito Santo desagregado em 10 microrregiões.

3.1.2 Estudos econômicos sobre mudanças climáticas envolvendo EGC no Brasil

O primeiro trabalho no Brasil a projetar os impactos das mudanças climáticas sobre a economia através de modelo de EGC foi de Domingues *et al.* (2008). O estudo analisou o impacto das mudanças climáticas sobre a economia da região Nordeste, a partir de estimativas de áreas aptas ao cultivo agrícola, utilizando o modelo TERM-Cedeplar. As estimativas de aptidão da terra para os cultivos de arroz, feijão, milho, algodão, mandioca, soja, cana-de-açúcar e girassol foram elaboradas pela Embrapa utilizando os cenários climáticos A2 e B2, do IPCC. Reduções no fator de produção terra, por UF, foram utilizadas como choque no setor agropecuário do modelo e representam uma *proxy* para os efeitos das mudanças climáticas sobre a economia da região, entre os anos de 2005 e 2050. Os resultados indicam elevadas perdas econômicas, sobretudo, para os estados mais pobres, com potencial efeitos sobre os fluxos migratórios em direção às metrópoles da região e do país. O estudo projetou retração do PIB em 13,1% e dos níveis de emprego em 5,95% no ano de 2050.

No estudo interdisciplinar intitulado *Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades*, de Margulis, Dubeux e Marcovitch (2009), os impactos das mudanças climáticas no Brasil foram quantificados e analisados por um grupo de pesquisadores que analisaram os efeitos econômicos nacionais, regionais e setoriais de impactos relacionados às alterações de vazão das bacias hidrográficas, elevação do nível do mar na costa brasileira e alteração de produtividade agrícola. O estudo utilizou o modelo EFES (*Economic Forecasting Equilibrium System*) integrado com outros modelos de projeção de impactos, adotando os cenários A2 e B2 do IPCC como referência. Os resultados do EFES foram incorporados no modelo de EGC B-MARIA para a realização das projeções macroeconômicas regionais e setoriais. Os resultados indicam reduções de 0,5% (Cenário A2) e 2,3% (Cenário B2) do PIB nacional no ano de 2050, e grandes perdas de áreas de baixo risco de produção agrícola para os cultivos de soja (30% a 34%), milho (15%) e café (17% a 18%).

O estudo de Moraes (2010), avaliou os efeitos econômicos dos cenários A2 e B2 de mudanças climáticas na agricultura brasileira através do modelo TERM-BR. Os cenários de política implementados no modelo de EGC, a exemplo de Domingues *et al.* (2008), basearam-se em estimativas de aptidão de áreas para o cultivo de feijão, milho, soja, algodão, arroz, cana

de açúcar, mandioca e café fornecidas pela Embrapa, considerando dois horizontes temporais. 2020 utilizando o cenário B2 e desconsiderando mudanças sociais e econômicas, e 2070 utilizando o cenário A2, com adaptações sociais e econômicas. Os resultados da simulação com o cenário A2 indicam impactos negativos maiores nos estados da região Nordeste, além de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, em consequência da redução da área apta para o cultivo da soja. A região Sudeste seria beneficiada com o aumento das áreas aptas ao cultivo da Cana de Açúcar. No cenário B2, os resultados indicam impactos negativos para as regiões Nordeste e Centro Oeste, e redução do impacto positivo na região Sudeste com a intensificação do aquecimento climático. As projeções de impacto no PIB nacional indicam redução em ambos os cenários, sendo de -0,28% em 2020 no cenário A2, e de -1,12% em 2070 no cenário B2.

Ferreira Filho e Horridge (2010) analisaram os impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura e migração interna no Brasil utilizando o modelo TERM-MIG. As simulações utilizaram alterações de produção e disponibilidade de terra para um grupo de cultivos agrícolas, calculadas de acordo com os cenários A2 e B2 do IPCC, para os anos de 2020 e 2070, respectivamente. Os resultados apontaram que a retração econômica das regiões Nordeste e Centro Oeste poderiam reverter o fluxo migratório, aumentando as emigrações de trabalhadores menos qualificados para as regiões Sul e Sudeste, retomando o padrão migratório verificado antes da década de 1980 no Brasil. Os resultados indicam que o PIB nacional poderia retrair em -0,8% em 2070, considerando-se o cenário B2.

Farias (2012) desenvolveu um modelo de EGC com especificação detalhada do uso da terra no Brasil e avaliou os impactos econômicos das mudanças climáticas no país. Os choques implementados foram calculados através da sensibilidade de alteração de tipos de uso do solo estimadas econometricamente, levando em consideração os cenários climáticos A2 e B2 do IPCC, e os períodos de 2010/2039, 2040/2069 e 2070/2100. No cenário A2, os resultados indicaram redução acumulada do PIB real nacional em -0,02% em 2039, -0,05% em 2069 e de -0,11% em 2099. Para o cenário B2, as projeções indicam retração de -0,02% em 2039, -0,04% em 2069 e de -0,07% em 2099. Em termos setoriais as maiores perdas ocorreriam nas atividades agrícolas, com destaque para a retração dos setores produtores de Trigo e Cereais, Café em Grão e Soja em Grão. Os setores de Cana de Açúcar e Algodão Herbáceo seriam beneficiados nas projeções.

Silva e Gurgel (2012), utilizaram o modelo EPPA – *Emissions Prediction and Policy Analysis*, desenvolvido no Massachusetts Institute Technology (MIT), de dinâmica recursiva

e calibrado para analisar trajetórias futuras de emissões de GEE oriundas de diferentes fontes e políticas de redução dessas emissões, para analisar os impactos econômicos dos cenários de mudanças climáticas no Brasil. Os resultados indicam que as metas setoriais de redução progressiva de 3% a 30% nas emissões no período de 2015 a 2050, implicam em redução acumulada do PIB em 1% e 2%, em relação à 2004. Em termos de bem-estar, as simulações indicam que apesar da queda significativa no volume de emissões de GEE, a perda de bem-estar é pequena, em decorrência da disponibilidade de fontes de energia limpa na matriz energética brasileira.

Magalhães (2013) desenvolveu um modelo de EGC com detalhamento do setor energético e modulo ambiental capacitado para analisar alternativas de políticas climáticas de redução de emissões de GEE na economia brasileira. As simulações utilizam metas graduais de redução de emissões de GEE variando entre 5% a 25%. Políticas de precificação de carbono e de melhorias de eficiência energética foram simuladas no modelo BeGreen. Os resultados indicam que as metas mais ambiciosas de redução de GEE devem estar associadas a períodos mais longos de execução, e metas menos ambiciosas à períodos menores, em decorrência da matriz energética nacional ser intensiva em fontes “limpas”. Em relação ao aumento da eficiência energética, o estudo indica impactos positivos sobre o crescimento econômico, alcançado com redução do nível de emissões de GEE. As projeções de PIB nos cenários de política de redução de emissões indicam retração variando de -0,9% a -11,2% em 2030, de acordo com o volume de redução aplicado, em relação ao cenário sem corte de emissões. As simulações considerando taxaço sobre fontes emissoras de GEE e subsídio ao consumo das famílias, projetam retração do PIB entre -0,8% e -10,5% em 2030, variando de acordo com as metas de redução. No cenário onde os setores emissores de GEE seriam taxados e passariam a reduzir as emissões via aumento da tecnologia, as projeções de PIB indicam perdas entre -0,4% e -4,5% no ano de 2030. Por fim, no cenário com simulação de aumento de eficiência energética, o PIB projetado varia entre 0,2% e 0,9%, no ano de 2030.

Em outro estudo envolvendo a modelagem específica do uso da terra, Carvalho (2014) desenvolveu o modelo REGIA. Baseado na estrutura do TERM, o modelo é calibrado para analisar políticas de desmatamento para a região da Amazônia Legal brasileira, em decorrência dos compromissos firmados pelo governo brasileiro em reduzir o desmatamento em 80% até o ano de 2020, no âmbito de sua política de redução voluntária de emissões de GEE. Os resultados apontam para perdas econômicas na região da fronteira do desmatamento, sobretudo nas áreas produtoras de soja e bovinos, em decorrência do aumento do custo de produção desencadeado

pela restrição da oferta de terra. As projeções indicam retração acumulada do PIB da Amazônia Legal em -1,06% no ano de 2030, com maiores impactos sobre as mesorregiões do estado do Mato Grosso.

Andrade (2016) analisou os impactos econômicos das mudanças climáticas sobre a produção de culturas açucareiras e oferta de açúcar em países produtores, através do modelo GTAP. O estudo fez um levantamento bibliográfico dos impactos sobre o setor em 10 regiões produtoras de açúcar no mundo, utilizando dados de produtividade projetados para 2050 e utilizados como choque no modelo. Os resultados indicaram que o setor seria majoritariamente beneficiado em âmbito mundial, com impactos positivos sobre a produção brasileira. Contudo, como o estudo analisou apenas o setor produtor de açúcar no Brasil, os efeitos positivos seriam moderados em termos de ganhos de bem-estar. As simulações indicam que o PIB brasileiro, no médio prazo, poderia ser positivamente impactado, com crescimento acumulado entre 0,05% a 0,09%, dependendo do cenário de produtividade, em relação ao ano base de 2011.

Miyajima (2018) avaliou os impactos das mudanças climáticas sobre produção agrícola nas mesorregiões da Amazônia Legal Brasileira, utilizando o modelo REGIA. Os choques utilizados como *proxy* para os efeitos das MC, foram estabelecidos através de estimativas de produtividade agrícola calculadas para 11 cultivos agrícolas, tendo os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 como referência. Os resultados indicaram perdas econômicas heterogêneas em ambos os cenários, com perda maior no cenário RCP 8.5. As regiões com maior participação agrícola no PIB, foram as mais impactadas negativamente, com destaque para as regiões Nordeste Paraense, Sudeste Mato-grossense, Sul Maranhense e Metropolitana de Belém. Para o PIB da região da Amazônia Legal, as projeções indicam retração acumulada de -1,68% no cenário RCP 4.5 e de -1,92% no cenário RCP 8.5, no ano de 2080.

O trabalho de Souza (2018) mensurou os impactos econômicos das mudanças climáticas para as regiões brasileiras através de alterações de produtividade agrícola dos cultivos de soja, cana de açúcar, milho, feijão, café e laranja e, estabeleceu um indicador de vulnerabilidade regional aos impactos. Os cenários climáticos analisados são o RCP 2.6 e o RCP 8.5 do IPCC, entre 2020 e 2100. Os resultados apontam para variação de perdas agrícolas de 9,7% a 55,6% até 2100, com impactos sobre o PIB na ordem de -0,05% no cenário otimista e de -0,26% no cenário pessimista. São Paulo, Paraná e Minas Gerais seriam os estados mais afetados em termos de perdas.

Em linhas gerais, verifica-se que os trabalhos que utilizam a metodologia de EGC para analisar mudanças climáticas no Brasil, iniciaram-se após a divulgação do Quarto Relatório do IPCC (2007), com projeções climáticas mais detalhadas, e que permitiram a estimação de variáveis utilizadas como insumo nos modelos de EGC. Os estudos dividem-se entre os que analisam impactos das MC e os que analisam políticas de mitigação ao fenômeno. A maioria dos estudos utilizam os cenários A2 e B2 como referência, posto que os cenários mais recentes RCP 2.6, RCP 4.5 e RCP 8.5, foram divulgados no AR5 (2014).

Os que analisaram impactos diretos sobre a agricultura, utilizaram basicamente três abordagens como parâmetro para o cálculo dos choques utilizados nas simulações: i) alterações nas áreas aptas ao cultivo agrícola; ii) alterações de uso do solo; e iii) alterações de produtividade agrícola. Destas, a utilização da produtividade agrícola é bem recente na literatura. Ademais, os cultivos agrícolas analisados, de maneira geral, são agregados, com nível de agregação menor nos estudos que envolvem a utilização de estimativas de produtividade agrícola.

3.2 O Modelo AGRO-BR: Características Gerais

O modelo AGRO-BR, desenvolvido nesta tese, é um modelo inter-regional de Equilíbrio Geral Computável (EGC), dotado de mecanismos de dinâmica recursiva para 27 unidades espaciais, referentes às Unidades da Federação do Brasil, e grande desagregação setorial para produtos agrícolas. O AGRO-BR é um modelo do tipo *bottom-up*, cujos resultados nacionais são oriundos de agregações dos resultados regionais. Ademais, é o primeiro modelo a adotar de maneira desagregada os setores produtores referentes à agricultura familiar e à agricultura patronal. Assim, os setores i) agrícolas; ii) produção pecuária e de outros animais, iii) silvicultura e iv) extração vegetal, são desagregados em setores familiares e patronais, totalizando 48 setores. A base de dados do AGRO-BR é originada da matriz de insumo produto (IBGE, 2018) para o ano de 2015, elaborada através das Tabelas de Recursos e Usos (TRU), disponibilizadas em 2017.

O objetivo da construção do modelo AGRO-BR foi o de desenvolver um modelo capacitado para analisar impactos econômicos, regionais e setoriais decorrentes dos efeitos das mudanças climáticas no Brasil. Posto que os efeitos imediatos das alterações de temperatura e precipitação recorrem sobre a produção agrícola, o modelo apresenta grande desagregação setorial agrícola, e pelo fato da agricultura familiar ter sensibilidade distinta da agricultura patronal frente ao fenômeno climático, o modelo é dotado de desagregação setorial entre os tipos de produtores, familiar e patronal. Não obstante, em virtude de seus mecanismos de

dinâmica recursiva, o modelo permite a avaliação dos impactos econômicos ao longo do tempo, posto que os efeitos das MC ocorrem ao longo de um grande horizonte temporal. A Tabela 22 apresenta os setores utilizados no modelo AGRO-BR.

Tabela 22: Setores do modelo AGRO-BR

1	Arroz em Grão Familiar	23	Amendoim Familiar	45	Silvicultura Patronal
2	Arroz em Grão Patronal	24	Amendoim Patronal	46	Silvicultura Familiar
3	Trigo e Cereais Familiar	25	Abacaxi Familiar	47	Extração Vegetal Patronal
4	Trigo e Cereais Patronal	26	Abacaxi Patronal	48	Extração Vegetal Familiar
5	Milho em Grão Familiar	27	Banana Familiar	49	Pesca e Aquicultura
6	Milho em Grão Patronal	28	Banana Patronal	50	Indústria Extrativa
7	Algodão em Fibra Familiar	29	Feijão em Grão Familiar	51	Indústrias Diversas
8	Algodão em Fibra Patronal	30	Feijão em Grão Patronal	52	Eletrônicos
9	Cana de Açúcar Familiar	31	Castanha de Caju Familiar	53	Alimentos e Bebidas
10	Cana de Açúcar Patronal	32	Castanha de Caju Patronal	54	Diesel Combustível
11	Soja em Grão Familiar	33	Uva Familiar	55	Produtos Químicos Inorgânicos
12	Soja em Grão Patronal	34	Uva Patronal	56	Adubo e Fertilizantes
13	Mandioca Familiar	35	Outros da Lavoura Temporária Pat.	57	Defensivos Agrícolas
14	Mandioca Patronal	36	Outros da Lavoura Temporária Fam.	58	Eletricidade e Gás
15	Fumo em Folha Familiar	37	Laranja Familiar	59	Instituições Financeiras e Seguros
16	Fumo em Folha Patronal	38	Laranja Patronal	60	Comércio
17	Tomate Familiar	39	Café em Grão Familiar	61	Transporte de Carga
18	Tomate Patronal	40	Café em Grão Patronal	62	Serviços
19	Batata Inglesa Familiar	41	Outros da Lavoura Permanente Pat.	63	Setor Público
20	Batata Inglesa Patronal	42	Outros da Lavoura Permanente Fam.	64	Construção Civil
21	Cebola Familiar	43	Bovino e Outros Animais Pat.		
22	Cebola Patronal	44	Bovino e Outros Animais Fam.		

Fonte: Elaboração própria

A estrutura teórica do modelo AGRO-BR é originada do modelo TERM (HORRIDGE; MADDEN; WITTEWER, 2005). Sua estrutura de dados compacta e a adoção de hipóteses simplificadoras, permite a utilização de grande número de regiões (27) e setores (64), favorecendo a análise dos impactos econômicos das mudanças climáticas sobre cada região do modelo, posto que os efeitos do fenômeno são heterogêneos entre setores e regiões. Ademais, o modelo AGRO-BR pode ser utilizado para analisar políticas relacionadas ao setor agrícola, como crédito rural e produtividade agrícola, gerais ou específicas por tipo de produtor.

3.2.1 Estrutura de dados do modelo AGRO-BR

A estrutura teórica e de dados do modelo AGRO-BR é baseada na estrutura do TERM (HORRIDGE; MADDEN; WITTEWER, 2005). Dentro da abordagem Johanseana de modelagem em EGC, o TERM se apresenta como o modelo mais avançado em termos de modelagem regional, sendo elaborado para permitir a utilização de grande número de setores e

regiões e ao mesmo tempo reduzir os requisitos em termos de software e tempo de processamento.

As inovações do TERM estão relacionadas à sua compacta estrutura de dados regionais e ao seu sistema de equações. Sua base de dados é construída através da matriz de insumo produto, da tabela de recursos e usos, além de um requisito de dados regionais inferiores a outros modelos regionais. Seu sistema de equações, ao adotar a hipótese genérica de que todos os usuários de um bem, de uma região em particular, adquirem esse bem de outras regiões em proporções comuns, reduz a dimensão das matrizes utilizadas nos sistemas de solução do modelo. Portanto, a menor necessidade de dados regionais, somada à uma nova estrutura de sistema de equações, permite solução rápida e menor utilização de memória no processamento das simulações (HORRIDGE, 2011).

A apresentação da estrutura do modelo AGRO-BR, nesta seção, baseia-se inteiramente na apresentação da estrutura do modelo TERM, elaborada por Horridge (2011).

O Quadro 1, apresenta os conjuntos relevantes para o funcionamento do AGRO-BR e que compõem a estrutura de insumo produto do modelo, representada pela Figura X. Os índices (s, c, m, i, d etc.) representam a dimensão das matrizes e correspondem aos respectivos conjuntos. Os conjuntos COM e IND possuem a mesma dimensão pois, no modelo, cada setor (IND), produz apenas um produto (COM). Os conjuntos DST, ORG e PRD também são iguais e referem-se as 27 regiões do modelo, diferenciando-se apenas no contexto em que são utilizados.

Índice	Nome do Conjunto	Descrição	Tamanho
s	SRC	Fonte doméstica ou importada (dom, imp.)	2
c	COM	<i>Commodities</i>	64
m	MAR	<i>Commodities</i> de margem (comércio e transporte)	2
i	IND	Indústrias	64
d	DST	Regiões de destino	27
r	ORG	Regiões de origem	27
p	PRD	Regiões de margem de produção	27
f	FINDEM	Demanda final (HOU, famílias; INV, investimento; GOV, governo; EXP, exportações)	4
u	USER	Usuários = IND + FINDEM	68

Quadro 1: Principais Conjuntos do Modelo AGRO-BR

Fonte: Elaboração própria baseado em Horridge (2011)

O fluxograma apresentado na Figura X, ilustra os fluxos de valores oriundos de três perspectivas, i) Valores Básicos; ii) Valores de Entrega e iii) Valores de Compra:

- i) Valores Básicos = Preços de Produção (Domésticos) ou Preços (CIF) de importados já incluindo os custos, o frete e o seguro;
- ii) Valores de “Entrega” ou venda = Valores Básicos + Margens;
- iii) Valores de Compra = Valores de Entrega + Impostos;

As matrizes no lado esquerdo do diagrama se assemelham (para cada região) a um banco de dados de insumo-produto de região única. Por exemplo, a matriz USE no canto superior esquerdo mostra o valor da demanda para cada bem (c em COM), doméstico ou importado (s em SRC) em cada região de destino (DST) para cada usuário (USER, incluindo os setores, IND, e 4 demandantes finais: famílias, investimentos, governo e exportações). A título de exemplo, elementos de USE podem configurar-se como:

- i) $USE(c,s,u,d) = USE(\text{“Mandioca Familiar”, “Dom”, “Alimentos e Bebidas”, “GO”})$: Uso de mandioca familiar, de produção doméstica, pela indústria de alimentos e bebidas no estado de Goiás.
- ii) $USE(c,s,u,d) = USE(\text{“Trigo em Grãos”, “Imp”, “EXP”, “PR”})$: Trigo em grãos, importado, re-exportado de um porto no Paraná.
- iii) $USE(c,s,u,d) = USE(\text{“Diesel Combustível”, “Imp”, “HOU”, “MG”})$: Diesel e combustível, importado, demandado pelas famílias em Minas Gerais.
- iv) $USE(c,s,u,d) = USE(\text{“Soja Patronal”, “Dom”, “EXP”, “SP”})$: Soja Patronal, de produção doméstica, exportada pelo estado de São Paulo. Parte da produção pode ser oriunda de outra região.

Como mostra o último exemplo, a estrutura de dados permite reexportações (pelo menos em princípio). Todos os valores de USE são "entregues": incluem o valor de qualquer margem comercial ou de transporte usada para gerar bens para o usuário. Observe também que a matriz USE não contém informações sobre a região de origem dos bens, apresenta apenas a região onde foi demandada.

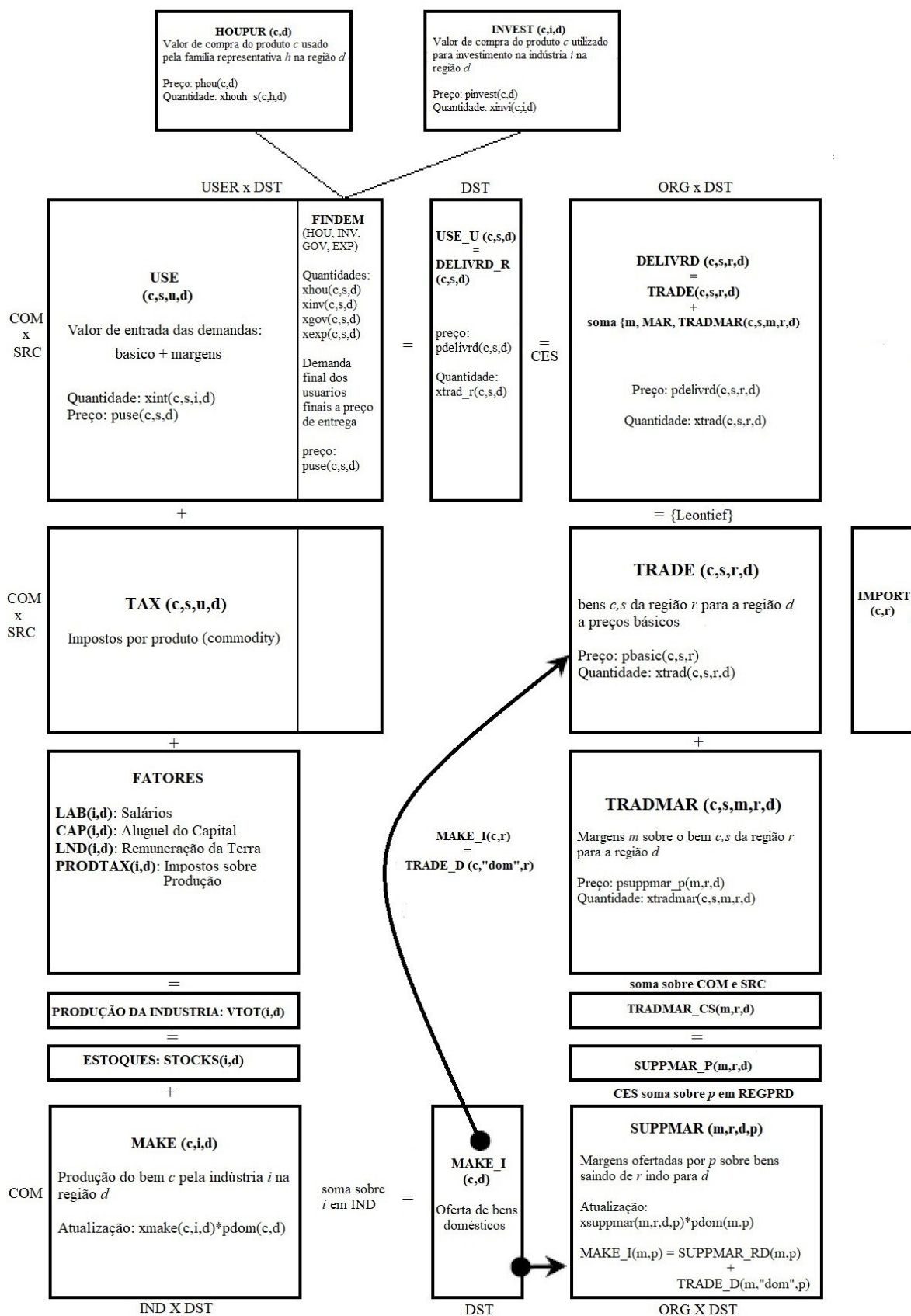


Figura 5: Fluxograma da base de dados do modelo AGRO-BR
 Fonte: Adaptado de Horridge (2011)

A matriz TAX, com as dimensões (c, s, u, d), apresenta as receitas de imposto sobre mercadorias advindas de cada elemento da matriz USE. Juntamente com matrizes de custos de fatores primários e impostos sobre a produção, elas compõem os custos de produção (ou valor da produção) de cada setor em cada região.

A princípio, cada setor é capaz de produzir qualquer bem. A matriz MAKE na parte inferior da Figura 5 mostra o valor da produção de cada mercadoria de cada setor em cada região. Um subtotal de MAKE, denominado de MAKE_I, mostra a produção total de cada bem (c em COM) em cada região d.

O modelo AGRO-BR reconhece as alterações de estoque de maneira limitada. Primeiro, as mudanças nos estoques de importações são ignoradas. Para a produção doméstica, as variações de estoque são consideradas como um destino para a produção da indústria (ou seja, eles são dimensão IND em vez de COM). O restante da produção vai para a matriz MAKE.

O lado direito da Figura 5 demonstra o mecanismo de oferta regional. A matriz-chave é a TRADE, que mostra o valor do comércio inter-regional por fontes (r em ORG) e destinos (d em DST) para cada bem (c em COM), de origem doméstica ou importada (s no SRC), ou seja, a matriz TRADE apresenta os fluxos regionais de comércio, indicando a origem e o destino do produto comercializado. A diagonal desta matriz (r = d) mostra o valor do uso local que é originário da própria região. Para bens estrangeiros (s = "imp") a fonte regional (r em ORG) denota o porto de entrada. A matriz IMPORT, demonstra a entrada total das importações em cada porto, e representa a parcela de bens importados da matriz TRADE.

A matriz TRADMAR mostra, para cada célula da matriz TRADE o valor da margem referente ao produto m (m em MAR) que é necessária para a realização do fluxo comercial. O modelo AGRO-BR utiliza apenas dois bens de margem, i) comércio e ii) transporte. Somando-se a matriz TRADE e a matriz TRADMAR, encontramos a matriz DELIVRD, que representa o valor entregue (básico + margens) de todos os fluxos de mercadorias dentro e entre regiões. Note-se que a TRADMAR não faz nenhuma suposição sobre onde um fluxo de margem é produzido (o subscrito r refere-se à fonte do fluxo básico subjacente).

A Matrix SUPPMAR apresenta a origem das margens produzidas (p em PRD), sem apresentar os produtos (c em COM) e as origens, doméstica ou importada (s em SRC), indicando que, para toda margem de produto m usado para transportar quaisquer mercadorias da região r para a região d, segue a mesma proporção de m produzida na região p. A Soma das

margens regionais forma a matriz SUPPMAR_P, que deve ser idêntica ao subtotal da matriz TRADMAR_CS. No modelo, TRADMAR_CS é uma agregação de TRADEMAR, a partir de uma função do tipo CES²⁷, assim, as margens para um determinado bem e rota, são provenientes do preço dessa margem nas várias regiões (p em PRD).

O modelo AGRO_BR distingue 4 demandadores finais em cada região: i) HOU: família representativa; ii) INV: formação de capital; iii) GOV: demanda do governo e; iv) EXP: demanda de exportação. No modelo, adota-se a hipótese de que todos os usuários de um determinado produto (c,s) em uma determinada região (d) têm o mesmo mix de origem (r). Com efeito, para cada produto (c,s) e região de uso (d) há um corretor que decide para todos os usuários dessa região d , onde serão obtidos os produtos. Utiliza-se uma substituição de Armington para diferenciar os produtos, assim a matriz DELIVRD_R é um composto CES da matriz DELIVRD.

O equilíbrio entre a demanda e a oferta de bens domésticos é ilustrado pelas setas que ligam a matriz MAKE_I com as matrizes TRADE e SUPPMAR, na Figura 5. Para os bens de origem doméstica que não são margem, os elementos da matriz TRADE são somados aos elementos correspondentes na matriz MAKE_I referente à oferta de bens. Para os bens de margem, utiliza-se as margens de SUPPMAR_RD junto às demandas diretas representadas em TRADE_D. Outro requisito de equilíbrio do banco de dados do AGRO-BR é que a soma da matriz USE, (USE_U), seja igual à soma das fontes regionais da matriz DELIVRD, (DELIVRD_R).

Por fim, as matrizes satélites INVEST e HOUPUR permitem algum grau de diferenciação entre as composições de produtos utilizados no investimento e no consumo das famílias. Assim, a composição de bens utilizados no investimento realizado no setor agrícola, pode ser diferente da composição de bens utilizados no investimento realizado no setor de Construção Civil, analogamente, a cesta de consumo de famílias de renda elevada, pode se diferenciar da composição de bens consumidos pelas famílias de baixa renda. As matrizes INVEST e HOUPUR também evidenciam o pressuposto de que a participação de bens domésticos/importados no consumo ou no investimento e as taxas de impostos são uniformes, desta forma, assumimos que a taxa de imposto sobre determinado produto é a mesma para ricos e pobres, assim como a participação das importações no consumo.

²⁷ Função com elasticidade de substituição constante

3.3 Estrutura Teórica do Modelo AGRO-BR

Nesta seção apresenta-se o arcabouço teórico referente às estruturas de produção, de composição por origem das demandas regionais, das demandas das famílias, das demandas por exportações, dos mecanismos de ajuste no mercado de trabalho, de investimento, composição de estoques, e demais características do modelo AGRO-BR.

3.3.1 Estrutura da Tecnologia de Produção

As equações do modelo AGRO-BR são semelhantes às de outros modelos de EGC. No modelo, os setores produtivos atuam em concorrência perfeita, obtendo lucro zero, sendo que cada setor produz apenas um produto em escala constante de produção. Os produtores escolhem uma combinação de insumos intermediários, de origem doméstica ou importada, e fatores primários, capital, terra e trabalho, de forma a minimizar custos de produção, sujeitos a funções de produção dos tipos Leontief e CES, conforme ilustrado na Figura 6. As estruturas funcionais de otimização correspondem às figuras em forma de trapézio, as demais estruturas referem-se aos produtos, fatores e insumos.

No processo produtivo, os fatores primários e os insumos intermediários são demandados em proporções fixas, seguindo uma função de produção do tipo Leontief. Ou seja, é necessária a utilização conjunta dos insumos intermediários e dos fatores primários, não sendo possível haver substituição entre eles, conforme verificado no segundo nível da Figura 6. No nível abaixo, os fatores primários capital, terra e trabalho são demandados através de uma função de produção do tipo CES. Ressalta-se que o fator terra é demandado apenas pelos setores produtores de produtos agrícolas, bovinos, outros animais, silvicultura, extração vegetal e aquicultura. A demanda por insumos intermediários é estruturada por uma função do tipo CES, que permite a substituição entre diferentes produtos. A origem também é estruturada por um função do tipo CES, permitindo a substituição do produto entre as regiões de origem (Seção 3.3.3).

A adoção de funções do tipo CES na tecnologia de produção implica na utilização da hipótese de Armington (1969) em relação à diferenciação de produtos do mesmo setor. A hipótese indica que bens de diferentes origens domésticas ou externas, são tratados como substitutos imperfeitos (CARVALHO, 2014). Assim, o produto Soja Patronal de uma região não é substituto perfeito do bem Soja Patronal de outra região do modelo, por exemplo.

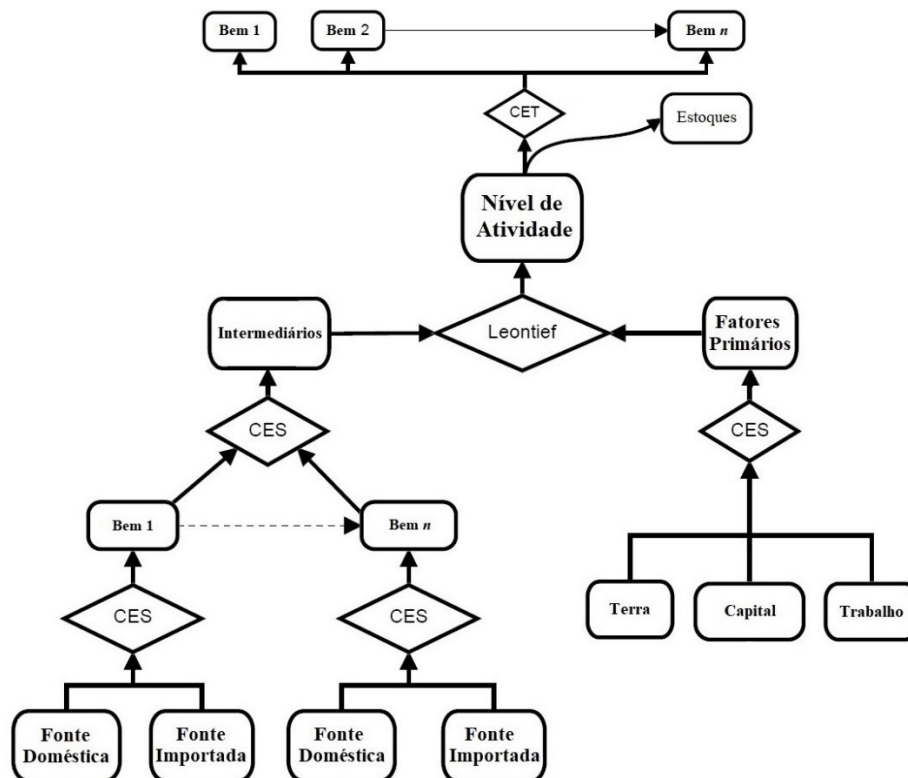


Figura 6: Estrutura produtiva do modelo AGRO-BR

Fonte: Adaptado de Horridge (2011)

3.3.2 Mercado de Trabalho

A oferta de trabalho no modelo AGRO-BR é exógena nacionalmente, contudo ela é determinada endogenamente entre as regiões, ou seja, existe um mecanismo que permite o fluxo de trabalho entre as regiões do modelo, respeitando a oferta agregada nacional. A oferta de trabalho regional é determinada através do diferencial de salários entre as regiões:

$$SL(d) = \alpha(d) * (AW(d) - NW) + \delta(d) + \phi \quad (5)$$

Onde:

SL(d) é a oferta de trabalho na região d;

$\alpha(d)$ representa a elasticidade SIGMAMIG de migração;

AW(d) representa o salário médio da região d;

NW representa o salário real agregado nacional ;

$\delta(d)$ representa um parâmetro de deslocamento da migração; e

ϕ representa um parâmetro que permite a adaptação do emprego regional ao emprego nacional.

3.3.3 Estrutura da Composição por Origem da Demanda

O modelo AGRO-BR é regional, portanto, cada região produz e demanda bens e serviços. A Figura 3 ilustra os detalhes da estrutura da composição por origem da demanda. Embora a ilustração represente apenas a demanda por uma única mercadoria (Eletrônicos), por um único usuário (Famílias) em uma única região (Minas Gerais), o mesmo diagrama se aplicaria a outros produtos, usuários e regiões. O diagrama retrata uma série de estruturas “aninhadas” indicando as várias possibilidades de substituição permitidas pelo modelo.

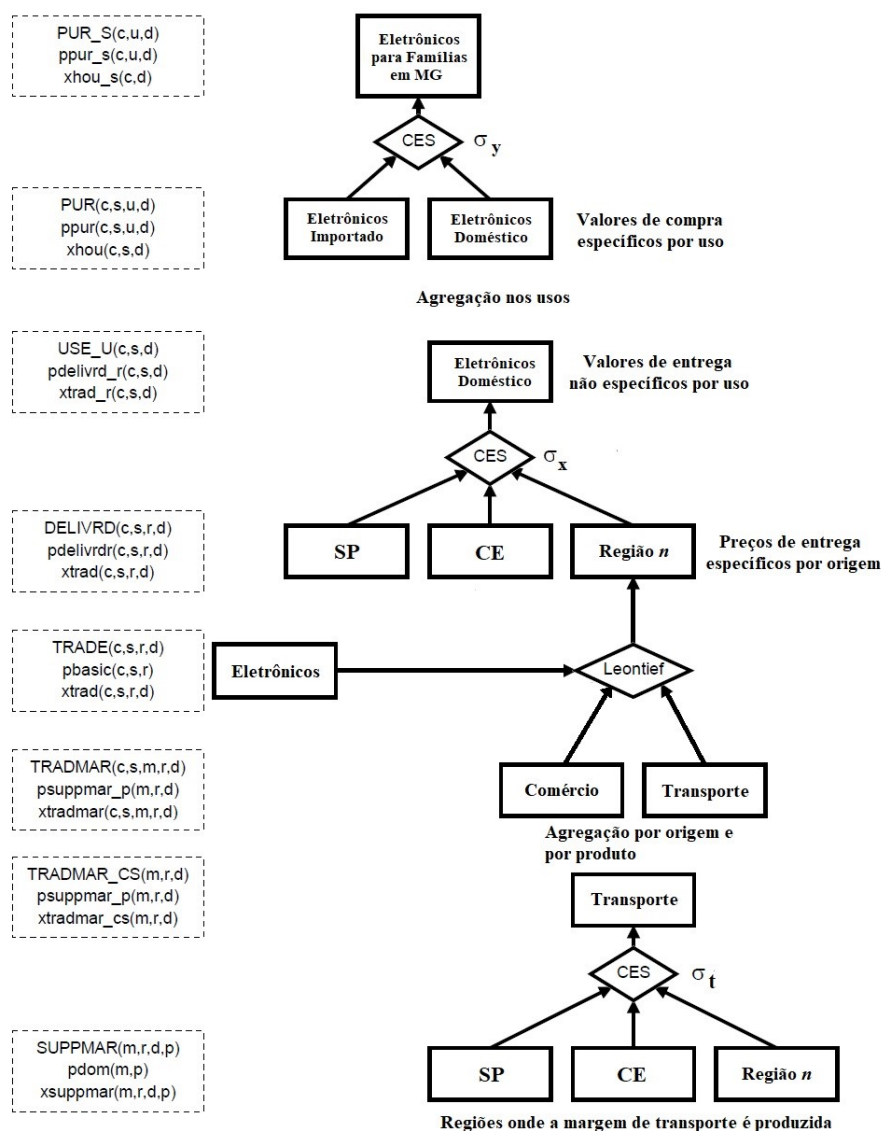


Figura 7: Mecanismo de Composição de Demanda do modelo AGRO-BR

Fonte: Adaptado de Horridge (2011)

No lado esquerdo da Figura 7, caixas com bordas pontilhadas mostram, em maiúsculas, os fluxos de valor associados a cada nível dos sistemas aninhados. Esses fluxos de valor também podem ser localizados na Figura 5. As mesmas caixas mostram em letras minúsculas o preço p e as variáveis de quantidade x associadas a cada fluxo. As dimensões dessas variáveis são relevantes tanto para a utilidade do modelo quanto para sua capacidade computacional, sendo representadas pelos subscritos c , s , m , r , d e p , descritos no Quadro 1.

No nível superior da Figura 7, as famílias escolhem entre eletrônicos importados (de outro país) e eletrônicos domésticos. As funções CES ou Armington caracteriza a sua escolha. As demandas são orientadas pelos preços de compra, compostos pelos preços de entrega acrescidos de impostos (a matriz PUR de valores dos compradores é encontrada através da soma das matrizes de IMPOSTOS e USE da Figura 5). Um valor 2 é tipicamente utilizado como parâmetro para a elasticidade da substituição entre importados e domésticos.

As demandas por eletrônicos domésticos, em uma região, são somadas (por usuários) para dar o valor total da matriz USE_U (o sufixo "U" indica soma sobre o índice de usuário u). A matriz USE_U é medida em valores de entrega, que incluem valores e margens básicas (comércio e transporte), mas não os impostos sobre commodities específicos do usuário.

Descendo, o próximo nível trata do fornecimento de USE_U entre as várias regiões nacionais. A matriz DELIVRD mostra como USE_U é dividida entre as regiões de origem r . Mais uma vez, uma especificação do tipo CES controla a alocação; as elasticidades de substituição variam de 5 (mercadorias) a 0,2 (serviços). A CES implica que as regiões que reduzem os custos de produção mais do que outras regiões tenderão a aumentar a sua quota de mercado. A decisão de fornecimento é tomada com base em preços entregues, que incluem transporte e outros custos de margem. Assim, mesmo com os preços fixos dos produtores, as mudanças nos custos de transporte afetarão as quotas de mercado regionais. Observe que as variáveis a este nível não têm o subscrito u referente ao usuário. A decisão é tomada com base em todos os usuários (como se os atacadistas, não os usuários finais, decidissem onde comprar eletrônicos). A implicação dessa hipótese, é que, por exemplo, em MG, a proporção de eletrônicos originados de SP é a mesma para as famílias, intermediários e todos os outros usuários.

O próximo nível para baixo mostra como um eletrônico "entregue" em MG, é um composto do tipo Leontief de eletrônicos a preços básicos e bens de margem (comercio e transporte). Ou seja, o preço de entrega é composto por participações fixas entre o preço básico

e os preços das margens, sendo a margem interpretada como o custo de transferência. A participação de cada margem no preço entregue é específica e vinculada à uma combinação de origem, destino, mercadoria e fonte. Por exemplo, devemos esperar que os custos de transporte formem uma parte maior para os pares de regiões que estão muito distantes, ou para bens pesados ou volumosos. O número de produtos de margem depende do quão agregado é o banco de dados do modelo. O AGRO-BR utiliza dois produtos de margem, denominados de Transporte e Comercio.

A parte inferior da estrutura aninhada mostra a origem das margens de Transporte e Comércio. As margens de Transporte podem ser distribuídas de maneira igualitária entre a origem e o destino, havendo a possibilidade de substituição entre os fornecedores do produto Transporte. Essa substituição é determinada pela elasticidade (σt), que pode ser determinada para permitir certo grau de alocação na capacidade de armazenagem ao longo das rotas. Um valor comum para esse parâmetro é 0,5. As margens de comércio são produzidas, sobretudo, na região de destino, com pouca possibilidade de substituição entre as regiões, e assim, o parâmetro utilizado na elasticidade, 0,1 é próximo de zero, que representaria a impossibilidade de substituição. As decisões de substituição ocorrem a um nível agregado, sob a hipótese de que as margens geradas por uma região, participando como intermediária na composição da margem de determinado produto, são as mesmas, independente do produto que esteja sendo transportado. Ou seja, a margem gerada pelo transporte em SC, de um produto sendo transportado do PR para RS, é a mesma, independente se o que está sendo transportado seja Eletrônicos ou Alimentos e Bebidas.

Por fim, embora não seja mostrado na Figura 7, um sistema paralelo de origem da demanda também é modelado para eletrônicos importados, traçando-os de volta ao porto de entrada em vez de região de produção.

3.3.4 Demanda por Investimento

A demanda por investimento é realizada apenas pelos usuários denominados de Investidores no AGRO-BR. A realização do investimento implica em aumento da formação bruta de capital fixo, ou “novas unidades de capital”, que é utilizada no modelo como um fator primário de produção. A dinâmica da demanda intersetorial e regional por investimentos é orientada pelos mecanismos de acumulação que incorporam o comportamento dos estoques de capital, taxas de depreciação e taxas de retorno.

A Figura 8 ilustra a estrutura de produção de capital. Os investidores utilizam insumos de forma a minimizar os custos de produção, sujeitos a uma estrutura hierarquizada de tecnologia. Os insumos utilizados respeitam uma função de produção do tipo Leontief, indicando que o capital é originado de um composto de proporções fixas de insumos intermediários. Não são utilizados fatores primários na produção de capital. Os bens intermediários utilizados na composição podem ser de origem doméstica ou importados. Uma função de produção do tipo CES orienta a substituição entre as fontes dos insumos (doméstica x importada) e entre as 27 regiões do modelo.

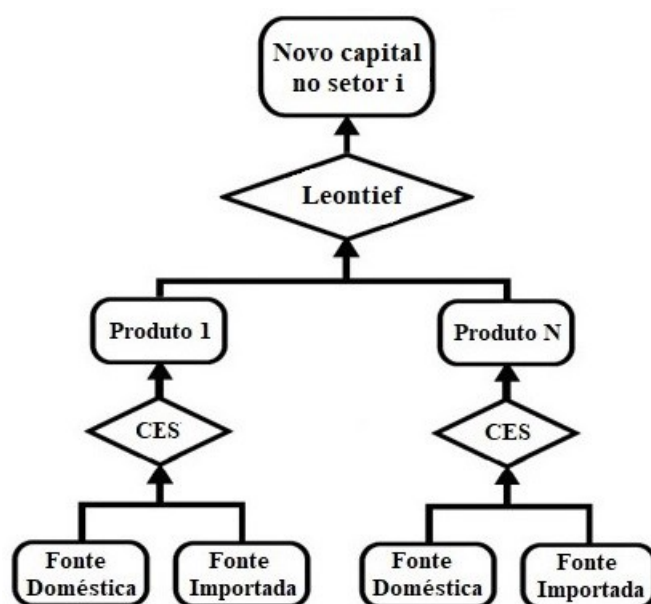


Figura 8: Estrutura da Demanda por Investimentos

Fonte: Elaboração própria

As decisões de investimento são balizadas pelas taxas de retorno, possuindo um mecanismo de ajuste específico em modelos de dinâmica recursiva. Segundo Dixon e Rimmer (1998), as taxas de crescimento do capital das indústrias (e, portanto, os níveis de investimento) são determinadas de acordo com funções que especificam que os investidores estão dispostos a fornecer fundos maiores à indústria j em resposta a aumentos esperados de taxa de retorno nesta indústria. A modelagem incorpora ainda, um certo grau de cautela para os investidores, posto que os investidores estão dispostos a permitir que a taxa de crescimento de capital da indústria j no ano t se mova acima da taxa de crescimento de capital historicamente normal de j , apenas se eles esperarem ser compensados por uma taxa de retorno acima do nível historicamente normal de j .

Em linhas gerais, os parâmetros fundamentais para determinar os níveis de investimento são: i) o volume de estoque de capital; ii) as taxas de depreciação do capital, e iii) a taxa de retorno do capital. Ressalta-se que o volume de estoque e as taxas de retorno são diferentes entre os setores, permitindo a alocação setorial e regional do investimento. A seguir, apresenta-se a estrutura de determinação da taxa de retorno, segundo Dixon e Rimmer (2002), Magalhães (2012) e Carvalho (2014).

A acumulação de capital no modelo AGRO-BR é dado por:

$$K_{j,t+1} = (1 - D_{j,t}) * K_{j,t} + I_{j,t} \quad (1)$$

Onde:

$K_{j,t}$ é estoque de capital no período t na indústria j;

$K_{j,t+1}$ é o estoque de capital no período t+1 na indústria j;

$I_{j,t}$ é o investimento durante o ano t na indústria j; e

$D_{j,t}$ é o parâmetro para a taxa de depreciação na indústria j;

O desempenho do estoque de capital por indústria depende de sua taxa de retorno, dados os valores iniciais de $K_{j,0}$ e $I_{j,t}$. A equação (2) representa o cálculo da taxa esperada de retorno do capital.

$$E_t[R_{j,(t)}] = ER_j + D_j \quad (2)$$

Onde:

$E_t[R_{j,(t)}]$ é a taxa de retorno esperada no ano t, pela indústria j;

ER_j é a taxa de retorno de equilíbrio esperada na indústria j;

D_j é uma medida de desequilíbrio na taxa de retorno corrente na indústria j;

O mecanismo que determina o investimento setorial nos modelos de EGC de dinâmica recursiva, pode ser representado por:

$$E_t[R_{j,(t)}] = -1 + \frac{E_t[Q_j(t+1)]}{C_j(t)} \left(\frac{1}{1+r} \right) + (1 - D_j) \left(\frac{E_t[C_j(t+1)]}{C_j(t)} \right) \left(\frac{1}{1+r} \right) \quad (3)$$

$$E_t[R_{j,(t)}] = f_{j(t)} \left(\frac{K_j(t+1)}{K_j(t)} - 1 \right) \quad (4)$$

Onde:

E_t representa a expectativa no ano t;

$R_j(t)$ é a taxa de retorno do investimento no setor j realizado no ano t ;

$Q_j(t+1)$ representa o retorno sobre o capital j no ano $t+1$;

R representa a taxa de juros;

$C_j(t)$ representa o custo de uma unidade extra de capital instalado no setor j no ano t ;

$f_{j(t)}$ representa uma função não decrescente.

A equação (3) determina a taxa de retorno esperada do setor j no ano t como sendo o valor presente de um real extra de investimento, ou seja, um real de investimento compra $1/C_j(t)$ unidades de capital no ano t . Ademais, a equação (3) indica ainda que a renda gerada no ano $t+1$ é de $E_t[Q_j(t+1)]/C_j(t)$ e a redução de investimento é no montante esperado de $(1-D_j)\{E_t[Q_j(t+1)]/C_j(t)\}$.

A curva da oferta de investimento é definida em (4), indicando que a taxa de retorno exigida pelos investidores ao gastarem um real extra no setor j , depende da taxa de crescimento do estoque de capital j . A equação (4) indica que, diante uma redução da disponibilidade de fundos de investimento, dada a inclinação positiva da curva $f_{j(t)}$, o setor j atrairia investimento em decorrência da alta taxa de crescimento de capital e conseqüente alta taxa de retorno esperada. Ou seja, quanto maior a taxa de crescimento do capital entre dois períodos, maior será a taxa de retorno esperada. Ressalta-se que é usual assumir que a oferta de investimento é infinitamente elástica em relação à taxa de juros.

3.3.5 Demanda das Famílias

No modelo AGRO-BR, cada região apresenta uma família representativa. Sua demanda é originada de um sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin, em que as famílias maximizam sua utilidade através da compra de bens domésticos e importados. A Figura 9 ilustra as estruturas aninhadas hierárquicas que representam a demanda das famílias.

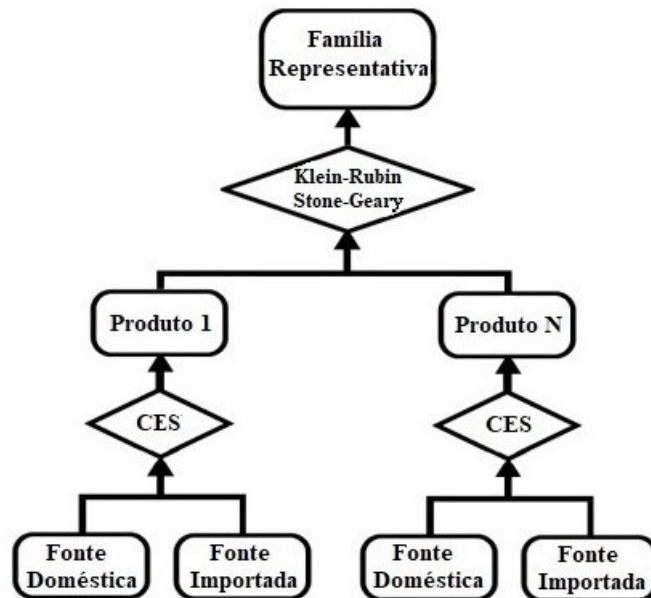


Figura 9: Estrutura de Demanda Regional das Famílias no modelo AGRO-BR
 Fonte: Elaboração própria

A primeira estrutura aninhada, na parte superior da Figura 9, representa o mecanismo pelo qual as famílias maximizam sua utilidade através do consumo de uma cesta de bens ou bens compostos. A função do tipo Klein-Rubin ou Stone-Geary da origem ao sistema linear de gastos (LES), em que a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família (MAGALHÃES, 2012).

O Sistema Linear de Gastos (LES) implica que o gasto da família representativa com cada bem, é uma função linear dos preços médios (composto doméstico e importado) e do gasto (renda). Um requisito de “subsistência” está presente em cada produto, de forma que as famílias demandem uma quantidade mínima, independente do preço. Após os gastos de subsistência, o valor residual da renda é gasto com bens de “luxo”. A alocação desse gasto residual entre os bens segue uma participação orçamentária marginal, calibrada segundo parâmetros de elasticidade de gasto e de participação orçamentária. Ressalta-se que apenas os gastos acima do nível de subsistência, ou seja, os gastos em bens de luxo, afetam a utilidade das famílias representativas (PETER *et al.*, 1996).

Haddad (2004) formaliza a função de utilidade Stone Geary ou Klein Rubin, que possui a forma de uma função Cobb-Douglas, da seguinte maneira:

$$U(h) = \sum_i^n \frac{1}{Q} [X(h) - \gamma(h)]^{\beta h} \quad (5)$$

Onde, $X(h)$ é o consumo agregado do bem i pela família representativa h ; Q é o número de famílias; γ é a quantidade de subsistência de cada família h ; β representa a participação orçamentária marginal sobre os gastos totais em bens de luxo (vetores de parâmetros).

O sistema de demanda regional resultante, implica que a quantia dispendida em cada produto acima do nível de subsistência $[X(h) - \gamma(h)] \cdot P(i)$, é determinada por uma participação constante no gasto total em bens de luxo da família, ou seja, após o gasto com subsistência, a renda residual é gasta entre os demais bens em proporções fixas e iguais a β .

$$[X(h) - \gamma(h)] \cdot P(k) = \beta \sum [X(k) - \gamma(k)] \cdot P(k) \quad (6)$$

3.3.6 Demanda por Exportações e Importações

No modelo AGRO-BR, o resto do mundo é exógeno. Desta maneira, é usual em modelos de EGC com esta característica, utilizar curvas de demanda negativamente inclinadas nos preços do mercado mundial. Utiliza-se, no modelo, um vetor de elasticidades (comum a todas as regiões, mas diferenciada entre os setores) que representa a resposta da demanda externa às alterações de preços dos produtos exportados.

Adota-se a hipótese de país pequeno²⁸ no comércio internacional, de forma que as exportações setoriais respondem a curvas de demanda negativamente associadas aos custos domésticos de produção e positivamente afetadas pela expansão exógena da renda internacional. Choques na demanda por exportações são possibilitados por termos de deslocamento nos preços e na demanda externa.

A demanda por exportações é especificada por equações que identificam o porto, ou região de saída da mercadoria exportada e sua região de produção. De maneira análoga ao mecanismo de composição de demanda por produtos, o modelo mensura os custos de margem de transporte utilizados entre a região produtora e a região de saída da mercadoria.

A demanda por importações é oriunda do somatório das demandas de todos os usuários (firmas, famílias, investimento, governo e estoques) por insumos intermediários, bens de capital e bens finais. Os usuários exportações e margem não demandam bens importados. O preço das importações não depende da demanda doméstica (hipótese de economia pequena no mercado internacional). As variações de preço dos produtos importados ocorrem em três situações, i)

²⁸ A hipótese de país pequeno indica que o volume produzido não afeta os preços internacionais.

mudanças nos preços dos importados em moeda estrangeira; ii) mudanças na taxa de câmbio; e iii) mudança na tarifa sobre os produto importado.

3.3.7 Demanda do Governo

O governo é um usuário final no modelo. Seu consumo representa a soma total das demandas das três esferas de governo (federal, estadual e municipal). O AGRO-BR não apresenta modelagem específica para o Governo, seu desempenho é determinado exógenamente, podendo ser vinculado ao consumo das famílias ou à arrecadação de impostos. Os setores de Serviços e Administração Pública, Saúde Pública e Educação Pública possuem estrutura produtiva semelhante aos demais setores do modelo, incorrendo em um problema de minimização de custos sujeitos às receitas de impostos.

3.3.8 Demanda por Estoques

O desempenho do volume de estoques, no modelo AGRO-BR, é determinado como uma proporção fixa da produção de bens domésticos. Parâmetros permitem que essa proporção seja diferenciada entre os setores e regiões. A demanda por estoque pode ser uma variável exógena, permitindo a incorporação de choques específicos por setor e por região.

3.3.9 Margens e Impostos Indiretos

A demanda por margens é determinada pela participação nos fluxos de bens associados à cada tipo de margem (transporte ou comércio). Essa participação é proporcional ao fluxo. Os impostos indiretos são tratados como taxas *ad valorem* sobre os fluxos básicos.

3.3.10 Outras Especificações

O AGRO-BR apresenta especificações para outras equações relacionadas ao cálculo dos agregados macroeconômicos e indicadores de banco de dados, sendo relevantes para a compreensão e análise dos resultados do modelo. Entre eles, destacam-se: i) PIB pelas óticas do dispêndio e da renda; ii) Saldo Comercial; iii) Índices de preços do consumo das famílias, dos investimentos, das importações, das exportações e do PIB (deflator implícito); iv) Agregação de fatores primários (capital, terra e trabalho); v) Decomposição das vendas (uso intermediário e final); e vi) Decomposições do PIB pelas óticas do dispêndio e da renda.

3.3.11 Equilíbrio de Mercado e preços de compra

O modelo AGRO-BR atua através de equações de equilíbrio de mercado para todos os bens consumidos, domésticos e importados, e em todas as regiões. Há equilíbrio de mercado também entre os fatores primário de produção. Os preços de compra de todos os usuários finais, em cada região, são determinados pela soma dos preços básicos (custos de produção), somados os impostos (diretos e indiretos) e as margens (de comércio e transporte).

3.4 Base de Dados e Procedimento de Regionalização

A base de dados utilizada por modelos de EGC regionais partem de adaptações das matrizes de insumo produto. As adaptações são necessárias para suprir a ausência de dados regionais e setoriais da matriz de insumo produto e para adequar sua formatação aos moldes utilizados pelos modelos de EGC. Neste sentido, a base de dados do modelo AGRO-BR foi estabelecida, através de um procedimento de regionalização desenvolvido por Horridge (2006) e adaptado para dados do Brasil. O procedimento é utilizado na elaboração de bases de dado para modelos de EGC multirregionais, do tipo *bottom-up*, a partir de *shares* ou participações regionais da produção setorial e demais componentes da demanda final. Os trabalhos de Magalhães (2013), Carvalho (2014), Ribeiro (2015) e Sessa (2019) utilizam do mesmo procedimento, adaptados a seus objetos de pesquisa.

O procedimento de elaboração da base de dados pode ser generalizado em três tipos de processo: i) construção de um arquivo, contendo os dados regionais; ii) Utilização de software para configurar os dados no molde *bottom-up*; e iii) Agregações de setores e regiões, e realização de testes para checagem da base de dados criada. A Figura 10 apresenta as etapas do processo de regionalização do modelo AGRO-BR.

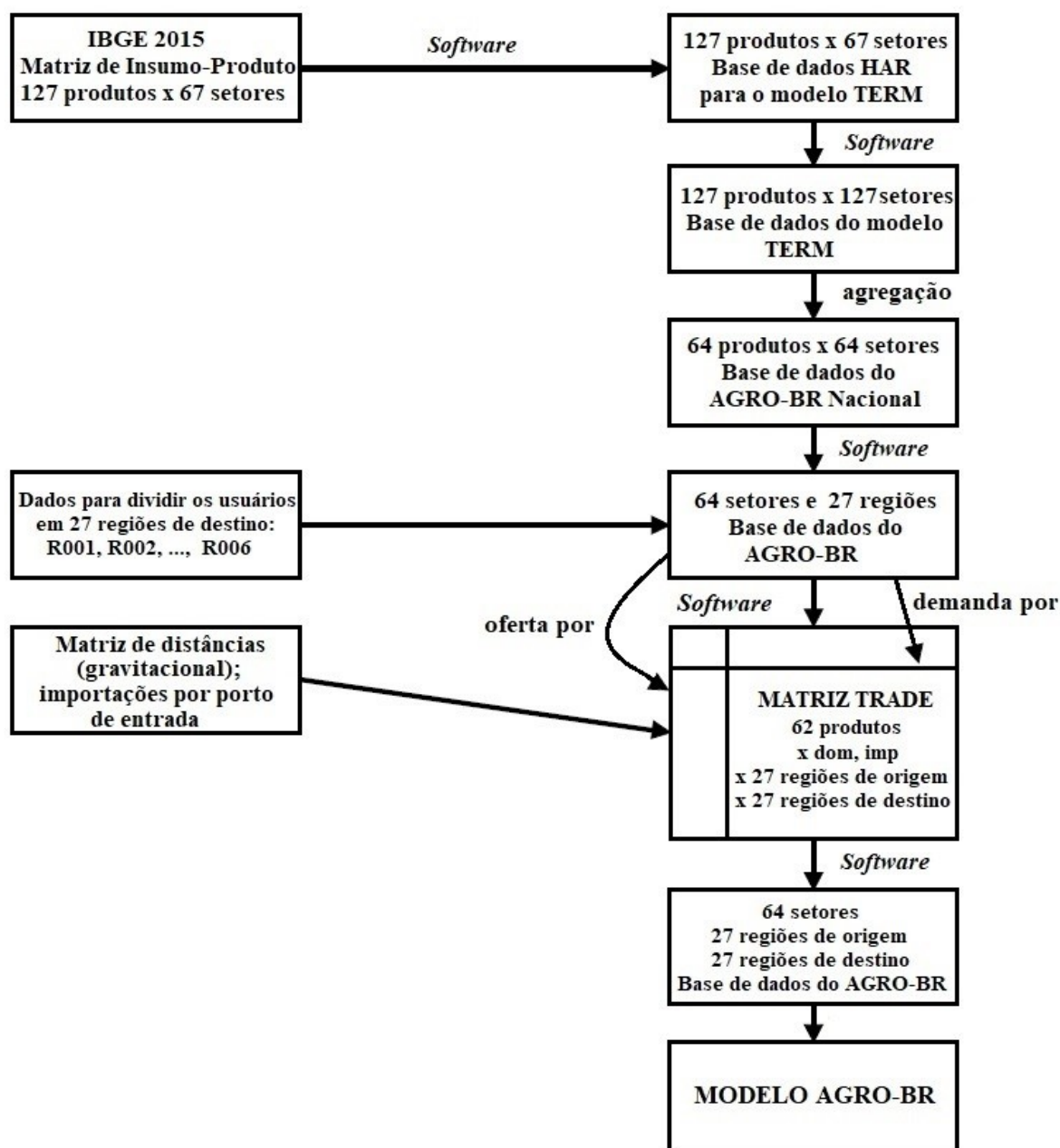


Figura 10: Resumo do Procedimento de Regionalização

Fonte: Elaboração própria com base em Horridge (2011)

No primeiro passo, os dados iniciais originados da matriz de insumo produto do IBGE, referente ao ano de 2015 e contendo 127 produtos e 67 setores, são utilizados para compor a tabela de base de dados do modelo TERM. A Figura 11 ilustra a estrutura da base de dados nacional do TERM, antes do processo de regionalização.

		Matriz de Absorção					
		1	2	3	4	5	6
		Produtores	Investidores	Famílias	Exportações	Governo	Estoques
	Dimensão	i	1	1	1	1	1
Fluxos Básicos	$c*s$	V1BAS	V2BAS	V3BAS	V4BAS	V5BAS	V6BAS
Margens	$c*s*m$	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR	V6MAR
Impostos	$c*s*i$	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX	V6TAX
Trabalho	1	V1LAB					
Capital	1	V1CAP					
Terra	1	V1LND					
Impostos na Produção	1	V1PTX					

c = bens (1, ..., 127)
 i = setores (1, ..., 127)
 f = famílias
 δ = origem (doméstico, importado)
 m = margens (comércio, transporte)

	Matriz de Produção
Dimensão	i
c	MAKE

	Impostos de Importação
Dimensão	i
c	V0TAR

Figura 11: Base de dados nacional do modelo AGRO-BR

Fonte: Elaboração própria com base em Sessa (2019)

As colunas na matriz de absorção representam as estruturas de compras pelos usuários do modelo, sendo identificadas como: i) produtores domésticos; ii) investidores representados por setores industriais; iii) uma família representativa; iv) um consumidor representativo para as exportações; v) governo e vi) estoques. Os 127 produtos podem ter origem doméstica ou importada, sendo absorvidos como insumos intermediários pelos setores produtores, como formação bruta de capital fixo pelos setores investidores, como bens finais pelas famílias e governo, como produtos exportados e como variação em estoques. Os produtos transporte e comércio são utilizados como serviços de margem. Os fatores primários de produção, capital, trabalho e terra²⁹, são absorvidos apenas pelo usuário “produtores”.

A formatação segue através da simplificação da base de dados nacional, via descarte de dados desnecessários para o modelo regional. Assim, as matrizes de fluxos intermediários (V1BAS), fluxos de investimentos (V2BAS), fluxos das famílias (V3BAS), fluxos de exportações (V4BAS) e fluxos de gastos do governo (V5BAS) são somadas, gerando uma única matriz denominada de BASIC, de dimensão c, s, u , ilustrada pela equação X. A dimensão u é

²⁹ A remuneração do fator terra (V1LND) no modelo AGRO-BR foi extraída da conta “despesas realizadas pelos estabelecimentos: arrendamento de terras” do Censo Agropecuário de 2018 e referente ao ano de 2017. Seu valor foi deflacionado para o ano de 2015 de modo a compatibilizar com os dados da MIP 2015.

composta pelos setores produtivos e pelo consumo das famílias. A demanda por investimento fica representada por uma coluna única. O procedimento de simplificação é repetido para os impostos (TAX) e para as margens (MARGINS).

$$BASIC_{c,s,u} = V1BASC_{c,s,i} + V2BASC_{c,s,i} + V3BASC_{c,s,i} + V4BASC_{c,s} + V5BASC_{c,s} \quad (1)$$

As receitas oriundas de impostos sobre importações são alocadas em uma matriz denominada de TAX, específica para cada usuário. O estoque doméstico, de dimensão c , é movido para um vetor por indústria. Os estoques são subtraídos da matriz MAKE, os de origem importada são ignorados. Por fim, os investimentos por indústria vão para uma matriz de compra por indústria e por produto, sendo que na base nacional, permite-se a utilização de investimento com participação de produtos importados, na base simplificada por região, o mesmo não ocorre.

Após a formatação e simplificação da base de dados, ela passa por um procedimento de diagonalização, passando de 127 produtos x 67 setores, para 127 produtos x 127 produtos, com cada setor produzindo apenas um produto. O modelo AGRO-BR possui uma extensa desagregação nos setores agrícolas, incluindo desagregação por tipo de produtor. Assim, após a diagonalização, a base de dados passa por outro procedimento, este, relacionado à desagregação de produtos e indústrias.

3.4.1 Desagregação setorial do modelo AGRO-BR

O modelo passa de 127 produtos x 127 setores para 182 produtos x 182 setores, com a desagregação de produtos agropecuários, silvicultura e extração vegetal em produção familiar e produção patronal. O processo de desagregação utiliza um conjunto de dados necessários para diferenciar a produção familiar da produção patronal. Tais dados referem-se à participação no valor da produção e utilização de insumos específicos, como mão de obra, capital e terra.

A definição de Agricultura familiar, utilizada para orientar a configuração dos setores de produção familiar do modelo AGRO-BR, é estabelecida pela Lei 11.326 de 2006, utilizada para balizar as políticas públicas destinadas à categoria. Segundo a Lei, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural os indivíduos que atendam simultaneamente aos seguintes requisitos: i) não possua área maior do que 4 módulos fiscais³⁰ ; ii) utilize predominantemente mão de obra familiar; iii) obtenha um percentual mínimo de renda familiar

³⁰ O tamanho do módulo fiscal varia de 5 a 110 hectares entre os municípios brasileiros.

originada de atividades econômicas de seu estabelecimento (definida pelo poder executivo); iv) dirige seu estabelecimento com sua família (BRASIL, 2016d).

A definição legal brasileira converge com a definição estabelecida pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. A FAO (2014), define a agricultura familiar como uma forma de garantir a produção agrícola e silvícola, assim como a pesca, o pastoreio e a agricultura, gerida e dirigida por uma família que na sua maior parte depende da mão de obra familiar não assalariada, tanto de mulheres como de homens. A família e a exploração estão vinculadas, co-evoluem e combinam funções econômicas, ambientais, reprodutivas, sociais e culturais. A agricultura familiar também compreende os pescadores artesanais, pastores, trabalhadores sem-terra e as comunidades indígenas.

Os produtos agrossilvipecuários oriundos da matriz de insumo produto do IBGE (2015) são agregados em 14 setores: i) Arroz Trigo e Cereais; ii) Café em Grão; iii) Laranja; Milho em Grão; iv) Algodão em Fibra; v) Cana de Açúcar; vi) Soja em Grão; vii) Outros da Lavoura Temporária; viii) Outros da Lavoura Permanente; ix) Bovinos e Outros Animais; x) Leite de Vaca e Outros Animais; xi) Suínos; xiii) Silvicultura e Extração Vegetal. Esses setores foram desagregados em 70 setores, com cada atividade desagregada em familiar e patronal. O Quadro 2, apresenta os setores desagregados e as respectivas participações sobre os valores de produção, utilizados para a desagregação.

Setor	Participação	Setor	Participação	Setor	Participação
Mandioca Fam.	16,1%	Algodão Arbóreo Pat.	0,0%	Cana de Açúcar Fam.	3,3%
Mandioca Pat.	4,0%	Algodão Arbóreo Fam.	0,0%	Cana de Açúcar Pat.	96,7%
Fumo em Folha Fam.	15,0%	Frutas Cítricas Fam.	2,3%	Total	100,0%
Fumo em Folha Pat.	1,0%	Frutas Cítricas Pat.	3,7%	Soja em Grão Fam.	9,3%
Tomate Fam.	0,4%	Banana Fam.	12,0%	Soja em Grão Pat.	90,7%
Tomate Pat.	1,5%	Banana Pat.	12,8%	Total	100,0%
Batata Inglesa Fam.	0,7%	Açaí Fam.	2,9%	Bovinos Fam.	22,7%
Batata Inglesa Pat.	4,9%	Açaí Pat.	0,8%	Bovinos Pat.	50,5%
Cebola Fam.	0,9%	Cacau Fam.	3,9%	Outros Animais Fam.	13,3%
Cebola Pat.	0,8%	Cacau Pat.	3,2%	Outros Animais Pat.	13,4%
Amendoim Fam.	0,2%	Castanha de Caju Fam.	0,8%	Total	100,0%
Amendoim Pat.	1,7%	Castanha de Caju Pat.	0,5%	Leite Vaca Fam.	62,3%
Abacaxi Fam.	1,7%	Guaraná Fam.	0,1%	Leite Vaca Pat.	36,9%
Abacaxi Pat.	0,8%	Guaraná Pat.	0,0%	Leite Out. Animais Fam.	0,4%
Feijão em Grão Fam.	3,4%	Uva Fam.	5,1%	Leite Out. Animais Pat.	0,4%
Feijão em Grão Pat.	10,3%	Uva Pat.	1,6%	Total	100,0%
Out. Lav. Temp. Pat.	11,9%	Out. Lav. Perm. Fam.	15,6%	Aves Fam.	17,4%
Out. Lav. Temp. Fam.	24,6%	Out. Lav. Perm. Pat.	34,8%	Aves Pat.	36,3%

Total	100,0%	Total	100%	Ovos Fam.	4,9%
				Ovos Pat.	41,3%
Arroz Fam.	8,8%	Laranja Fam.	6,5%	Total	100,0%
Arroz Pat.	67,2%	Laranja Pat.	93,5%	Suínos Fam.	31,2%
Trigo e Cereais Fam.	4,1%	Total	100,0%	Suínos Pat.	68,8%
Trigo e Cereais Pat.	19,9%	Milho em Grão Fam.	16,9%	Total	100,0%
Total	100,0%	Milho em Grão Pat.	83,1%	Silvicultura Fam.	10,6%
Café em Grão Fam.	35,8%	Total	100,0%	Silvicultura Pat.	77,6%
Café em Grão Pat.	64,2%	Algodão em Fibra Fam.	0,1%	Extração Vegetal Fam.	8,9%
Total	100,0%	Algodão em Fibra Pat.	99,9%	Extração Vegetal Pat.	3,0%
		Total	100,0%	Total	100,0%

Quadro 2 : Participação Setorial Familiar e Patronal por Setor desagregado

Fonte: Elaboração própria com base no Censo Agropecuário do IBGE (2017)

A soma das participações desagregadas de produção totalizam 100% em cada setor inicial agregado, ou seja, considerando o setor inicial Arroz Trigo e Cereais, o Quadro 2 apresenta as respectivas participações, em termos de valor da produção, utilizadas para desagregar o setor inicial em Arroz Familiar (8,8%), Arroz Patronal (67,2%), Trigo e Cereais Familiar (4,1%) e Trigo e Cereais Patronal (19,9%). Os valores em parêntesis representam o *share* sobre o valor total de produção do setor agregado

Além da participação sobre o valor da produção, outros parâmetros, baseados nas características dos produtores, foram utilizados na desagregação setorial. Segundo Veiga (1996), a agricultura familiar é caracterizada pela i) relação íntima entre trabalho e gestão; ii) direção do processo produtivo ser diretamente assegurada pelos proprietários; iii) produção diversificada; iv) ênfase na durabilidade dos recursos naturais e na qualidade de vida; v) complementaridade do trabalho assalariado; e vi) ênfase na utilização de insumos internos. Já a agricultura patronal é caracterizada pela i) completa separação entre gestão e trabalho; ii) organização centralizada; iii) ênfase em práticas agrícolas padronizáveis; iv) predominância do trabalho assalariado; v) uso intensivo de tecnologia, inclusive voltada à redução da necessidade de mão de obra; e vi) dependência de insumos comprados.

Alguns pontos da caracterização feita por Veiga (1996), puderam ser representadas na determinação dos parâmetros utilizados para desagregar os setores em familiares e patronais. Dados do censo agropecuário do IBGE (2006; 2017) foram utilizados para estabelecer as participações setoriais referentes ao uso de terra, uso de mão de obra contratada, uso de máquinas e equipamentos (proxy para capital), consumo interno, volume exportado e valor da produção. Dados da revista *Agriannual* (2018) e *AnnualPec* (2018) foram utilizados para mensurar a participação dos agricultores familiares em termos de utilização de insumos intermediários.

Proporcionalmente, os setores familiares apresentam maior utilização de mão de obra, menor uso de terra e capital, menor volume de produção exportada, menor valor de produção, e por fim, o consumo interno da produção é maior entre os agricultores familiares.

Os dados utilizados como *proxy* para os fatores capital e trabalho, são referentes à participação familiar e patronal no valor agregado nacional, do número de máquinas, equipamentos e trabalhadores utilizados, sendo essa participação replicada para cada setor desagregado. Para o cálculo do fator terra, utilizou-se as participações já desagregadas, por tipo de cultivo ou atividade, do arrendamento de terras. Para o cálculo dos impostos e outros custos, o valor da produção, por setor, foi utilizado como *proxy*. Os dados foram extraídos do Censo Agropecuário de 2017.

Outra característica da Agricultura Familiar é a produção para autoconsumo. Gazola e Schneider (2007) definem autoconsumo alimentar como aquela parcela da produção animal, vegetal ou transformação caseira, que foi produzida pelos membros de uma família e que é utilizada na alimentação do grupo doméstico correspondente. Os valores para consumo interno das produções agropecuárias são maiores para a Agricultura Familiar, segundo dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006).

O Censo Agropecuário de 2006 fornece informações de consumo interno relacionadas ao cultivo temporário apenas para a agricultura como um todo, não diferenciando entre tamanho das propriedades ou por produtor. Assim, construiu-se um índice, utilizando-se das médias totais dos cultivos permanentes, por cada grupo de agricultores patronal e familiar, para adaptar o valor fornecido pelo Censo do IBGE (2006) em participações patronal e familiar dos cultivos temporários. A média de consumo interno dos produtos da lavoura permanente pela agricultura familiar é de 16,50% da produção, a média da patronal é de 6,59%, sendo a média total de 11,54%. Assim, em relação ao valor médio total da lavoura temporária, calculou-se o desvio de +42% para os valores da agricultura familiar, e de -42% para os valores da agricultura patronal. Por exemplo, a média de consumo interno de arroz em casca segundo o Censo Agropecuário (2006), é de 24,2%. Aplicando o desvio positivo, o consumo interno para a agricultura familiar foi de 34,4%, e aplicando o desvio negativo para a patronal, o consumo desta foi de 13,9% do total da produção, conforme Tabela C1 no Apêndice C.

O mesmo cálculo foi realizado para mensurar a participação das exportações, de origem familiar e patronal, na produção total em relação ao cultivo de lavouras temporárias. O consumo das famílias e do governo seguem o mesmo padrão. A Tabela C2 no Apêndice C apresenta o

valor das participações setoriais no consumo setorial e no consumo dos usuários finais (famílias, governo, investimento, exportações e estoques). As fontes utilizadas para o cálculo das participações foram o Censo Agropecuário do IBGE (2017), PAM (2017), PPM (2017), CONAB (2017) e COMEX (2017).

Por fim, os setores i) Adubo e Fertilizantes, ii) Defensivos agrícolas; iii) Diesel Combustível; iv) Produtos Químicos Inorgânicos; v) Eletricidade Gás e outros; vi) Transporte de Carga; e vii) Instituições Financeiras e Seguros, por representarem juntos cerca de 70% do total de insumos consumidos pelos setores agrícolas, tiveram suas respectivas participações desagregadas entre os setores familiares e patronais. Os dados utilizados para a desagregação foram extraídos da revista Agriannual e AnualPec de 2018. A Tabela C3 no Apêndice C apresenta as participações utilizadas nestes setores.

3.4.2 Distribuição regional da produção e da demanda final

Após o procedimento de diagonalização e desagregação setorial, o modelo TERM de 182 produtos por 182 setores foi agregado para 64 setores que produzem 64 produtos. A agregação proposta para o modelo AGRO-BR preserva o máximo de setores agrícolas, familiares e patronais, mantendo-os desagregados, ao passo que agrega os demais. A Tabela 22 apresenta a composição dos setores agregados na disposição 64 x 64 do modelo AGRO-BR.

De posse dos setores, o próximo passo foi o procedimento de regionalização da produção e da demanda final, em 27 regiões, representadas pelas Unidades da Federação (UF) do Brasil. As informações necessárias para o procedimento estão sintetizadas no Quadro 3, que representam as participações regionais de cada usuário final.

Variável	Descrição	Fonte
R001	Participação regional da produção (por i setores e r regiões)	IBGE, RAIS
R002	Participação regional do investimento (por i setores e r regiões)	IBGE, RAIS
R003	Participação regional do consumo das famílias (por c produtos e r regiões)	POF, IBGE
R004	Participação regional das exportações (por c produtos e r regiões)	SECEX
R005	Participação regional do consumo do governo (por c produtos e r regiões)	IBGE
R006	Participação regional da variação de estoques (por c produtos e r regiões)	IBGE, RAIS

Quadro 3: Participações Regionais para o Procedimento de Regionalização

Fonte: Elaboração própria

As participações regionais de cada usuário final somadas, devem ser iguais a 1, totalizando 100% do valor agregado nacional. Assim, a título de exemplo, a variável R001 (i,r), representa a participação da indústria i , da região r , na produção nacional do setor i .

A variável R001, representa a participação regional da produção e foi elaborada através de dados do Valor Agregado Bruto (VAB) da pesquisa do PIB Municipal do IBGE. Tais dados são agregados em três setores: Agropecuária, Indústria e Serviços, e por isso, devem ser desagregados para compreender o universo dos 127 setores do modelo. A desagregação é realizada através da subdivisão desses 3 setores em 12 atividades econômicas, apresentados na Tabela 23. Por fim, a participação de cada atividade econômica no PIB é ponderada pela participação da massa salarial para cada um dos 127 setores de cada região do modelo. Os dados de participação setorial da massa salarial são extraídos pela RAIS, por região e por categoria CNAE 2.0 Classe, utilizando a variável remuneração nominal média.

Tabela 23: Participação das Atividades Econômicas no PIB

Atividades Econômicas	Participação
Agropecuária	100%
Indústrias extrativas	10%
Indústrias de transformação	54%
Eletricidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos	11%
Construção	26%
Comércio	18%
Transporte, armazenagem e correio	6%
Informação e comunicação	5%
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	10%
Atividades imobiliárias	13%
Outras atividades de serviços	24%
Administração, defesa, saúde e educação públicas e seg. social	24%

Fonte: Elaboração própria com base em Sessa (2019)

As participações de investimento (R002) e variação de estoques (R006) representam as mesmas participações regionais da produção (R001). O uso do *share* de produção como *proxy* para investimento e estoques é adotado em decorrência da indisponibilidade de dados regionalizados para estas variáveis. A participação dos gastos do governo (R005) foi obtida através da participação da Administração Pública no PIB total de cada região do modelo, representada pelas 27 UF.

A participação regional do consumo das famílias (R003) é obtida através de dados sobre despesas extraídas da POF e classificadas de acordo com o Sistema de Contas Nacionais. Os microdados da POF contêm as despesas agregadas em despesas correntes, aumento do ativo e redução do passivo. Sessa (2019) compatibiliza os dados da POF com os setores do modelo TERM.

A variável R004, representada pela participação regional das exportações, é obtida com base nas informações do sistema ComexStat da Secretaria de Comércio Exterior. Os parâmetros utilizados, Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) e busca por Unidade da Receita Federação (URF), permitiram a extração de dados por porto de saída, indicando a região exportadora no modelo.

Em seguida, são realizadas a divisão de usuários por destino e construídas as matrizes inter-regionais de comércio para os produtos domésticos e importados, com ajustes de oferta e demanda nas matrizes de comércio regional. Para isso, são necessários dados adicionais. O Quadro 4 apresenta as variáveis utilizadas para a sequência de criação dos dados bottom-up.

Dimensão	Descrição	Coefficiente
reg*reg	Menor distância entre as regiões	distance
com*org	Participação das importações nacionais por porto de entrada	mshr
reg*mar	Margem ponderada	marwgt
com*srs	Fator de distância para a fórmula gravitacional	disfac
mar	Tendência para que a margem tenha fonte local	locmar
dst	População regional	pop
com	Coefficiente de Armington entre regiões	sigmadomdom
mar	Elasticidade de substituição entre regiões de margem de produção	sigmamar
	Conjunto RLOC de commodities verdadeiramente locais	
	Conjunto DMAR de distância relacionada a margens	

Quadro 4: Dados Adicionais para o Procedimento de Regionalização

Fonte: Elaboração própria

As participações são utilizadas para desagregar a base nacional, assim as matrizes USE, FACTOR e MAKE, ilustradas na Figura 5, foram computadas. Essas matrizes não distinguem a região de origem dos insumos, então as participações (R001 a R006) foram utilizadas para dividi-las por usuário e por destino. Para a divisão dos usuários por destino, assume-se que a razão de importados/domésticos e as proporções de insumos por indústria são iguais entre as regiões. As matrizes MAKE regionais seguem a MAKE nacional sem a presença de estoques (foram removidos), distribuídas de acordo com os *shares* de produção R001.

As margens são distribuídas conforme os fluxos básicos da economia nacional, de acordo com a distância média entre as regiões. Utiliza-se o parâmetro MARWGT para ponderar a margem por setor, diferenciando produtos de fácil e de difícil deslocamento. As margens (MARGIN) e os fluxos básicos (BASIC) são arranjados na matriz USE, assumindo que a razão de fluxos básicos sobre a margem (BASIC/MARGIN) é constante para todos os usuários de determinada região.

Em seguida são realizadas as projeções iniciais de oferta (Oferta c,s,r) e demanda (Demanda c,s,r) regional de produtos, por fonte (doméstica ou importada). As diferenças regionais são acomodadas no comércio inter-regional. A oferta regional é dada por:

$$\text{Oferta}_{c,dom,r} = \text{MAKE_I}_{c,r} \quad (2)$$

$$\text{MAKE}_{c,s,r} = \text{RP}_{i,r} \times \text{NMAKE}_{c,i} \quad (3)$$

$$\text{IMPORT}_{c,r} = \text{MSHR}_{c,r} \times \text{NATIMP}_c \quad (4)$$

$$\text{Oferta}_{c,imp,r} = \text{IMPORT}_{c,r} \quad (5)$$

A Oferta doméstica de cada produto (Oferta c,dom,r), por região, é representada pela matriz de produção MAKE, composta pelo somatório da produção por setor i e por região (MAKE_I c,r). Sendo a oferta doméstica total, por região, composta pela MAKE agregada nacional, denominada de NMAKE em (3) multiplicada pelas participações produtivas setoriais, por região (RP i,r). A oferta de produtos importados segue a mesma lógica. Sendo a oferta regional (Oferta c,imp,r), composta pela oferta de importados agregada nacional (NATIMP c), multiplicada pelas participações das importações por porto de entrada (MSHR c,r), ou seja, a oferta de importados, depende das importações nacionais e é desagregada regionalmente de acordo com o porto de entrada.

$$\text{Demanda}_{c,s,r} = \text{BASIC_U}_{c,s,r} \quad (6)$$

$$\text{BASIC}_{c,s,u,r} = \text{NBASIC}_{c,s,u} \times \text{USHR}_{c,s,u,r} \quad (7)$$

A demanda regional por produtos, domésticos e importados é representada pela matriz BASIC nacional agregada (NBASIC c,s,u) multiplicada pelas participações de produção setorial por região e por usuário (USHR c,s,u,r).

Por fim, o mesmo procedimento foi utilizado para desagregar os fatores primários entre as 27 regiões do modelo. Onde a matriz de custos dos fatores de primários (capital, trabalho e terra), acrescida de impostos, em cada região, é determinada pela participação da produção (RP i,r) na matriz de custos nacional (NFAC i,f).

3.4.3 Matriz de Fluxos de Comércio

A matriz de comércio inter-regional, denominada TRADE, apresenta para cada produto, de origem doméstica ou importada, uma submatriz 27 x 27. Nas submatrizes, as linhas representam as regiões de origem, e a coluna as regiões de uso. Os elementos na diagonal,

representam a produção que é consumida na própria região, e o somatório das linhas é igual ao somatório das colunas.

Para a construção das matrizes de comércio, utilizou-se o método gravitacional para garantir consistência entre os valores totais das linhas e colunas. No início do processo, apenas os valores agregados, compostos pelo somatório das linhas e colunas, é conhecido. Formalmente temos:

$$\text{Oferta}_{c,s,r} = \text{total de } c,s \text{ ofertado em } r = \sum_r \text{TRADE } c, s, r, d \quad (8)$$

$$\text{Demanda}_{c,s,r} = \text{total de } c,s \text{ usado em } d = \sum_d \text{TRADE } c, s, r, d \quad (9)$$

Onde a Oferta c,s,r total da região r , é igual ao somatório na linha da matriz de comércio na região de origem r ($\sum_r \text{TRADE } c, s, r, d$). A Demanda c,s,r total da região d é igual ao somatório na coluna da matriz de comércio na região de destino d ($\sum_d \text{TRADE } c, s, r, d$).

Em seguida, obtém-se os dados referentes às participações de cada produto c em cada destino d , com origem na região r . Esse processo é baseado em um conjunto de equações com informações da matriz de distâncias e do método gravitacional, permitindo a construção da matriz de comércio inter-regional TRADE. A equação do método gravitacional pode ser descrita formalmente como:

$$V_{r,d} = \frac{\lambda_r \mu_d S_r}{(D_{r,d})^2} \text{ com } r \neq d \quad (10)$$

Sendo $V_{r,d}$ o fluxo de renda de r para d , referente à matriz TRADE. S_r é a oferta total na região r , e $D_{r,d}$, é a distância entre as regiões r e d . As variáveis λ_r e μ_d são adquiridas para satisfazer:

$$\sum_r V_{r,d} = V_{*,d} \quad \text{e} \quad \sum_d V_{r,d} = V_{r,*} \quad (11)$$

As equações em (11) indicam que a demanda total da região d corresponde ao somatório na coluna do fluxo entre as regiões r e d , e a oferta total da região r , corresponde ao somatório na linha do fluxo entre as regiões r e d .

Os fluxos de comércio, mensurados dessa forma, podem ser superestimados, sobretudo em regiões pequenas cercadas por regiões maiores. Isso ocorre quando a distância representada pela variável $D_{r,d}$ na equação (10), considerando r uma região pequena e d uma região grande,

tem valor pequeno, indicando grande fluxo de comércio ($V_{r,d}$). Neste sentido, para evitar a superestimação, é preciso mensurar a proporção de demanda que é satisfeita localmente ($V_{d,d}$).

$$V_{d,d} = \text{MIN} \frac{[1, V_{d,*}]}{V_{*,d}} [(1-(0,2)^k)] \quad (12)$$

Na equação (12), o componente $\text{MIN} \frac{[1, V_{d,*}]}{V_{*,d}}$ representa a demanda local em d atendida pela própria produção local. O parâmetro k^{31} , representa o fator de distância do método gravitacional. Quanto maior o valor de k , mais difícil é o transporte do produto. A partir da equação (12), assume-se que se a oferta local é suficiente para suprir a demanda local, $V_{d,*}/V_{*,d} < 1$, temos que ao menos 80% da demanda será suprida localmente. Nos casos em que $V_{d,*}/V_{*,d} > 1$, assume-se:

$$V_{r,d} = \frac{S_r^{0,5}}{(D_{r,d})^k} \cdot \delta_d \cdot \lambda_r \quad (13)$$

O parâmetro δ_d indica a participação regional na produção. Adota-se o valor padrão de $\delta_d = 0,1$ em regiões onde a razão entre a oferta local e a demanda local de um produto é menor do que 1 ($V_{d,*}/V_{*,d} < 1$). Em contrapartida, se a oferta local é igual ou superior à demanda local por determinado produto ($V_{d,*}/V_{*,d} > 1$), adota-se o valor padrão de $\delta_d = 1$.

Os valores para $V_{r,d}$ foram obtidos através de um procedimento de escalonamento denominado de Método RAS, que consiste no ajustamento dos valores das linhas e colunas da matriz de forma proporcional ao total das mesmas. Assim, os valores pré-existent das células dão origem a um novo conjunto de valores, mantendo a consistência entre as somas das colunas e linhas e seus respectivos valores totais (CARVALHO E SOUZA, 2012).

Os fluxos de comércio incorporam os custos de transporte, que são proporcionais à distância percorrida. A equação (14) formaliza os custos de transporte.

$$\frac{T_{r,d}}{V_{r,d}} \propto \sqrt{D_{r,d}} \quad (14)$$

Sendo $T_{r,d}$ a matriz TRADMAR, α uma constante de proporcionalidade (para satisfazer as restrições das tabelas iniciais da matriz insumo-produto). Reitera-se que as

³¹ Os produtos agropecuários, considerados de fácil transporte, assumem valor de k igual a 1. Produtos que representam a administração pública assumem valor 2 (HORRIDGE, 2006).

estimativas utilizadas para o cálculo dos fluxos de comércio inter-regionais, foram realizadas a partir de dados desagregados. A desagregação é relevante, pois através dela verificamos regiões onde não há fluxo de comércio, reduzindo a margem de erro ao incorporar tais regiões pelo método gravitacional.

Por fim, o procedimento de regionalização visa garantir que os fluxos de comércio respeitem as seguintes condições de equilíbrio, preservando as identidades contábeis:

- i) A soma da matriz de comércio ($\sum_r \text{TRADE}_{c,s,r,d}$) deve ser igual à soma dos fluxos básicos para todos os usuários ($\text{BASIC_U}_{c,s,d}$):

$$\text{BASIC_U}_{c,s,d} = \sum_r \text{TRADE}_{c,s,r,d} \quad (15)$$

- ii) A soma das margens sobre a matriz de comércio ($\sum_r \text{TRADMAR}_{c,s,m,r,d}$) devem igualar-se ao total de margens para todos os usuários ($\text{MARGINS_U}_{c,s,m,d}$):

$$\text{MARGINS_U}_{c,s,m,d} = \sum_r \text{TRADMAR}_{c,s,m,r,d} \quad (16)$$

- iii) A soma da matriz de comércio de bens importados ($\sum_d \text{TRADE}_{c,imp,r,d}$) deve igualar-se ao total de importações por porto de entrada ($\text{IMPORT}_{c,r}$):

$$\text{IMPORT}_{c,r} = \sum_d \text{TRADE}_{c,imp,r,d} \quad (17)$$

- iv) A soma da matriz de comércio doméstico, sem margem e com margem ($\sum_{rr} \text{SUPPMAR}_{m,rr,d,r}$) sobre as regiões de destino ($\sum_d \text{TRADE}_{c,dom,r,d}$) deve ser adicionada à oferta doméstica ($\text{MAKE_I}_{s,r}$):

$$\text{MAKE_I}_{s,r} = \sum_d \text{TRADE}_{c,dom,r,d} \quad (18)$$

$$\text{MAKE_I}_{m,r} = \sum_d \text{TRADE}_{c,dom,r,d} + \sum_{rr} \text{SUPPMAR}_{m,rr,d,r} \quad (19)$$

- v) A soma da oferta de margens ($\sum_p \text{SUPPMAR}_{m,r,d,p}$), deve corresponder à soma das margens na matriz de comércio ($\text{TRADMAR_CS}_{m,r,d}$):

$$\text{TRADMAR_CS}_{m,r,d} = \sum_p \text{SUPPMAR}_{m,r,d,p} \quad (20)$$

Para que as condições sejam atendidas, utilizou-se o método RAS de escalonamento para o ajuste das matrizes. O método é adotado duas vezes para minimizar a possibilidade de erros. Ao final, o procedimento faz uma checagem para verificar a existência de inconsistências e compila as matrizes de comércio e de insumo-produto em um mesmo arquivo, finalizando a

etapa de regionalização. Os dados, então, configuram-se no formato requerido pelo modelo AGRO-BR.

3.4.4 Análise Descritiva da Base de Dados do modelo AGRO-BR

Os dados regionais de PIB e de produção setorial gerados pelo procedimento de regionalização são apresentados nesta seção. A análise se restringe aos setores agrícolas, em virtude de serem utilizados como referência nas simulações de alteração de produtividade da terra. A Tabela 24 apresenta as participações das Unidades da Federação no PIB nacional, segundo os dados da matriz de insumo-produto de 2015, ano base do modelo AGRO-BR.

Tabela 24: Participação das Unidades da Federação no PIB nacional (2015)

UF	Participação	UF	Participação
RO	0,6%	MA	1,2%
AC	0,2%	PI	0,6%
AM	1,6%	CE	2,0%
RR	0,2%	RN	1,0%
PA	2,4%	PB	0,8%
AP	0,2%	PE	2,3%
TO	0,5%	AL	0,6%
PR	6,3%	SE	0,7%
SC	4,0%	BA	4,4%
RS	6,4%	MG	9,5%
MS	1,4%	ES	2,0%
MT	2,2%	RJ	12,3%
GO	3,1%	SP	30,9%
DF	2,6%	Total	100,0%

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados do modelo

A Tabela 25 apresenta as participações da produção dos setores agrícolas familiares das Unidades da Federação no total produzido no Brasil, obtidas pelo processo de regionalização do modelo AGRO-BR. Na tabela, a soma das linhas que representam os setores, por UF, totalizam 1, ou o equivalente a 100% da produção setorial nacional. Observa-se que a produção, na média, é maior nas Unidades da Federação localizadas nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul. O setor de Mandioca Familiar apresenta concentração nas regiões Norte e Nordeste, com destaque para os estados do Pará, Amazonas e Bahia. As produções familiares de Arroz, Trigo e Cereais, Uva para suco ou vinho e Fumo em Folha concentram-se na região Sul. O estado de São Paulo, apresenta grande participação dos setores de Algodão, Cana de Açúcar, Tomate, Amendoim, Laranja e Outros da Lavoura Permanente. A produção de Café concentra-se nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Na região Nordeste, destacam-se as produções de

Castanha de Caju no Ceará, Algodão, Tomate, Cebola e Amendoim na Bahia, Abacaxi e Outros da Lavoura Temporária no Pará, na região Norte.

A participação setorial, por UF, na produção total nacional familiar é apresentada na Tabela 26. A soma de todos os dados da tabela totaliza 1, ou 100%. Observa-se que o setor produtor de Café em Grãos no estado de Minas Gerais apresenta a maior participação, em termos de valor da produção total familiar, seguido pelos setores de Fumo em Folha e Soja em Grãos no Rio Grande do Sul, e Outros da Lavoura Temporária no Pará. Na média, as maiores participações em termos de produção familiar total, estão localizadas nas UF das regiões Sudeste e Sul, e no estado do Pará.

Tabela 25: Participação da produção setorial agrícola das Unidades da Federação no total nacional (Ano base 2015)

Setor / UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	Total
Arroz Familiar	0,005	0,003	0,001	0,001	0,024	0,000	0,023	0,094	0,035	0,011	0,002	0,001	0,001	0,006	0,020	0,001	0,004	0,000	0,000	0,004	0,013	0,359	0,365	0,003	0,018	0,003	0,000	1,00
Trigo e Cereais Familiar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,019	0,308	0,034	0,633	0,001	0,000	0,000	0,000	1,00
Milho em Grão Familiar	0,003	0,005	0,002	0,001	0,012	0,000	0,004	0,016	0,017	0,028	0,003	0,005	0,009	0,004	0,009	0,021	0,083	0,004	0,000	0,043	0,269	0,145	0,239	0,021	0,030	0,026	0,000	1,00
Algodão em Fibra Familiar	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,076	0,004	0,030	0,005	0,001	0,000	0,205	0,020	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000	0,000	0,000	0,410	0,000	0,000	1,00
Cana de Açúcar Familiar	0,003	0,002	0,008	0,001	0,006	0,001	0,006	0,009	0,006	0,007	0,004	0,014	0,050	0,035	0,005	0,039	0,161	0,013	0,038	0,297	0,047	0,036	0,122	0,011	0,050	0,029	0,000	1,00
Soja em Grão Familiar	0,003	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,000	0,030	0,344	0,057	0,414	0,028	0,058	0,032	0,000	1,00
Mandioca Familiar	0,008	0,039	0,100	0,009	0,251	0,011	0,014	0,058	0,011	0,018	0,010	0,011	0,021	0,012	0,010	0,072	0,043	0,008	0,014	0,018	0,070	0,031	0,106	0,025	0,016	0,014	0,001	1,00
Fumo em Folha Familiar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,220	0,284	0,488	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00
Tomate Familiar	0,012	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,003	0,000	0,005	0,008	0,016	0,073	0,001	0,022	0,483	0,000	0,017	0,008	0,167	0,043	0,017	0,003	0,007	0,011	0,093	0,005	1,00
Batata Inglesa Familiar	0,002	0,000	0,000	0,004	0,004	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,003	0,480	0,016	0,002	0,096	0,133	0,064	0,191	0,001	0,001	0,001	0,000	1,00
Cebola Familiar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,001	0,023	0,000	0,000	0,139	0,009	0,012	0,000	0,049	0,039	0,581	0,139	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00
Amendoim Familiar	0,007	0,004	0,000	0,001	0,010	0,000	0,023	0,018	0,001	0,022	0,000	0,009	0,002	0,027	0,064	0,182	0,051	0,002	0,000	0,419	0,026	0,013	0,096	0,005	0,008	0,007	0,001	1,00
Abacaxi Familiar	0,025	0,010	0,062	0,006	0,137	0,010	0,060	0,021	0,000	0,001	0,013	0,101	0,022	0,026	0,014	0,047	0,085	0,110	0,128	0,037	0,006	0,001	0,007	0,015	0,024	0,033	0,000	1,00
Banana Familiar	0,009	0,015	0,039	0,019	0,024	0,003	0,007	0,016	0,007	0,038	0,014	0,021	0,096	0,019	0,007	0,145	0,095	0,061	0,026	0,073	0,020	0,145	0,047	0,003	0,024	0,025	0,000	1,00
Feijão em Grão Familiar	0,006	0,003	0,002	0,001	0,016	0,000	0,006	0,023	0,058	0,121	0,026	0,032	0,052	0,021	0,006	0,100	0,120	0,017	0,003	0,025	0,211	0,066	0,061	0,003	0,010	0,010	0,001	1,00
Castanha de Caju Familiar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,038	0,126	0,635	0,128	0,007	0,007	0,000	0,000	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00
Uva Familiar	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,002	0,014	0,042	0,937	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00
Outros da Lavoura Temp. Fam.	0,014	0,002	0,092	0,002	0,208	0,007	0,007	0,006	0,004	0,007	0,005	0,012	0,030	0,005	0,010	0,141	0,160	0,011	0,011	0,037	0,038	0,059	0,096	0,003	0,015	0,018	0,000	1,00
Laranja Familiar	0,003	0,002	0,012	0,005	0,022	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,009	0,017	0,053	0,119	0,031	0,010	0,020	0,464	0,064	0,013	0,136	0,001	0,002	0,008	0,000	1,00
Café em Grão Familiar	0,030	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,601	0,258	0,005	0,049	0,028	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	1,00
Outros da Lavoura Perm. Fam.	0,010	0,001	0,017	0,003	0,086	0,002	0,001	0,003	0,006	0,032	0,011	0,009	0,055	0,009	0,008	0,172	0,030	0,079	0,011	0,126	0,070	0,096	0,144	0,003	0,006	0,008	0,002	1,00

Fonte: Elaboração Própria com base no banco de dados do modelo AGRO-BR

Tabela 26: Participação setorial na produção total familiar nacional (2015)

Setor / UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	
Arroz Familiar	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0003	0,0013	0,0005	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0050	0,0051	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
Trigo e Cereais Familiar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0020	0,0002	0,0042	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Milho em Grão Familiar	0,0002	0,0003	0,0001	0,0001	0,0007	0,0000	0,0002	0,0010	0,0010	0,0017	0,0002	0,0003	0,0006	0,0003	0,0006	0,0013	0,0051	0,0003	0,0000	0,0026	0,0165	0,0089	0,0146	0,0013	0,0019	0,0016	0,0000	0,0000
Algodão em Fibra Familiar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000
Cana de Açúcar Familiar	0,0001	0,0001	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0004	0,0013	0,0009	0,0001	0,0011	0,0043	0,0003	0,0010	0,0079	0,0013	0,0010	0,0033	0,0003	0,0013	0,0008	0,0000	0,0000
Soja em Grão Familiar	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0020	0,0000	0,0000	0,0025	0,0289	0,0048	0,0348	0,0024	0,0049	0,0027	0,0000	0,0000
Mandioca Familiar	0,0008	0,0038	0,0099	0,0009	0,0247	0,0010	0,0014	0,0058	0,0011	0,0018	0,0010	0,0010	0,0020	0,0012	0,0010	0,0071	0,0042	0,0008	0,0013	0,0018	0,0069	0,0031	0,0104	0,0025	0,0016	0,0014	0,0001	0,0000
Fumo em Folha Familiar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0216	0,0279	0,0480	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Tomate Familiar	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003	0,0016	0,0000	0,0005	0,0104	0,0000	0,0004	0,0002	0,0036	0,0009	0,0004	0,0001	0,0002	0,0002	0,0020	0,0001	0,0000
Batata Inglesa Familiar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0091	0,0003	0,0000	0,0018	0,0025	0,0012	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Cebola Familiar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,0011	0,0000	0,0000	0,0064	0,0004	0,0006	0,0000	0,0023	0,0018	0,0269	0,0064	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Amendoim Familiar	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0007	0,0005	0,0000	0,0006	0,0000	0,0003	0,0001	0,0008	0,0019	0,0053	0,0015	0,0001	0,0000	0,0123	0,0008	0,0004	0,0028	0,0001	0,0002	0,0002	0,0000	0,0000
Abacaxi Familiar	0,0012	0,0005	0,0030	0,0003	0,0066	0,0005	0,0029	0,0010	0,0000	0,0000	0,0006	0,0049	0,0010	0,0013	0,0007	0,0023	0,0041	0,0053	0,0062	0,0018	0,0003	0,0001	0,0003	0,0007	0,0012	0,0016	0,0000	0,0000
Banana Familiar	0,0002	0,0004	0,0010	0,0005	0,0006	0,0001	0,0002	0,0004	0,0002	0,0009	0,0004	0,0005	0,0024	0,0005	0,0002	0,0036	0,0024	0,0015	0,0006	0,0018	0,0005	0,0036	0,0012	0,0001	0,0006	0,0006	0,0000	0,0000
Feijão em Grão Familiar	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0009	0,0000	0,0003	0,0013	0,0033	0,0068	0,0015	0,0018	0,0029	0,0012	0,0004	0,0056	0,0067	0,0009	0,0002	0,0014	0,0119	0,0037	0,0034	0,0002	0,0006	0,0006	0,0000	0,0000
Castanha de Caju Familiar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0008	0,0025	0,0127	0,0026	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Uva Familiar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0004	0,0011	0,0250	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Outros da Lavoura Temp. Fam.	0,0024	0,0004	0,0154	0,0003	0,0348	0,0012	0,0011	0,0010	0,0007	0,0011	0,0008	0,0020	0,0051	0,0008	0,0017	0,0236	0,0268	0,0018	0,0018	0,0062	0,0063	0,0098	0,0161	0,0005	0,0024	0,0030	0,0001	0,0000
Laranja Familiar	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0006	0,0013	0,0003	0,0001	0,0002	0,0050	0,0007	0,0001	0,0015	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
Cafê em Grão Familiar	0,0034	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0026	0,0687	0,0295	0,0006	0,0056	0,0032	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000
Outros da Lavoura Perm. Fam.	0,0002	0,0000	0,0004	0,0001	0,0021	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0008	0,0003	0,0002	0,0014	0,0002	0,0002	0,0043	0,0007	0,0019	0,0003	0,0031	0,0017	0,0024	0,0036	0,0001	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000

Fonte: Elaboração Própria com base no banco de dados do modelo AGRO-BR

A Tabela 27 apresenta as participações da produção dos setores patronais, por Unidade da Federação, no total produzido nacionalmente. A soma na linha é igual a 1, ou 100% da produção nacional. Observa-se que, em relação à produção familiar, a produção patronal concentra-se, ainda mais, nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil, com destaque para os estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Goiás. Dentre os cultivos com concentração da produção, observa-se que a produção de Amendoim e Laranja é realizada sobretudo no estado de São Paulo, assim como as produções de Café em Grãos em MG, Algodão em Fibra em MT, Tomate em GO, Arroz e Uva no RS e Castanha de Caju no Ceará. Os cultivos típicos do agronegócio brasileiro: algodão, cana de açúcar, soja e milho, apresentam maior parcela da produção nos estados de MG, SP, MT, MS, GO, PR, SC e RS.

Os setores agrícolas patronais nas regiões Norte e Nordeste apresentam pequena participação no contexto nacional. Contudo, dentre as maiores participações considerando essas regiões, verifica-se que os setores de Castanha de Caju nos estados do CE e PI, Algodão, Fumo, Tomate, Outros da Lavoura Temporária e Permanente na Bahia, e Soja, Milho e Outros da Lavoura Permanente no Tocantins, se destacam.

Em termos de valor da produção, nota-se que alguns cultivos concentram parcela significativa do total produzido pelos agricultores patronais, conforme apresentado na Tabela 28. Na tabela, a soma de todos os valores totalizam 1, ou 100%. A Soja em Grão destaca-se como o setor de maior valor de produção, considerando-se apenas os setores patronais, com sua produção concentrada nos estados de MT, RS, PR, GO e MS. O setor Cana de Açúcar Patronal, com produção concentrada nos estados de SP, MG e GO, seguidos dos setores de Milho e Café em Grão, também se destacam em termos de valor de produção.

Ressalta-se que as participações dos setores agrícolas familiares e patronais no PIB, por Unidades da Federação, são relevantes para as simulações com o modelo AGRO-BR, posto que são estes os setores afetados pelos choques de produtividade agrícola estimados. Não obstante, os resultados do modelo serão determinados pela participação econômica dos setores, pelos choques implementados nos cenários de política e pelos mecanismos de funcionamento do modelo.

Tabela 27: Participação da produção setorial agrícola patronal das Unidades da Federação no total nacional (Ano base 2015)

Setor / UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	Total
Arroz Patronal	0,010	0,000	0,000	0,005	0,007	0,000	0,054	0,006	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,008	0,049	0,797	0,007	0,037	0,010	0,000	1,00
Trigo e Cereais Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,058	0,000	0,000	0,095	0,415	0,030	0,380	0,007	0,000	0,009	0,003	1,00
Milho em Grão Patronal	0,009	0,001	0,000	0,000	0,009	0,000	0,013	0,022	0,025	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,031	0,089	0,000	0,000	0,048	0,158	0,021	0,051	0,106	0,278	0,130	0,004	1,00
Algodão em Fibra Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,026	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,241	0,020	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,696	0,000	0,000	1,00
Cana de Açúcar Patronal	0,000	0,000	0,001	0,000	0,006	0,000	0,004	0,005	0,002	0,000	0,004	0,009	0,020	0,025	0,003	0,008	0,115	0,003	0,004	0,510	0,053	0,000	0,000	0,079	0,028	0,120	0,000	1,00
Soja em Grão Patronal	0,008	0,000	0,000	0,001	0,012	0,000	0,021	0,021	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,054	0,051	0,000	0,000	0,028	0,132	0,015	0,149	0,080	0,295	0,107	0,003	1,00
Mandioca Patronal	0,004	0,009	0,028	0,005	0,082	0,004	0,008	0,029	0,007	0,019	0,014	0,010	0,012	0,014	0,008	0,063	0,059	0,006	0,024	0,122	0,297	0,015	0,037	0,087	0,013	0,019	0,004	1,00
Fumo em Folha Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,155	0,002	0,000	0,000	0,000	0,243	0,232	0,354	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00
Tomate Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,004	0,006	0,033	0,000	0,001	0,205	0,000	0,022	0,002	0,151	0,010	0,021	0,000	0,000	0,001	0,540	0,000	1,00
Batata Inglesa Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,362	0,000	0,000	0,210	0,125	0,039	0,162	0,000	0,000	0,068	0,000	1,00
Cebola Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,004	0,010	0,000	0,000	0,180	0,335	0,001	0,000	0,096	0,036	0,137	0,025	0,000	0,000	0,161	0,000	1,00
Amendoim Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,005	0,032	0,000	0,000	0,937	0,011	0,000	0,001	0,005	0,003	0,000	0,000	1,00
Abacaxi Patronal	0,005	0,001	0,027	0,002	0,055	0,003	0,096	0,019	0,000	0,000	0,090	0,120	0,016	0,007	0,004	0,023	0,277	0,008	0,087	0,076	0,005	0,000	0,007	0,002	0,025	0,046	0,000	1,00
Banana Patronal	0,001	0,002	0,005	0,004	0,008	0,000	0,007	0,018	0,011	0,067	0,030	0,007	0,035	0,005	0,005	0,144	0,262	0,048	0,009	0,218	0,020	0,055	0,003	0,002	0,007	0,024	0,001	1,00
Feijão em Grão Patronal	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,008	0,006	0,009	0,011	0,002	0,003	0,003	0,001	0,000	0,049	0,246	0,002	0,001	0,125	0,158	0,043	0,026	0,007	0,131	0,142	0,020	1,00
Castanha de Caju Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,014	0,189	0,640	0,109	0,002	0,002	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,00
Uva Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,008	0,001	0,000	0,017	0,014	0,071	0,869	0,000	0,000	0,001	0,000	1,00
Outros da Lavoura Temp. Pat.	0,003	0,000	0,031	0,002	0,096	0,003	0,012	0,003	0,003	0,005	0,028	0,004	0,011	0,004	0,009	0,171	0,203	0,016	0,006	0,114	0,029	0,019	0,059	0,037	0,028	0,099	0,003	1,00
Laranja Patronal	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,010	0,090	0,000	0,002	0,823	0,045	0,000	0,005	0,004	0,000	0,009	0,000	1,00
Café em Grão Patronal	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,059	0,673	0,132	0,003	0,110	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,001	1,00
Outros da Lavoura Perm. Pat.	0,001	0,000	0,005	0,001	0,072	0,000	0,001	0,001	0,004	0,033	0,017	0,011	0,148	0,004	0,011	0,178	0,046	0,077	0,004	0,103	0,030	0,109	0,131	0,002	0,002	0,008	0,001	1,00

Fonte: Elaboração Própria com base no banco de dados do modelo AGRO-BR

Tabela 28: Participação setorial na produção total patronal (2015)

Sector / UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF
Arroz Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,024	0,000	0,001	0,000	0,000
Trigo e Cereais Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
Milho em Grão Patronal	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,009	0,000	0,000	0,005	0,017	0,002	0,005	0,011	0,029	0,014	0,000
Algodão em Fibra Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,000	0,000
Cana de Açúcar Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,004	0,004	0,000	0,002	0,021	0,001	0,001	0,093	0,010	0,000	0,000	0,014	0,005	0,022	0,000
Soja em Grão Patronal	0,003	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,009	0,009	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,021	0,000	0,000	0,012	0,056	0,007	0,063	0,034	0,125	0,045	0,001
Mandioca Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fumo em Folha Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Tomate Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
Batata Inglesa Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005	0,000	0,000	0,003	0,002	0,001	0,002	0,000	0,000	0,001	0,000
Cebola Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Amendoim Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Abacaxi Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Banana Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Feijão em Grão Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000
Castanha de Caju Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Uva Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
Outros da Lavoura Temp. Pat.	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,008	0,001	0,000	0,005	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,004	0,000
Laranja Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,018	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Café em Grão Patronal	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,043	0,008	0,000	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Outros da Lavoura Perm. Pat.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000

Fonte: Elaboração Própria com base no banco de dados do modelo AGRO-BR

Por fim, verifica-se que os setores agrícolas familiares e patronais apresentam participações distintas entre os cultivos e regiões. A participação setorial patronal é superior à participação familiar em grande parte dos cultivos analisados. A Tabela 29 apresenta a participação setorial familiar e patronal sobre a produção agrícola total nacional originada após o procedimento de desagregação setorial e regionalização do modelo. Dentre os setores familiares, apenas os setores Mandioca, Fumo em Folha, Cebola, Abacaxi, Banana, Feijão, Uva e Outros da Lavoura Temporária apresentam participação maior do que a patronal, no total nacional. Nos demais setores, a produção é concentrada nos setores patronais, com destaque para a elevada concentração patronal nos setores de Algodão em Fibra, Cana de Açúcar e Soja em Grão.

Tabela 29: Participação da produção setorial entre familiar e patronal (2015)

Setor Agrícola	Participação	Setor Agrícola	Participação
Arroz Familiar	11%	Cebola Patronal	30%
Arroz Patronal	89%	Amendoim Familiar	43%
Trigo e Cereais Familiar	18%	Amendoim Patronal	57%
Trigo e Cereais Patronal	82%	Abacaxi Familiar	70%
Milho em Grão Familiar	13%	Abacaxi Patronal	30%
Milho em Grão Patronal	87%	Banana Familiar	59%
Algodão em Fibra Familiar	1%	Banana Patronal	41%
Algodão em Fibra Patronal	99%	Feijão em Grão Familiar	55%
Cana de Açúcar Familiar	4%	Feijão em Grão Patronal	45%
Cana de Açúcar Patronal	96%	Castanha de Caju Familiar	44%
Soja em Grão Familiar	5%	Castanha de Caju Patronal	56%
Soja em Grão Patronal	95%	Uva Familiar	73%
Mandioca Familiar	83%	Uva Patronal	27%
Mandioca Patronal	17%	Outros da Lavoura Temporária Familiar	52%
Fumo em Folha Familiar	82%	Outros da Lavoura Temporária Patronal	48%
Fumo em Folha Patronal	18%	Laranja Familiar	11%
Tomate Familiar	30%	Laranja Patronal	89%
Tomate Patronal	70%	Café em Grão Familiar	32%
Batata Inglesa Familiar	24%	Café em Grão Patronal	68%
Batata Inglesa Patronal	76%	Outros da Lavoura Permanente Familiar	46%
Cebola Familiar	70%	Outros da Lavoura Permanente Patronal	54%

Fonte: Elaboração própria com base no banco de dados do modelo AGRO-BR

3.5 Método de Solução

O método de solução em modelos de EGC, do tipo Johansen, é padrão. Nesta seção, apresenta-se uma versão resumida do procedimento demonstrado em Domingues (2002), de modo a permitir o entendimento de como o modelo AGRO-BR funciona. A versão estendida, pode ser verificada em Dixon *et al.* (1982), Harrison e Pearson (1996) e Dixon e Parmenter (1996).

O sistema de equações de um modelo de EGC do tipo Johansen pode ser escrito como:

$$F(V) = 0 \quad (21)$$

Sendo V um vetor de equilíbrio de dimensão n (número de variáveis), e F uma função-vetor não linear de dimensão m (número de equações). Supõe-se que F seja diferenciável, e que o número de variáveis seja maior que o número de equações no sistema ($n > m$). Assim, $(n - m)$ variáveis devem ser determinadas exógenamente. Uma solução inicial de equilíbrio, V^* é determinada para fins de calibragem, supondo que $\exists V = V^*$ tal que $F(V^*) = 0$

Após a solução inicial, V^* , um novo conjunto de soluções é obtido através de um dado vetor de alterações nas variáveis exógenas. O novo conjunto de soluções é computado via partição do vetor V em dois grupos de variáveis, endógenas e exógenas. Sendo Y o vetor de variáveis endógenas m e X o vetor contendo as variáveis exógenas $(n - m)$. Reescrevendo a equação (1) em:

$$F(X, Y) = 0 \quad (22)$$

O problema configura-se no cálculo de Y para um dado X , posto que não é possível, normalmente, escrever Y como uma função explícita de X . Técnicas são utilizadas para computar Y . A solução via linearização assume que já se possui alguma solução para o sistema, $\{Y^0, X^0\}$, tal que:

$$F(Y^0, X^0) = 0 \quad (23)$$

A solução inicial, geralmente, é obtida de dados do período base em que o modelo é calibrado. Assim assume-se que a solução do sistema é válida para algum ponto no passado. Pequenas alterações em dX e dY , sob hipóteses convencionais para o comportamento da função F , a diferenciação total de (2) permite obter:

$$F_Y(Y, X)dY + F_X(Y, X)dX = 0 \quad (24)$$

Em que F_Y e F_X são matrizes de derivadas parciais de F avaliadas em $\{Y^0, X^0\}$. As soluções são expressas em taxas de variações, e para isso, expressa-se dY e dX como pequenas variações percentuais x e y . Portanto, um típico elemento dos vetores x e y são definidos por: $y = 100dY/Y$ e $x = 100dX/X$, podendo ser definidas as seguintes funções: $G_Y(Y,X) = F_Y(Y,X)\dot{Y}$ e $G_X(Y,X) = F_X(Y,X)\dot{X}$, onde \dot{Y} e \dot{X} são matrizes diagonais. O sistema linearizado se torna:

$$G_Y(Y,X)_Y + G_X(Y,X)_X = 0 \quad (25)$$

Soluções para esses sistemas são computadas através de técnicas de álgebra linear. Contudo, as soluções são acuradas apenas para pequenas alterações em X e Y . Alterações maiores incorrem em erros de linearização. Esses erros são minimizados via técnicas de aproximação linear. Assim, a solução apresentada para (5) é dada por:

$$y = -G_Y(Y,X)^{-1}G_X(Y,X)_X \quad (26)$$

A equação (6) representa a solução de Johansen, Y^J , sendo ela uma aproximação da solução verdadeira Y^{exata} . Posto que, quanto maior a variação em x , maior o erro proporcional em y , o processo de solução utiliza o método de Euler para particionar as alterações de x em pequenos passos, utilizando para cada sub-alteração, usa-se uma aproximação linear para deriva a sub-resposta em y . Assim, as matrizes G_Y e G_X são recomputadas com os novos valores, sendo o procedimento repetido a cada passo.

O modelo AGRO-BR é operacionalizado pelo software GEMPACK³², na versão 12.0 (Horridge *et al.*, 2018), que produz as soluções do modelo via método de Euler. Outras possibilidades de soluções derivadas do método Euler, são o Método *Midpoint* e o Método Gragg, também disponíveis no software, sendo o último utilizado no processo de solução do AGRO-BR, via procedimento *multi-step*.

Os procedimentos de *multi-step solution* são usados para reduzir os erros de linearização que surgem do método padrão de uma etapa ou da solução de Johansen. Resumidamente, o procedimento de várias etapas de Euler divide automaticamente o choque exógeno em um número (especificado pelo usuário) de componentes iguais. Por exemplo, um aumento de 10% na oferta de mão-de-obra pode ser calculado como dois aumentos sucessivos de 4,88% ($1,0488 \times 1,0488 = 1,1$). Os resultados da primeira parcela de 4,88% são calculados e o banco de dados

³² O GEMPACK foi desenvolvido a partir de 1980 por Ken Pearson, especificamente para resolver modelos de estilo Johansen. A primeira versão do GEMPACK foi usada para o ensino em 1984, e pouco depois foi adotada pelos modeladores australianos de EGC.

é atualizado de acordo. Usando o novo banco de dados, os resultados são calculados para a segunda parcela de 4,88%. Como os erros são proporcionais ao tamanho do choque, reduzir pela metade o choque leva a erros em cada etapa, que são menos da metade do tamanho do erro produzido por uma única etapa em tamanho normal. Assim, os resultados das duas etapas podem ser combinados para produzir uma solução mais precisa do que a obtida por uma única etapa. Quanto mais etapas, mais precisão (HORRIDGE *et al.*, 2018).

3.6 Parâmetros e Elasticidades

A principal fonte de dados dos modelos de EGC é a matriz de insumo-produto. Contudo, a modelagem do comportamento dos agentes econômicos, exige dados complementares, que são extraídos de literatura especializada. Os parâmetros que se configuram como os mais relevantes para o funcionamento do modelo são as elasticidades de substituição de fatores primários, elasticidade de substituição entre regiões e elasticidade de substituição entre origem (doméstica ou importada). A Tabela 30 apresenta os parâmetros utilizados nas simulações com o modelo AGRO-BR.

Tabela 30: Parâmetros de elasticidades no modelo AGRO-BR

Parâmetro	Dimensão	Descrição	Valor
EPS	COM	Elasticidade de gastos das famílias	0 a 1,65
EXP_ELAST	IND	Elasticidade da demanda por exportações	1
FRISCH	DST	Parâmetro de Frisch	-2,48
DPRC	IND	Taxa de Depreciação	0,5
QRATIO	IND E DST	Razão investimento/capital (máxima tendência)	4
RNORMAL	IND E DST	Taxa de retorno normal bruta	12%
GROTREND	IND E DST	Razão investimento/capital (tendência)	0,06 a 0,15
ALPHA	IND E DST	Elasticidade do investimento	5
SIGMA1LAB	IND	Elasticidade de substituição do trabalho	0,02
SIGMA1PRIM	IND	Elasticidade de substituição dos fatores primários	0,63 a 1,0
ARMSIGMA	IND	Elasticidade de subst. de bens intermediários	0,04 a 2,42
SIGMADOMDOM	IND	Elasticidade de substituição entre regiões	0,8 a 2,37
SIGMAMAR	IND	Elasticidade de subst. entre regiões que produzem margem	0,2
SIGMA1OUT	IND	Elasticidade de transformação CET	0,5

Fonte: Elaboração própria com base em estimativas da literatura

As elasticidades de substituição entre fatores primários SIGMA1PRIM e elasticidades de substituição entre origem doméstica ou importada ARMSIGMA, foram extraídas de Domingues (2009), as elasticidades de substituição entre regiões são oriundas de Faria e Haddad (2014). As elasticidades de gasto das famílias, representadas pelo parâmetro EPS, foram calculados de acordo com Hoffman (2010), utilizando dados da POF para diferentes despesas em produtos de alimentação, habitação, transporte, dentre outros. O parâmetro de FRISCH, utilizado na estrutura de demanda das famílias como medida de sensibilidade à utilidade marginal da renda, foi obtido de Domingues *et al.* (2009).

4 SIMULAÇÕES DOS IMPACTOS ECONÔMICOS OCASIONADOS PELOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA NO BRASIL

O objetivo desta tese é analisar os efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola e seus impactos sobre a economia do Brasil, com especial atenção às agriculturas familiares e patronais. Neste sentido, este capítulo tem por finalidade apresentar os resultados das simulações realizadas com as alterações de produtividade agrícola projetadas de acordo com os cenários climáticos do IPCC, demonstrando as relações causais entre os efeitos da alteração da produtividade agrícola e seus impactos sobre os setores e regiões da economia brasileira. Foram simulados dois cenários de mudanças climáticas: RCP 4.5 (otimista) e RCP 8.5 (pessimista), para os anos de 2021-2050 e 2051-2080.

A interpretação dos resultados dos modelos de EGC se dá através da comparação entre os resultados do cenário base e o cenário de política. A escolha das variáveis exógenas e endógenas em ambos os cenários são determinadas de acordo com o objetivo de avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre a produção agrícola e seus efeitos sobre a economia brasileira. No cenário de política são introduzidas alterações nos valores de variáveis que representam a produtividade da terra, tais alterações são denominadas de “choques”. No modelo AGRO-BR, os choques representam os efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola desagregada por cultivos e modos de produção, familiar e patronal.

As alterações simultâneas de produtividade da terra para um conjunto de cultivos agrícolas, introduzem uma série de mudanças nas alocações de recursos orientadas pela modificação de preços relativos. Essa alteração de preços relativos é heterogênea entre os setores e regiões do modelo e relaciona-se à magnitude da variação de produtividade do cultivo, à participação do setor afetado na economia e à própria estrutura produtiva da região.

Os resultados das simulações são determinados pela estrutura do modelo, pela base de dados e pelas variações de produtividade utilizadas em cada cenário de política. Os mecanismos causais do modelo levam em consideração estes aspectos, sendo sua interpretação o ponto de partida para a análise dos resultados.

Ressalta-se que o fenômeno das mudanças climáticas é amplo e afeta a economia em diversas frentes. O modelo AGRO-BR analisa os impactos regionais e setoriais diretos e indiretos das alterações de produtividade agrícola estimadas através dos valores médios de temperatura e precipitação projetadas pelo INPE e IPCC, que são dois dos principais efeitos do

clima sobre a agricultura. Neste trabalho, ainda não são contabilizados outros efeitos importantes do clima, mas de difícil mensuração, como o aumento da frequência de eventos climáticos extremos, o volume e a vazão das bacias hidrográficas, elevação do nível dos oceanos, dentre outros efeitos climáticos que também podem impactar a economia brasileira. Estes impactos fazem parte da futura agenda de pesquisa no tema.

Assim, o capítulo está estruturado em duas seções. Primeiramente apresenta-se o fechamento do modelo, o cenário base de crescimento econômico, os resultados das simulações com o cenário base e os cenários de política. Na segunda seção, apresenta-se as relações causais entre os mecanismos do modelo e os resultados das simulações entre os dois cenários de política, apresentando os resultados setoriais, regionais e nacionais.

4.1 – Fechamento, Cenário Base e Cenários de Política RCP 4.5 e RCP 8.5

As simulações realizadas no modelo AGRO-BR tem por objetivo verificar os efeitos econômicos regionais e setoriais, diretos e indiretos, das alterações de produtividade agrícola desencadeados pelo fenômeno das mudanças climáticas no Brasil. Primeiramente, realizou-se uma simulação desconsiderando os efeitos das mudanças climáticas, em que o desempenho das principais variáveis macroeconômicas foram determinadas de acordo com as taxas médias históricas de crescimento. Esta primeira simulação, denominada de Cenário Base ou Cenário de Referência, é necessária para a interpretação das simulações de política em modelos de EGC. Dois cenários de mudanças climáticas são considerados nas simulações de política. No cenário RCP 4.5, considerado otimista, a magnitude das alterações de produtividade agrícola é em média, menor que as verificadas no cenário RCP 8.5, que em contrapartida, representa um cenário de intensificação dos efeitos das MC.

As simulações iniciam-se no ano de 2015 e compreendem um horizonte temporal de 65 anos, delimitados em 13 quinquênios. A periodização foi estabelecida de forma a capturar os efeitos das mudanças climáticas, e por isso, compreende dois períodos de 30 anos referentes à normal climatológica, i) de 2021 a 2050 e ii) 2051 a 2080, divididos em 6 quinquênios cada. Os choques no cenário de política são implementados nestes quinquênios.

Os resultados das simulações dos cenários de política, denominados de Cenário RCP 4.5 e Cenário RCP 8.5, são interpretados como desvios acumulados em relação aos resultados apresentados pelo cenário de referência, vide Figura 12. Em outras palavras, os resultados de uma simulação realizada sem considerar os efeitos estimados das mudanças climáticas sobre a

produtividade agrícola são contrastados aos resultados de uma simulação em que se considera tais efeitos. Neste sentido, o ponto de partida para análises utilizando a metodologia de EGC, é a simulação do cenário de referência.

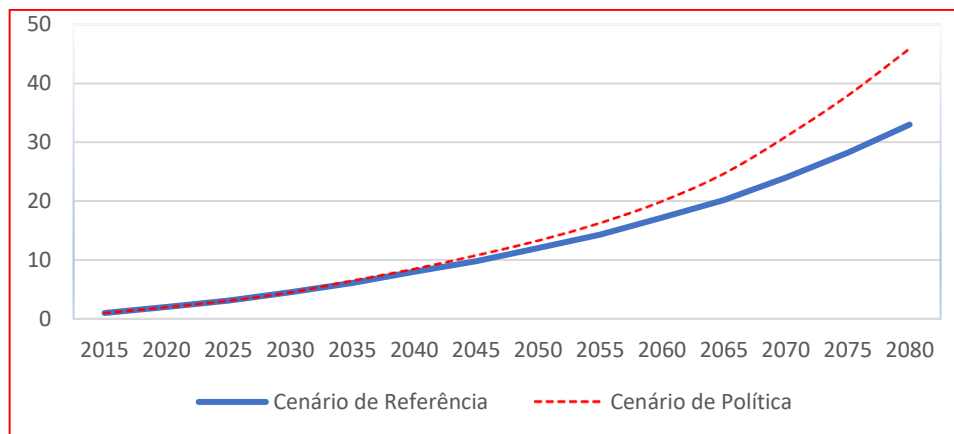


Figura 12: Representação gráfica do cenário de referência e do cenário de política

Fonte: Elaboração própria

Os modelos de EGC são compostos por sistemas de equações simultâneas e variáveis que representam um histórico de conhecimentos econômicos, teóricos e empíricos. Seus resultados são determinados pela interação entre a base de dados, os mecanismos causais e os parâmetros utilizados na calibragem do modelo. Na etapa denominada de “fechamento”, são determinadas as variáveis exógenas e endógenas utilizadas na simulação. O desempenho das variáveis exógenas é determinado de maneira ad hoc para representar algum aspecto teórico ou desempenho econômico que se queira analisar, já o comportamento das variáveis endógenas é determinado pelo modelo.

Em linhas gerais, as hipóteses quanto ao funcionamento da economia no modelo são estabelecidas no fechamento. A Tabela 31 apresenta a descrição das variáveis utilizadas nos fechamentos de cenário de referência e cenários de política RCP 4.5 e RCP 8.5.

Tabela 31: Descrição das variáveis utilizadas para o fechamento do modelo AGRO-BR

Variável Exógena	Dimensão	Descrição
PIB real (lado da oferta)		
acap	IND*DST	Mudança Tecnológica do capital
aint_d	COM*IND	Mudança tecnológica de bens intermediários por região
alnd	IND*DST	Mudança tecnológica da terra
aprintot	1	Mudança tecnológica genérica de fatores primários
aprim_i	DST	Mudança tecnológica individual de fatores primários
atot	IND*DST	Mudança tecnológica genérica
atradmar_cs	MAR*ORG*DST	Mudança tecnológica de margens
bint_scd	IND	Mudança tecnológica de bens intermediários
blab_o	IND*DST	Mudança tecnológica do fator trabalho por ocupação

blab_oid	1	Mudança tecnológica do fator trabalho genérica
frnorm	IND*DST	Deslocamento da taxa de retorno normal bruta (regional)
frnorm_id	1	Deslocamento da taxa de retorno normal bruta (nacional)
labslack	1	Variável que permite o ajuste no emprego agregado
gtrend	IND*DST	Razão tendencial do investimento sobre o capital (regional)
NatMacro ("AggEmploy")	1	Emprego Agregado Nacional
xcap	IND*DST	Dotação do capital por setor
xlnd	IND*DST	Dotação da terra por setor
twistsrc	Sourcing	Substituição de origem (k) para bens (i,s)
PIB real (lado da demanda)		
fhou	DST	Propensão Regional ao Consumo dado a Renda
xhoutot	DST	Consumo total das famílias
fgovgen	1	Deslocamento da demanda do governo (nacional)
fgovtot	DST	Deslocamento da demanda do governo (regional)
fgov_s	COM*DST	Deslocamento da demanda do governo por produto (regional)
natfhou	1	Participação do consumo das famílias no PIB Real
flab_io	DST	Deslocamento do salário (regional)
flab_iod	1	Deslocamento do salário (nacional)
invslack	1	Variável que permite exogeneizar o investimento nacional
houslack	1	Variável que permite ajuste no consumo das famílias nacional
NatMacro ("RealHou")	1	Consumo Real das Famílias
NatMacro ("RealGov")	1	Consumo do Governo
NatMacro ("RealInv")	1	Investimento Real
NatMacro ("ExpVol")	1	Volume de Exportações
NatMacro ("RealGDP")	1	PIB Real
Condições Externas		
fpexp	COM*SRC	Deslocamento dos preços das exportações
fqexp	COM*SRC	Deslocamento das quantidades exportadas
fqexp_cs	1	Deslocamento geral das quantidades exportadas
pfimp	COM*ORG	Preço dos importados em moeda estrangeira
Impostos		
delPTXRATE	IND*DST	Mudança na taxa do imposto sobre a produção
Distribuição dos Investimentos		
finv1	IND*DST	Deslocamento do Investimento
finv4	IND*DST	Deslocamento do Investimento de Longo Prazo
faccum	IND*DST	Deslocamento que ativa a equação de acumulação de capital
delUnity	1	Dummy = 1 para ativar equação de acumulação de capital
Número de Famílias		
nhou	DST	Número de famílias
Numerário		
phi	1	Taxa de câmbio

Fonte: Elaboração própria

Os cenários de referência e de política possuem fechamentos distintos nas simulações do modelo AGRO-BR. No fechamento do cenário de referência, a configuração das variáveis foi orientada para simular o comportamento da economia de acordo com as médias históricas verificadas no período recente. No cenário de política, a escolha das variáveis exógenas e

endógenas foi realizada de modo a permitir a melhor análise, em termos de resultados, da implementação dos cenários de mudança climática. Assim, parte das variáveis exógenas do cenário de referência, passa a ser endógena nos cenários de política. A Tabela 32 apresenta a composição das variáveis utilizadas no fechamento de todos os cenários simulados. As áreas em cinza representam as variáveis exógenas.

Tabela 32: Descrição das variáveis utilizadas para o fechamento do modelo AGRO-BR

Variável Exógena	Dimensão	Cenários		
		Referência	RCP 4.5	RCP 8.5
PIB real (lado da oferta)				
acap	IND*DST			
aint_d	COM*IND			
alnd	IND*DST			
aprintot	1			
aprim_i	DST			
atot	IND*DST			
atradmar_cs	MAR*ORG*DST			
bint_scd	IND			
blab_o	IND*DST			
blab_oid	1			
fnorm	IND*DST			
fnorm_id	1			
labslack	1			
gtrend	IND*DST			
NatMacro ("AggEmploy")	1			
xcap	IND*DST			
xlnd	IND*DST			
twistsrc	Sourcing			
PIB real (lado da demanda)				
natfhou	1			
fhou	DST			
xhoutot	DST			
fgovgen	1			
fgovtot	DST			
fgov_s	COM*DST			
flab_io	DST			
flab_iod	1			
invslack	1			
houslack	1			
NatMacro ("RealHou")	1			
NatMacro ("RealGov")	1			
NatMacro ("RealInv")	1			
NatMacro ("ExpVol")	1			
NatMacro ("RealGDP")	1			
Condições Externas				
fpexp	COM*SRC			

fqexp	COM*SRC	
fqexp_cs	1	
pfimp	COM*ORG	
Impostos		
delPTXRATE	IND*DST	
Distribuição dos Investimentos		
finv1	IND*DST	
finv4	IND*DST	
faccum	IND*DST	
delUnity	1	
Número de Famílias		
nhou	DST	
Numerário		
<u>phi</u>	1	

Fonte: Elaboração própria

O fechamento do cenário de referência considera as variáveis macroeconômicas PIB real, Emprego agregado, Consumo das Famílias, Consumo do Governo, Investimento e Exportações como exógenas. Para permitir o crescimento exógeno, as variáveis referentes à oferta de capital, deslocamento do consumo das famílias, deslocamento do consumo do governo, deslocamento das quantidades exportadas e deslocamento dos investimentos, são endógenas e se alocam de forma a respeitar o comportamento determinado das variáveis macro mencionadas. As variáveis de deslocamento alteram as curvas ou as quantidades nas curvas de demanda (ou oferta) de maneira a se acomodar às taxas exógenas de crescimento de determinada variável.

O fechamento do cenário de política é igual entre os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5. O que distingue os cenários são os choques de produtividade da terra por setor familiar e patronal. A configuração do fechamento dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 implica a adoção das seguintes hipóteses: i) oferta de capital endógena entre os setores e regiões; ii) emprego agregado exógeno, mas com mobilidade entre regiões e setores determinada pelo diferencial de remuneração; iii) consumo das famílias endógeno e seguindo o desempenho do PIB; iv) consumo do governo exógeno; v) saldo comercial externo é dado como participação do PIB; v) o investimento nacional é endógeno e orientado pelo diferencial de taxas de retorno e estoque de capital.

A taxa de câmbio é o numerário do modelo, sendo exógena nos fechamentos. A escolha do numerário determina qual variável terá seu vetor de preços igualado a 1, assim, os demais preços irão variar em relação a esse vetor. O Índice Geral de preços não foi utilizado como numerário, pois é uma variável de interesse na análise dos resultados e, portanto, endógena nos

fechamentos. Um teste de homogeneidade foi realizado para verificar possíveis inconsistências no modelo. Partindo do pressuposto de que variáveis reais não são afetadas se os preços relativos não se alterarem, o teste consistiu em aplicar um choque de 10% no numerário e analisar o comportamento das variáveis reais. Conforme esperado, nenhuma variável real foi alterada, pois os preços relativos permaneceram inalterados.

4.1.1 – Resultados do Cenário de Referência

Os resultados das simulações no cenário de referência são determinados pela configuração da estrutura produtiva regional, pela base de dados do modelo e pelas taxas de crescimento adotadas para as principais variáveis macroeconômicas. O nível de atividade setorial de cada região se adapta para permitir o crescimento estabelecido nas variáveis macroeconômicas agregadas. Esse processo desencadeia uma série de alocações de fatores entre setores e regiões, com resultado líquido heterogêneo e vinculado ao arcabouço mencionado.

A Tabela 33 apresenta as taxas de crescimento das variáveis macroeconômicas exógenas utilizadas nas simulações do cenário de referência. Para o quinquênio 2015/2020, as variáveis reportadas possuem taxas de crescimento referentes às observadas³³ na economia. Para o período de 2021 a 2080, a taxa de crescimento utilizada é de 2% ao ano, ou 10,42% ao quinquênio. Essa projeção é condizente com o desempenho recente da economia brasileira. O crescimento acumulado do PIB nos anos de 2050 e 2080 é de 84,5% e 235,2%, respectivamente, sendo resultado das taxas de crescimento exógenas estabelecidas na simulação.

Tabela 33: Variáveis Macroeconômicas para o Cenário de Referência (Variação %)

Variável	Média anual (2015-2020)	Valor Acumulado (2020)	Média Quinquenal (2021-2080)	Valor Acumulado (2050)	Valor Acumulado (2080)
PIB Agregado	0,41	2,04	10,42	84,95	235,23
Investimento	1,66	8,57	10,42	96,79	256,68
Consumo das Famílias	0,71	3,60	10,42	87,78	240,36
Gastos do Governo	-0,15	-0,73	10,42	79,93	226,13
Exportações	0,34	1,70	10,42	84,33	234,11
Emprego Agregado	0,30	1,52	10,42	84,01	233,52

Fonte: Elaboração própria com base em dados da SECEX, SCN/IBGE, PNAD, IPEA e resultados do modelo

Os valores de crescimento acumulado das variáveis macroeconômicas são diferentes, pois as taxas de crescimento utilizadas no primeiro quinquênio foram estabelecidas através de

³³ Utilizou-se para o cálculo das taxas médias anuais, dados observados referentes à 2016, 2017 e 2018; projeções do IPEA para o PIB, consumo do governo, consumo das famílias e Investimento em 2019 e 2020. Para as variáveis emprego e exportações, a taxa média de crescimento foi calculada através de valores observados entre 2014 e 2018.

dados reais observados. A partir do segundo quinquênio, as taxas de crescimento são lineares e iguais a 10,42% para todas as variáveis reportadas na Tabela 33. O desempenho temporal das variáveis macroeconômicas é ilustrado na Figura 13, evidenciando o comportamento semelhante de crescimento, contudo, em patamares distintos.

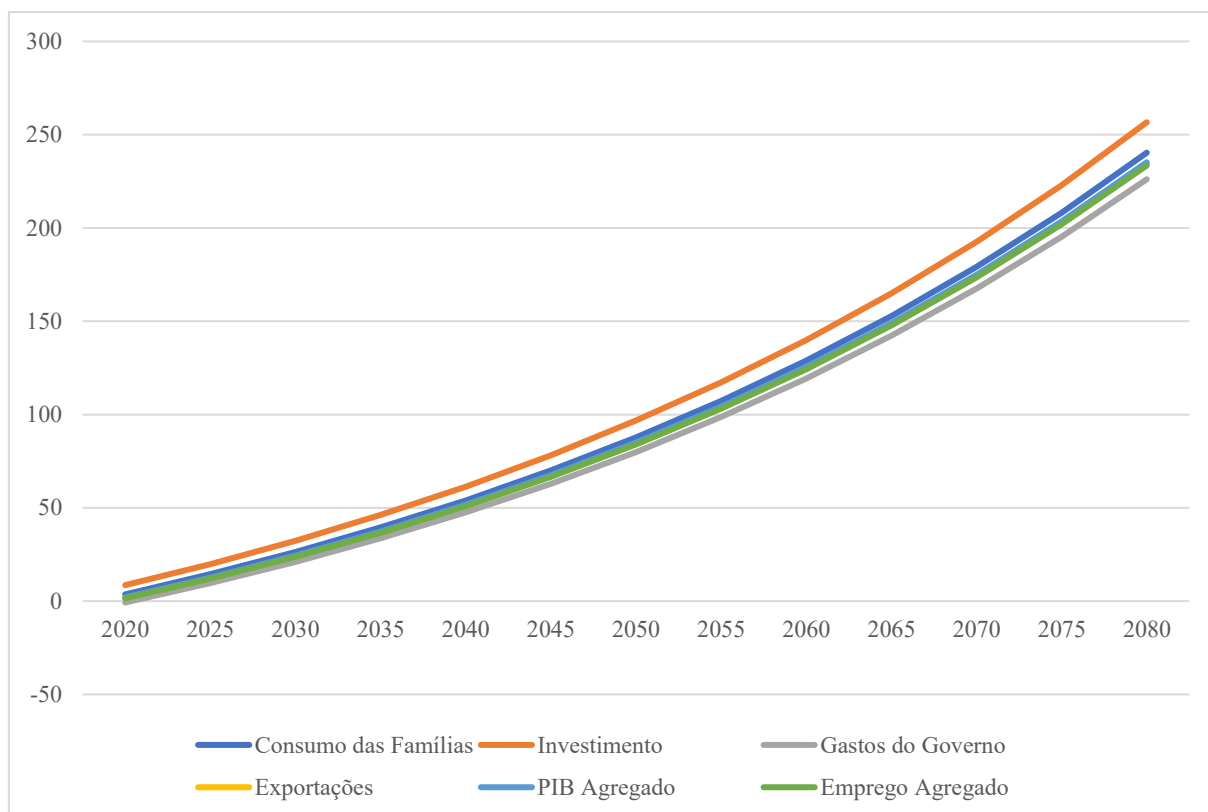


Figura 13: Trajetória das variáveis macroeconômicas no cenário de referência (2020 a 2080) (Variação % acumulada)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O desempenho econômico das UF é determinado endogenamente no cenário de referência. Sua dinâmica responde às alocações setoriais desencadeadas pelas taxas de crescimento das variáveis macroeconômicas agregadas e às suas respectivas estruturas produtivas. Como no cenário de referência não foram colocados elementos setoriais ou regionais exógenos, as taxas de crescimento entre os estados são bastante próximas. A contribuição dos gastos das famílias, gastos do governo, investimento e exportações para o PIB regional é diferenciada entre as UF, e, portanto, o resultado líquido do crescimento do PIB de cada UF é heterogêneo. A Tabela 34 apresenta as variações de crescimento do PIB das UF para o ano de 2080. Apesar da heterogeneidade de desempenho, os resultados indicam valores próximos aos determinados exógenamente para o PIB agregado nacional.

Tabela 34: Produto Interno Bruto por Unidade da Federação no Cenário de Referência (%)

UF	Variação Acumulada em 2080	Média Anual	Média Quinquenal
Rondônia	253,8	2,13	11,10
Acre	235,42	2,04	10,61
Amazonas	250,27	2,11	11,01
Roraima	241,3	2,07	10,77
Pará	228,88	2,00	10,43
Amapá	231,88	2,02	10,51
Tocantins	236,77	2,04	10,65
Maranhão	223,03	1,97	10,26
Piauí	225,32	1,99	10,33
Ceará	231,22	2,02	10,50
Rio Grande do Norte	236,08	2,04	10,63
Paraíba	234,59	2,03	10,59
Pernambuco	232,88	2,02	10,54
Alagoas	230,32	2,01	10,47
Sergipe	229,61	2,01	10,45
Bahia	233,37	2,03	10,55
Minas Gerais	234,29	2,03	10,58
Espírito Santo	236,0	2,04	10,63
Rio de Janeiro	226,61	1,99	10,37
São Paulo	239,21	2,06	10,71
Paraná	238,8	2,05	10,70
Santa Catarina	242,01	2,07	10,79
Rio Grande do Sul	242,2	2,07	10,80
Mato Grosso do Sul	217,72	1,95	10,11
Mato Grosso	219,21	1,95	10,16
Goiás	232,51	2,02	10,53
Distrito Federal	228,28	2,00	10,41

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O desempenho do nível de atividade setorial, na simulação com o cenário de referência, indica como os setores responderam às taxas de crescimento utilizadas para simular o crescimento da economia brasileira no período analisado. Os setores respondem de maneira diferente aos estímulos e suas características produtivas indicam seu grau de sensibilidade. Em linhas gerais, setores intensivos em mão de obra, respondem às taxas de crescimento do emprego, setores intensivos em capital, respondem ao incremento dos níveis de investimento, setores exportadores serão impactados pelo aumento das exportações. Destarte, o desempenho setorial reflete a dinâmica de alocação de recursos entre setores, orientados pelo diferencial de retorno e custos de produção.

A Tabela 35 apresenta a dinâmica da atividade setorial no cenário de referência. As maiores taxas de crescimento acumuladas nos anos de 2050 e 2080 foram verificadas nos

setores relativamente intensivos em mão de obra e com relevância na participação dos gastos das famílias. Se destacam os setores de Serviços, Construção Civil e Eletrônicos. Ademais, posto que não há choque de produtividade da terra, ou choque de exportação específico para os setores agrícolas no cenário base, eles apresentam desempenho abaixo dos demais.

Tabela 35: Nível de Atividade Setorial Acumulada por Grande Região no Cenário de Referência (%)

Região	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul	
	2050	2080	2050	2080	2050	2080	2050	2080	2050	2080
Setores / Ano										
Agricultura Familiar	67,18	169,92	60,86	153,82	77,64	201,27	69,40	176,31	65,23	170,17
Agricultura Patronal	66,32	167,38	65,07	162,89	68,31	171,20	64,53	163,65	66,20	165,52
Bovino e Outros Animais Familiar	87,29	228,38	87,96	231,75	82,77	211,16	78,57	202,51	81,64	212,16
Bovino e Outros Animais Patronal	82,41	203,64	81,21	199,09	74,83	174,61	76,68	186,58	77,32	187,46
Silvicultura Familiar	73,04	188,05	73,34	188,54	73,06	188,64	72,18	189,39	71,66	187,46
Silvicultura Patronal	54,25	140,57	53,55	136,82	52,28	130,15	53,18	136,41	53,32	138,36
Extração Vegetal Familiar	64,22	159,85	65,44	163,94	67,47	171,08	66,55	170,47	69,80	181,97
Extração Vegetal Patronal	55,94	138,06	56,96	142,88	56,95	142,52	56,38	140,96	56,46	141,14
Pesca e Aquicultura	39,98	90,58	39,15	87,23	42,86	102,65	41,23	95,57	41,39	97,43
Indústria Extrativa	66,31	187,60	68,22	192,07	71,20	200,45	64,32	181,41	75,68	215,53
Indústrias Diversas	85,16	233,84	80,60	219,94	78,30	213,32	80,37	223,04	85,72	239,44
Eletrônicos	103,15	281,26	102,40	280,84	99,32	271,84	100,37	276,60	102,87	285,87
Alimentos e Bebidas	78,06	205,95	73,32	194,25	78,28	205,20	74,04	197,90	78,45	209,84
Diesel Combustível	90,98	251,15	86,20	234,19	84,62	229,28	83,71	228,32	87,03	240,87
Produtos Químicos Inorgânicos	83,81	233,74	77,85	211,61	77,15	206,79	77,31	213,89	79,64	221,20
Adubo e Fertilizantes	71,63	181,01	70,99	179,80	71,37	180,11	69,39	177,79	70,70	182,08
Defensivos Agrícolas	79,32	203,01	75,38	192,62	76,62	194,65	73,89	191,75	74,78	193,19
Eletricidade e Gás	78,18	238,07	78,60	239,16	76,34	228,20	78,14	238,17	78,25	239,86
Instituições Financeiras e Seguros	80,13	225,85	81,07	228,12	79,17	221,37	81,57	230,43	81,54	231,82
Comércio	84,93	228,10	80,18	214,67	80,28	213,80	84,30	228,11	86,73	235,53
Transporte de Carga	87,78	238,06	84,43	227,65	82,89	221,30	84,86	232,18	87,09	238,60
Serviços	97,06	273,78	91,75	256,92	91,98	256,58	88,98	249,80	92,89	263,42
Setor Público	81,27	227,62	80,45	226,79	80,24	225,44	79,35	225,44	80,07	227,28
Construção Civil	98,45	263,55	96,74	259,19	96,07	255,78	98,21	262,51	101,72	274,37

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O nível de atividade agregado dos setores agrícolas familiar e patronal possui desempenho diferente entre as regiões. A estrutura produtiva dos setores agrícolas familiares é intensiva em mão de obra e a dos agricultores patronais em capital. Os setores relevantes em termos de participação no PIB regional, também são distintos. Mandioca, Milho, Fumo, Café, Banana e Feijão são os principais cultivos produzidos pelos setores familiares. Soja, Cana de Açúcar, Algodão, Café, Milho e Feijão são os principais produzidos pelos patronais. Outra característica que os distingue é a vinculação ao mercado externo, com o setor patronal sendo responsável por grande parte do volume de produtos agrícolas exportados.

A região Centro-Oeste apresenta o maior crescimento acumulado para os setores agrícolas. A região é caracterizada pela relevante participação do setor no PIB regional e pela produção de commodities agrícolas. Ainda, sobre os setores agrícolas, verifica-se o crescimento acumulado maior da agricultura familiar em todas as regiões. Este desempenho é ocasionado pelo fato de o setor ser mais intensivo em mão de obra que o setor patronal, portanto, sendo afetado pela taxa de crescimento do emprego agregado determinada no cenário de referência.

A Figura 14 ilustra a produção nacional dos principais setores em termos de PIB da agricultura familiar, no cenário de referência. A relevância dos setores é diferente entre as regiões do país. O setor produtor de Milho em Grão se destaca com as maiores taxas de crescimento acumulado, seguido por Mandioca e Café em Grão. As regiões do Nordeste, Sudeste e Sul são as principais produtoras de Milho em Grão (1ª Safra), com o Centro Oeste sendo o principal produtor na 2ª Safra. As regiões Norte e Nordeste se destacam na produção de Mandioca, e a produção de Café em Grão é concentrada na região Sudeste.

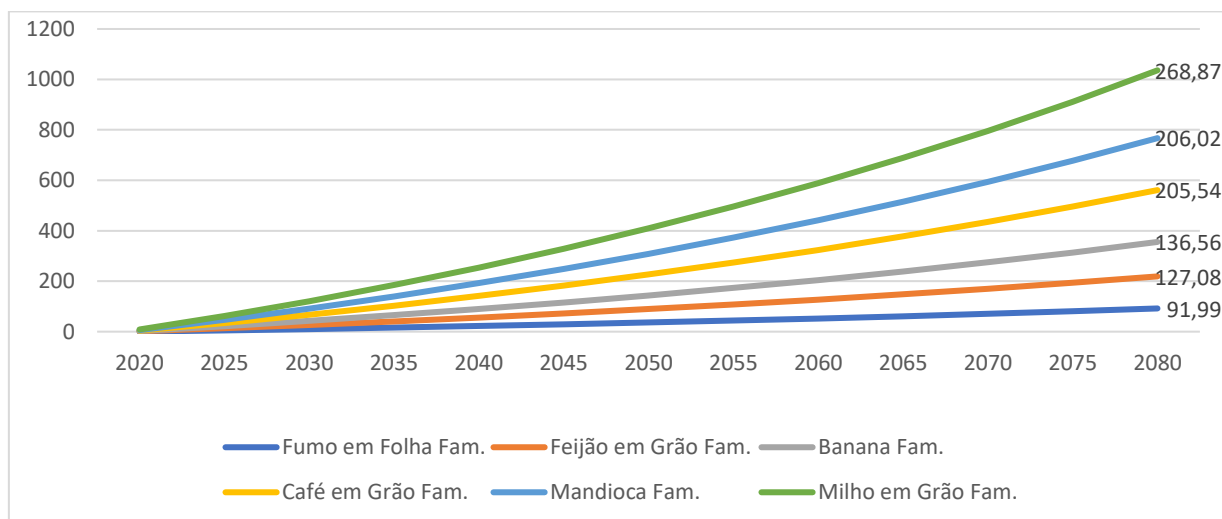


Figura 14: Produção dos principais setores da agricultura familiar no cenário de referência (Var. % acumulada) (Eixo vertical em valores acumulados)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Em relação aos setores relevantes em termos de PIB patronal, observa-se que o melhor desempenho em termos de crescimento da produção é do setor produtor de Algodão, cuja produção é concentrada na região Centro-Oeste. A produção do setor de Cana de Açúcar, concentrada nas regiões Sudeste e Centro Oeste, e a produção do setor de Café em Grãos no Sudeste, também apresentam as maiores taxas de crescimento acumulado no cenário de referência. A Figura 15 ilustra o desempenho temporal da produção setorial dos cultivos patronais relevantes em termos de PIB.

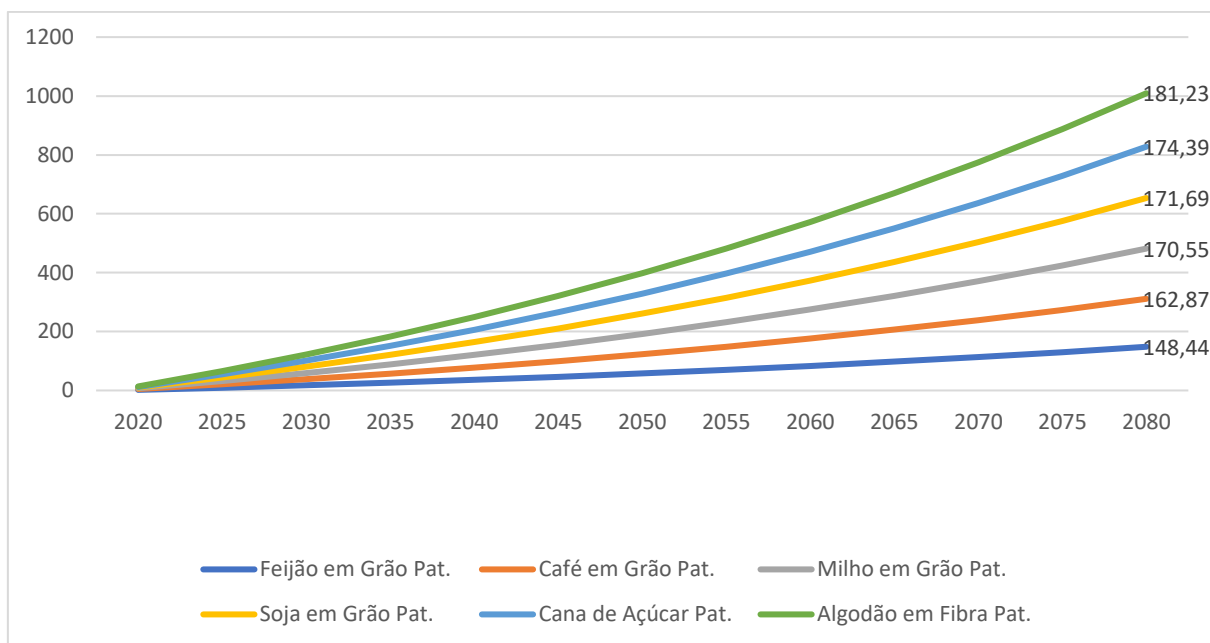


Figura 15: Produção dos principais setores da agricultura patronal no cenário de referência (Var. % acumulada) (Eixo vertical em valores acumulados)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

As simulações realizadas nos cenários de política RCP 4.5 e RCP 8.5 utilizam como choque alterações de produtividade da terra dos setores agrícolas. As cadeias produtivas com participação dos setores afetados pelos choques serão indiretamente impactadas. Os setores produtores de Adubo e Fertilizantes, Defensivos Agrícolas, Produtos Químicos Inorgânicos, Diesel e Combustível, Eletricidade e Gás, e Instituições Financeiras e Seguros, representam juntos, 70% dos insumos utilizados, em média, para a produção dos setores agrícolas, e por isso são relevantes para a análise dos resultados do modelo. A Figura 16 ilustra o desempenho dos principais setores ofertantes para os setores agrícolas, na simulação com o cenário de referência.

Os setores de Eletricidade e Gás, Diesel e Combustível, Instituições e Seguros, e Produtos Químicos Inorgânicos apresentam as maiores taxas de crescimento acumuladas. Esses setores, apesar de fornecerem grande parte dos insumos agrícolas, também fornecem aos demais setores da economia e, portanto, são menos sensíveis aos movimentos de demanda dos setores agrícolas. Em contrapartida, os setores de Adubo e Fertilizantes e Defensivos Agrícolas, além de serem os principais ofertantes de insumos para os setores agrícolas, têm o setor como principal comprador, o que os fazem mais sensíveis às alterações de dinâmica nos setores agrícolas.

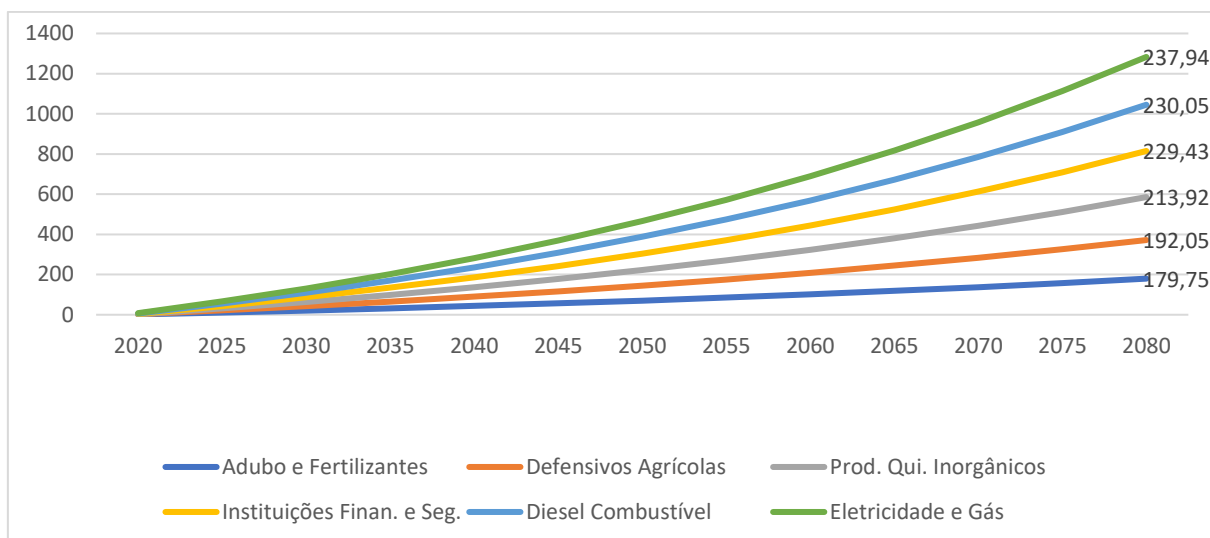


Figura 16: Produção setorial no cenário de referência (Var. % acumulada) (Eixo vertical em valores acumulados)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Os resultados do cenário de referência indicam uma trajetória de crescimento da economia guiada pelas taxas de crescimento impostas às principais variáveis macroeconômicas agregadas, e condizentes com o desempenho recente da economia nacional. Os desempenhos setorial e regional apresentados refletem, em última instância, sua dinâmica produtiva. Desta maneira, o crescimento simulado mantém, em certo grau, a estrutura da matriz de insumo produto, e em menor grau os parâmetros utilizados na calibragem do modelo AGRO-BR. Maior interferência ao desempenho da economia é simulada nos cenários de política, com a introdução dos choques que representam as variações decorrentes das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola. Deve-se ressaltar que o objetivo do cenário de referência não é prever o comportamento da economia, mas estabelecer uma linha de comparação para os efeitos dinâmicos dos choques de produtividade advindos das mudanças climáticas. Esse desvio de trajetória decorrente dos choques climáticos é pouco afetado pelas características do cenário de referência.

4.2 – Cenário de Política: RCP 4.5 e RCP 8.5

Os cenários de política RCP 4.5 e RCP 8.5, utilizados nas simulações do modelo AGRO-BR, partem das projeções de perda (ou ganhos) de produtividade agrícola estimadas no Capítulo 2. Os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 se distinguem pelos choques de produtividade da terra aplicado aos setores agrícolas.

Nas simulações de política, a produtividade da terra é exógena de forma a permitir a implementação dos choques estimados. O comportamento (desvio em relação ao cenário de

referência) dos principais agregados macroeconômicos, PIB nacional, consumo das famílias e investimento, e de todas as variáveis endógenas, são determinados pelo modelo. O intuito é projetar o desempenho dessas variáveis no contexto das MC.

No cenário RCP 4.5, a variação média de produtividade (em módulo) da terra entre os setores e regiões é menor no período 2021/2050 do que no período 2051/2080. Essa configuração é oriunda das projeções do IPCC para o cenário climático RCP 4.5, em que se projeta um aumento linear da forçante radioativa até meados do século e uma redução do crescimento destas após esse período. No cenário RCP 8.5, a variação média de produtividade da terra é maior (em módulo) que os valores verificados no cenário de política RCP 4.5, sendo os choques do período 2051/2080 consideravelmente superiores aos aplicados no período 2021/2050. Essa é uma característica do cenário climático RCP 8.5 do IPCC, que projeta crescimento linear do forçamento radioativo ao longo do século XXI.

O período utilizado nas simulações respeita a periodização climatológica de 30 anos, estabelecida de modo a cobrir todas as variabilidades climáticas naturais que possam influenciar a média das variáveis analisadas. Neste sentido, as variações de produtividade agrícola estimadas, por cultivo e por tipo de produtor, representam projeções de variação referentes a 30 anos, realizadas entre os anos de 2021 a 2050, e de 2051 a 2080. Para a construção dos choques no modelo, essas variações de produtividade foram transformadas em taxas de variação equivalentes ao período de 5 anos, ou seja, taxas quinquenais. Assim, cada período analisado, 2021/2050 e 2051/2080, é composto de 6 quinquênios, totalizando 12 conjuntos quinquenais de choques de produtividade da terra, para cada cenário. A terra é um fator primário de produção no modelo AGRO-BR. Os choques de produtividade positivos representam redução da quantidade de terra necessária para a produção de determinado setor. O contrário para choques negativos de produtividade. A Tabela 36 exemplifica o cálculo do choque no cenário de política RCP 4.5, através do setor produtor de Banana Familiar nos estados da região Sudeste, no período de 2021/2050.

Tabela 36: Choques quinquenais de produtividade da terra aplicados ao setor Banana Familiar (RCP 4.5) (2021/2050) (%)

UF	Variação em 30 anos (resultado econométrico)	Taxa Quinquenal
ES	-36,50	-5,32
MG	-25,84	-3,91
RJ	-43,83	-6,25
SP	-57,95	-7,92

Fonte: Elaboração própria

O modelo econométrico estimou variações de produtividade agrícola para cada cultivo representado no modelo AGRO-BR, desagregadas por tipo de produtor familiar e patronal. Assim, oito conjuntos de choques foram implementados nas simulações de política, considerando-se os dois cenários (RCP 4.5 e RCP 8.5), os dois períodos (2021/2050 e 2051/2080) e os dois tipos de setores produtivos (familiar e patronal). Em média, a magnitude dos choques aumenta em relação ao período 2021/2050, em ambas as direções, ou seja, choques positivos, apresentam aumento, e choques negativos apresentam redução maior de produtividade. Este padrão de resultado se mantém entre os períodos e cenários, com o aumento da magnitude dos choques no período 2051/2080 e no cenário RCP 8.5.

A Tabela 37 apresenta os choques utilizados nos setores familiares no período de 2021/2050, na simulação com o cenário RCP 4.5. Verifica-se que o cultivo de Amendoim, em âmbito nacional seria majoritariamente beneficiado com choques positivos de produtividade, com exceção de RR, SE e AL. Os cultivos de Arroz, com exceção de PB, RN, RS e SC, e Batata Inglesa, com exceção da região Nordeste, MG e ES, também seriam beneficiados com ganho de produtividade agrícola. Ressalta-se que o maior destaque positivo seria o aumento de 12,25% ao quinquênio da produtividade do cultivo de Uva em SP. Os destaques negativos ficam com os cultivos de Café, nas principais regiões produtoras, MG e ES, Mandioca e Milho, em âmbito nacional.

Os choques quinquenais calculados para os cultivos familiares, no cenário RCP 4.5, para o período de 2051/2080, encontram-se na Tabela 38. Os destaques positivos em termos de cultivos com ganho de produtividade agrícola seriam: Amendoim, com exceção de RR, SE e AL, ressaltando que o cultivo do Amendoim apresentou a maior projeção de produtividade individual, para o estado de SC, com aumento quinquenal de 12,25%; Batata Inglesa, sobretudo nas regiões Norte, Centro Oeste e Sul, e o cultivo de Outros da Lavoura Temporária. Os destaques negativos seriam os cultivos de Mandioca, com redução de produtividade maiores nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, Café, nas principais regiões produtoras, MG e ES, Laranja, nacionalmente, com exceção de RR e PA, e Banana.

Tabela 37: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Familiares (Var. %) (Cenário RCP 4.5) (2021-2050)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-6,07	-2,78	0,00	-3,48	0,00	-4,66	-0,35	-0,97	1,67	0,66	11,45	2,78	0,00	-2,02	-3,95	-3,40	-2,11	0,00	0,00	0,00	-3,82
AP	1,08	0,00	0,00	4,50	0,00	-7,77	2,19	0,00	0,00	8,55	0,00	1,34	0,00	-7,67	0,00	-9,61	-9,41	0,00	0,00	0,00	-8,00
AM	-3,52	1,68	0,00	6,61	0,00	-4,66	2,15	0,00	3,49	1,29	11,96	-2,87	0,00	-1,72	-7,71	-3,92	-3,36	0,00	0,00	0,00	3,59
PA	-2,18	-5,50	-6,61	4,50	0,00	-7,33	1,56	-9,66	2,91	2,27	3,31	1,08	-2,24	0,72	5,97	-7,54	-3,53	-3,54	4,83	0,00	-2,27
RO	-7,42	-1,38	0,00	4,60	0,00	-5,84	0,23	0,00	5,35	1,09	11,50	2,16	9,58	-0,51	0,00	-6,09	-2,23	-6,05	-6,20	0,00	-1,58
RR	1,76	-8,03	0,00	4,50	0,00	-9,12	-8,77	0,00	-9,89	5,99	0,00	3,43	0,00	1,46	0,00	-7,47	-0,01	0,00	4,02	0,00	6,14
TO	-2,85	0,00	-6,02	-9,70	0,00	11,15	-1,13	0,00	9,78	0,27	7,55	-6,69	0,00	4,52	0,00	-7,33	-1,36	-3,59	0,00	0,00	5,74
AL	3,04	-6,24	-1,85	-3,27	0,00	-7,67	0,76	-9,37	-2,81	0,21	-5,97	4,97	0,00	-4,17	-6,85	-4,36	-5,44	0,00	2,02	0,00	-3,35
BA	0,34	-6,51	-5,38	-10,14	-9,28	-3,44	3,34	-10,03	5,77	2,63	-5,66	-2,61	-5,94	-4,81	-4,28	-4,28	-5,87	-4,09	5,94	0,00	1,47
CE	-0,45	-5,19	0,18	-7,96	0,00	-4,25	1,00	2,01	2,74	0,39	-1,31	0,23	3,51	-0,22	-3,72	4,11	-1,34	0,00	0,59	0,00	-2,37
MA	0,09	-6,47	9,07	1,75	0,00	1,45	-0,28	0,00	3,39	1,11	0,00	-1,00	0,00	-0,65	0,00	0,05	-1,99	-4,87	0,00	0,00	5,24
PB	-2,23	-5,18	-4,01	-9,94	-9,03	-4,76	0,57	-5,03	1,25	-0,71	-0,32	2,86	6,35	-3,11	-7,36	-3,05	-4,44	0,00	0,99	0,00	-0,23
PE	-0,46	-5,04	-5,42	-9,84	-7,02	-2,23	3,41	-10,07	6,43	0,76	-3,56	5,12	-1,17	-4,11	-6,32	-4,61	-5,20	-1,22	4,02	0,00	-1,81
PI	4,25	0,00	4,42	6,51	0,00	8,53	3,05	-7,57	8,52	0,44	0,00	-3,11	0,00	1,66	-4,25	-1,22	-1,48	-5,24	-0,75	0,00	8,48
RN	0,29	-3,50	-2,29	-9,38	0,00	-7,71	0,28	6,91	1,99	-1,50	0,00	3,67	6,35	-2,08	-6,65	-2,57	-3,43	1,82	-0,67	-11,91	-3,98
SE	3,53	0,00	5,28	-8,23	0,00	-7,26	-0,72	0,00	-3,61	0,06	-6,92	3,96	-0,18	-4,67	-7,30	-4,88	-6,38	0,00	8,84	0,00	-4,85
ES	-5,32	-4,26	0,00	-6,48	-7,81	-2,19	-4,73	0,00	6,58	2,36	-5,97	1,18	-7,68	-5,13	0,00	3,23	-6,44	0,00	3,63	0,00	-4,18
MG	-3,91	-2,78	0,00	-2,46	-6,75	0,63	0,85	-7,10	12,10	2,92	0,56	-1,15	-6,60	-4,42	-2,57	-4,28	-4,42	-5,79	-0,83	0,00	1,49
RJ	-6,25	-4,05	0,00	2,55	0,00	0,29	-4,77	0,00	0,00	2,83	-4,60	1,74	-6,14	-5,57	0,00	3,03	-4,38	0,00	-1,89	0,00	-5,55
SP	-7,92	8,99	0,00	-7,55	12,25	4,73	-8,03	0,46	9,13	1,20	7,22	-6,48	-5,66	0,60	8,77	-3,76	2,89	-1,72	-6,64	6,15	5,74
GO	0,95	-3,21	0,00	-0,46	0,00	3,80	10,03	0,00	11,90	1,24	7,55	-3,37	10,39	1,69	-1,73	-6,62	-2,94	-5,82	-9,03	0,00	11,73
MT	-8,34	1,34	-7,32	-1,83	0,00	0,00	-3,80	-3,09	7,01	0,10	7,55	-6,12	0,00	2,92	0,00	-7,62	0,56	-6,51	-4,06	0,00	5,74
MS	-10,23	6,39	0,00	-11,30	0,00	4,73	-7,59	-5,72	6,77	1,02	7,55	-9,66	-5,29	2,02	0,00	-8,48	4,27	0,32	-7,63	6,15	5,74
PR	-9,24	6,39	-0,38	-7,46	2,53	4,73	2,09	6,29	6,77	0,64	5,32	-7,24	-0,18	-1,55	12,24	-3,99	2,96	0,21	-5,17	6,15	5,74
RS	-7,83	11,63	0,00	-2,72	-7,60	7,82	2,40	0,00	10,85	-0,71	7,91	-5,49	-1,38	0,92	5,50	2,45	2,71	0,89	-5,70	6,15	5,74
SC	-9,80	6,39	0,00	-5,37	-1,80	5,87	2,40	0,00	11,83	-1,50	5,89	-4,27	0,26	-2,23	10,60	6,47	1,01	0,72	-5,94	6,15	5,74

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Tabela 38: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Familiares (Var. %) (Cenário RCP 4.5) (2051-2080)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-7,54	-2,14	0,00	-7,53	0,00	-3,75	-2,15	1,85	4,10	-0,27	5,12	3,48	0,00	-1,01	1,38	-4,73	-0,93	0,00	0,00	0,00	1,87
AP	-2,54	0,00	0,00	-4,73	0,00	-7,38	0,19	0,00	0,00	7,46	0,00	2,28	0,00	-7,65	0,00	-10,02	-9,37	0,00	0,00	0,00	-5,37
AM	-5,17	2,60	0,00	-3,51	0,00	-3,62	-0,74	0,00	4,66	0,10	5,12	-2,92	0,00	0,31	-4,80	-5,87	-2,30	0,00	0,00	0,00	5,29
PA	-4,40	-4,37	-5,10	3,38	0,00	-5,71	-1,91	-9,92	6,48	1,54	8,39	1,11	-3,20	2,98	12,10	-8,48	-2,70	-5,32	6,07	0,00	9,76
RO	-8,48	-0,14	0,00	-4,53	0,00	-4,56	-2,28	0,00	7,67	-0,17	5,12	1,57	11,22	1,61	0,00	-7,18	-0,52	-6,99	-4,96	0,00	9,78
RR	5,27	-7,40	0,00	3,38	0,00	-8,32	-10,09	0,00	-9,49	4,50	0,00	2,02	0,00	4,36	0,00	-8,73	2,27	0,00	4,50	0,00	5,29
TO	-5,45	0,00	-5,95	-10,94	0,00	4,64	-4,99	0,00	7,66	-0,32	5,12	-8,39	0,00	7,83	0,00	-8,51	0,68	-4,26	0,00	0,00	5,29
AL	3,26	-6,03	2,60	-4,96	0,00	-6,98	2,65	-8,74	-2,01	-0,52	-5,05	4,56	0,00	-3,24	-5,19	-4,53	-4,76	0,00	1,27	0,00	3,09
BA	0,46	-7,16	-2,22	-10,44	-7,16	-1,05	5,52	-10,08	7,74	2,43	-5,06	-3,19	-5,90	-4,33	-0,83	-4,59	-5,55	-4,61	6,10	0,00	10,06
CE	-0,85	-4,69	7,16	-7,98	0,00	-3,68	1,66	8,31	3,22	-0,37	0,07	1,18	4,88	1,56	-0,15	5,06	0,72	0,00	0,26	0,00	2,73
MA	-1,87	-6,41	4,93	-3,23	0,00	4,13	-1,78	0,00	5,83	0,41	0,00	-1,64	0,00	0,63	0,00	-1,30	-0,98	-5,56	0,00	0,00	5,29
PB	-2,40	-4,00	-0,57	-9,72	-7,24	-3,76	0,40	-0,55	1,95	-1,34	2,32	1,95	5,39	-1,64	-5,78	-3,28	-3,05	0,00	-0,22	0,00	3,05
PE	-0,78	-5,04	-1,53	-10,15	-3,14	1,21	6,18	-9,41	7,62	0,06	-3,05	5,06	-0,22	-3,48	-4,75	-4,54	-4,40	-1,86	3,52	0,00	3,46
PI	1,39	0,00	6,44	-0,03	0,00	4,64	-0,60	-6,38	10,35	-0,18	0,00	-4,09	0,00	3,79	-0,21	-2,37	0,07	-5,56	-1,05	0,00	5,29
RN	-0,98	-2,09	1,14	-9,16	0,00	-7,34	-0,95	5,74	1,95	-2,26	0,00	2,94	5,39	-0,11	-4,09	-2,73	-1,43	1,11	-1,61	-11,83	1,11
SE	3,02	0,00	9,96	-8,29	0,00	-6,41	-1,21	0,00	-3,41	-0,76	-5,69	3,15	1,71	-3,84	-5,69	-4,85	-5,83	0,00	8,34	0,00	-0,76
ES	-4,09	-5,28	0,00	-8,29	-6,82	0,36	-3,64	0,00	10,99	2,46	-6,94	0,32	-7,73	-6,08	0,00	1,03	-7,05	0,00	4,79	0,00	-2,94
MG	-1,19	-2,60	0,00	-3,71	-7,28	7,21	-0,90	-7,67	7,66	2,93	-1,45	-2,75	-6,80	-4,07	-0,24	-4,80	-4,11	-5,94	-2,23	0,00	5,29
RJ	-6,09	-4,48	0,00	-3,79	0,00	1,66	-3,79	0,00	0,00	2,83	-5,88	0,34	-6,30	-5,90	0,00	0,54	-4,90	0,00	-1,96	0,00	-2,90
SP	-8,31	2,07	0,00	-9,71	7,38	4,64	-10,16	2,25	7,66	1,33	5,12	-8,93	-5,98	3,90	7,48	-5,88	5,87	-0,66	-8,21	2,54	5,29
GO	0,31	0,60	0,00	-6,21	0,00	4,64	8,93	0,00	7,66	0,89	5,12	-6,60	9,51	6,06	4,06	-7,94	-0,92	-5,85	-9,69	0,00	5,29
MT	-9,48	2,92	-8,02	-7,12	0,00	4,64	-6,30	-1,85	9,67	-0,89	5,12	-8,46	0,00	6,40	0,00	-8,83	3,63	-7,06	-5,15	0,00	5,29
MS	-11,16	2,07	0,00	-11,82	0,00	4,64	-9,85	-4,03	7,66	0,07	5,12	-10,82	-5,02	3,66	0,00	-9,60	10,45	3,95	-9,34	2,54	5,29
PR	-9,81	2,07	0,58	-8,89	-2,57	4,64	0,32	9,43	7,66	0,45	6,34	-9,08	2,48	-0,59	7,48	-5,58	5,66	1,91	-6,60	2,54	5,29
RS	-7,69	2,07	0,00	-5,52	-9,74	4,64	3,46	0,00	7,66	-0,73	5,12	-7,46	1,60	3,05	7,52	1,13	4,19	1,87	-7,35	2,54	5,29
SC	-9,82	2,07	0,00	-8,07	-6,25	11,11	3,46	0,00	12,25	-1,47	7,31	-5,18	4,18	-2,06	10,51	6,61	1,32	0,10	-7,16	2,54	5,29

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

A Tabela 39 reporta os resultados para os produtores patronais, considerando o cenário RCP 4.5, no período de 2021/2050. As projeções indicam que os cultivos de Milho, em âmbito nacional, de Algodão, sobretudo no Nordeste, e Café em MG e ES, apresentariam grande redução em termos de produtividade agrícola. Ressalta-se que tais cultivos são relevantes para o PIB dos produtores patronais. Os cultivos de Mandioca e Banana, apesar de possuírem participação reduzida em termos de PIB, também apresentariam grande redução de produtividade agrícola. O destaque negativo individual, é a redução de 12,% no quinquênio da produtividade do cultivo de Castanha do Pará no estado do TO. Em relação aos cultivos beneficiados com choques de produtividade positivos, verifica-se que a Cana de Açúcar, em âmbito nacional, a Soja nos estados de MS, MT, SP e região Sul, e o Abacaxi na região Nordeste apenas, se destacariam. O maior choque de produtividade positivo seria observado para o cultivo de Algodão no estado de SP.

Os resultados dos choques quinquenais para os produtores patronais no cenário RCP 4.5, para o período de 2051/2080, são apresentados na Tabela 40. Os cultivos de Laranja, Algodão, Mandioca, Milho, Banana e Abacaxi, os dois últimos com exceção do NE, apresentariam redução relevante na produtividade agrícola e, portanto, representam os maiores choques negativos quinquenais. O cultivo de Abacaxi corresponderia ao maior choque negativo individual, para o estado de SP, com redução de 12,19% por quinquênio. Os destaques positivos seriam verificados no cultivo de Cana de Açúcar, em âmbito nacional, e sobretudo nas principais regiões produtoras SP, MG, MS, MT, GO, TO e BA; no cultivo de Trigo, Uva e Fumo nas regiões Sul, Sudeste e CO; no cultivo de Outros da Lavoura Temporária, sobretudo no Norte e no Centro-Oeste; e no cultivo de Outros da Lavoura Permanente nas regiões Sul, Centro Oeste e Sudeste.

Tabela 39: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Patronais (Var. %) (Cenário RCP 4.5) (2021-2050)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-8,22	-1,40	0,00	-9,33	0,00	2,99	0,23	0,00	0,58	0,50	0,00	0,37	0,00	-3,55	-0,12	-6,47	-1,52	0,00	0,00	0,00	1,17
AP	0,00	0,00	0,00	-9,07	0,00	-3,66	5,06	0,00	0,00	-1,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-9,83	-8,64	0,00	0,00	0,00	4,76
AM	-5,38	1,90	0,00	6,94	0,00	-1,62	11,35	0,00	0,00	-0,96	0,00	-1,87	0,00	-3,03	0,00	-4,92	-2,28	0,00	0,00	0,00	-3,60
PA	-3,44	-6,34	6,87	6,49	0,00	-4,30	3,10	0,00	-2,00	-1,72	-6,30	2,09	0,00	-0,18	-5,92	-8,03	-4,99	-1,51	-9,95	0,00	2,95
RO	-10,25	-0,02	0,00	-9,20	0,00	0,38	1,18	0,00	-8,06	-0,56	0,00	1,33	0,00	-3,56	0,00	-8,22	-4,22	-0,11	3,25	0,00	1,59
RR	5,43	0,00	0,00	6,94	0,00	-5,62	-8,38	0,00	0,00	-1,89	0,00	2,15	0,00	-3,16	0,00	-7,09	-6,73	-5,15	0,00	0,00	4,76
TO	-5,40	0,00	-12,00	-5,16	0,00	4,41	-7,98	0,00	2,91	-2,02	0,00	7,89	0,00	-1,49	0,00	-1,55	-6,89	-0,96	0,00	0,00	8,60
AL	5,43	0,00	-2,61	-6,45	0,00	-7,25	8,81	-8,52	-4,95	-1,59	2,85	-1,71	0,00	-4,61	-3,46	-5,16	-2,91	0,00	0,00	0,00	4,76
BA	3,70	-4,95	-1,79	-6,28	0,00	0,80	5,06	-11,03	3,76	2,74	-11,17	0,84	9,20	-5,61	4,25	-4,10	-7,05	-2,33	-3,16	0,00	-4,78
CE	1,53	-4,72	6,87	6,94	0,00	-5,12	2,75	6,69	-5,87	-0,39	0,00	-1,11	4,06	0,08	11,61	0,26	1,07	-1,45	5,71	0,00	-3,04
MA	-1,90	0,00	8,02	-3,21	0,00	6,52	0,09	0,00	1,88	-0,53	0,00	5,46	0,00	-1,06	0,00	2,16	-4,37	-1,44	0,00	0,00	5,34
PB	-0,36	-0,95	-0,68	-6,01	10,16	-0,53	8,23	-5,71	2,47	-1,27	-3,39	-1,18	1,31	-3,75	-5,21	-4,32	-1,91	0,00	7,44	2,27	-2,13
PE	2,18	-2,40	-5,19	-8,06	-2,13	1,92	5,06	-10,79	3,58	1,19	1,83	0,37	6,45	-5,18	0,00	-4,90	-3,39	0,00	11,25	0,00	-3,08
PI	8,10	-1,55	-5,89	11,07	0,00	7,59	0,00	-8,38	-1,74	0,09	0,00	-0,70	0,00	-0,77	0,00	3,25	-4,47	-1,95	-4,17	0,00	-1,95
RN	4,21	0,00	5,66	0,00	0,00	-5,34	5,06	0,16	0,00	-1,65	0,00	-1,41	-4,98	-2,28	-5,13	-4,65	1,61	0,00	9,03	1,96	5,23
SE	11,14	0,00	0,00	-5,17	0,00	-6,33	5,06	0,00	-6,00	-0,98	-2,75	-1,99	0,00	-5,53	-5,29	-5,05	-3,61	0,00	0,00	0,00	-1,46
ES	-5,54	-3,24	0,00	6,10	2,34	-0,77	-8,73	0,00	5,54	1,96	-8,80	-0,31	5,45	-6,87	0,00	0,71	-5,48	0,00	-2,04	0,00	-3,55
MG	-3,27	-1,88	0,00	-6,74	6,32	7,27	-8,53	-4,20	3,70	-0,25	3,94	3,95	-7,48	-4,58	-3,76	-4,29	-6,10	-0,64	-6,30	10,73	-2,97
RJ	-6,81	-4,82	0,00	2,06	0,00	2,18	-8,07	0,00	0,00	2,19	-3,54	-2,04	0,00	-4,27	0,00	-1,08	-3,29	0,00	-7,32	0,00	-4,30
SP	-8,03	2,37	0,00	-6,16	6,32	4,41	-11,99	11,67	8,39	1,81	-3,16	6,17	-1,15	0,00	8,24	3,58	-5,13	1,68	-5,77	0,79	9,84
GO	-2,56	-3,75	0,00	-7,82	0,00	8,16	9,99	-5,58	-1,25	-0,26	-1,44	5,53	-11,58	-4,68	0,00	-3,92	-6,59	-0,64	-7,23	9,80	0,29
MT	-10,70	0,67	0,00	8,92	0,00	4,41	-8,45	-4,58	-5,86	-1,56	2,89	9,22	0,00	-4,63	0,00	-7,76	-4,40	0,19	7,07	0,00	4,76
MS	-10,90	10,78	0,00	-1,92	0,00	4,41	-11,92	-8,09	7,50	-3,94	0,00	4,25	0,00	1,83	0,00	5,09	-8,47	0,72	0,00	6,15	4,76
PR	-10,45	9,32	-5,10	-1,37	6,32	4,41	-10,82	-2,16	4,40	-2,72	-1,95	7,87	5,45	1,06	8,24	6,67	-5,65	2,20	7,44	9,71	5,74
RS	-6,65	0,00	0,00	-2,37	5,74	-1,57	0,50	0,00	4,40	-0,73	-3,05	3,36	5,45	2,81	8,24	9,99	-2,51	1,94	7,44	5,21	-2,59
SC	-10,30	0,00	0,00	5,92	-5,21	-2,90	-5,90	0,00	4,40	3,65	-3,08	-0,33	5,45	1,37	8,24	0,01	-2,02	2,48	7,44	-0,39	-6,38

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Tabela 40: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Patronais (Var. %) (Cenário RCP 4.5) (2051-2080)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-9,64	0,57	0,00	-11,18	0,00	9,74	-4,69	0,00	2,58	0,03	0,00	2,69	0,00	-3,82	5,01	-7,36	-2,83	0,00	0,00	0,00	5,94
AP	0,00	0,00	0,00	-11,24	0,00	2,10	6,02	0,00	0,00	-2,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,09	-9,10	0,00	0,00	0,00	4,95
AM	-7,32	2,85	0,00	-5,52	0,00	5,44	2,68	0,00	0,00	-2,33	0,00	0,47	0,00	-2,91	0,00	-6,01	-3,77	0,00	0,00	0,00	1,80
PA	-5,52	-5,32	9,63	-5,23	0,00	2,39	-4,58	0,00	-1,30	-2,55	-6,49	5,72	0,00	-0,08	3,99	-8,47	-6,23	-1,65	-10,40	0,00	7,72
RO	-10,85	2,26	0,00	-11,19	0,00	7,50	-4,64	0,00	-7,44	-1,65	0,00	4,32	0,00	-3,50	0,00	-8,67	-5,12	0,11	7,05	0,00	8,68
RR	4,21	0,00	0,00	2,09	0,00	2,59	-10,74	0,00	0,00	-2,37	0,00	5,70	0,00	-3,24	0,00	-8,12	-7,37	-5,14	0,00	0,00	4,95
TO	-7,57	0,00	-12,13	-8,41	0,00	4,48	-10,71	0,00	3,56	-3,17	0,00	11,99	0,00	-0,77	0,00	-1,28	-8,00	-0,75	0,00	0,00	4,95
AL	4,21	0,00	-1,97	-8,98	0,00	-6,07	6,03	-8,85	-2,36	-2,28	2,38	-0,56	0,00	-4,21	6,06	-4,83	-3,89	0,00	0,00	0,00	4,95
BA	4,62	-4,91	-1,61	-8,38	0,00	4,47	10,03	-11,62	8,42	2,09	-11,17	2,98	11,65	-5,48	5,01	-3,32	-7,90	-2,11	-4,08	0,00	-2,77
CE	0,10	-3,63	9,63	5,36	0,00	-3,83	-1,11	10,45	-4,09	-0,97	0,00	-0,47	1,91	1,50	5,01	1,31	1,15	-0,87	7,64	0,00	0,08
MA	-3,83	0,00	11,71	-8,18	0,00	4,48	-4,51	0,00	4,08	-1,28	0,00	8,33	0,00	-0,87	0,00	0,84	-5,33	-1,16	0,00	0,00	4,95
PB	-0,38	1,09	-0,78	-8,11	7,38	1,33	3,78	-7,36	5,34	-1,92	-1,37	0,12	-0,69	-2,39	1,73	-3,79	-1,89	0,00	9,02	0,80	0,28
PE	2,07	-2,04	-4,23	-9,88	5,57	7,23	6,02	-10,97	5,59	-0,23	2,16	1,40	7,71	-4,75	0,00	-4,46	-3,77	0,00	9,02	0,00	-3,11
PI	4,45	0,25	-6,05	0,65	0,00	4,48	0,00	-10,15	0,09	-0,81	0,00	1,26	0,00	-0,07	0,00	3,23	-5,34	-1,61	-4,72	0,00	3,17
RN	1,30	0,00	7,34	0,00	0,00	-3,94	8,26	-2,65	0,00	-2,22	0,00	-0,21	-5,26	-0,68	4,18	-4,20	1,99	0,00	11,15	0,56	9,78
SE	10,86	0,00	0,00	-7,45	0,00	-5,26	6,02	0,00	-4,66	-1,78	-2,96	-1,19	0,00	-5,17	1,78	-4,42	-4,31	0,00	0,00	0,00	0,78
ES	-3,94	-3,46	0,00	-3,94	-0,14	3,55	-8,78	0,00	5,65	2,80	-9,00	1,77	6,38	-7,27	0,00	-0,12	-6,67	0,00	-2,35	0,00	-4,44
MG	-0,67	-0,85	0,00	-7,65	7,38	4,48	-10,69	-9,95	11,20	-1,10	-1,50	8,44	-6,41	-4,06	10,90	-3,00	-7,62	-0,32	-8,16	2,54	3,25
RJ	-6,27	-4,85	0,00	-4,48	0,00	4,80	-8,31	0,00	0,00	2,19	-5,57	-0,51	0,00	-4,75	0,00	-1,93	-5,17	0,00	-7,78	0,00	-4,17
SP	-8,67	5,91	0,00	-6,43	7,38	4,48	-12,19	10,45	9,66	2,52	-7,77	11,31	2,76	0,81	5,01	6,46	-6,88	2,26	-7,21	4,05	4,95
GO	-2,22	-1,97	0,00	-9,51	0,00	4,48	-0,12	-10,30	1,21	-1,67	-9,21	10,63	-11,45	-3,94	0,00	-2,27	-7,97	-0,26	-8,41	2,54	9,54
MT	-11,22	3,01	0,00	-4,82	0,00	4,48	-10,46	-9,85	-5,24	-2,91	8,81	5,33	0,00	-3,87	0,00	-7,78	-5,87	0,54	9,98	0,00	4,95
MS	-11,51	2,36	0,00	-0,73	0,00	4,48	-12,19	-10,98	7,48	-5,81	0,00	5,33	0,00	6,03	0,00	7,92	-9,14	2,03	0,00	2,54	4,95
PR	-10,69	2,36	-6,86	2,12	7,38	4,48	-10,93	-8,56	5,65	-4,32	-3,61	5,33	6,38	1,57	5,01	10,11	-7,04	3,05	9,02	2,54	4,95
RS	-6,40	0,00	0,00	-2,05	7,38	0,62	4,36	0,00	5,65	-1,27	-4,61	6,45	6,38	3,83	5,01	4,72	-4,38	2,81	9,02	2,54	-0,70
SC	-10,43	0,00	0,00	6,15	9,05	-2,09	-4,43	0,00	5,65	4,80	-2,03	0,89	6,38	0,94	5,01	1,17	-3,69	3,03	9,02	4,42	-7,59

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

A Tabela 41 apresenta os choques quinquenais de produtividade agrícola dos cultivos familiares para o cenário RCP 8.5, no período de 2021/2050. Os choques negativos de produtividade se concentram nos cultivos de Banana, Laranja, Outros da Lavoura Permanente, Mandioca, Milho e Algodão, todos em âmbito nacional. O cultivo de Feijão apresenta choques negativos nas regiões Nordeste e Sudeste. O cultivo de Café apresenta choques negativos nas principais regiões produtoras, MG e ES. Em relação aos choques positivos de produtividade, destacam-se os cultivos de Uva na região Nordeste e no estado de SP, Outros da Lavoura Permanente na região Centro-Oeste e Sul, Batata Inglesa, nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, Tomate no Nordeste. Em âmbito nacional, destacam-se os cultivos de Amendoim e Arroz.

Os choques quinquenais de produtividade da terra para os cultivos familiares referentes ao cenário RCP 8.5 no período 2051/2080 são apresentados na Tabela 42. Conforme já mencionado, a magnitude dos choques é ampliada no cenário RCP 8.5, evidenciando um quadro de redução intensa de produtividade nos cultivos negativamente impactados. Em contrapartida, os cultivos impactados com aumento de produtividade, também apresentam intensificação dos ganhos de produtividade no cenário RCP 8.5. Os destaques positivos, em termos de produtividade agrícola, são observados nos cultivos de Amendoim, Fumo e Outros da Lavoura Temporária para todas as regiões do Brasil. O cultivo de Uva apresenta ganho de produtividade nas regiões Nordeste e Sudeste. Já o cultivo de arroz se destaca na região Sudeste e o cultivo de Tomate no Nordeste. Os destaques negativos, em termos de perda de produtividade agrícola, seriam verificados nos cultivos de Banana, Laranja, Algodão, Mandioca e Abacaxi em todas as regiões do Brasil, os dois últimos com choques negativos maiores nas regiões Norte e Centro-Oeste. O cultivo de Tomate nas regiões Centro-Oeste e Sul também se apresenta como destaque negativo, com choques negativos relevantes.

Tabela 41: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Familiares (Var. %) (Cenário RCP 8.5) (2021-2050)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-7,10	-2,45	0,00	-6,85	0,00	-3,99	-1,45	1,54	3,53	-0,12	9,15	3,00	0,00	-1,27	-0,82	-4,36	-1,38	0,00	0,00	0,00	0,15
AP	0,54	0,00	0,00	5,60	0,00	-6,20	0,33	0,00	0,00	8,24	0,00	-0,50	0,00	-7,11	0,00	-9,85	-9,20	0,00	0,00	0,00	-5,58
AM	-4,19	3,21	0,00	4,03	0,00	-3,18	2,91	0,00	4,99	0,61	9,15	-2,65	0,00	0,31	-5,31	-4,43	-2,59	0,00	0,00	0,00	6,46
PA	-3,02	-3,72	-8,44	3,51	0,00	-3,94	-1,58	-9,55	6,16	2,57	8,97	-2,00	-3,34	2,35	-3,30	-8,49	-3,39	-4,00	3,78	0,00	6,81
RO	-8,31	-0,35	0,00	-2,40	0,00	-4,54	-1,69	0,00	7,83	0,28	9,15	1,10	11,05	1,16	0,00	-7,26	-1,22	-7,16	-5,65	0,00	7,38
RR	9,27	-7,75	0,00	3,51	0,00	-9,84	-9,56	0,00	-10,06	4,29	0,00	6,31	0,00	3,22	0,00	-7,70	2,55	0,00	7,48	0,00	6,24
TO	-6,06	0,00	-7,13	-10,58	0,00	7,44	-5,72	0,00	7,68	0,90	9,15	-7,68	0,00	6,83	0,00	-8,72	-0,72	-5,31	0,00	0,00	6,24
AL	-4,62	-6,77	-4,74	-8,87	0,00	-8,27	-1,62	-11,00	0,35	1,37	-8,32	8,23	0,00	-6,79	-2,48	-4,12	-6,52	0,00	11,10	0,00	-7,89
BA	-6,78	-6,54	-7,45	-11,11	7,06	-5,44	1,31	-11,47	9,77	3,40	-7,91	-0,49	-9,87	-7,14	2,92	-4,66	-6,94	-6,28	7,48	0,00	-4,80
CE	-1,11	-6,25	-5,38	-9,57	0,00	-1,51	2,59	-7,07	7,05	1,70	-3,48	0,29	-7,81	-3,01	6,23	3,01	-3,36	0,00	8,68	0,00	-4,02
MA	-0,98	-6,71	-6,28	-4,18	0,00	9,48	-0,19	0,00	7,96	2,27	0,00	-3,86	0,00	-0,53	0,00	-3,02	-3,02	-6,71	0,00	0,00	6,24
PB	-5,46	-6,88	-4,87	-10,82	7,06	-4,44	-0,48	-9,85	5,14	0,79	-5,40	4,87	-3,77	-5,88	-3,09	-2,43	-5,92	0,00	9,88	0,00	-4,86
PE	-5,76	-5,70	-6,79	-11,14	7,06	-3,78	1,53	-11,45	11,46	1,59	-6,63	6,94	-8,49	-6,68	-2,88	-4,67	-6,64	-4,80	7,48	0,00	-6,17
PI	-0,69	0,00	2,55	0,57	0,00	7,44	-0,49	-10,56	7,68	1,71	0,00	-4,99	0,00	-0,64	2,91	-3,40	-2,84	-7,02	7,98	0,00	12,06
RN	-2,85	-5,25	-3,60	-10,95	0,00	-7,05	-0,49	-5,53	6,67	-0,03	0,00	5,19	-0,78	-4,82	-1,69	-2,17	-4,88	-1,99	8,53	1,81	-6,48
SE	-4,83	0,00	-0,21	-10,03	0,00	-8,17	-1,95	0,00	-1,03	1,12	-9,04	7,58	-8,28	-7,04	-2,65	-4,55	-7,12	0,00	7,48	0,00	-8,60
ES	-9,32	-5,00	0,00	-9,01	9,24	-4,92	-5,50	0,00	11,89	3,90	-6,88	4,23	-9,76	-6,92	0,00	0,73	-7,35	0,00	8,18	0,00	-7,63
MG	-6,81	-2,91	0,00	-4,11	-4,22	1,46	-2,56	-10,57	7,68	4,10	-0,64	-0,41	-9,00	-6,33	1,06	-5,07	-5,18	-7,01	6,51	0,00	2,59
RJ	-9,07	-4,94	0,00	-5,21	0,00	-2,02	-5,34	0,00	0,00	4,31	-5,57	4,37	-9,17	-7,23	0,00	0,14	-6,03	0,00	0,87	0,00	-8,32
SP	-9,84	3,38	0,00	-9,62	7,06	7,44	-9,71	-3,20	7,68	2,03	11,67	-8,07	-7,03	0,75	5,86	-5,81	3,36	-2,42	-7,38	1,81	6,24
GO	-3,98	-2,47	0,00	-6,04	0,00	7,93	7,76	0,00	7,68	1,61	9,15	-4,54	1,87	0,01	5,18	-7,83	-2,73	-6,81	-8,69	0,00	6,24
MT	-9,46	3,56	-8,69	-3,71	0,00	8,77	-6,22	-1,72	9,40	-0,19	9,15	-7,41	0,00	5,65	0,00	-8,73	2,54	-7,45	-3,38	0,00	6,24
MS	-11,15	3,38	0,00	-11,84	0,00	7,44	-9,47	-6,79	7,68	0,23	9,15	-10,49	-5,80	2,51	0,00	-9,57	7,61	1,68	-8,22	1,81	6,24
PR	-10,50	3,38	-2,78	-9,20	4,62	7,44	-0,78	2,14	7,68	1,19	6,36	-8,47	-2,02	-1,90	11,74	-6,10	3,38	0,48	-6,08	1,81	6,24
RS	-10,21	3,38	0,00	-4,34	-7,91	9,55	11,43	0,00	12,03	-0,01	10,73	-6,64	-3,46	1,11	6,01	-0,05	2,65	1,52	-6,85	1,81	6,24
SC	-11,16	3,38	0,00	-6,52	-2,86	6,39	11,40	0,00	7,68	-0,56	7,57	-5,06	-1,07	-2,79	8,81	3,78	0,12	0,46	-7,10	1,81	6,24

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Tabela 42: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Familiares (Var. %) (Cenário RCP 8.5) (2051-2080)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-9,99	1,16	0,00	-11,23	0,00	0,70	-7,12	7,33	9,00	-2,81	5,32	2,81	0,00	3,31	6,45	-7,45	3,13	0,00	0,00	0,00	8,05
AP	-6,84	0,00	0,00	-11,08	0,00	-4,69	-4,72	0,00	0,00	5,51	0,00	1,12	0,00	-7,10	0,00	-10,77	-9,17	0,00	0,00	0,00	10,95
AM	-8,45	7,94	0,00	-10,20	0,00	10,53	-6,08	0,00	9,53	-1,61	5,32	-5,30	0,00	10,07	5,03	-8,60	1,77	0,00	0,00	0,00	8,05
PA	-8,73	-0,11	-7,60	-4,31	0,00	4,18	-7,93	-10,43	7,82	0,40	5,32	-1,54	-6,51	8,06	6,43	-10,23	-1,31	-7,51	8,76	0,00	8,05
RO	-10,69	6,88	0,00	-10,87	0,00	3,35	-8,27	0,00	7,82	-2,64	5,32	-2,08	2,93	9,01	0,00	-9,58	4,89	-8,83	-1,99	0,00	8,05
RR	-5,74	-4,46	0,00	5,62	0,00	-4,64	-11,52	0,00	-8,73	1,44	0,00	-2,87	0,00	6,38	0,00	-10,38	8,17	0,00	8,76	0,00	8,05
TO	-10,29	0,00	-8,90	-12,08	0,00	6,64	-10,24	0,00	7,82	-1,78	5,32	-9,79	0,00	6,38	0,00	-10,59	4,06	-7,26	0,00	0,00	8,05
AL	-4,84	-6,83	0,07	-10,04	0,00	-7,91	1,13	-10,58	2,86	0,26	-7,86	9,21	0,00	-6,28	3,59	-4,66	-5,96	0,00	8,76	0,00	-3,40
BA	-7,74	-7,72	-4,70	-11,74	9,00	-4,62	4,29	-11,44	7,82	2,19	-7,37	-0,11	-9,67	-6,93	12,13	-5,43	-6,70	-7,65	8,76	0,00	8,17
CE	-4,05	-6,68	-2,40	-11,14	0,00	-1,80	2,23	-5,91	11,19	-0,02	-3,38	2,71	-6,81	-1,44	6,45	-0,39	-2,00	0,00	10,83	0,00	9,07
MA	-7,36	-6,85	-2,19	-9,54	0,00	6,64	-5,62	0,00	7,82	0,07	0,00	-3,89	0,00	1,64	0,00	-6,28	-1,77	-8,48	0,00	0,00	8,05
PB	-6,73	-6,17	-0,77	-11,41	9,00	-2,83	-1,19	-9,25	7,94	-0,75	-3,90	4,46	-1,19	-5,08	4,99	-3,60	-5,01	0,00	10,93	0,00	-1,14
PE	-6,65	-6,31	-2,32	-11,52	9,00	-0,60	5,69	-11,20	7,82	0,12	-6,41	8,32	-8,04	-6,51	2,28	-5,01	-6,15	-6,46	8,76	0,00	-0,61
PI	-6,87	0,00	1,66	-9,08	0,00	6,64	-6,20	-10,16	7,82	-0,39	0,00	-6,06	0,00	3,22	6,45	-6,17	-0,52	-8,50	10,13	0,00	8,05
RN	-5,65	-4,01	-1,70	-11,53	0,00	-6,38	-2,06	-3,63	10,26	-1,79	0,00	5,13	2,10	-3,53	8,23	-3,70	-3,61	-4,69	8,81	11,51	3,30
SE	-5,71	0,00	6,73	-11,27	0,00	-7,84	-1,78	0,00	2,19	0,03	-8,67	8,38	-7,60	-6,83	3,57	-5,44	-6,84	0,00	8,76	0,00	-5,92
ES	-9,45	-6,46	0,00	-10,63	9,00	-4,86	-4,42	0,00	7,82	3,39	-7,94	6,11	-10,04	-8,21	0,00	-1,10	-8,06	0,00	8,76	0,00	-7,69
MG	-8,13	-0,19	0,00	-8,47	9,00	12,13	-5,46	-10,66	7,82	3,13	0,27	-1,42	-9,24	-6,14	9,76	-6,22	-4,06	-7,63	7,91	0,00	8,05
RJ	-9,73	-5,22	0,00	-9,25	0,00	-1,08	-4,71	0,00	0,00	3,35	-6,70	5,37	-9,51	-7,81	0,00	-1,75	-6,28	0,00	2,93	0,00	-6,26
SP	-10,69	6,88	0,00	-11,72	9,00	6,64	-11,68	-3,88	7,82	1,79	5,32	-10,40	-7,49	9,44	6,45	-8,64	10,43	-1,18	-8,91	11,51	8,05
GO	-8,70	6,55	0,00	-11,26	0,00	6,64	-0,31	0,00	7,82	-0,60	5,32	-8,24	2,96	8,25	6,45	-9,76	2,96	-7,38	-9,10	0,00	8,05
MT	-11,32	10,76	-10,48	-10,98	0,00	6,64	-10,29	-0,92	7,82	-2,85	5,32	-10,44	0,00	6,38	0,00	-10,70	11,04	-8,75	-5,47	0,00	8,05
MS	-12,06	6,88	0,00	-12,21	0,00	6,64	-11,73	-6,95	7,82	-1,66	5,32	-11,74	-6,57	6,38	0,00	-11,19	6,38	8,16	-9,92	11,51	8,05
PR	-11,49	6,88	-5,50	-10,80	9,00	6,64	-5,12	3,91	7,82	0,51	9,38	-10,50	-2,03	2,29	6,45	-8,56	10,39	4,46	-7,58	11,51	8,05
RS	-10,63	6,88	0,00	-8,14	-9,32	6,64	3,60	0,00	7,82	-0,10	5,32	-8,81	-1,50	6,29	6,45	-2,53	7,11	5,27	-8,65	11,51	8,05
SC	-11,36	6,88	0,00	-9,91	-2,73	6,64	6,36	0,00	7,82	-1,42	5,32	-5,88	3,70	-0,25	6,45	4,79	3,41	1,65	-8,61	11,51	8,05

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Os choques quinquenais de produtividade da terra dos cultivos patronais, para o cenário RCP 8.5, no período de 2021/2050, são apresentados na Tabela 43. Os choques positivos de produtividade da terra se estabeleceriam nos cultivos de Cana de Açúcar, Fumo, Trigo e Outros da Lavoura Permanente para todas as regiões do Brasil. Os choques para o cultivo de Uva seriam positivos nos estados da região Sul, além do cultivo Outros da Lavoura Temporária no Norte, Centro-Oeste e em menor magnitude na região Sul. Neste cenário, os destaques negativos, em termos de redução de produtividade agrícola, seriam verificados nos cultivos de Banana, Laranja, Algodão, Feijão, Mandioca e Milho em todas as regiões do Brasil. Os cultivos de Abacaxi se destacam com choques negativos nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. O cultivo de Abacaxi no estado de SP, com choque negativo de -12,16% ao quinquênio, e o cultivo de Uva no estado do RS, com choque positivo de 11,94% ao quinquênio, são os destaques individuais do cenário apresentado pela Tabela 43.

Os choques são intensificados no cenário RCP 8.5, para o período 2051/2080, conforme demonstrado pela Tabela 44. Os choques de produtividade da terra para os cultivos Banana, Laranja, Abacaxi, Algodão, Feijão, Mandioca e Milho seriam negativos em todas as regiões do Brasil, com exceção do Sul, e com magnitude superior ao verificado no período 2021/2050. Os destaques positivos correspondem os mesmos verificados no período 2021/2050 para o mesmo cenário, Cana de Açúcar, Trigo, Fumo, Outros da Lavoura Permanente e Outros da Lavoura Temporária, para todas as regiões do Brasil. Ademais, o cultivo de Café apresentaria choques positivos na região Norte, Centro-Oeste, além de SP e MG.

Por fim, reitera-se novamente que a região Sul é relativamente menos impactada com choques negativos e mais impactada com choques positivos de produtividade da terra por cultivo, em ambos os cenários, períodos e tipo de produtor. Assim, as projeções sugerem que a região tende a ser majoritariamente beneficiada pelos efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola.

Tabela 43: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Patronais (Var. %) (Cenário RCP 8.5) (2021-2050)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-9,24	-0,23	0,00	-10,89	0,00	7,93	-3,37	0,00	2,12	-0,10	0,00	2,15	0,00	-3,67	6,48	-7,09	-2,55	0,00	0,00	0,00	4,71
AP	0,00	0,00	0,00	-10,10	0,00	0,23	6,27	0,00	0,00	-1,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-9,75	-9,16	0,00	0,00	0,00	4,89
AM	-6,00	3,86	0,00	6,77	0,00	0,74	4,60	0,00	0,00	-1,61	0,00	-0,34	0,00	-2,92	0,00	-5,41	-3,33	0,00	0,00	0,00	-0,90
PA	-4,87	-5,45	-2,52	0,96	0,00	1,55	-5,55	0,00	-3,64	-1,46	-9,29	5,20	0,00	-2,54	-9,24	-8,13	-6,95	-1,22	-10,13	0,00	3,01
RO	-10,78	1,59	0,00	-10,87	0,00	6,23	-4,00	0,00	-7,94	-1,36	0,00	3,86	0,00	-3,71	0,00	-8,70	-5,25	-0,05	4,47	0,00	6,81
RR	2,61	0,00	0,00	5,88	0,00	-3,79	-9,49	0,00	0,00	-3,16	0,00	3,42	0,00	-2,27	0,00	-7,89	-6,68	-5,11	0,00	0,00	4,89
TO	-8,77	0,00	-12,14	-7,65	0,00	3,60	-11,03	0,00	0,60	-1,84	0,00	11,51	0,00	-2,78	0,00	-3,75	-8,45	-0,78	0,00	0,00	4,89
AL	4,05	0,00	8,36	-7,33	0,00	-5,25	5,01	-7,55	-4,78	1,18	7,46	-1,98	0,00	-6,93	0,36	-7,50	-3,81	0,00	0,00	0,00	4,32
BA	-6,78	-5,53	8,36	-7,92	0,00	3,57	9,42	-11,21	3,58	4,48	-11,00	0,17	7,38	-7,61	11,43	-7,42	-7,86	-2,49	-2,78	0,00	-5,92
CE	-0,08	-5,90	-3,04	6,75	0,00	-1,39	-0,44	11,08	-3,47	2,26	0,00	-0,30	8,77	-3,40	6,48	-1,71	-3,21	-1,61	-1,51	0,00	-5,16
MA	-4,83	0,00	-6,55	-5,03	0,00	3,60	-6,89	0,00	2,54	0,96	0,00	8,32	0,00	-2,91	0,00	-0,03	-6,88	-1,53	0,00	0,00	7,91
PB	-5,19	-3,57	9,27	-7,94	-10,14	3,32	2,59	-8,78	3,58	1,44	-2,32	-1,27	10,53	-6,37	5,40	-6,19	-4,72	0,00	7,74	10,35	-4,64
PE	-4,91	-2,98	7,00	-8,42	-11,47	5,98	10,89	-10,75	6,07	3,48	1,37	-0,08	7,38	-7,31	0,00	-7,09	-5,24	0,00	9,96	0,00	-5,13
PI	1,05	-2,86	-3,87	10,31	0,00	3,60	0,00	-10,42	-1,65	1,61	0,00	1,99	0,00	-3,77	0,00	0,84	-6,98	-2,21	-8,35	0,00	-1,23
RN	-0,65	0,00	8,76	0,00	0,00	-2,77	7,97	-4,12	0,00	0,84	0,00	-1,41	-1,31	-5,11	5,36	-6,19	-2,27	0,00	1,33	10,43	-1,82
SE	-2,70	0,00	0,00	-7,33	0,00	-5,12	6,27	0,00	-6,04	2,14	4,80	-2,76	0,00	-7,38	-2,47	-7,63	-4,14	0,00	0,00	0,00	-4,35
ES	-10,02	-4,50	0,00	9,19	-9,98	0,94	-9,06	0,00	5,37	3,82	-8,37	-1,48	7,38	-8,26	0,00	-6,07	-6,52	0,00	-2,66	0,00	-5,99
MG	-7,51	-2,11	0,00	-8,33	11,54	3,60	-10,62	-7,57	4,61	0,89	3,42	6,41	-6,29	-6,38	2,82	-6,87	-7,43	-0,58	-7,39	7,20	-1,41
RJ	-10,02	-5,42	0,00	0,59	0,00	4,01	-8,07	0,00	0,00	4,25	-3,96	-2,97	0,00	-6,68	0,00	-6,44	-4,96	0,00	-7,94	0,00	-6,53
SP	-10,65	4,05	0,00	-7,06	8,98	3,60	-12,16	11,08	8,90	3,09	-5,68	9,58	1,91	-1,60	6,48	2,45	-6,75	1,81	-6,72	4,64	4,89
GO	-6,86	-3,63	0,00	-9,81	0,00	3,60	1,71	-9,44	-0,35	-0,16	-2,55	8,90	-11,45	-5,86	0,00	-6,01	-7,82	-0,47	-7,88	7,20	5,71
MT	-11,37	2,86	0,00	2,60	0,00	3,60	-10,39	-9,39	-6,14	-2,07	4,38	6,39	0,00	-4,71	0,00	-8,42	-5,78	0,46	10,75	0,00	4,89
MS	-11,54	4,92	0,00	-3,36	0,00	3,60	-12,15	-10,65	7,26	-5,44	0,00	6,39	0,00	3,39	0,00	4,36	-9,10	1,33	0,00	7,20	4,89
PR	-11,26	10,90	-6,08	-0,95	8,98	3,60	-11,16	-7,11	4,60	-3,91	-2,38	11,40	7,38	-0,32	6,48	5,97	-7,11	2,41	10,54	7,20	4,89
RS	-10,21	0,00	0,00	2,11	11,94	-0,62	-4,82	0,00	4,60	-1,25	-4,09	4,60	7,38	2,20	6,48	8,66	-4,09	2,02	7,74	7,67	1,00
SC	-11,61	0,00	0,00	10,56	2,09	-2,75	-8,02	0,00	4,60	4,57	-3,14	-0,62	7,38	-0,17	11,17	-4,30	-3,59	2,65	7,74	1,60	-6,43

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Tabela 44: Choques Quinquenais de Produtividade da Terra em Setores Patronais (Var. %) (Cenário RCP 8.5) (2051-2080)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-11,43	5,67	0,00	-12,13	0,00	8,80	-10,30	0,00	3,25	-2,75	0,00	9,26	0,00	-4,27	2,02	-9,07	-4,94	0,00	0,00	0,00	6,62
AP	0,00	0,00	0,00	-12,09	0,00	12,25	0,02	0,00	0,00	-3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,66	-10,08	0,00	0,00	0,00	6,62
AM	-10,00	6,87	0,00	-10,90	0,00	8,80	-10,76	0,00	0,00	-4,40	0,00	8,70	0,00	-2,34	0,00	-7,32	-6,61	0,00	0,00	0,00	6,62
PA	-9,79	-2,40	11,36	-10,78	0,00	8,80	-10,31	0,00	-3,99	-4,09	-8,80	4,61	0,00	-3,59	2,02	-9,83	-8,73	-1,98	-10,84	0,00	6,62
RO	-11,88	9,01	0,00	-12,12	0,00	8,80	-11,08	0,00	-8,06	-4,16	0,00	4,61	0,00	-3,46	0,00	-9,90	-7,29	0,39	5,45	0,00	6,62
RR	5,47	0,00	0,00	-9,79	0,00	8,80	-12,08	0,00	0,00	-3,69	0,00	4,61	0,00	-2,27	0,00	-9,15	-8,60	-5,05	0,00	0,00	6,62
TO	-11,48	0,00	-12,22	-11,66	0,00	8,80	-12,14	0,00	1,30	-4,90	0,00	4,61	0,00	-3,20	0,00	-6,29	-9,88	-0,82	0,00	0,00	6,62
AL	3,97	0,00	11,81	-10,66	0,00	-2,27	2,74	-8,71	0,07	0,13	11,32	-0,12	0,00	-6,91	2,02	-7,73	-4,89	0,00	0,00	0,00	7,86
BA	-7,88	-4,99	7,49	-11,04	0,00	9,78	6,92	-12,12	12,23	2,59	-10,44	3,59	7,21	-7,80	2,02	-7,71	-8,93	-2,49	1,18	0,00	-1,69
CE	-4,76	-4,77	0,08	-8,82	0,00	4,23	-3,30	-1,60	3,20	0,83	0,00	2,18	9,08	-3,75	2,02	-4,64	-4,68	-1,68	5,53	0,00	0,24
MA	-9,68	0,00	-3,63	-11,30	0,00	8,80	-10,53	0,00	5,61	-1,73	0,00	4,61	0,00	-3,91	0,00	-4,74	-8,27	-1,59	0,00	0,00	6,62
PB	-6,67	-0,97	7,13	-10,82	-9,92	9,51	-3,03	-11,54	8,94	-0,20	1,46	1,17	10,62	-6,15	2,02	-6,54	-5,73	0,00	5,45	9,59	-2,19
PE	-6,18	-2,27	7,53	-11,09	-11,35	8,80	2,89	-11,36	10,31	1,51	3,11	1,80	7,21	-7,39	0,00	-7,33	-6,10	0,00	5,45	0,00	-5,25
PI	-7,76	2,52	-6,62	-8,79	0,00	8,80	0,00	-12,00	0,08	-1,21	0,00	7,17	0,00	-3,94	0,00	-2,75	-8,11	-2,12	-4,22	0,00	12,15
RN	-6,14	0,00	4,91	0,00	0,00	4,07	1,20	-10,37	0,00	-0,97	0,00	1,07	0,63	-4,94	2,02	-6,74	-3,53	0,00	7,24	9,59	4,42
SE	-3,60	0,00	0,00	-10,92	0,00	-1,75	2,89	0,00	-2,12	1,42	7,54	-0,82	0,00	-7,48	2,02	-8,07	-5,12	0,00	0,00	0,00	-2,25
ES	-10,09	-4,23	0,00	-7,09	-11,43	7,91	-8,98	0,00	5,28	4,54	-6,36	1,31	7,21	-8,94	0,00	-7,15	-7,57	0,00	2,31	0,00	-6,70
MG	-8,79	2,58	0,00	-10,41	8,98	8,80	-11,62	-11,92	5,28	-1,57	-1,63	4,61	-1,19	-6,31	2,02	-7,36	-8,96	0,07	-5,83	9,59	6,62
RJ	-10,36	-4,67	0,00	-8,53	0,00	9,64	-8,45	0,00	0,00	3,51	-5,12	-1,40	0,00	-7,27	0,00	-7,32	-6,31	0,00	-6,39	0,00	-5,69
SP	-11,23	5,85	0,00	-8,90	8,98	8,80	-12,23	4,18	6,31	3,41	-9,05	4,61	7,21	-0,97	2,02	1,95	-8,65	3,23	-6,50	11,30	6,62
GO	-10,14	2,98	0,00	-11,52	0,00	8,80	-9,81	-12,10	-0,55	-3,61	-9,87	4,61	-10,93	-5,26	0,00	-6,50	-9,28	0,45	-6,06	9,59	6,62
MT	-12,06	9,93	0,00	-11,03	0,00	8,80	-12,02	-12,14	-7,09	-5,11	-3,04	4,61	0,00	-3,88	0,00	-9,39	-7,92	1,18	5,45	0,00	6,62
MS	-12,15	5,85	0,00	-4,27	0,00	8,80	-12,24	-12,19	2,54	-8,30	0,00	4,61	0,00	10,10	0,00	5,20	-10,39	3,87	0,00	9,59	6,62
PR	-11,80	5,85	-6,63	4,10	8,98	8,80	-11,45	-11,64	5,28	-6,57	-3,61	4,61	7,21	1,22	2,02	7,11	-8,68	4,13	9,79	9,59	6,62
RS	-10,61	0,00	0,00	7,04	8,98	5,82	-2,92	0,00	5,28	-2,54	-6,52	9,83	7,21	4,49	2,02	4,86	-6,12	3,76	5,45	9,59	6,62
SC	-11,77	0,00	0,00	5,62	8,98	3,09	-7,05	0,00	5,28	6,40	-2,85	1,41	7,21	0,27	2,02	-3,23	-5,31	3,86	5,45	7,73	-3,91

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Sintetizando o exposto, nas simulações com o modelo AGRO-BR, os choques foram efetuados em um grupo de cultivos agrícolas oriundos da agricultura familiar e da agricultura patronal. Os valores utilizados como choque para cada cultivo, estimados no Capítulo 2, indicam o efeito das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola, tendo como referência os cenários RCP 4.5 e 8.5 do IPCC para os anos de 2021/2050 e 2051/2080. Os valores estimados, e utilizados como choque, são heterogêneos entre os cultivos, as regiões, os produtores (familiares e patronais) e entre os períodos analisados.

4.2.1 – Resultados das simulações

A adoção de um conjunto de choques heterogêneos, nas simulações de política, exige um esforço de compreensão das relações causais do modelo para a correta interpretação de seus resultados. A caracterização dos efeitos que se espera das simulações está ilustrada na Figura 17. A partir dos choques de produtividade da terra implementados, que possuem magnitudes distintas, o fator primário de produção “terra” é diretamente afetado. Os setores que utilizam terra como insumo primário de produção terão seus custos de produção modificados, alterando assim os preços relativos dos produtos produzidos e a combinação de insumos utilizados. Estas alterações, por sua vez, impactam nos preços dos fatores produtivos (terra capital e trabalho)

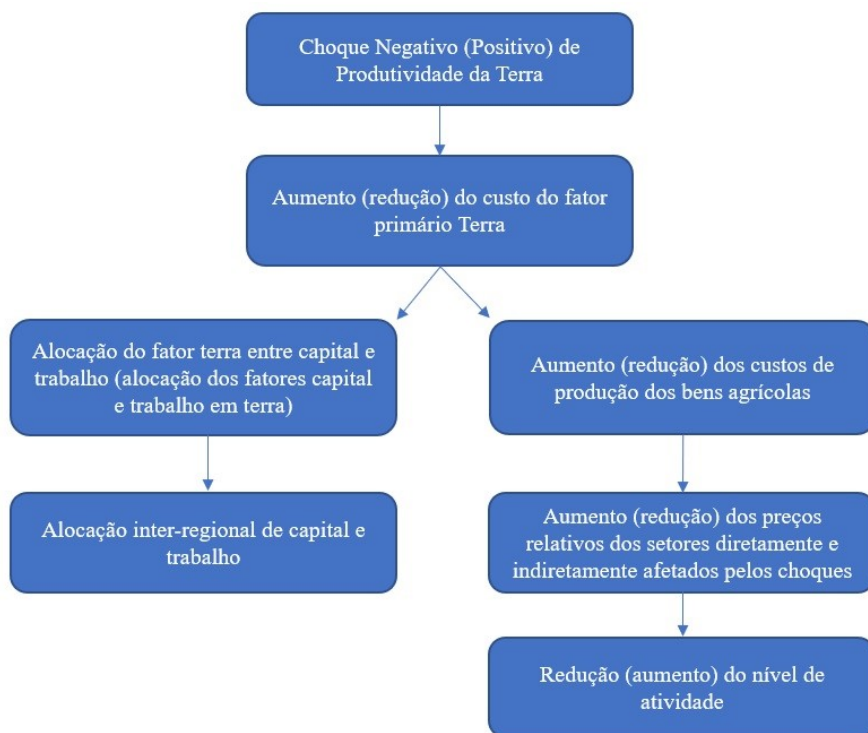


Figura 17: Diagrama de relações causais do modelo AGRO-BR

Fonte: Elaboração própria

Os setores agrícolas são diretamente afetados pelos choques climáticos, cujo impacto repercute via substituição entre os fatores primários de produção (capital, trabalho e terra) e via alterações nos níveis de produção. Em ambos, o resultado é a alteração dos preços relativos dos bens produzidos.

O choque de produtividade da terra implementado no modelo altera o custo do fator terra, fazendo com que os setores realoquem seus fatores primários de produção, de forma a minimizar os custos. Setores com ganho de produtividade da terra (choques positivos), substituirão trabalho e capital por terra, diminuindo seus custos; já setores com perda de produtividade (choques negativos) substituirão terra por trabalho e capital, com elevação dos seus custos. A magnitude de substituição é determinada pelas elasticidades de substituição de fatores primários e a intensidade de uso de cada fator. O tamanho deste efeito de substituição entre fatores primários é orientado pela estrutura produtiva extraída da base de dados do modelo, sendo distinto entre os setores familiar e patronal.

Tabela 45: Participação dos custos dos fatores primários na produção dos setores agrícolas (% do custo do fator primário setorial)

Setores	Trabalho	Capital	Terra	Setores	Trabalho	Capital	Terra
Arroz Familiar	29,5	8,9	2,0	Cebola Patronal	6,0	40,3	0,2
Arroz Patronal	6,8	18,0	4,9	Amendoim Familiar	17,4	13,4	0,1
Trigo Cereais Familiar	26,3	8,0	2,3	Amendoim Patronal	5,2	35,0	0,6
Trigo Cereais Patronal	8,9	23,5	6,3	Abacaxi Familiar	15,7	12,1	0,3
Milho Grão Familiar	25,9	8,0	2,3	Abacaxi Patronal	5,8	39,5	0,1
Milho Grão Patronal	6,6	17,8	5,7	Banana Familiar	6,9	5,7	3,4
Algodão Fibra Familiar	32,4	8,4	0,0	Banana Patronal	2,7	19,7	1,7
Algodão Fibra Patronal	9,0	20,3	4,2	Feijão Grão Familiar	14,7	11,4	10,2
Cana de açúcar Familiar	26,0	6,8	0,2	Feijão Grão Patronal	3,2	21,6	4,7
Cana de açúcar Patronal	7,8	17,8	5,0	Caju Castanha Familiar	18,7	15,6	5,6
Soja Grão Familiar	27,0	7,3	0,8	Caju Castanha Patronal	6,7	48,4	3,1
Soja Grão Patronal	7,7	18,2	4,5	Uva Familiar	10,6	8,8	0,9
Mandioca Familiar	9,8	7,6	3,7	Uva Patronal	4,4	32,1	0,3
Mandioca Patronal	5,4	36,3	1,3	Outros da Lavoura Temp. Fam.	12,7	10,3	5,9
Fumo Folha Familiar	9,4	7,2	1,8	Outros da Lavoura Temp. Patr.	3,4	23,9	6,8
Fumo Folha Patronal	5,6	37,6	0,2	Laranja Familiar	21,4	6,3	1,9
Tomate Familiar	14,8	11,5	0,0	Laranja Patronal	6,9	17,7	6,3
Tomate Patronal	6,4	43,2	0,2	Café Grão Familiar	12,9	6,2	3,9
Batata Inglesa Familiar	15,7	12,1	0,1	Café Grão Patronal	3,7	15,4	3,0
Batata Inglesa Patronal	4,4	30,1	0,4	Outros da Lavoura Perm. Fam.	6,1	5,1	5,3
Cebola Familiar	14,8	11,5	0,3	Outros da Lavoura Perm. Patr.	1,5	11,0	3,9

Fonte: Elaboração própria

Conforme a Tabela 45, verifica-se que em média os setores familiares são intensivos no fator primário trabalho, ao passo, que os setores patronais, intensivos no fator primário capital. Estes indicadores de composição se repetem nas distintas regiões do modelo, sendo relevantes para determinar o impacto dos choques de produtividade.

A oferta de fator trabalho nacional no modelo é determinada no cenário de referência, e seu desvio em relação aos choques de produtividade é nulo. Assim, não há alteração na taxa nacional de emprego com os cenários de mudança climática. Contudo, há variações de trabalho entre as regiões, ou seja, variações de uso regional de trabalho, determinada endogenamente pelo diferencial de salário regional e o salário nacional³⁴. As variações de uso de capital³⁵ são endógenos no cenário de política, havendo mobilidade intersetorial com ajustes em torno do estoque de capital e em função do retorno do investimento.

A alteração dos preços relativos tende a ser maior nos setores diretamente impactados pelos choques. O setor agrícola, os demandantes de bens agrícolas e os produtores de insumos para o setor agrícola tendem a ser os mais afetados. Neste aspecto, enquadram-se os setores de defensivos agrícolas, fertilizantes, produtos químicos inorgânicos, eletricidade e gás, diesel e combustíveis, que representam em média 70% dos insumos utilizados para a produção dos setores agrícolas.

Os setores e usuários finais que compram diretamente dos setores agrícolas também serão impactados. Neste quadro, incluem-se os setores de alimentos e bebidas, as famílias e as exportações. O consumo das famílias é duplamente afetado, via consumo de produtos oriundos do setor de alimentos e bebidas, e via consumo direto de bens agrícolas. As exportações são impactadas em virtude da alteração da relação entre os preços internos e externos (em geral os choques negativos de produtividade aumentam o preço destes produtos e diminuem, portanto, as vendas externas, dada a hipótese de curvas de demanda por exportações negativamente inclinadas). Em setores com ganho de produtividade agrícola, haverá redução do preço relativo do bem produzido e conseqüente aumento do volume exportado desse bem.

Os impactos regionais dos choques climáticos dependerão da importância do setor agrícola na região, e dos efeitos desencadeados. Os choques de maior magnitude, quando aplicados em setores com grande participação regional, terão impactos relevantes na região. Choques de magnitude elevada, mas aplicados em setores com baixa participação regional,

³⁴ A equação (5), apresentada no capítulo 3, determina a oferta regional de trabalho.

³⁵ A equação (4), apresentada no capítulo 3, determina a demanda por investimento.

terão menor influência sobre a região. Regiões que tem baixa participação de setores agrícolas tendem a ser beneficiadas pelo deslocamento relativo de fatores, embora indiretamente sejam afetadas pelos preços mais elevados de bens agrícolas.

Os dados da Tabela 46 representam os choques de produtividade ponderados pelo valor da participação do cultivo das regiões na produção nacional desse cultivo. Para chegarmos nos valores da tabela, primeiramente, calculamos o valor da participação da produção de cada cultivo por UF e multiplicamos pelo valor do choque de produtividade da terra referente ao cultivo e à UF em questão (choques reportados nas Tabelas 37 a 44). Em seguida, somamos os valores, para obter os choques por cultivo. Estes números são um indicador dos setores mais ou menos afetados pela mudança climática, a partir dos resultados derivados do modelo econométrico.

A Tabela 46 indica que os choques setoriais são distintos entre os cenários, períodos analisados e o tipo de produtor, quando analisados sob a perspectiva dessas médias. Destacam-se os choques negativos em Laranja, Uva, Mandioca e Trigo para os agricultores familiares, e nos setores de Algodão em fibra, Laranja, Cana de Açúcar, Amendoim, Fumo, Banana e Milho entre os agricultores patronais.

Tabela 46: Choques de produtividade da terra setorial das Unidades da Federação ponderados pelo valor da produção nacional (var. %) (2021/2050) (2051/2080)

Cenário Cultivo / Período	4.5 Familiar		4.5 Patronal		8.5 Familiar		8.5 Patronal	
	21-50	51-80	21-50	51-80	21-50	51-80	21-50	51-80
Banana	-1,30	-1,79	-1,90	-2,15	-4,54	-6,38	-6,34	-8,08
Café	0,01	-0,52	-1,07	-0,10	-1,18	2,32	-0,98	2,52
Castanha de Caju	-0,37	3,85	4,37	6,43	-3,59	-1,27	-0,63	0,36
Laranja	-7,18	-8,97	-5,71	-6,10	-8,52	-10,83	-6,65	-8,36
Uva	-5,20	-5,97	3,27	7,12	-4,94	-4,52	8,01	7,09
Outros da Lavoura Permanente	-0,46	1,11	0,40	2,48	-0,57	1,18	1,60	7,13
Abacaxi	-0,90	-1,67	-1,63	-4,54	-1,67	-3,73	-4,58	-7,40
Algodão em Fibra	0,57	2,24	-5,57	-9,42	-1,25	0,88	-8,89	-11,19
Amendoim	3,00	3,57	6,29	7,82	4,71	5,92	6,85	5,09
Arroz	0,39	0,00	-0,62	-1,18	1,02	-0,48	-0,97	-2,34
Batata Inglesa	3,84	2,70	-2,80	-5,87	4,68	3,19	-3,65	-6,30
Cana de açúcar	-1,95	-3,86	4,84	8,21	-1,68	-3,41	7,17	3,90
Cebola	4,15	7,22	1,17	2,70	3,80	2,29	2,73	4,15
Feijão	-2,43	-1,54	-2,25	-1,68	-4,31	-3,08	-3,86	-3,37
Fumo Folha	2,22	0,88	6,37	5,17	0,43	0,27	7,02	2,02
Mandioca	-3,92	-5,71	-1,53	-0,91	-4,27	-7,25	-2,72	-3,90
Milho	-0,28	1,15	-5,21	-6,60	-0,73	2,75	-6,59	-8,26
Soja	-0,03	1,20	0,48	1,07	0,25	3,70	0,66	1,82
Tomate	1,15	0,60	-3,94	-5,09	2,80	3,10	-4,80	-4,18

Trigo e Cereais	11,46	11,46	7,01	2,64	3,79	3,82	7,15	9,49
Outros da Lavoura Temporária	1,67	7,54	0,78	2,72	1,45	6,75	0,08	4,06

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 47 apresenta os choques de produtividade por setor, ponderados pela participação dos produtos em cada região do modelo. Calculados pela soma dos choques de produtividade de cada cultivo nas UF, ponderados pelas respectivas participações setoriais, em termos de PIB, por UF. Constata-se que, na média, os estados da região do Sul apresentam choques positivos, e os demais estados da região Sudeste, Centro Oeste, Nordeste e Norte apresentam em geral choques negativos.

Tabela 47: Choques de produtividade da terra nas Unidades da Federação ponderados pela participação do setor na produção regional (var %) (2021/2050) (2051/2080)

Produtor	Patronal				Familiar			
	4.5		8.5		4.5		8.5	
Cenário	21-50	51-80	21-50	51-80	21-50	51-80	21-50	51-80
UF	21-50	51-80	21-50	51-80	21-50	51-80	21-50	51-80
RO	-0,04	-0,01	-0,01	-0,04	-0,51	-0,32	-0,36	0,01
AC	-0,10	-0,13	-0,12	-0,19	-0,09	-0,15	-0,14	-0,26
AM	0,05	-0,09	-0,02	-0,25	0,23	-0,15	0,30	-0,67
RR	-0,05	-0,05	-0,06	-0,06	0,00	-0,02	-0,01	-0,04
PA	-2,28	-2,58	-2,90	-3,52	-3,46	-2,05	-2,13	-3,44
AP	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,09	-0,11	-0,08	-0,11
TO	-1,01	-1,37	-1,41	-1,65	-0,10	-0,23	-0,23	-0,48
MA	0,13	-0,04	-0,33	-0,87	0,56	0,45	0,11	-0,85
PI	-0,85	-0,89	-0,65	-1,03	0,34	0,47	0,22	-0,07
CE	4,87	5,68	-2,52	-1,49	0,77	4,24	-2,11	-0,33
RN	1,19	1,69	1,46	0,89	-0,45	0,14	-0,57	-0,23
PB	0,73	0,40	-0,16	-0,71	-1,25	-0,83	-1,58	-1,46
PE	1,00	1,94	-0,71	-0,94	0,26	0,50	-1,10	-0,59
AL	-1,03	0,53	-0,51	0,08	-1,07	-0,92	-1,17	-0,97
SE	-0,15	-0,12	-0,34	-0,32	-1,75	-1,94	-1,50	-1,60
BA	-5,84	-4,51	-6,51	-4,54	-2,84	0,08	-5,90	-1,50
MG	-4,26	-3,68	-5,60	-1,88	-1,70	-1,45	-2,17	1,42
ES	-0,68	-0,11	-0,64	0,32	-0,54	-0,13	-0,88	-0,81
RJ	-0,48	-0,51	-0,60	-0,61	0,01	0,07	0,12	0,32
SP	0,26	2,82	-0,49	-5,51	-3,61	-6,20	-5,28	-7,18
PR	7,72	4,01	6,36	6,89	10,94	12,14	5,23	10,36
SC	2,46	4,36	4,87	4,04	5,72	8,00	5,05	3,13
RS	9,10	7,15	13,25	10,02	4,74	3,99	1,30	2,76
MS	-0,37	-0,25	-0,39	-0,34	-0,36	-0,24	-0,33	-0,19
MT	-3,17	-6,63	-6,32	-8,19	-0,98	-1,38	-0,66	-1,39
GO	-4,51	-4,92	-5,07	-5,82	-0,33	-0,47	-0,45	-0,60
DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaboração própria

Deve-se ressaltar que apenas os valores dos choques de produtividade e estas médias (Tabelas 46 e 47) não são suficientes para se entender o impacto nas regiões nas suas diversas dimensões (PIB, emprego, preços, renda e bem-estar), nem o efeito do impacto de uma região sobre a outra. Para o correto entendimento desses impactos, faz-se necessário simulações no modelo AGRO-BR, o qual captura toda a estrutura produtiva das regiões e a interdependência regional e setorial.

4.2.1 – Resultados setoriais, regionais e nacionais das simulações

Esta seção analisa comparativamente os resultados das simulações realizadas com os cenários de política RCP 4.5 e RCP 8.5, que são interpretados como desvios em relação ao cenário base, no qual não se considera os choques de produtividade da terra que representam os efeitos das mudanças climáticas no modelo. Dois períodos são utilizados como referência nas análises. Os resultados no ano de 2050 representam os resultados acumulados de “médio prazo” referentes ao choque de produtividade efetuado entre os anos de 2021 e 2050. Os resultados do ano de 2080 representam os efeitos de “longo prazo” do choque implementado nos anos de 2051 a 2080, a partir do resultado acumulado de 2050.

4.2.2 – Resultados Setoriais

Os setores agrícolas relevantes, em termos de participação econômica, para a agricultura familiar se diferenciam dos relevantes para a agricultura patronal. Os resultados das simulações evidenciam esse desempenho diferenciado entre os produtores. Os setores familiares produtores de Mandioca, Fumo em Folha e Café em Grão, além de serem impactados em uma magnitude acentuada pelo choque de produtividade da terra, possuem relevância econômica e, portanto, exigem uma análise individual. Por parte da agricultura patronal, os setores produtores de Soja em Grão, Cana de Açúcar e Café em Grão desempenham papel determinante nos resultados. As Tabelas 48 e 49 apresentam os resultados das simulações para a produção setorial nacional nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, respectivamente.

Tabela 48: Variação da Produção Setorial Nacional decorrente dos choques de produtividade no cenário RCP 4.5 (Var. % acumulada em relação ao cenário base)

Setor / Ano	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070	2075	2080
Arroz Fam.	-0,02	-0,04	-0,05	-0,07	-0,08	-0,10	-0,13	-0,17	-0,20	-0,23	-0,26	-0,30
Arroz Pat.	-0,10	-0,20	-0,31	-0,43	-0,55	-0,67	-0,93	-1,20	-1,49	-1,81	-2,16	-2,54
Trigo e Cereais Fam.	0,20	0,41	0,62	0,83	1,05	1,28	1,40	1,52	1,66	1,82	2,00	2,20
Trigo e Cereais Pat.	0,96	1,93	2,89	3,83	4,75	5,67	6,05	6,47	6,97	7,57	8,29	9,12
Milho em Grão Fam.	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,84
Milho em Grão Pat.	-0,97	-2,02	-3,16	-4,38	-5,70	-7,13	-8,99	-11,01	-13,20	-15,57	-18,10	-20,79
Algodão em Fibra Fam.	0,01	0,03	0,04	0,06	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,24	0,28	0,33
Algodão em Fibra Pat.	-0,71	-1,49	-2,35	-3,29	-4,32	-5,46	-7,35	-9,43	-11,72	-14,23	-16,97	-19,92

Cana de Açúcar Fam.	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18
Cana de Açúcar Pat.	0,67	1,35	2,03	2,71	3,37	4,04	5,27	6,51	7,77	9,06	10,40	11,82
Soja em Grão Fam.	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,02	0,00	0,01	0,03	0,06	0,08
Soja em Grão Pat.	0,07	0,15	0,23	0,32	0,41	0,51	0,72	0,95	1,19	1,45	1,73	2,03
Mandioca Fam.	-0,34	-0,75	-1,25	-1,83	-2,49	-3,26	-4,31	-5,52	-6,89	-8,44	-10,19	-12,13
Mandioca Pat.	0,04	0,07	0,10	0,12	0,13	0,14	0,19	0,24	0,28	0,32	0,35	0,38
Fumo em Folha Fam.	0,20	0,37	0,52	0,67	0,82	0,97	1,14	1,32	1,51	1,71	1,93	2,16
Fumo em Folha Pat.	0,03	0,06	0,09	0,12	0,16	0,20	0,23	0,26	0,30	0,35	0,40	0,45
Tomate Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03
Tomate Pat.	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,09	-0,11	-0,13	-0,16	-0,19	-0,23
Batata Inglesa Fam.	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Batata Inglesa Pat.	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,10	-0,16	-0,22	-0,28	-0,34	-0,41
Cebola Fam.	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
Cebola Pat.	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,09	-0,11	-0,14
Amendoim Fam.	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08
Amendoim Pat.	0,08	0,14	0,20	0,25	0,28	0,31	0,35	0,40	0,46	0,53	0,61	0,70
Abacaxi Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,05	-0,06	-0,08
Abacaxi Pat.	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,08	-0,10	-0,12
Banana Fam.	-0,25	-0,55	-0,93	-1,39	-1,94	-2,62	-3,43	-4,40	-5,54	-6,89	-8,47	-10,29
Banana Pat.	-0,16	-0,33	-0,51	-0,68	-0,86	-1,05	-1,24	-1,47	-1,76	-2,11	-2,54	-3,04
Feijão em Grão Fam.	-0,20	-0,45	-0,74	-1,09	-1,48	-1,94	-2,22	-2,56	-2,94	-3,38	-3,90	-4,48
Feijão em Grão Pat.	-0,32	-0,65	-0,97	-1,29	-1,60	-1,94	-2,20	-2,52	-2,89	-3,35	-3,88	-4,48
Castanha de Caju Fam.	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,45	0,89	1,36	1,84	2,35	2,87
Castanha de Caju Pat.	0,22	0,44	0,67	0,89	1,12	1,36	1,71	2,07	2,44	2,82	3,22	3,64
Uva Fam.	-0,07	-0,15	-0,24	-0,34	-0,46	-0,60	-0,81	-1,07	-1,36	-1,71	-2,11	-2,57
Uva Pat.	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,23	0,28	0,33	0,38	0,44	0,51
Out. da Lavoura Temp. Fam.	0,12	0,25	0,37	0,48	0,60	0,70	1,50	2,35	3,25	4,19	5,19	6,24
Out. da Lavoura Temp. Pat.	0,01	0,00	-0,04	-0,11	-0,20	-0,32	0,34	0,99	1,61	2,21	2,78	3,36
Laranja Fam.	-0,08	-0,17	-0,27	-0,38	-0,51	-0,67	-0,90	-1,17	-1,48	-1,86	-2,30	-2,83
Laranja Pat.	-0,74	-1,56	-2,43	-3,32	-4,26	-5,26	-6,43	-7,76	-9,29	-11,04	-13,03	-15,27
Café em Grão Fam.	-0,44	-0,92	-1,47	-2,09	-2,78	-3,55	-4,50	-5,55	-6,68	-7,92	-9,26	-10,71
Café em Grão Pat.	-0,23	-0,49	-0,76	-1,06	-1,39	-1,75	-1,98	-2,23	-2,52	-2,84	-3,20	-3,59
Out. da Lavoura Perm. Fam.	0,07	0,07	-0,01	-0,17	-0,43	-0,79	-0,89	-1,05	-1,29	-1,62	-2,03	-2,52
Out. da Lavoura Perm. Pat.	0,04	0,06	0,04	0,01	-0,05	-0,14	0,48	1,07	1,63	2,14	2,64	3,12
Bovino e Outros Animais Fam.	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11	-0,13	-0,15	-0,17
Bovino e Outros Animais Pat.	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11	-0,13	-0,15	-0,17	-0,19
Silvicultura Fam.	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Silvicultura Pat.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00
Extração Vegetal Fam.	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03
Extração Vegetal Pat.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Indústria Extrativa	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09
Indústrias Diversas	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26
Eletrônicos	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Alimentos e Bebidas	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
Diesel Combustível	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
Prod. Químicos Inorgânicos	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09
Adubo e Fertilizantes	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,07	-0,11	-0,09	-0,09	-0,08	-0,08	-0,09	-0,08
Defensivos Agrícolas	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	0,00	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12
Eletricidade e Gás	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Instituições Finan. e Seg.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00
Comércio	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05	-0,06	-0,06
Transporte de Carga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
Serviços	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Setor Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Construção Civil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

No cenário RCP 4.5, em âmbito nacional, destacam-se os setores de Mandioca Familiar, Café Familiar e Banana Familiar, com desempenho negativo de produção ao longo do tempo. As quedas acumuladas até 2080 poderiam chegar a -12,13%, -10,71% e -10,29%, respectivamente para os três cultivos. Os setores produtores de Fumo em Folha Familiar e Outros da Lavoura Temporária, apresentariam aumento de produção próximos a 2,16% e 6,24%, em relação ao cenário base, em 2080. Entre os setores patronais, verifica-se que os produtores de Milho Patronal, Algodão em Fibra Patronal e Laranja Patronal tenderiam a ser negativamente afetados com redução da produção em -20,7%, -19,8% e -15,2%, respectivamente, em 2080. Os setores mais beneficiados seriam os produtores de Trigo em Grão Patronal e Cana de Açúcar Patronal, com projeções de aumento de produção em 9,12% e 11,8%, respectivamente em 2080.

As projeções do cenário RCP 8.5, em média, apontam uma deterioração dos níveis de produção ao longo do tempo, comparados ao cenário RCP 4.5. Nos setores familiares, as projeções de redução na produção dos setores de Mandioca Familiar, Banana Familiar e Café em Grão Familiar indicam perdas da ordem de -16,82%, -18,41% e -9,20%, respectivamente, no ano de 2080. Por outro lado, os setores de Outros da Lavoura Temporária Familiar e Trigo em Grãos Familiar, poderiam apresentar ganhos de produção de 6,7% e 3,37%, respectivamente.

Em relação aos setores patronais, as maiores perdas em termos de queda de produção seriam verificadas nos setores de Algodão em Fibra Patronal, Milho em Grão Patronal e Laranja Patronal, com reduções projetadas de -26,8%, -25,86% e -20,3%, respectivamente. Os destaques positivos seriam as projeções de crescimento da produção de Outros da Lavoura Permanente Patronal em 11,27% e Cana de Açúcar Patronal, com 9,93% de crescimento.

Tabela 49: Variação da Produção Setorial Nacional decorrente dos choques de produtividade no cenário RCP 8.5 (Var. % acumulada em relação ao cenário base)

Setor / Ano	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070	2075	2080
Arroz Fam.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04
Arroz Pat.	-0,16	-0,33	-0,50	-0,69	-0,89	-1,10	-1,60	-2,14	-2,73	-3,37	-4,08	-4,85
Trigo e Cereais Fam.	0,05	0,11	0,17	0,24	0,31	0,39	0,87	1,36	1,85	2,35	2,85	3,37
Trigo e Cereais Pat.	0,97	1,96	2,95	3,92	4,90	5,87	7,31	8,78	10,30	11,90	13,60	15,42
Milho em Grão Fam.	0,02	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,36	0,57	0,78	1,00	1,21	1,42
Milho em Grão Pat.	-1,21	-2,52	-3,94	-5,47	-7,13	-8,91	-11,25	-13,78	-16,51	-19,44	-22,57	-25,86
Algodão em Fibra Fam.	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,14	0,18	0,23	0,28	0,34	0,39	0,45
Algodão em Fibra Pat.	-1,12	-2,37	-3,74	-5,25	-6,92	-8,74	-11,14	-13,78	-16,68	-19,82	-23,21	-26,83
Cana de Açúcar Fam.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19
Cana de Açúcar Pat.	1,02	2,04	3,04	4,00	4,93	5,85	6,31	6,82	7,41	8,12	8,95	9,93
Soja em Grão Fam.	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,06	0,12	0,19	0,26	0,33	0,41
Soja em Grão Pat.	0,10	0,21	0,32	0,45	0,58	0,72	1,07	1,45	1,85	2,28	2,75	3,24
Mandioca Fam.	-0,45	-1,01	-1,67	-2,43	-3,31	-4,30	-5,80	-7,52	-9,48	-11,67	-14,12	-16,82

Mandioca Pat.	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,06	-0,09	-0,15	-0,22	-0,30	-0,40	-0,52	-0,65
Fumo em Folha Fam.	0,19	0,36	0,51	0,66	0,80	0,96	1,08	1,22	1,38	1,54	1,72	1,91
Fumo em Folha Pat.	0,03	0,06	0,10	0,13	0,17	0,21	0,24	0,27	0,30	0,34	0,38	0,42
Tomate Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Tomate Pat.	-0,01	-0,03	-0,04	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,09	-0,10	-0,11	-0,13	-0,15
Batata Inglesa Fam.	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Batata Inglesa Pat.	-0,01	-0,03	-0,05	-0,06	-0,08	-0,09	-0,15	-0,22	-0,29	-0,36	-0,44	-0,52
Cebola Fam.	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,05	-0,06	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10	-0,12
Cebola Pat.	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,05
Amendoim Fam.	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12
Amendoim Pat.	0,08	0,15	0,21	0,26	0,29	0,32	0,33	0,35	0,39	0,44	0,51	0,59
Abacaxi Fam.	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,05	-0,08	-0,11	-0,15	-0,19	-0,24
Abacaxi Pat.	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,04	-0,06	-0,08	-0,10	-0,12	-0,15	-0,19
Banana Fam.	-0,43	-0,97	-1,62	-2,40	-3,35	-4,49	-6,03	-7,86	-9,99	-12,44	-15,24	-18,41
Banana Pat.	-0,39	-0,80	-1,20	-1,59	-1,98	-2,39	-2,98	-3,66	-4,46	-5,39	-6,47	-7,71
Feijão em Grão Fam.	-0,35	-0,79	-1,31	-1,92	-2,63	-3,46	-3,94	-4,50	-5,18	-5,98	-6,91	-7,97
Feijão em Grão Pat.	-0,49	-1,01	-1,51	-2,00	-2,50	-3,02	-3,49	-4,05	-4,71	-5,49	-6,39	-7,42
Castanha de Caju Fam.	-0,20	-0,44	-0,72	-1,05	-1,44	-1,88	-2,16	-2,46	-2,80	-3,19	-3,64	-4,15
Castanha de Caju Pat.	-0,08	-0,16	-0,26	-0,36	-0,48	-0,61	-0,67	-0,74	-0,82	-0,91	-1,01	-1,13
Uva Fam.	-0,07	-0,15	-0,24	-0,35	-0,48	-0,63	-0,83	-1,07	-1,35	-1,68	-2,06	-2,51
Uva Pat.	0,07	0,14	0,20	0,26	0,32	0,37	0,41	0,45	0,50	0,56	0,62	0,70
Out. da Lavoura Temp. Fam.	0,30	0,59	0,88	1,17	1,44	1,71	2,45	3,22	4,04	4,89	5,77	6,72
Out. da Lavoura Temp. Pat.	0,11	0,19	0,26	0,30	0,31	0,30	1,24	2,18	3,10	4,01	4,91	5,84
Laranja Fam.	-0,11	-0,22	-0,36	-0,52	-0,69	-0,90	-1,20	-1,55	-1,98	-2,49	-3,12	-3,88
Laranja Pat.	-0,86	-1,81	-2,83	-3,88	-4,99	-6,18	-7,88	-9,80	-11,99	-14,47	-17,25	-20,34
Café em Grão Fam.	-0,54	-1,14	-1,81	-2,54	-3,35	-4,25	-4,84	-5,52	-6,29	-7,15	-8,12	-9,20
Café em Grão Pat.	-0,25	-0,53	-0,84	-1,18	-1,56	-1,97	-1,81	-1,65	-1,50	-1,35	-1,21	-1,07
Out. da Lavoura Perm. Fam.	0,15	0,22	0,18	0,04	-0,21	-0,59	-0,64	-0,77	-1,00	-1,34	-1,79	-2,34
Out. da Lavoura Perm. Pat.	0,38	0,75	1,07	1,34	1,57	1,79	3,44	5,08	6,66	8,19	9,71	11,27
Bovino e Outros Animais Fam.	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,11	-0,13	-0,15	-0,18
Bovino e Outros Animais Pat.	-0,01	-0,03	-0,05	-0,06	-0,08	-0,09	-0,11	-0,12	-0,14	-0,16	-0,18	-0,21
Silvicultura Fam.	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
Silvicultura Pat.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Extração Vegetal Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Extração Vegetal Pat.	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Indústria Extrativa	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,13
Indústrias Diversas	0,02	0,04	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,23	0,26
Eletrônicos	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Alimentos e Bebidas	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,06	0,04	0,02	0,00	-0,04	-0,08
Diesel Combustível	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Prod. Químicos Inorgânicos	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08
Adubo e Fertilizantes	0,01	0,01	0,00	-0,03	-0,06	-0,11	-0,16	-0,21	-0,28	-0,34	-0,40	-0,45
Defensivos Agrícolas	0,02	0,02	0,02	0,01	-0,01	-0,04	-0,05	-0,08	-0,10	-0,12	-0,14	-0,14
Eletricidade e Gás	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Instituições Finan. e Seg.	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Comércio	0,00	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,12
Transporte de Carga	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Serviços	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Setor Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Construção Civil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,02

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

A produção de Mandioca é sobretudo realizada pela agricultura familiar, sendo o cultivo importante para a segurança alimentar dos produtores, que responde por 83% da produção nacional no modelo AGRO-BR. Os resultados das simulações indicam declínio da produção do setor, ao longo do tempo, em todas as regiões do país e em todos os cenários. O declínio chega

próximo aos 30% na região Centro-Oeste e 25% na região Norte no ano de 2080. As regiões do Nordeste, Sudeste e Sul apresentam redução de 8%, 9% e 2%, respectivamente na produção de mandioca, também em 2080. As Tabelas 51 e 52 apresentam os níveis de produção setorial por grande região.

A Figura 18 reporta os resultados simulados para a produção de mandioca familiar por UF no cenário RCP 4.5. Verifica-se que os estados do AP, PA, RR, TO, MT e MS apresentariam os maiores declínios na produção. Os estados do CE, PI, MA, ES, RJ, SC e RS, por sua vez, seriam beneficiados com aumento de produção. Como resultado, nesse cenário, a produção nacional cai 3,3% (12,1%) e seu preço se eleva 5,7% (20,8%) em 2050 (2080). A simulação indica, ainda, que os efeitos da produtividade da terra sobre a produção seriam acentuados no ano de 2080.

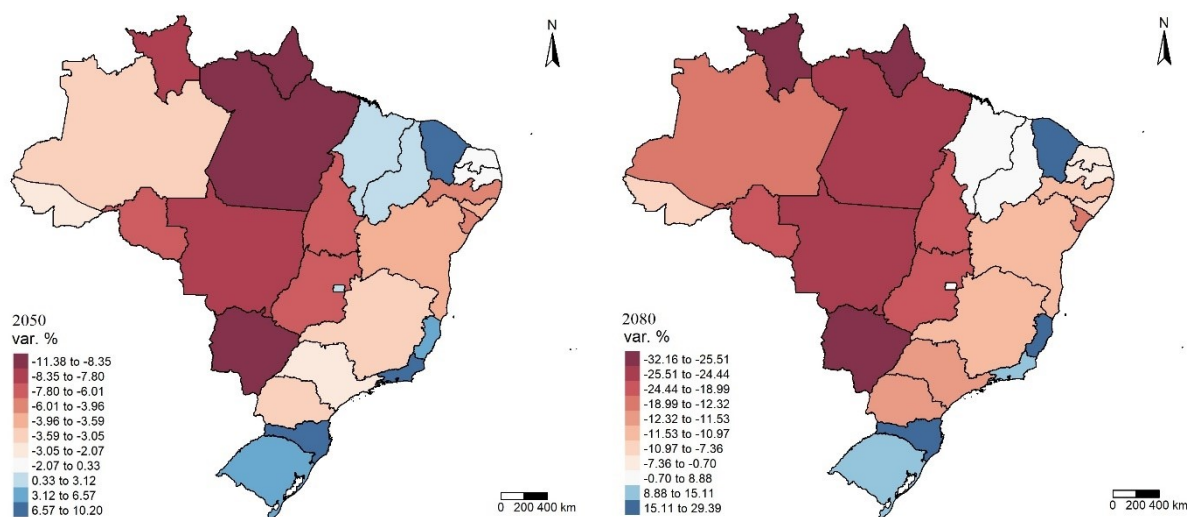


Figura 18: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Mandioca Familiar no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

A produção de mandioca familiar no cenário RCP 8.5 seria ainda mais impactada, conforme verificado na Figura 19. As simulações sugerem que a queda na produção seria acentuada e mesmo nas UF indicadas com aumento produtivo, esta seria de magnitude menor do que o verificado no cenário RCP 4.5. Como resultado nesse cenário, a produção nacional cai 4,5% (16,8%) e seu preço se eleva 7,8% (30,8%) em 2050 (2080).

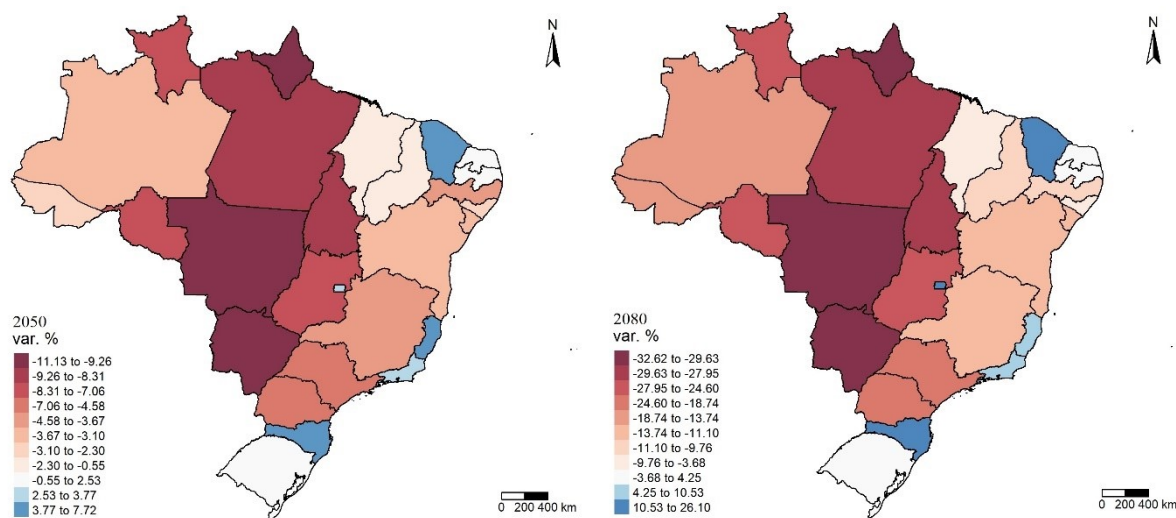


Figura 19: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Mandioca Familiar no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

A Figura 20 ilustra o desempenho simulado da produção de Fumo em Folha familiar para o cenário RCP 4.5. Pelas projeções, o setor seria majoritariamente beneficiado. A importância econômica do setor é maior na região Sul do país, justamente a região que apresenta as maiores taxas de crescimento da produção, que se elevariam ao longo do tempo. Ademais, o setor familiar é responsável por 82% da produção nacional de Fumo em Folha no modelo AGRO-BR. Como resultado projetado, no cenário RCP4.5, a produção nacional ascenderia 1% (2,1%) e seu preço cairia 2,7% (5,02%) em 2050 (2080).

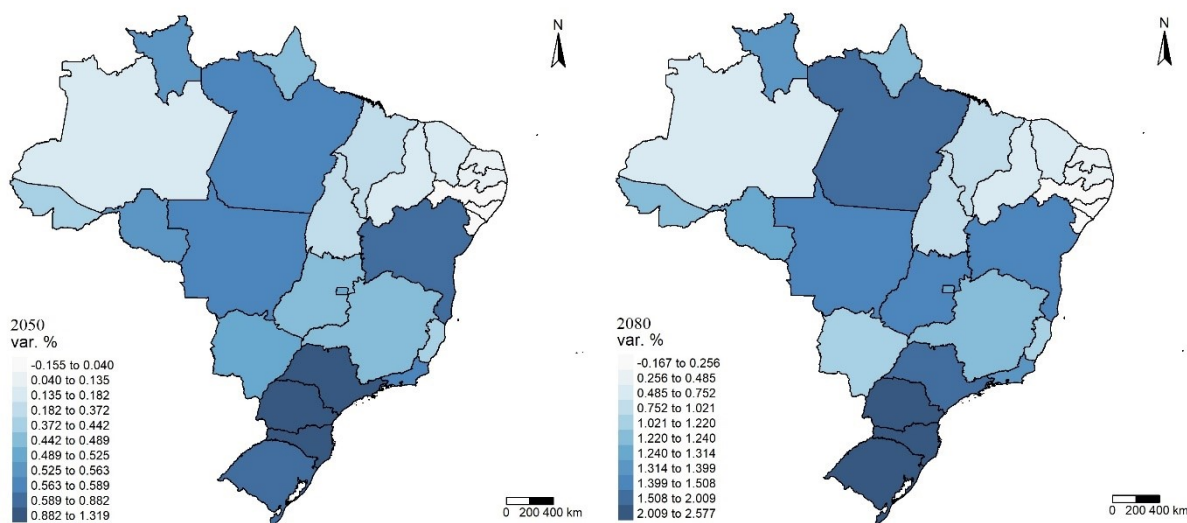


Figura 20: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Fumo em Folha Familiar no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

As simulações indicam crescimento na produção de Fumo em Folha familiar para a principal região produtora do país no cenário RCP 8.5 em magnitude menor ao verificado no cenário RCP 4.5, e com desempenho produtivo se reduzindo ao longo do tempo. Ou seja, o aumento da temperatura induz o aumento da produção, contudo, sob temperaturas mais elevadas, como as verificadas no cenário RCP 8.5, o crescimento da produção é menor. Como resultado nesse cenário, a produção nacional se elevaria 1% (1,09%) e seu preço decresceria 2,7% (4,5%) em 2050.

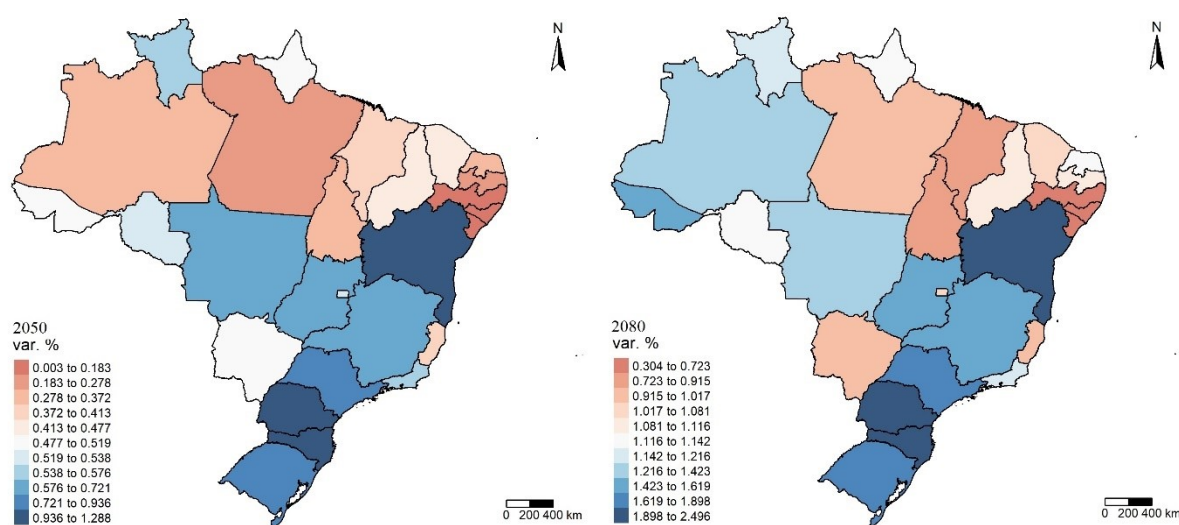


Figura 21: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Fumo em Folha Familiar no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

A produção de Café em Grãos familiar é relevante para a interpretação dos resultados agregados do modelo em virtude de sua participação econômica e dos choques de produtividade da terra estimados. No modelo AGRO-BR, em âmbito nacional, a agricultura familiar responde por 32% da produção de café, sendo sua produção concentrada nos estados de MG, ES, SP, BA e PR.

A Figura 22 ilustra o desempenho da produção de Café em Grãos familiar no cenário RCP 4.5. Nota-se que a produção seria beneficiada nos estados de SP, MT, MS, PR, SC, RS e AM. Ou seja, com exceção do AM, as simulações indicam um movimento de “deslocamento” da produção para as regiões ao Sul do país. As principais regiões produtoras MG e ES, que juntas respondem por cerca de 80% da produção nacional de café, podem ter perdas que chegam

a 15% de redução no ES, 10% em MG no ano de 2080. Neste caso, a produção nacional decresceria 3,5% (10,71%) com aumento de preço em 2,2% (7,1%) em 2050 (2080).

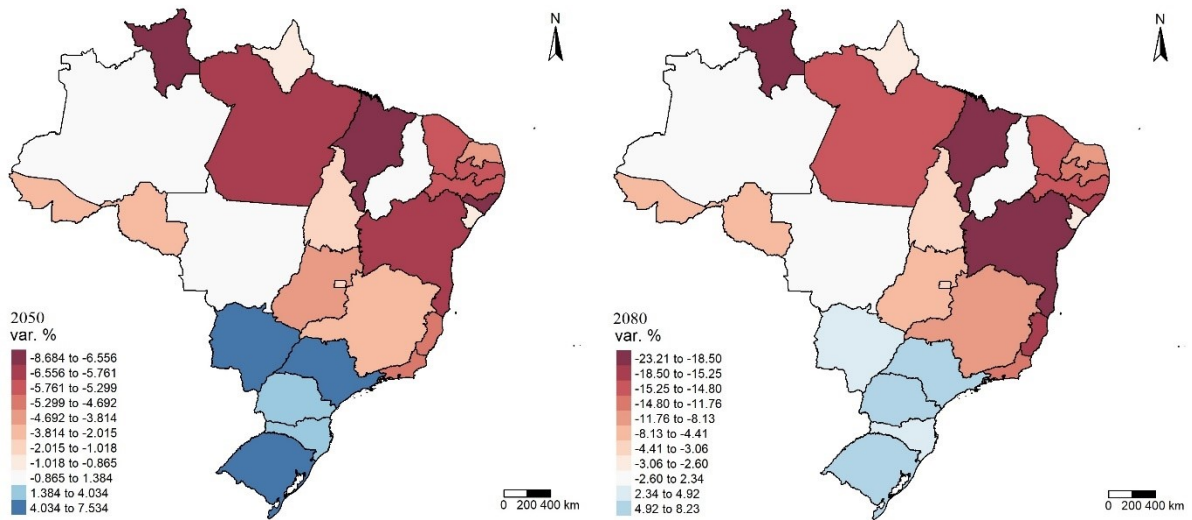


Figura 22: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Café em Grão Familiar no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O cenário RCP 8.5 acentua os movimentos produtivos. Regiões com redução (ganho) na produção apresentariam declínio (crescimento) maior no cenário pessimista. Ou seja, as mudanças climáticas representariam um deslocamento da produção do Café para regiões ao Sul do Brasil. Contudo, apesar do deslocamento, a produção nacional se reduziria em 4,25% (9,10%) e seu preço se elevaria 2,7% (5,8%) em 2050 (2080).

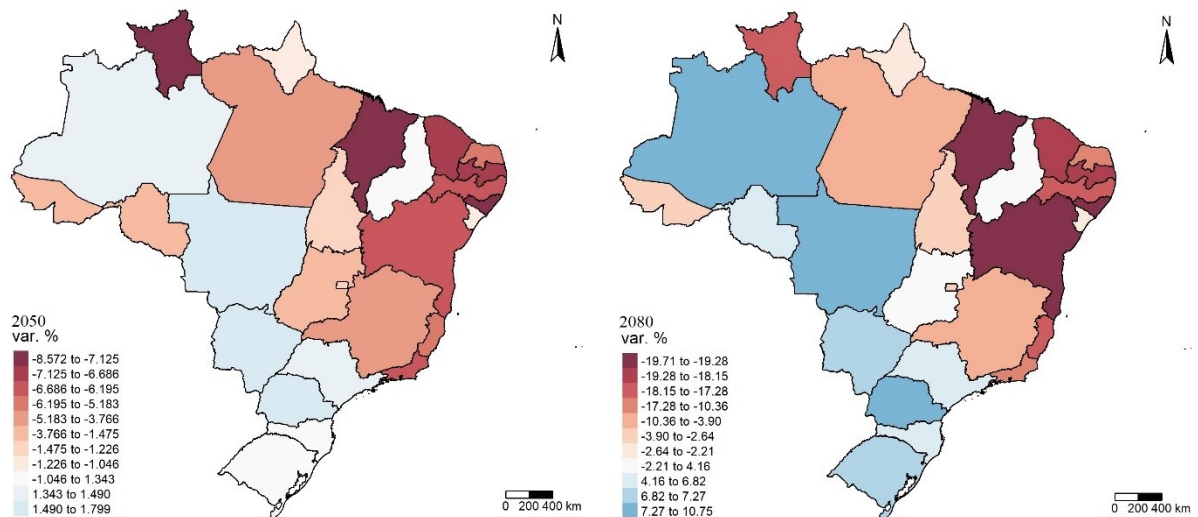


Figura 23: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Café em Grão Familiar no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O desempenho do setor agrícola patronal possui dinâmica distinta do setor familiar em termos de intensidade de utilização de fatores de produção e destino da produção. Conforme mencionado no Capítulo 3, os principais cultivos do setor são *commodities*, produzidos em larga escala e orientados para a exportação. Dentre os setores patronais, os mais relevantes para os resultados regionais e nacionais são os de maior importância econômica em termos de participação na economia, relação intersetorial e com choques relativamente maiores de produtividade da terra. Neste escopo, enquadram-se Soja, Cana de Açúcar, Milho e Café.

A Figura 24 ilustra a produção do setor Milho em Grão patronal no cenário RCP 4.5. As simulações apontam que o setor seria negativamente afetado em âmbito nacional. No modelo AGRO-BR, 87% da produção é efetuada pela agricultura patronal. Apenas os estados do CE e RN, com pequena participação nacional, seriam beneficiados com aumento de produção. As principais UF produtoras do grão seriam negativamente afetadas, e de maneira intensa. As simulações indicam que MT, PR, GO, MS e MG, que juntas respondem por cerca de 76% da produção nacional, apresentariam queda na produção no montante de 17%, 21%, 24%, 29% e 22%, respectivamente em 2080. Neste contexto, a produção nacional de milho se reduziria 7,13% (20,8%) com queda de preço em 6,7% (22,4%) em 2050 (2080). O estado do Mato Grosso, maior produtor nacional, apresentaria redução de -7,9% (-23%) no volume exportado em 2050 (2080), em decorrência do aumento dos preços relativos.

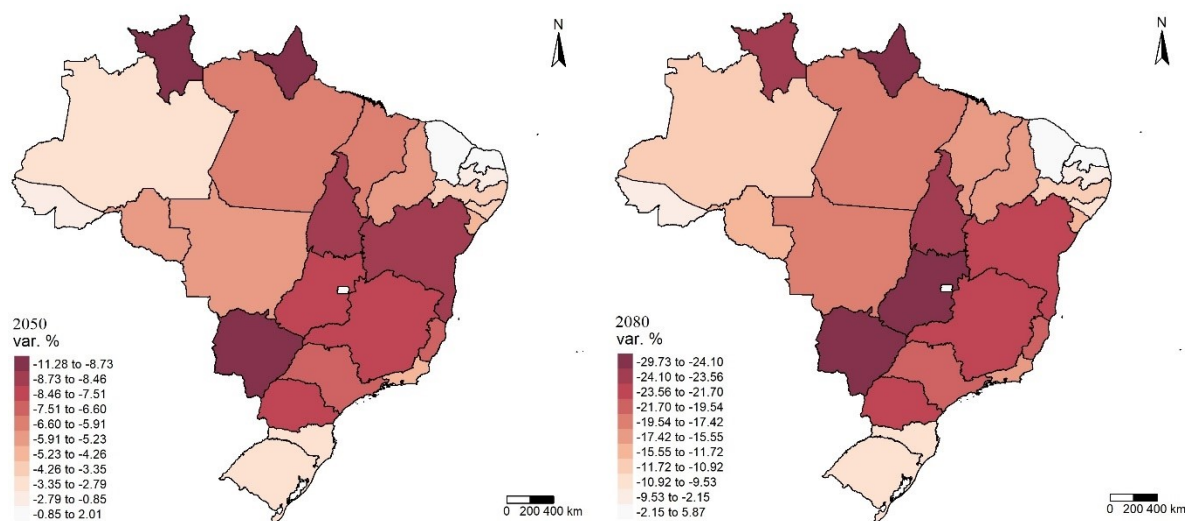


Figura 24: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Milho em Grão Patronal no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O cenário RCP 8.5 intensifica o impacto de redução da produção, conforme verificado na Figura 25. As simulações indicam redução da produção para os estados de MT, PR, GO, MS

e MG, da ordem de 23%, 27%, 28%, 32% e 26%, respectivamente. Reitera-se que nenhuma UF apresenta crescimento na produção de Milho em Grãos no cenário RCP 8.5. Como resultado, nesse cenário a produção nacional decresceria 8,9% (25,8%) e seu preço se elevaria 8,55% (29,8%) em 2050 (2080). Novamente, o estado do Mato Grosso, maior produtor nacional, apresentaria redução de -10,2% (-31,1%) no volume exportado em 2050 (2080), em decorrência do aumento dos preços relativos.

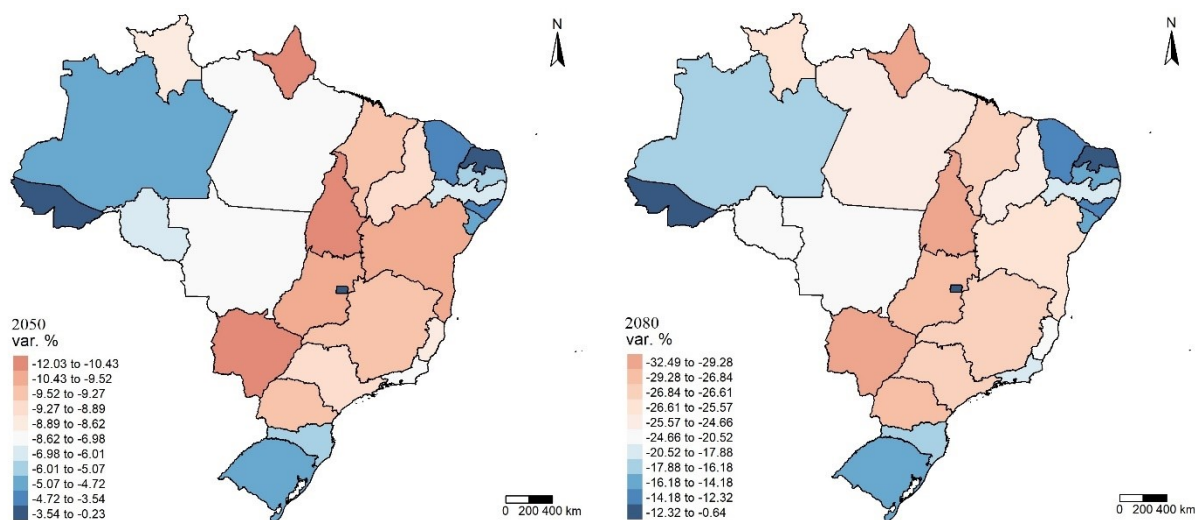


Figura 25: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Milho em Grão Patronal no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O setor Cana de Açúcar patronal possui relevância econômica vinculada à produção de açúcar e combustíveis. O setor patronal é responsável por 95% da produção nacional, que tem o estado de São Paulo como maior produtor, respondendo por metade da produção. Os estados de AL, PE, MG, GO, PR, MT e MS também apresentam produção relevante.

A Figura 26 apresenta os resultados simulados para o cenário RCP 4.5. O desempenho é heterogêneo, com perdas e ganhos de produção entre as UF. O crescimento ou declínio na produção seria acentuado ao longo do tempo. As principais UF produtoras seriam beneficiadas: SP, GO, MG, MS e PR apresentando crescimento de 15%, 15%, 10%, 6,8% e 11%, na produção de Cana de Açúcar em 2080, respectivamente. Em consequência, a produção nacional se elevaria em 4,04% (11,8%) e seu preço se reduziria em 5,7% (15,3%) em 2050 (2080).

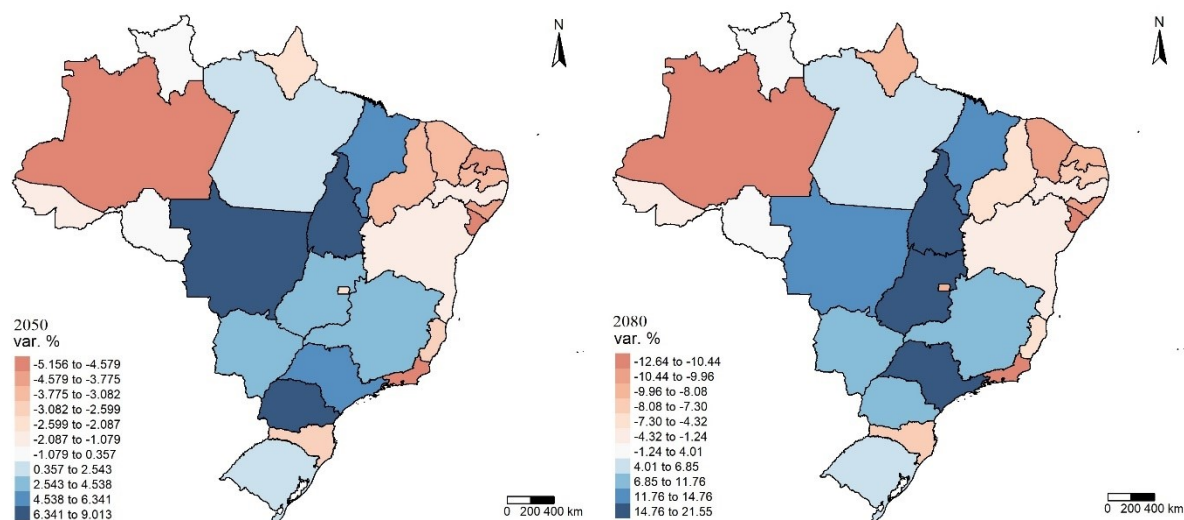


Figura 26: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Cana de Açúcar Patronal no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O cenário RCP 8.5 se mostraria mais propício para a produção de Cana de Açúcar nas principais UF produtoras. A Figura 27 apresenta os resultados da simulação com o cenário RCP 8.5 e verifica-se o acentuamento das dinâmicas produtivas. Em média, regiões beneficiadas aumentariam a produção e regiões negativamente afetadas intensificariam a redução da produção. Como resultado, em termos nacionais, a produção poderia se elevar em 5,8% (9,9%) e seu preço decresceria 8,22% (13%) em 2050 (2080).

O desempenho do estado de SP na produção de Cana de Açúcar seria relevante em ambos os cenários. O crescimento de 10% no cenário otimista e de 12% no pessimista, no ano de 2080, para o setor que apresenta grande participação no PIB agrícola estadual e regional, contribui para o resultado líquido positivo do nível de atividade do setor patronal agregado no estado de SP e na região Sudeste, conforme verificado nas Figuras 32, 33, 34 e 35.

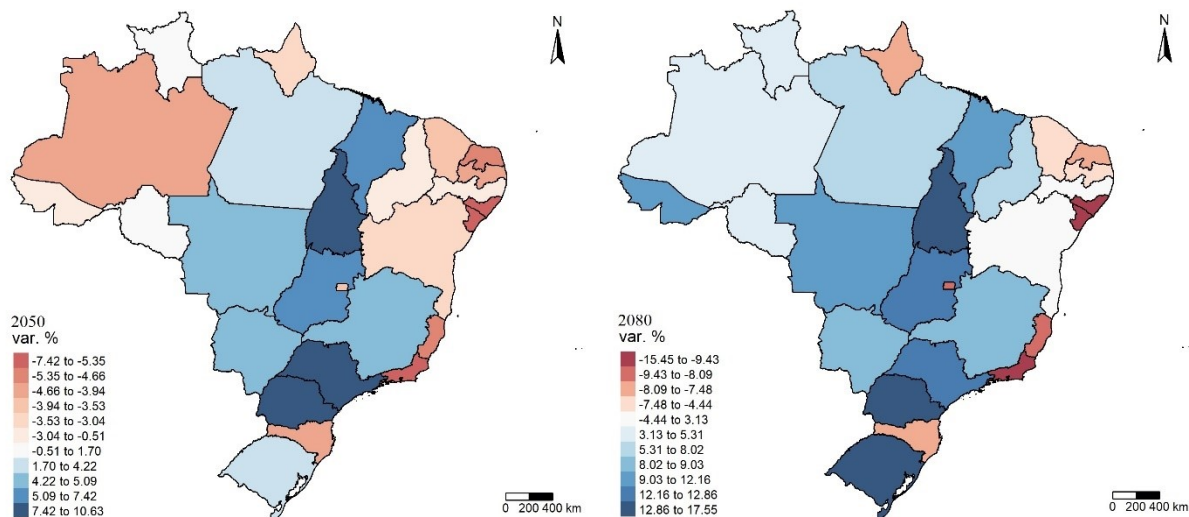


Figura 27: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Cana de Açúcar Patronal no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

A soja, principal produto agrícola exportado pelo Brasil, é produzida majoritariamente pelo setor patronal, que responde por 95% da produção nacional no modelo AGRO-BR. Os principais produtores estão nos estados de MT, RS, PR, GO, MS e MG seguidos por MA, TO, PI e BA. As projeções indicam efeitos heterogêneos entre as UF, embora, na média, ocorra aumento de produtividade do cultivo em ambos os cenários.

A Figura 28 apresenta os resultados simulados para o cultivo do setor Soja Patronal para o cenário RCP 4.5. O estado do MT, principal produtor e responsável por 30% da produção nacional, apresentaria pequeno aumento em sua produção no ano de 2080. Os estados de RS, MS e PR, também apresentariam aumento respectivo de 7%, 4% e 7,6%. Os estados de MG, GO, MA, TO, PI e BA apresentariam redução da produção no ano de 2080. Como resultado nesse cenário a produção nacional subiria 0,5% (2,03%) e seu preço se reduziria em 0,3% (1,25%) em 2050 (2080). Em relação ao volume exportado, as projeções indicam aumento das exportações de Soja nas principais UF produtoras, MT, RS e PR com variação positiva de 1,6%, 6,4% e 5,8%, respectivamente em 2080, no cenário RCP 4.5.

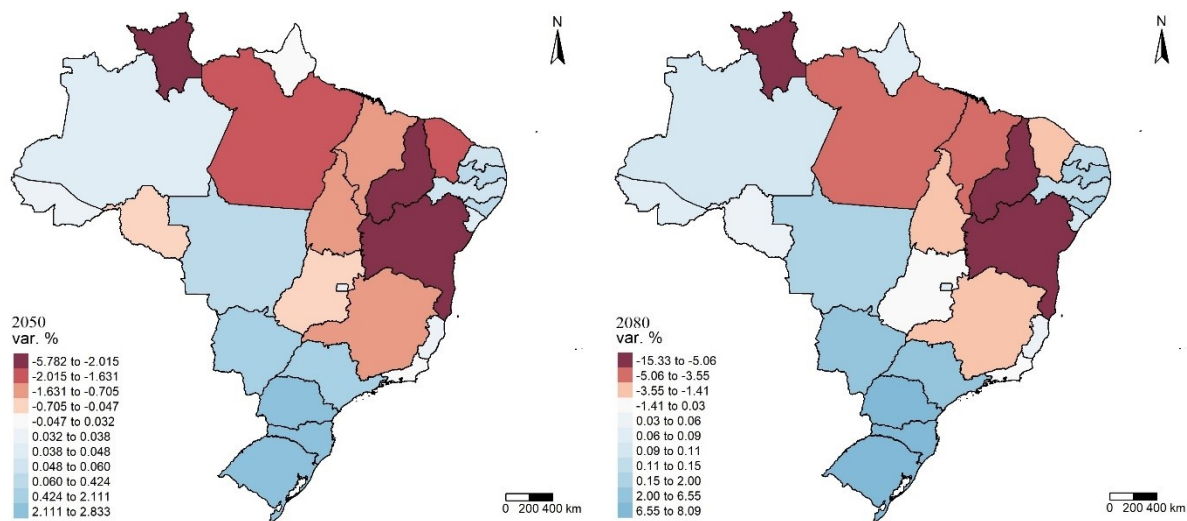


Figura 28: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Soja em Grão Patronal no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Os resultados verificados da soja patronal para o cenário RCP 8.5 indicam que as mesmas regiões seriam afetadas. Comparativamente ao cenário RCP 4.5, o cenário pessimista apresenta leve aumento de intensidade para os efeitos sobre a produção. Regiões com aumento (redução) de produção intensificariam os ganhos (perdas) em termos de produção. Como resultado, no cenário RCP 8.5, a produção nacional ascenderia 0,7% (3,25%) e o preço do produto reduziria em 0,4% (2,04%) em 2050 (2080). No cenário RCP 8.5, as projeções para o volume exportado indicam crescimento superior ao projetado pelo cenário RCP 4.5, em virtude do maior decréscimo do preço relativo. As principais UF produtoras, MT, RS e PR apresentariam variação positiva no volume de Soja exportada em 3,2%, 8% e 7,7%, respectivamente em 2080.

Efeitos indiretos sobre a cadeia produtiva vinculada aos setores agrícolas são esperados. O desempenho positivo nos setores Cana de Açúcar e Soja Patronal contribuiriam para o desempenho do setor de Alimentos e Bebidas, posto que, dentre os demais setores agrícolas, são os principais ofertantes. As Tabelas 48 e 49 apresentam a variação do nível de produção do setor Alimentos e Bebidas, que apresentaria elevação na produção de até +0,06% no cenário RCP 4.5 e de +0,07% no cenário RCP 8.5.

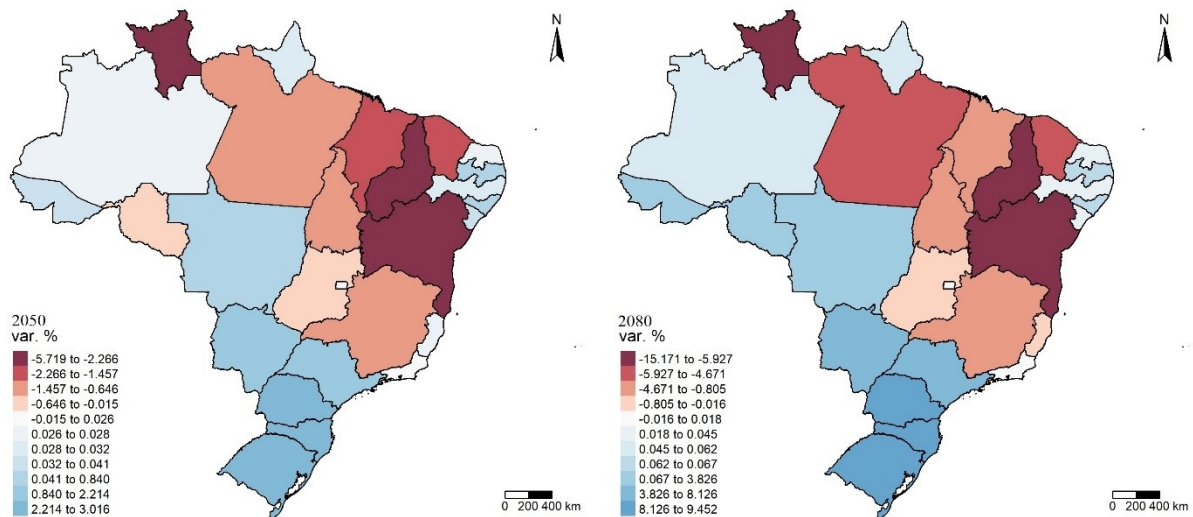


Figura 29: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Soja em Grão Patronal no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

A produção patronal de Café em Grão corresponde a 68% da produção nacional de café no modelo AGRO-BR. As principais UF produtoras são MG e ES, com respectivamente 67% e 13% da produção patronal nacional. Tais UF seriam impactadas de maneira negativa pelos efeitos das mudanças climáticas, e segundo as simulações, para o cenário otimista RCP 4.5, a redução de suas produções, em relação ao cenário base, chegariam a 3,5% em MG e 7,5% no ES, em 2080. Por consequência, no cenário RCP 4.5, a produção nacional do café poderia ter uma redução de 1,75% (3,6%) com aumento de preço em 1,08% (2,24%), em 2050 (2080). A Figura 30 apresenta os resultados para o cenário RCP 4.5.

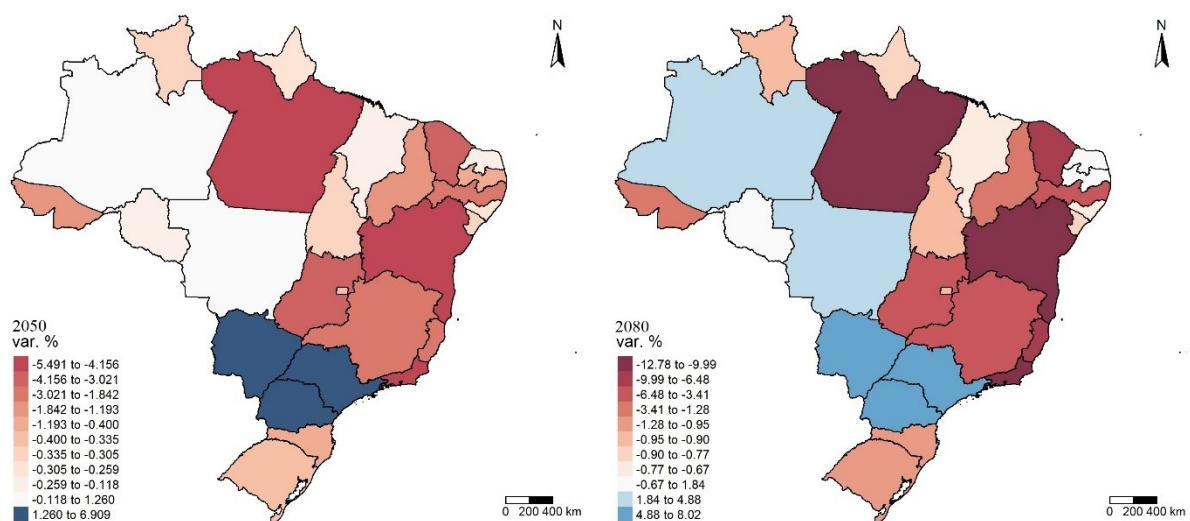


Figura 30: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Café em Grão Patronal no cenário RCP 4.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

No cenário RCP 8.5, ilustrado pela figura 16, verifica-se uma projeção de deterioração do nível de produção para o ES, com redução da produção de 9,2% em relação ao cenário base no ano de 2080. A produção para MG, o principal produtor, se manteria estável em relação ao cenário base em 2080 e os estados de SP e PR se beneficiariam com aumento na produção de 2,5% e 6,8%, respectivamente, no mesmo ano. Como resultado, no cenário RCP 8.5, a produção nacional se reduziria em 2% (1,07%) e seu preço se elevaria em 1,2% (0,6%) em 2050 (2080). A análise dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 indica um possível movimento de deslocamento das regiões propícias ao cultivo do café em direção aos estados de SP e PR.

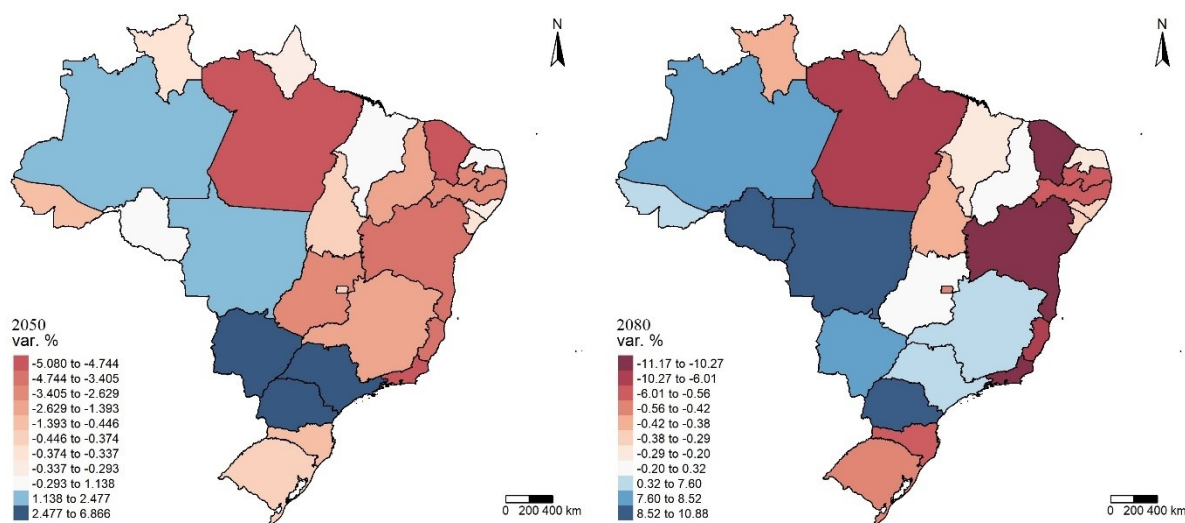


Figura 31: Impacto das mudanças climáticas sobre a Produção de Café em Grão Patronal no cenário RCP 8.5, por UF (desvio % acumulado em 2050 e 2080)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Os resultados projetam retração do volume exportado do setor Café em Grão Patronal em ambos os cenários. Conforme já mencionado, a retração é desencadeada pelo aumento do preço relativo do setor em decorrência da redução de sua produção. Queda mais intensa seria verificada nas exportações do estado do Espírito Santo no cenário RCP 4.5 (RCP 8.5), -10,2% (-13,8%) em 2080. Comparativamente, também no ES, o setor Café em Grão Familiar apresentaria retração maior no volume exportado, -18,5% (-22,9%) em 2080, em decorrência do maior aumento dos preços relativos.

Os resultados dos impactos das mudanças climáticas projetados sobre a produção dos setores agrícolas familiares e patronais, apresentados nesta seção, são relevantes para os resultados agregados regionais e macroeconômicos, pois são setores com grande participação econômica e vinculados a outros setores industriais, como o setor de Alimentos e Bebidas, Adubos e Fertilizantes e Defensivos Agrícolas. Portanto, o desempenho econômico regional e

de setores industriais que demandam ou ofertam produtos para os setores aqui apresentados, são, em grande medida, influenciados pelos seus resultados, tais setores são importantes elos de propagação dos efeitos econômicos intersetoriais.

4.2.3 – Resultados Regionais

Os resultados das simulações sobre o desempenho setorial nas Unidades da Federação evidenciam a heterogeneidade regional dos efeitos das alterações de produtividade oriundos das Mudanças Climáticas. A performance agregada dos setores agrícolas familiar e patronal por UF, apresentados nas Figuras 32 e 33, são resultados líquidos do impacto na atividade de todos os setores no modelo AGRO-BR. A análise setorial individual é necessária para verificar setores ganhadores e perdedores ante ao fenômeno das mudanças climáticas, assim como verificar os setores relevantes para os resultados, posto que seu desempenho é heterogêneo entre regiões e setores. A Tabela 50 apresenta a produção agregada dos setores da agricultura familiar e patronal por UF, para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 nos anos de 2050 e 2080.

Tabela 50: Variação da produção do setor agrícola familiar e patronal decorrentes dos choques de produtividade agrícola (Variação % acumulada em relação ao cenário base)

Cenário	RCP 4.5				RCP 8.5			
	2050		2080		2050		2080	
Período	Familiar	Patronal	Familiar	Patronal	Familiar	Patronal	Familiar	Patronal
UF / Setor Agrícola								
RO	-2,13	-1,13	-4,87	-2,98	-0,87	-1,21	-1,32	-3,91
AC	-2,31	-1,60	-8,18	-5,21	-2,41	-1,97	-11,34	-7,72
AM	-1,14	-0,36	-6,10	-1,25	-0,62	-0,18	-7,14	-0,36
RR	-2,31	-3,10	-9,19	-8,80	-0,51	-3,27	-8,97	-9,20
PA	-4,88	-1,00	-9,57	-1,73	-1,36	-0,53	-8,62	-2,02
AP	-8,64	5,44	-23,62	12,52	-7,91	5,57	-15,64	14,86
TO	0,15	-0,77	-2,47	-2,89	-0,03	-0,96	-3,95	-4,22
MA	2,14	-1,70	4,27	-4,56	0,25	-2,24	-3,11	-6,97
PI	3,55	-2,92	8,59	-7,63	2,59	-3,66	5,83	-9,89
CE	0,47	1,36	4,67	4,12	-1,79	-1,62	-2,73	-2,27
RN	-2,45	2,94	-4,06	10,14	-3,33	-2,09	-6,50	0,78
PB	-1,27	-2,37	-2,05	-5,39	-3,43	-3,19	-7,81	-5,01
PE	-2,04	-0,68	-4,51	-0,66	-4,13	-0,97	-10,32	-0,80
AL	-2,45	-3,59	-4,85	-9,02	-4,29	-4,73	-10,46	-8,63
SE	-3,72	-3,68	-7,61	-9,92	-5,67	-5,44	-13,39	-13,47
BA	-1,26	-4,19	-2,42	-11,25	-3,45	-4,57	-6,72	-12,09
MG	-2,24	-1,50	-5,75	-2,65	-2,55	-1,40	-4,64	-2,08
ES	-4,01	-2,77	-11,74	-6,80	-5,47	-3,87	-15,98	-8,56
RJ	-1,68	-3,22	-3,46	-8,39	-3,27	-4,76	-7,80	-11,09
SP	0,91	2,42	0,94	6,79	0,62	3,59	1,20	3,73
PR	0,68	1,30	1,04	2,19	0,54	1,17	1,54	2,52
SC	1,32	0,17	2,87	0,36	1,19	-0,01	3,03	1,18

RS	1,47	0,98	3,43	2,94	1,40	1,05	3,58	3,78
MS	-2,20	-0,74	-8,47	-2,09	-2,27	-0,25	-9,69	-0,61
MT	-0,96	-1,09	-3,69	-4,40	-0,68	-1,95	-3,82	-6,28
GO	2,76	-0,71	2,85	-0,87	0,90	0,09	0,80	-1,59
DF	0,56	0,04	1,71	0,05	0,91	0,05	2,92	0,11

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

O impacto na atividade econômica das UF, por setores agrícolas familiar e patronal, para o cenário RCP 4.5, são representados nas Figuras 32 e 33. No setor familiar, os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, São Paulo, Goiás, assim como os estados da região Sul e do DF apresentariam crescimento. Todos os demais apresentariam queda no nível de atividade econômica em relação ao cenário base. A Figura 33 demonstra que os estados do Amapá, Ceará, Rio Grande do Norte e São Paulo e todos da região Sul apresentariam crescimento do nível de atividade setorial patronal.

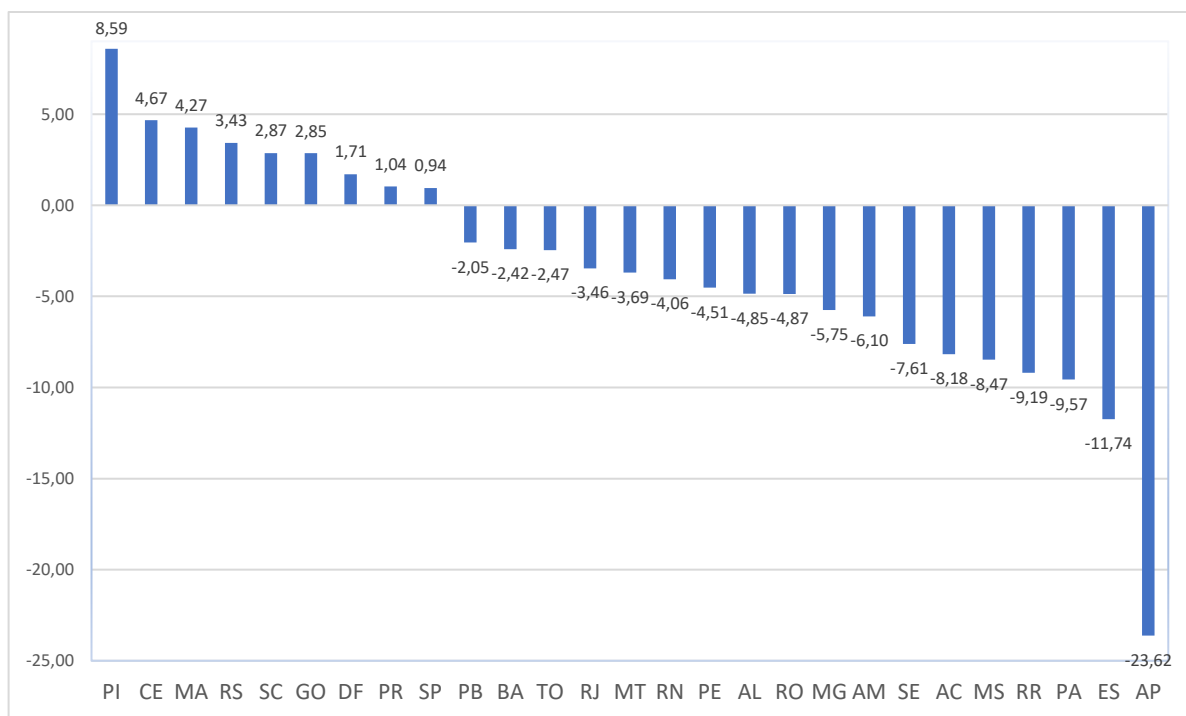


Figura 32: Produção do Setor Agrícola Familiar por Unidade da Federação em 2080 no Cenário RCP 4.5 (Var. % acumulada)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

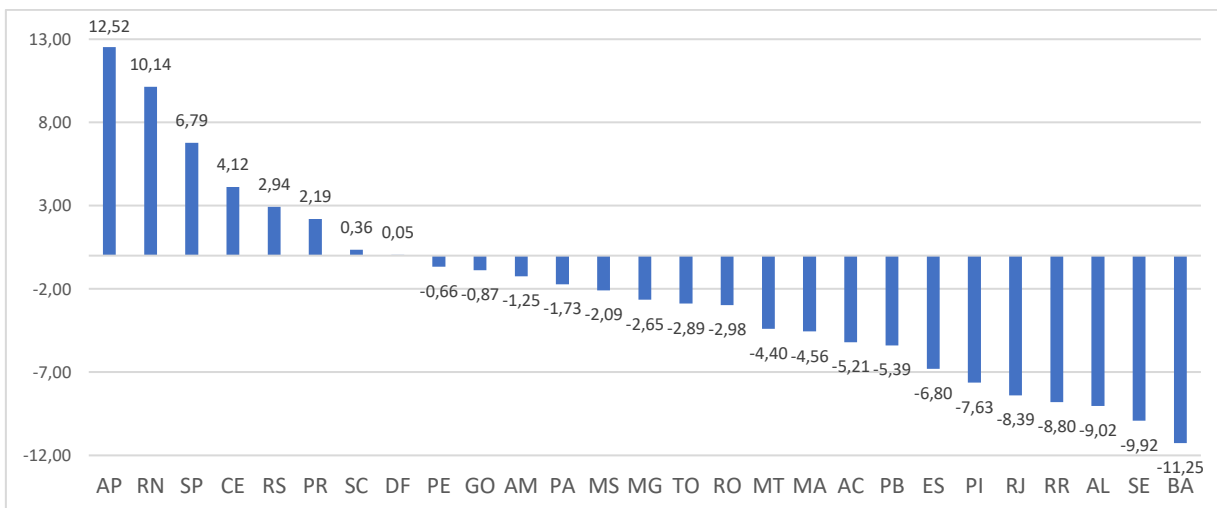


Figura 33: Produção do Setor Agrícola Patronal por Unidade da Federação em 2080 no Cenário RCP 4.5 (Var. % acumulada)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

Com exceção dos estados da região Sul, as simulações apontam para uma deterioração do nível médio de atividade econômica dos setores agrícolas nas UF no cenário RCP 8.5. Entre os setores ganhadores verifica-se um aumento da atividade econômica de magnitude inferior ao simulado no cenário RCP 4.5, também com exceção dos estados da região Sul. A Figura 34 apresenta os resultados setoriais agregados familiar, enquanto a Figura 35 mostra os resultados para os setores agregados patronal por UF. As Tabelas D10 e D11 no Apêndice D apresentam o nível de produção setorial por UF.

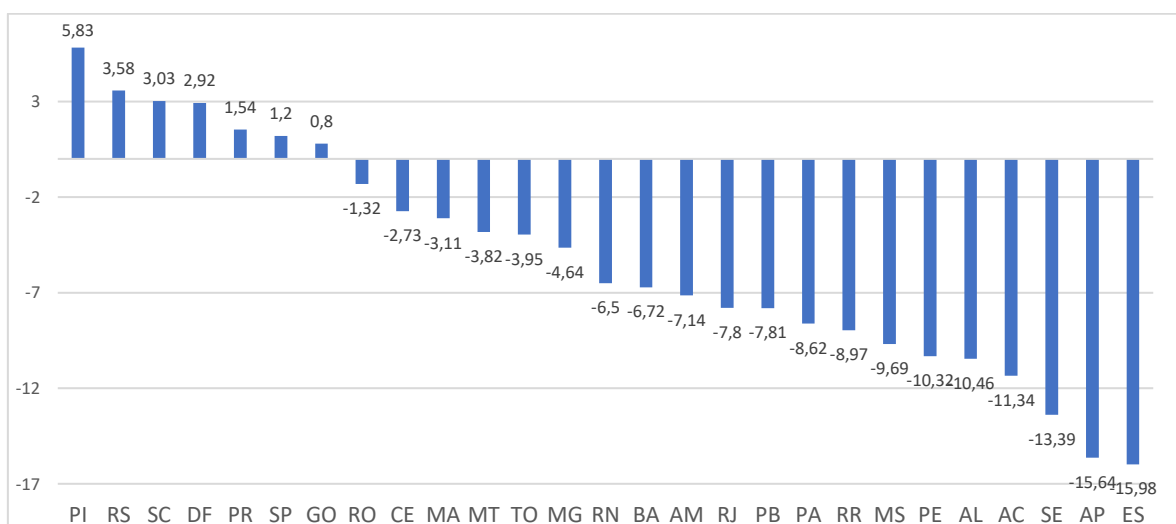


Figura 34: Produção do Setor Agrícola Familiar por Unidade da Federação em 2080 no Cenário RCP 8.5 (Var. % acumulada)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

O desempenho positivo em ambos os cenários da região Sul é decorrente do choque positivo da produtividade agrícola na região. Conforme mencionado no capítulo 2, a elevação de temperatura projetada pelas Mudanças Climáticas propiciaria o cultivo de culturas que não se adaptam às temperaturas baixas. Isso explica o aumento do nível de atividade no cenário pessimista, com temperaturas mais elevadas na região. O desempenho positivo do estado de SP é decorrente do aumento da produtividade de setores cuja participação no PIB estadual é relevante, como soja, café, cana de açúcar e algodão para os setores patronais, e feijão, café e uva para os setores familiares.

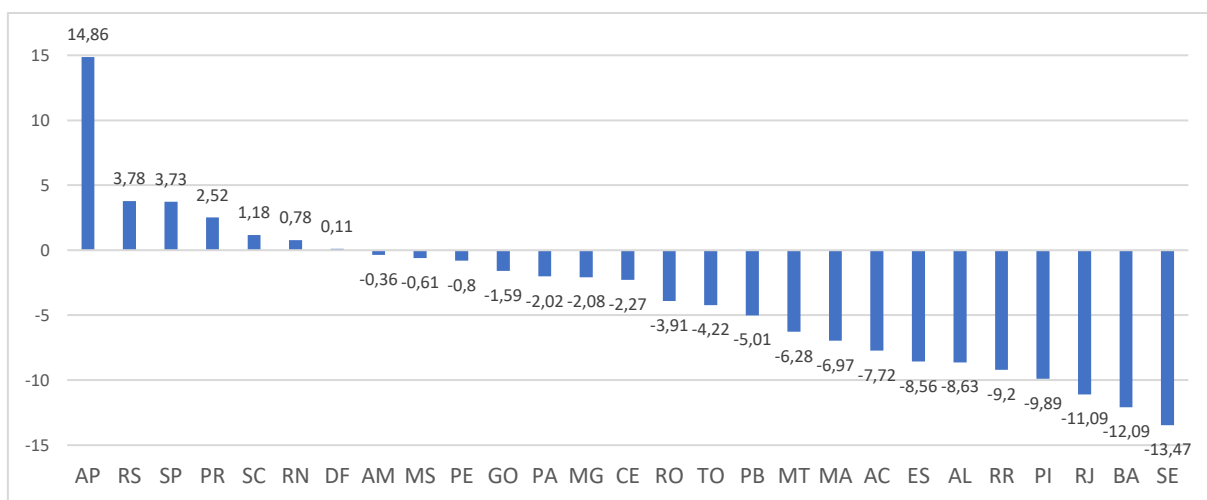


Figura 35: Produção do Setor Agrícola Patronal por Unidade da Federação em 2080 no Cenário RCP 8.5 (Var. % acumulada)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

O estado do Amapá apresentaria maior discrepância de desempenho entre os setores familiar e patronal em ambos os cenários simulados. O setor familiar teria redução do nível de atividade em decorrência dos setores de Mandioca, Feijão e Outros de Lavoura Permanente terem sido mais afetados pela queda de produtividade da terra. Em contrapartida, os setores patronais produtores de Banana, e Outros da Lavoura Temporária e Permanente teriam desempenho positivo, sendo os principais responsáveis pela elevação do nível de atividade econômica no estado.

A Figura 36 apresenta os efeitos das mudanças climáticas no cenário RCP 4.5, acumuladas para o ano de 2050, sobre os setores agrícolas familiar e patronal por grande região. De modo geral, a atividade da agricultura familiar seria negativamente afetada nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do país. Apenas as regiões Centro-Oeste e Sul apresentariam aumento no nível de atividade. Em relação à agricultura patronal, as regiões negativamente

impactadas seriam Norte, Nordeste e Centro Oeste. Já as regiões Sudeste e Sul se beneficiariam em termos de atividade econômica.

A relevância da participação do estado de São Paulo para o nível de atividade da região Sudeste explicaria o desempenho positivo do setor patronal da região, posto que nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro o desempenho econômico seria negativo em ambos os cenários. São Paulo se destaca na produção patronal de Algodão, Cana de Açúcar, Trigo em Grãos, e outros da Lavoura Permanente. Alguns setores expressivos em termos de relevância econômica apresentariam declínio no nível de atividade, como a produção patronal de Milho em Grãos e Laranja, contudo, o efeito líquido em nível de atividade é positivo. No setor familiar, SP se destaca positivamente na produção de Feijão, Café, Outros da Lavoura Permanente e Temporária. Destarte, a produção familiar de Mandioca e Banana apresentaria declínio acentuado. As Tabelas D10 e D11 no Apêndice D apresentam os resultados detalhados de produção setorial por UF.

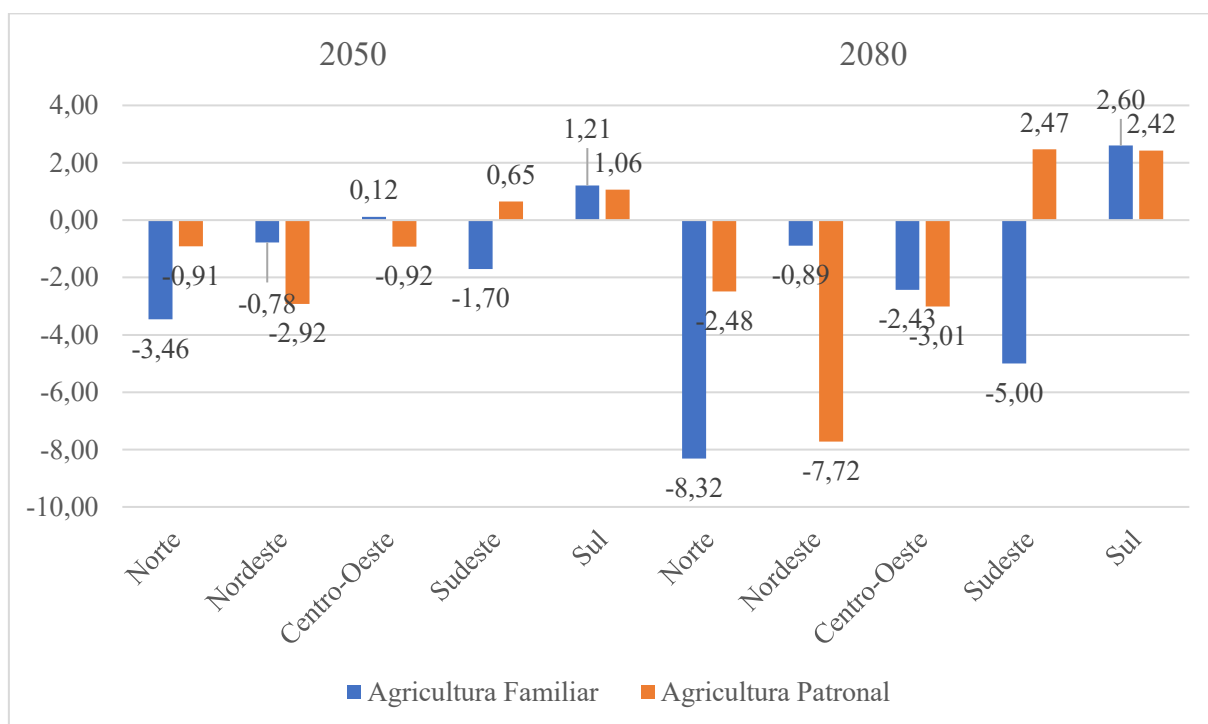


Figura 36: Nível de Atividade Econômica Regional no Cenário RCP 4.5 (Var. % acumulada)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

As simulações do cenário RCP 8.5 indicam possível intensificação dos efeitos negativos e positivos ao longo do tempo em todos os setores e regiões. No ano de 2080, setores beneficiados intensificariam os ganhos e setores negativamente afetados apresentariam piora nos resultados. A Figura 37 apresenta os resultados referentes ao cenário RCP 8.5.

Comparativamente, em termos de redução de atividade econômica, os setores da agricultura familiar seriam mais afetados nas regiões Norte e Sudeste, enquanto os setores da agricultura patronal seriam mais impactados no Nordeste e Centro-Oeste. A redução do nível de atividade da agricultura familiar na região Norte passaria de -3,4% em 2050 para -8,3% em 2080. A redução do nível de atividade da agricultura patronal no Nordeste passaria de -2,9% em 2050 para -7,7% em 2080. A região Sul, única beneficiada em ambos os setores, teria o nível de atividade elevado em 2080.

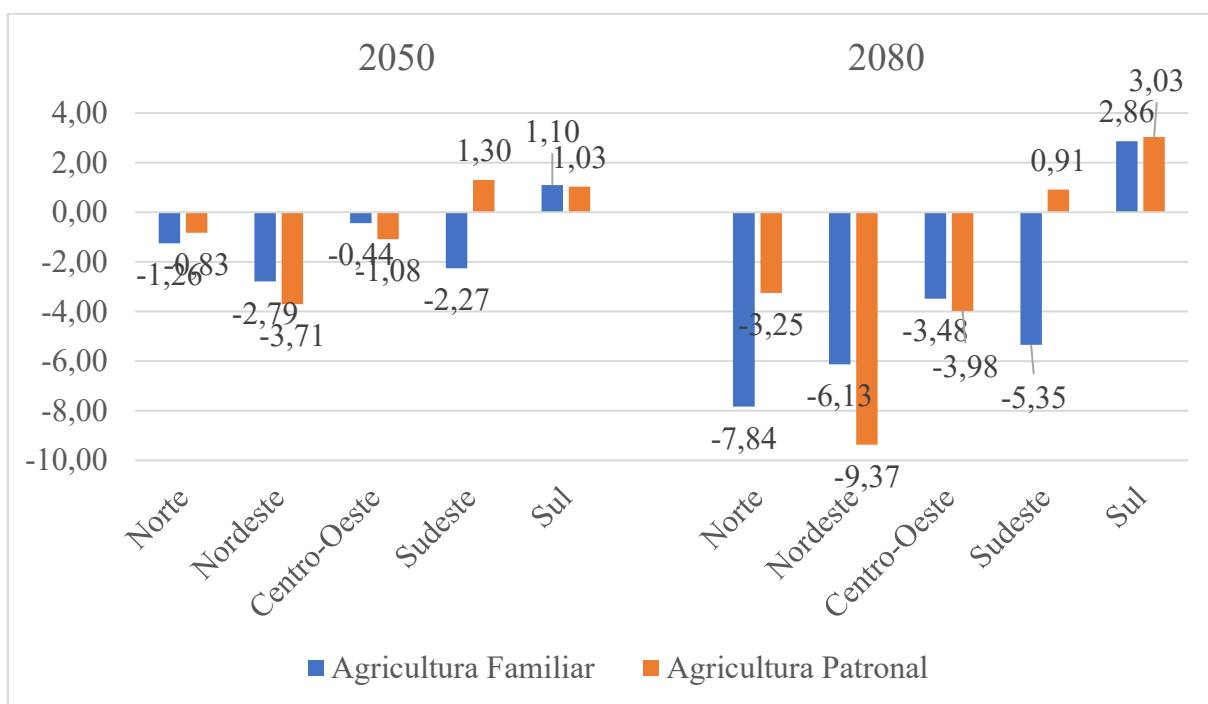


Figura 37: Nível de Atividade Econômica Regional no Cenário RCP 8.5 (Var. % acumulada)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

Enfatiza-se novamente que a região Sul apresentaria crescimento econômico em ambos os setores e cenários, com intensificação do nível de atividade ao longo do tempo. Esse desempenho é verificado em decorrência do aumento da temperatura e dos níveis de precipitação na região, de maior intensidade no cenário RCP 8.5, o que propiciaria o aumento estimado de produtividade agrícola médio para os produtores familiares e patronais.

Os resultados setoriais indicam heterogeneidade no desempenho econômico. A Tabela 51 apresenta o desempenho dos setores da agricultura familiar para o ano de 2080. Norte e Sudeste seriam as regiões mais afetadas negativamente pela retração dos setores familiares. Na região Norte, a produção de Mandioca Familiar, Castanha de Caju Familiar e Banana Familiar são relevantes para o desempenho negativo do setor familiar no cenário 8.5, respondendo com quedas no nível de atividade econômica da ordem de -25,10%, -16,74% e -9,04%,

respectivamente. Na região Sudeste, os setores produtores de Banana Familiar (-20,76%), Feijão em Grão Familiar (-18,54%) e Café em Grão Familiar (-9,45%) são os que mais contribuem para a contração do setor agregado. O desempenho positivo dos setores familiares concentra-se na região Sul com o crescimento do setor de Outros da Lavoura Temporária Familiar (24,8%), Outros da Lavoura Permanente Familiar (21,3%), Café em Grão Familiar (7%), Feijão em Grão Familiar (5,2%) e Trigo em Grão Familiar (3,4%).

Tabela 51: Produção Agrícola Setorial Familiar por Grande Região em 2080 (Var.% Acumulada em relação ao cenário base)

Cenário	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Arroz	0,69	0,35	0,19	1,43	-0,56	0,34	0,71	-0,55	1,84	-0,14
Trigo e Cereais	-1,19	-2,36	1,91	1,41	2,22	-1,59	-1,21	2,94	2,30	3,40
Milho em Grão	-2,16	-2,61	1,24	-2,33	2,29	-0,72	-4,03	2,99	-2,31	3,25
Algodão em Fibra	0,34	0,3	0,47	0,16	0,23	0,51	0,33	0,64	0,29	0,30
Cana de Açúcar	0,88	1,23	0,18	-0,07	-0,16	0,76	1,42	0,02	0,00	-0,29
Soja em Grão	-1,9	-2,06	-1,98	-1,48	0,51	-2,90	-3,45	-2,44	-2,05	1,05
Mandioca	-21,11	-3,64	-25,36	-4,94	5,28	-25,10	-8,05	-29,32	-9,63	-2,63
Fumo em Folha	1,26	0,58	1,37	1,42	2,23	1,26	0,99	1,37	1,55	1,97
Tomate	-0,08	0,09	-0,18	-0,26	-0,19	-0,01	0,13	-0,16	-0,21	-0,23
Batata Inglesa	0,13	-0,15	0,16	-0,08	0,17	0,27	-0,36	0,18	-0,07	0,20
cebola	0,34	-0,38	0,15	-0,81	0,13	0,35	-0,82	0,10	-0,90	0,11
Amendoim	0,16	0,09	0,18	0,05	0,12	0,20	0,20	0,17	0,07	0,10
Abacaxi	0,1	0,17	-0,09	-0,41	0,42	-0,26	0,16	-0,42	-0,48	0,61
Banana	-6,04	3,65	-10,85	-10,36	-24,69	-9,04	-9,70	-20,94	-20,76	-28,89
Feijão	10,09	-4,28	20	-13,46	-1,38	26,39	-13,95	26,33	-18,54	5,26
Castanha de Caju	-14,78	3,27	-6,55	-1,24	-1,11	-16,74	-3,87	-3,90	3,34	-0,98
Uva	2,65	0,26	2,67	1,36	-2,58	2,58	4,11	2,59	4,79	-2,53
Lavoura Temp.	4,22	3,44	17,15	1,13	19,81	8,80	-3,30	16,37	1,19	24,87
Laranja	3,21	-4,23	-0,05	-3,29	-1,33	2,21	-5,23	-2,97	-4,49	-2,02
Café em Grão	-4,74	-19,06	1,36	-10,94	5,02	4,17	-19,70	10,02	-9,45	7,31
Lavoura Perm.	-26,22	-10,97	15,5	9,89	20,07	1,77	-18,36	27,75	6,57	21,36

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Nos setores patronais, as regiões do Nordeste e Centro-Oeste seriam as mais impactadas negativamente. No Nordeste, em 2080, os setores produtores de Laranja Patronal (-27,6%), Algodão em Fibra Patronal (-26,4%) e Milho em Grão Patronal (-25,2%), e no Centro-Oeste, os setores de Algodão em Fibra Patronal (-27,3%), Milho em Grão Patronal (-26,5%) e Laranja Patronal (-25%) seriam os mais impactados. O desempenho positivo do nível de atividade econômica setorial patronal concentra-se na região Sul. Os setores de Laranja Patronal, Trigo e Cereais Patronal, e Cana de Açúcar Patronal, este sobretudo no estado do Paraná, se destacam com crescimento respectivo de 22,2%, 15,6% e 15,1% em 2080. Os resultados setoriais patronais estão representados na Tabela 52.

Tabela 52: Produção Agrícola Setorial Patronal por Grande Região em 2080 (Var. % Acumulada em relação ao cenário base)

Cenários	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Setor Patronal	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste
Arroz	-6,18	-1,53	-6,27	5,05	-1,94	-8,63	0,69	-10,08	7,87	-4,16
Trigo e Cereais	-3,24	-3,13	8,72	7,26	9,64	-4,51	-4,22	12,75	15,42	15,64
Milho em Grão	-19,49	-18,69	-21,71	-21,78	-18,46	-25,49	-25,28	-26,51	-26,64	-23,75
Algodão em Fibras	0,83	-25,57	-17,81	-10,28	-4,92	1,07	-26,40	-27,38	-16,79	-9,17
Cana de Açúcar	9,94	-6,05	12,1	14,38	11,28	11,08	-5,40	10,71	11,31	15,19
Soja em Grão	-2,92	-5,63	1,13	1,07	7,37	-2,79	-6,55	2,77	1,95	8,95
Mandioca	-5,72	-1,78	1,22	0,62	3,61	-6,05	-3,91	0,62	-1,17	3,22
Fumo em Folha	0,45	0,37	0,42	0,43	0,47	0,43	0,38	0,39	0,39	0,43
Tomate	0,28	0,06	-0,38	-0,3	0,46	0,29	0,21	-0,31	-0,28	0,43
Batata Inglesa	-0,12	-2,7	-0,96	-0,19	-0,43	-0,18	-2,46	-1,09	-0,31	-0,56
cebola	0	0,58	-1,06	-0,4	0,43	0,07	0,47	-1,05	-0,16	0,44
Amendoim	-0,19	-0,47	-0,67	0,72	0,6	-0,57	-0,03	-1,00	0,61	0,66
Abacaxi	0	0,22	-0,02	-0,41	-0,05	-0,15	0,16	-0,22	-0,42	-0,17
Banana	-4,94	3,89	-5,37	-4,82	-13	-6,37	-3,30	-10,06	-9,07	-13,81
Feijão	-1,96	-8,21	-8,44	-5,93	5,93	-5,25	-15,30	-8,97	-10,57	4,94
Castanha de Cajú	6,7	3,7	0,12	-0,22	-2,63	3,82	-1,11	0,15	0,14	-2,94
Uva	0,05	0,06	0	0,52	0,51	0,04	0,03	-0,04	0,59	0,71
Lavoura Temp.	8,19	-2,62	25,19	2,23	-5,5	7,18	-6,67	29,86	6,06	12,09
Laranja	12,29	-19,41	-17,89	-16,41	10,91	-1,44	-27,62	-25,05	-21,88	22,20
Café em Grão	1,36	-10,6	-5,53	-3,1	7,17	8,30	-10,94	0,09	-0,33	10,77
Lavoura Perm.	-2,77	5,73	17,67	11,51	-3,97	14,43	14,82	15,76	14,51	3,80

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Os efeitos indiretos da queda de produtividade da terra dos setores agrícolas repercutem no restante dos setores, mas esse impacto é condicionado por uma série de elementos. Quanto mais vinculados aos setores agrícolas, maiores são os efeitos, com destaque para os setores que utilizam produtos agrícolas como insumos (setor de alimentos) ou setores que são produtores de insumos agrícolas (como fertilizantes, energia e serviços). A Tabela 53 apresenta o impacto das mudanças climáticas sobre a atividade econômica setorial por grande região, considerando o cenário RCP 4.5.

Tabela 53: Produção Setorial por Grande Região no Cenário RCP 4.5 (Var. % Acumulada)

Região	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul	
	Setores / Ano	2050	2080	2050	2080	2050	2080	2050	2080	2050
Agricultura Familiar	-3,46	-8,32	-0,78	-0,89	0,12	-2,43	-1,70	-5,00	1,21	2,60
Agricultura Patronal	-0,91	-2,48	-2,92	-7,72	-0,92	-3,01	0,65	2,47	1,06	2,42
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,05	-0,14	-0,03	-0,12	-0,07	-0,20	-0,12	-0,35	-0,03	-0,14
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,07	-0,18	-0,06	-0,18	-0,07	-0,19	-0,09	-0,25	-0,04	-0,12
Silvicultura Familiar	-0,02	-0,02	-0,04	-0,09	-0,02	-0,01	-0,02	-0,02	0,00	0,01
Silvicultura Patronal	-0,03	-0,09	-0,03	-0,10	-0,01	-0,01	-0,01	-0,03	0,01	0,03
Extração Vegetal Familiar	-0,02	-0,05	-0,01	-0,02	0,01	0,02	-0,01	-0,03	0,02	0,05
Extração Vegetal Patronal	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,12	0,01	0,03	0,01	0,05
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	-0,01
Indústria Extrativa	0,03	0,14	0,01	0,08	0,05	0,18	0,02	0,08	0,02	0,07
Indústrias Diversas	0,28	0,88	0,16	0,50	0,38	1,13	0,03	0,09	0,13	0,39

Eletrônicos	0,01	0,03	0,03	0,06	0,04	0,08	0,00	-0,01	0,03	0,08
Alimentos e Bebidas	-0,21	-0,66	0,10	0,28	0,03	0,04	0,09	0,26	0,01	-0,08
Diesel Combustível	-0,03	-0,05	-0,10	-0,18	-0,01	0,03	0,02	0,07	0,07	0,19
Produtos Químicos Inorgânicos	0,00	0,07	-0,11	-0,22	-0,10	-0,24	0,05	0,19	0,15	0,44
Adubo e Fertilizantes	-0,73	-1,57	-0,82	-2,09	-0,52	-1,52	0,18	1,03	0,61	1,53
Defensivos Agrícolas	-0,59	-1,34	-1,07	-2,41	-0,34	-0,74	0,05	0,38	0,53	1,22
Eletricidade e Gás	-0,02	-0,03	-0,02	-0,06	-0,02	-0,08	-0,01	-0,02	0,02	0,07
Instituições Financeiras e Seguros	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,02	0,02	0,05
Comércio	-0,07	-0,10	-0,03	-0,01	-0,05	-0,09	-0,05	-0,11	0,04	0,10
Transporte de Carga	-0,07	-0,06	-0,04	-0,02	-0,05	-0,11	0,00	0,04	0,04	0,11
Serviços	0,00	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	-0,01	-0,02	0,01	0,03
Setor Público	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,04	0,00	-0,01	-0,01	-0,03
Construção Civil	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	-0,02	-0,06	0,03	0,08

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Verifica-se que os setores familiar e patronal produtores de Bovino e Outros Animais, que representam a atividade pecuária no modelo, seriam negativamente afetados com redução no nível de atividade em ambos os cenários e em todas as regiões. Esse desempenho é ocasionado pela alocação de fatores primários de produção e pelo nível de atividade econômica de cada região. Alterações de produtividade da terra implicam realocação de fatores primários de produção. Contudo, o fator Terra é fixo entre setores e regiões. Deste modo, alterações de produtividade da terra que alteram o custo desse fator, impactam os demais fatores primários de produção, capital e trabalho, por serem passíveis de serem substitutos no processo produtivo. Setores com ganho de produtividade da terra, liberam recursos para a contratação de mais fatores primários (capital e trabalho) alocados para a expansão da produção. Setores com perda de produtividade realocam fatores primários, substituindo terra por capital e trabalho, na margem. Os fatores são alocados de outros setores e regiões. Em ambas as situações, ocorreriam elevação dos custos de produção para os setores indiretamente afetados pelos choques de produtividade da terra em decorrência da alocação dos fatores primários, e conseqüentemente redução dos níveis de atividade.

Os setores de Diesel e Combustíveis, Produtos Químicos Inorgânicos, Adubo e Fertilizantes, e Defensivos Agrícolas, representam cerca de 60% dos insumos utilizados na produção agrícola, e portanto, são sensíveis aos efeitos indiretos dos choques de produtividade da terra sobre os setores agrícolas. Verifica-se desempenho semelhante entre estes setores, com queda de atividade nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, e desempenho positivo no Sudeste e Sul. Ressalta-se a possível participação positiva do estado de SP no desempenho destes setores na região Sudeste, posto que os demais estados da região apresentariam declínio nos níveis de atividade agrícola familiar e patronal. Em linhas gerais, no cenário RCP 8.5, o

desempenho dos setores agrícolas em termos de nível de atividade econômica, seria pior que o verificado o cenário RCP 4.5. Esse comportamento também seria verificado nos setores de Adubo e Fertilizantes, Defensivos Agrícolas e demais setores ofertantes de insumos para os setores agrícolas.

Tabela 54: Produção Setorial por Grande Região no Cenário RCP 8.5 (Var. % Acumulada em relação ao cenário base)

Região Setores / Ano	Norte		Nordeste		Centro-Oeste		Sudeste		Sul	
	2050	2080	2050	2080	2050	2080	2050	2080	2050	2080
Agricultura Familiar	-1,26	-7,84	-2,79	-6,13	-0,44	-3,48	-2,27	-5,35	1,10	2,86
Agricultura Patronal	-0,83	-3,25	-3,71	-9,37	-1,08	-3,98	1,30	0,91	1,03	3,03
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,05	-0,05	-0,06	-0,14	-0,07	-0,20	-0,15	-0,39	-0,07	-0,15
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,08	-0,15	-0,09	-0,23	-0,08	-0,20	-0,12	-0,28	-0,07	-0,14
Silvicultura Familiar	0,00	-0,01	-0,06	-0,13	0,00	0,01	-0,01	-0,02	-0,01	0,03
Silvicultura Patronal	-0,01	-0,04	-0,04	-0,12	0,00	0,01	-0,01	-0,03	0,01	0,04
Extração Vegetal Familiar	-0,01	0,00	-0,02	-0,04	0,00	0,00	-0,02	-0,02	0,01	0,06
Extração Vegetal Patronal	0,01	0,03	0,01	0,05	0,03	0,16	0,01	0,04	0,01	0,07
Pesca e Aquicultura	0,00	0,03	-0,01	-0,01	0,02	0,10	0,00	0,01	0,00	0,00
Indústria Extrativa	0,04	0,20	0,01	0,10	0,06	0,23	0,02	0,12	0,02	0,11
Indústrias Diversas	0,42	0,84	0,23	0,42	0,51	1,03	0,03	0,11	0,17	0,37
Eletrônicos	0,00	0,03	0,04	0,04	0,05	0,10	0,00	0,02	0,04	0,10
Alimentos e Bebidas	-0,24	-0,66	0,17	0,01	0,07	-0,01	0,16	0,06	-0,02	-0,14
Diesel Combustível	0,00	-0,03	-0,13	-0,29	0,02	-0,01	0,03	0,05	0,07	0,20
Produtos Químicos Inorgânicos	0,00	0,14	-0,14	-0,30	-0,07	-0,11	0,07	0,19	0,16	0,55
Adubo e Fertilizantes	-0,40	-1,58	-1,08	-2,81	-0,60	-1,87	0,45	0,47	0,57	1,84
Defensivos Agrícolas	-0,62	-1,71	-1,51	-3,44	-0,27	-0,73	0,14	0,16	0,48	1,55
Eletricidade e Gás	-0,01	-0,01	-0,03	-0,09	-0,03	-0,10	-0,01	-0,01	0,02	0,08
Instituições Financeiras e Seguros	0,01	0,04	-0,01	-0,02	-0,01	0,02	-0,01	-0,01	0,01	0,08
Comércio	0,00	-0,08	-0,05	-0,18	-0,03	-0,17	-0,06	-0,16	0,04	0,09
Transporte de Carga	0,01	-0,01	-0,05	-0,12	-0,04	-0,20	0,02	0,01	0,05	0,12
Serviços	0,01	0,07	0,00	0,00	0,01	0,05	-0,01	-0,01	0,01	0,05
Setor Público	0,02	0,06	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	-0,01	-0,01	-0,04
Construção Civil	0,03	0,05	0,02	-0,03	0,03	0,05	-0,03	-0,06	0,03	0,08

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O setor de Alimentos e Bebidas é indiretamente afetado pelos choques nos setores agrícolas, pois é demandante destes produtos como insumos. A magnitude de impacto é inferior ao verificado nos setores ofertantes de insumos utilizados pelos setores agrícolas. Os principais setores fornecedores são os produtores de Milho em Grão, Soja em Grão e Cana de Açúcar, e neste sentido, o desempenho do setor de Alimentos e Bebidas é determinado em grande medida, pelo desempenho destes setores agrícolas.

As Tabelas D10 e D11 no Apêndice D demonstram o nível de atividade setorial por UF, no cenário RCP 4.5, para os anos de 2050 e 2080, respectivamente, e as Tabelas D12 e D13

apresentam os resultados para o cenário RCP 8.5. Em relação ao setor de Alimentos e Bebidas, observa-se que os efeitos seriam majoritariamente negativos, ou seja, os choques decorrentes de alteração de produtividade da terra em setores agrícolas, afetariam indiretamente de maneira negativa o setor de Alimentos e Bebidas. Apenas seis UFs apresentariam desempenho positivo no setor de Alimentos e Bebidas: SP, MS, PR, AL, PE e MA. Como grande parte da produção de Soja e Cana de Açúcar é destinada ao setor de Alimentos e Bebidas, os estados de SP, MS e PR, importantes produtoras de Soja e Cana de Açúcar, contribuiriam para o desempenho positivo do setor de Alimentos e Bebidas nas respectivas regiões, posto que tais cultivos foram impactados de maneira positiva pelos choques de produtividade, nestas UFs. AL, PE e MA que se destacam na produção de Cana de Açúcar, Outros da Lavoura Permanente e Temporária, cultivos também impactados com choques positivos de produtividade e relevantes para o setor de Alimentos e Bebidas, contribuiriam para o desempenho positivo do setor, nas respectivas UFs.

4.2.2 – Resultados Nacionais

Conforme já mencionado, os cenários de mudanças climáticas foram divididos em dois blocos temporais, 2021 a 2050 e 2051 a 2080. Os choques de produtividade da terra são referentes às estimativas de produtividade calculadas para esses dois períodos. Segundo as projeções, os efeitos das mudanças climáticas são intensificados ao longo do tempo e, portanto, os choques referentes ao segundo período (2051 a 2080), são em média de magnitude maior, e explicam impactos maiores a partir de 2051 sobre a atividade econômica dos setores.

A Figura 38 apresenta o impacto sobre a produção dos principais setores de insumos agrícolas, considerando os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5. Os setores reportados são indiretamente afetados pelos choques de produtividade e apresentam comportamento distinto a partir do ano de 2050. Os resultados são desvios acumulados em relação cenário base.



Figura 38: Nível de Produção Setorial (Var. % Acumulada em relação ao cenário base)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

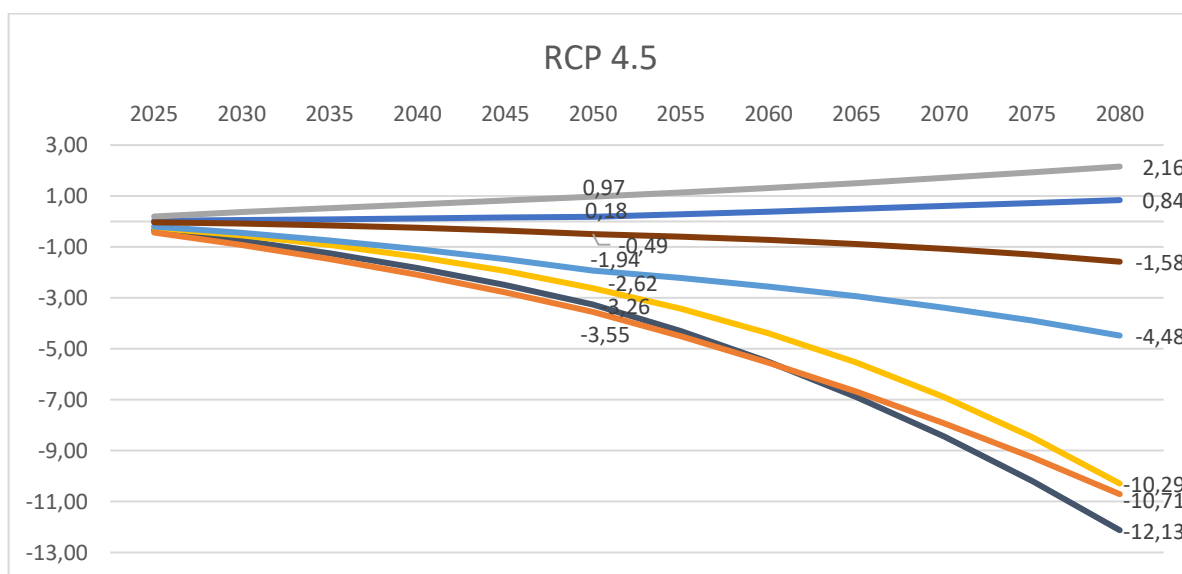
As simulações para o cenário RCP 4.5 indicam que os dois principais setores ofertantes de insumos, Defensivos Agrícolas e Adubo e Fertilizantes, seriam os mais afetados, em âmbito nacional. Inicialmente, os setores apresentariam queda de produção, em relação ao cenário base, com declínio mais acentuado para o setor de Adubo e Fertilizantes. A partir de 2050, com a intensificação dos efeitos climáticos, o efeito líquido do nível de atividade dos setores agrícolas passaria a ser positivo (vide sessão anterior em que diversas UFs tem impacto positivo), induzindo o crescimento da produção do setor de Defensivos Agrícolas e em menor escala do setor de Adubo e Fertilizantes e dos setores de Diesel e Combustíveis e Produtos Químicos

Inorgânicos. Ademais, os setores Eletricidade e Gás e Instituições Financeiras e Seguros não seriam afetados de maneira relevante.

No cenário pessimista, RCP 8.5, as simulações indicam desempenho semelhante ao verificado no cenário RCP 4.5 entre os anos de 2021 e 2050. Com a intensificação do fenômeno das MC, o efeito líquido do nível de atividade dos setores agrícolas a partir de 2050 se tornaria negativo, impactando indiretamente a produção de Defensivos Agrícolas e Adubo e Fertilizantes e intensificando a retração dos setores. O desempenho dos demais setores seria semelhante ao simulado no cenário otimista, com a ressalva de que os setores de Diesel e Combustíveis e Produtos Químicos Inorgânicos apresentariam crescimento menor.

A Figura 39 ilustra o desempenho temporal do nível de produção dos setores mais relevantes em termos de participação no PIB agregado nacional da agricultura familiar, assim como os resultados para o setor de forma agregada. Em média os efeitos seriam intensificados a partir de 2050, tanto para produtores que apresentaram aumento da produção, como os setores de Fumo em Folha e Milho em Grãos, quanto para os setores negativamente afetados. Os setores produtores de Feijão em Grãos, Banana, Café em Grãos e Mandioca apresentam, respectivamente -4,4%, -10,2%, -10,7% e -12,1% de redução no volume produzido.

O setor familiar, no âmbito nacional, apresenta quedas em relação ao cenário base. Seu resultado é calculado pela soma ponderada do impacto na produção de todos os 22 setores familiares. A redução da produção da agricultura familiar é de -0,5% em 2050 e chega a -1,58% em 2080, com a intensificação dos efeitos climáticos, conforme verificado na Figura 39.



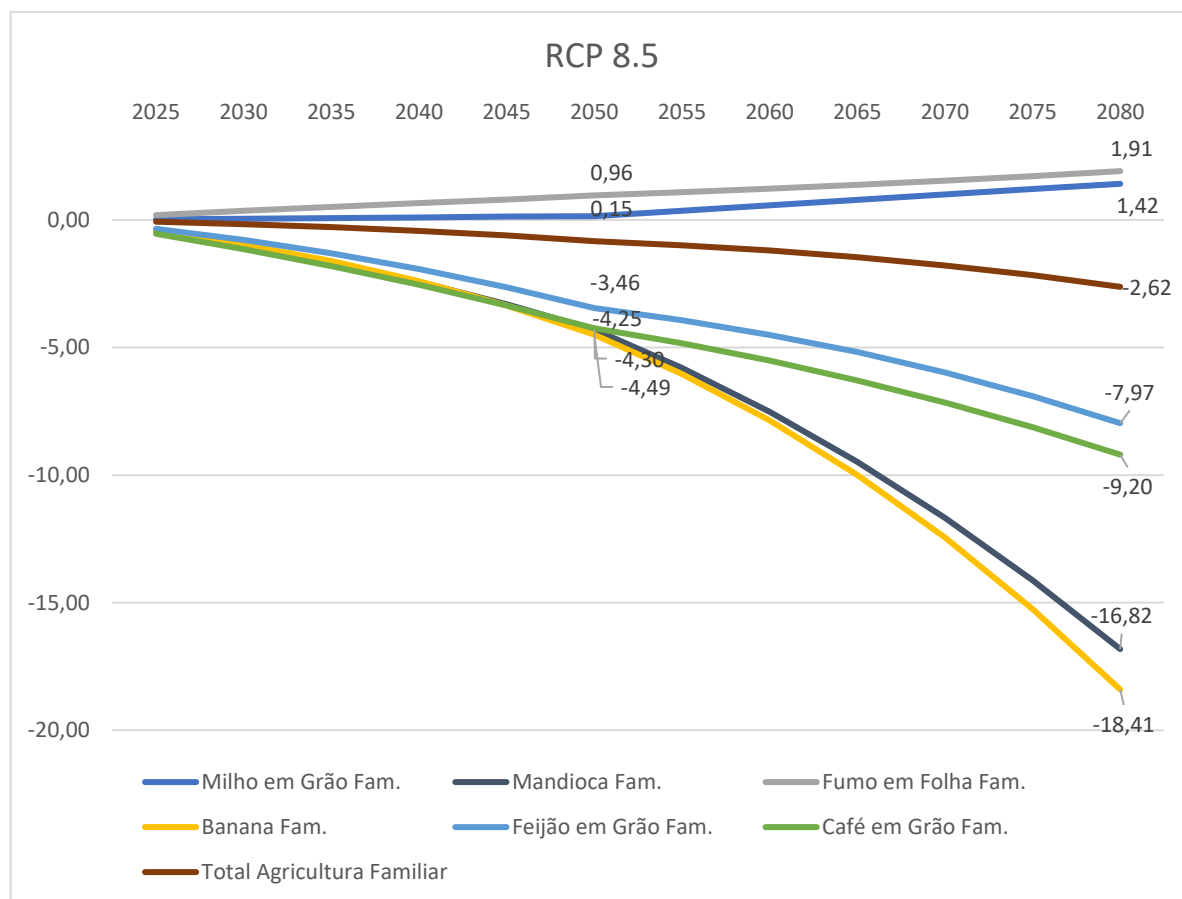


Figura 39: Nível de Produção Setorial da Agricultura Familiar (Var. % Acumulada em relação ao cenário base)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

O cenário RCP 8.5, comparativamente ao cenário RCP 4.5, em média, deterioraria os níveis de produção dos setores familiares. Conforme ilustra a Figura 39, com exceção do setor de Milho em Grãos, todos os demais apresentariam redução dos níveis de produção em magnitude maior à verificada no cenário otimista, RCP 4.5. Em termos agregados, o setor familiar reportaria retração líquida da produção de 0,83% em 2050 e de 2,62% em 2080, em relação ao cenário base, evidenciando o processo de intensificação dos efeitos das mudanças climáticas.

Os setores agrícolas patronais também sofreriam redução líquida da produção em termos monetários agregados, sendo a redução acentuada a partir de 2050, em relação ao cenário base. No cenário RCP 4.5, os setores patronais apresentariam retração de -2,03% na produção em 2080, no cenário RCP 8.5, a retração produtiva seria de -2,97%, no mesmo ano.

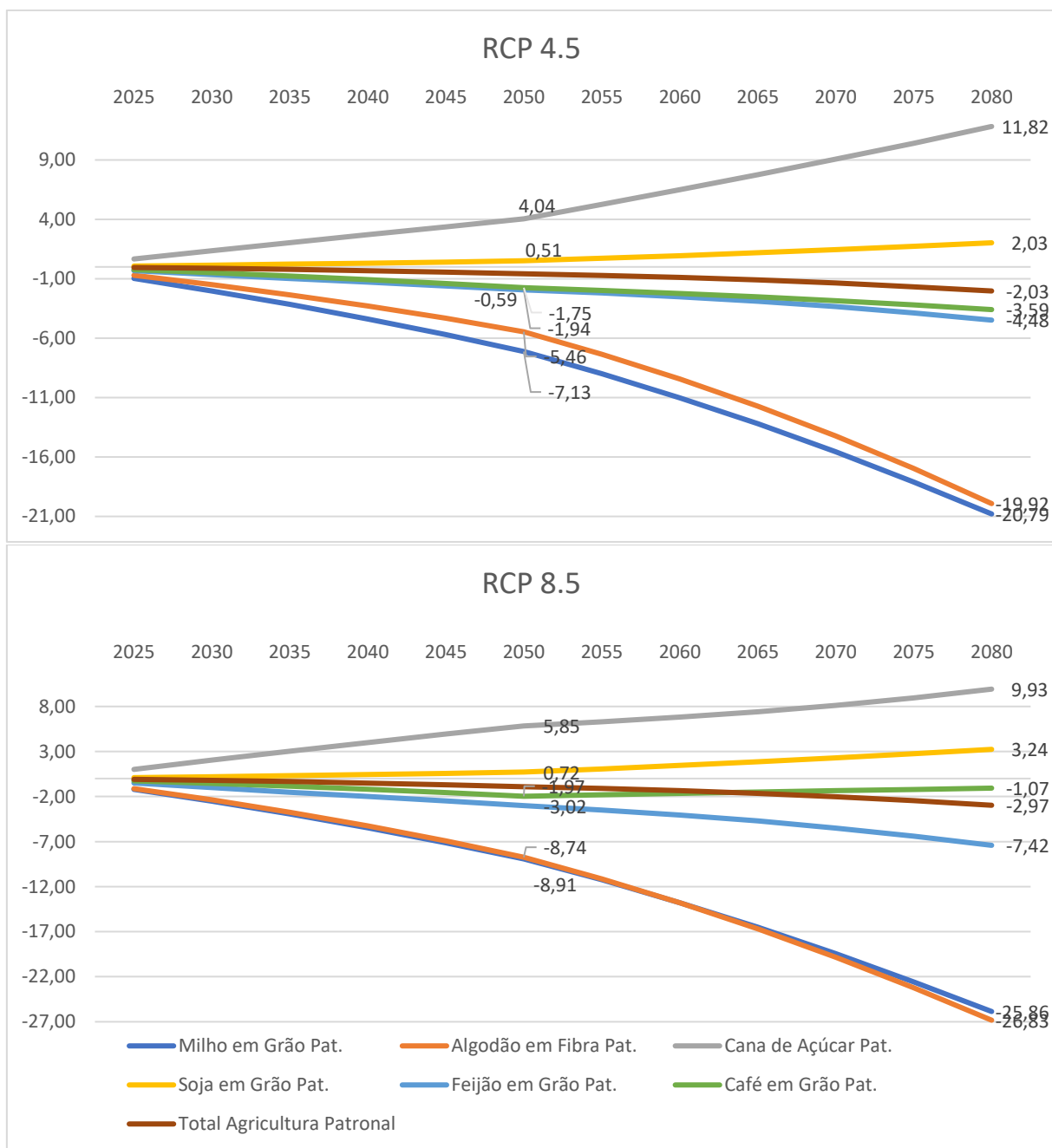


Figura 40: Nível de Produção Setorial da Agricultura Patronal (Var. % Acumulada em relação ao cenário base)

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Os resultados individuais dos principais setores agrícolas patronais em termos de participação no PIB setorial nacional são ilustrados na Figura 40. Verifica-se apenas os setores de Cana de Açúcar e Soja em Grão com crescimento na produção, em ambos os cenários. Os demais apresentariam redução no montante produzido.

4.2.3 – Resultados Macroeconômicos e Regionais Agregados

Os resultados macroeconômicos reportados nesta seção são apresentados em termos de desvio acumulado dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 em relação ao cenário base. Os anos de 2050 e 2080 são utilizados como referência por representarem os efeitos finais acumulados dos choques de produtividade da terra aplicados aos períodos de 2021 a 2050 e 2051 a 2080. Os impactos das mudanças climáticas estimados pelo modelo AGRO-BR implicariam em impacto negativo no PIB em ambos os cenários analisados, embora pequeno, conforme verificado na Tabela 55. A retração seria intensificada ao longo do tempo, chegando a -0,03% no cenário RCP 4.5 e -0,07% no RCP 8.5 em 2080. Considerando o PIB nominal de 2019 no valor de R\$7 trilhões, as mudanças climáticas representadas no modelo pelo cenário RCP 4.5, poderiam gerar, grosso modo, perdas acumuladas em valores correntes de R\$210 bilhões ao longo de 60 anos, com perdas anuais de R\$3,5 bilhões, chegando a R\$490 bilhões (R\$8,1 bilhões anuais) no cenário RCP 8.5.

Comparativamente a outros estudos na literatura, como Margulis, Dubeux e Marcovitch (2009), a magnitude estimada em termos de impactos sobre o PIB é menor em virtude de serem decorrentes do resultado líquido de alterações de produtividade da terra estimadas para 42 setores agrícolas divididos entre familiares e patronais, nas 27 Unidades da Federação. Na média, os efeitos são negativos, pois apesar das projeções indicarem que grande parte dos cultivos seriam negativamente impactados, cultivos relevantes em termos de representatividade no PIB são impactados de maneira positiva em algumas regiões, sobretudo nos estados de SP e na região Sul, minimizando os efeitos negativos agregados.

Tabela 55: Resultados Macroeconômicos (Var. % acumulada em relação ao cenário base)

Cenários Variáveis / Ano	RCP 4.5		RCP 8.5	
	2050	2080	2050	2080
Consumo das Famílias	-0,01	-0,03	-0,01	-0,07
Investimento	0,00	-0,02	0,00	-0,03
Exportações	-0,13	-0,31	-0,15	-0,37
Importações	-0,09	-0,24	-0,12	-0,24
Índice de Preços	-0,05	-0,14	-0,06	-0,14
Produto Interno Bruto	-0,01	-0,03	-0,01	-0,07

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Estudos que apresentam impactos das mudanças climáticas maiores sobre o PIB, abordam o tema de maneira distinta, via inclusão de outros fatores, para além do impacto sobre os cultivos agrícolas, ou utilizam os efeitos médios estimados para um grupo restrito de cultivos, para a agricultura como um todo. Margulis, Dubeux e Marcovitch (2009), analisam um conjunto

de efeitos das MC, incluindo a elevação do nível dos oceanos, projeções demográficas, redução da vazão das bacias hidrográficas e disponibilidade de terras aptas ao cultivo, e por isso, apresentam como resultados impactos negativos no PIB nacional de magnitude maior que a projetada pelo AGRO-BR, variando de -0,5% a -2,3% em 2050. Em Moraes (2010), a magnitude de impacto pode estar superestimada em decorrência da utilização dos choques de restrição de oferta e de redução do uso da terra para oito cultivos, além do acréscimo de uma restrição ao uso das terras inaptas pelos demais cultivos, tendo como resultado retrações no PIB entre -0,28% em 2020 e -1,12% em 2070.

Contudo, os resultados agregados apresentados nessa tese, são similares aos resultados de Farias (2012), simulados através da integração dos modelos MONASH e B-MARIA e estimativas de alteração do uso de solo de acordo com os cenários A2 e B2 do IPCC, para um grupo de onze cultivos. Seus resultados projetaram redução do PIB nacional entre -0,02% em 2039 e -0,11% em 2099 considerando o cenário A2, e entre -0,02% em 2039 e -0,07% em 2099 no cenário B2. Os resultados também se aproximam dos observados por Silva (2018), que estima a produtividade agrícola de cinco cultivos frente os cenários do IPCC e avalia os impactos econômicos ao longo do século XXI. Seus resultados em termos de impactos sobre o PIB, em 2099, são de -0,05% no cenário RCP 2.6 e de -0,26% no cenário RCP 8.5. Ou seja, estudos que apresentam metodologia semelhante, apresentam resultados bem próximos aos verificados nesta tese e apresentados na Tabela 55. Esta tese avança, no entanto, ao fornecer estimativas para grande parte dos cultivos agrícolas e, mais do que isso, para grupos distintos de produtores, familiares e patronais.

Sobre o desempenho do consumo das famílias, os resultados projetados indicam possível retração na mesma magnitude do PIB. O impacto sobre o consumo das famílias seria mais intenso no cenário RCP 8.5. Este desempenho é determinado pelo fechamento do modelo, com o consumo agregado seguindo a variação da renda e, portanto, o PIB. Em relação ao investimento, verifica-se que no nível agregado há retração relacionada ao declínio da atividade econômica na economia nacional. A redução é mais elevada no cenário RCP 8.5. Em termos setoriais, a agricultura apresentaria elevação do nível de investimento, realizado em decorrência dos choques de produtividade de terra aplicados. Setores com ganho de produtividade da terra utilizariam mais capital e trabalho para aumentar a produção e setores com perda de produtividade da terra, substituiriam terra por capital e trabalho, na margem.

Os setores diretamente afetados pelos choques de produtividade, sobretudo os patronais, são, em média, exportadores. O efeito líquido dos choques sobre o nível de atividade é negativo, e positivo sobre seus custos. Neste sentido, as exportações seriam negativamente afetadas e apresentariam declínio acentuado ao longo do tempo. A Tabela 55 apresenta o índice de preços de produtos exportados, que se elevaria ao longo do tempo e explica o comportamento negativo do volume exportado.

A retração no nível de atividade econômica determinaria preponderantemente a redução nas importações. A utilização de insumos produtivos importados seria reduzida em decorrência da diminuição da produção. Ademais, a redução da renda de fatores afetaria de maneira negativa o consumo das famílias e, conseqüente, diminuiria o volume de bens importados.

O Índice Geral de Preços ao Consumidor seria afetado negativamente pela redução do nível de atividade econômica. O declínio da renda e a conseqüente redução na demanda, contribuiriam para o processo. A Tabela 55 mostra que a magnitude é semelhante entre os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5. Esse desempenho é resultado do saldo líquido dos efeitos dos choques nos setores produtivos. Em média, setores afetados negativamente pelo choque no cenário otimista, tiveram os efeitos intensificados no cenário pessimista. O mesmo ocorre em setores positivamente afetados. Contudo, o resultado líquido para efeitos de impacto no preço se manteve o mesmo nos dois cenários. A Tabela D9 no Apêndice D apresenta a contribuição setorial para a determinação do índice de preços ao consumidor.

A Tabela 56 apresenta os resultados do PIB ao nível das UF para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5. O desempenho das UF, em termos de PIB, reflete a importância econômica dos setores agrícolas afetados pelos choques de produtividade da terra. As projeções indicam heterogeneidade de resultados. Em média, haveria redução acentuada do PIB ao longo do tempo e de magnitude maior no cenário pessimista RCP 8.5. As únicas UF que apresentariam crescimento positivo nos dois cenários seriam RR, TO, AL, RJ, SP, PR e RS.

Os estados do RR, RS e TO apresentariam crescimento acumulado respectivo de 0,41%, 0,37% e 0,32% do PIB em 2080 no cenário RCP 4.5. Em relação ao cenário RCP 8.5, em 2080, verifica-se que apenas RS apresentaria elevação do crescimento, ante ao ano de 2050. O PIB de RS em 2080 seria 0,42% maior que o verificado no cenário base. Dentre os estados com retração no PIB, MT apresenta-se como o mais afetado, com redução projetada de 0,93% e 1,49%, respectivamente nos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, em 2080.

Tabela 56: Produto Interno Bruto por Unidade da Federação (Var. % Acumulada)

Cenários	RCP 4.5		RCP 8.5		
	UF / Anos	2050	2080	2050	2080
Rondônia		-0,04	-0,12	-0,03	-0,08
Acre		-0,06	-0,25	-0,07	-0,34
Amazonas		-0,01	-0,04	-0,02	-0,06
Roraima		0,16	0,41	0,28	0,34
Pará		-0,20	-0,43	-0,07	-0,35
Amapá		-0,09	-0,29	-0,08	-0,13
Tocantins		0,14	0,32	0,21	0,12
Maranhão		-0,05	-0,14	-0,08	-0,31
Piauí		-0,15	-0,47	-0,21	-0,67
Ceará		0,03	0,15	-0,02	-0,05
Rio Grande do Norte		0,00	0,03	-0,08	-0,14
Paraíba		-0,04	-0,11	-0,07	-0,17
Pernambuco		-0,01	0,00	-0,01	-0,05
Alagoas		0,05	0,23	0,08	0,13
Sergipe		-0,10	-0,25	-0,14	-0,39
Bahia		-0,13	-0,36	-0,16	-0,50
Minas Gerais		-0,10	-0,24	-0,11	-0,24
Espírito Santo		-0,13	-0,37	-0,18	-0,48
Rio de Janeiro		0,00	0,02	0,00	0,03
São Paulo		0,03	0,07	0,04	0,03
Paraná		0,07	0,09	0,05	0,08
Santa Catarina		0,00	-0,03	-0,02	-0,02
Rio Grande do Sul		0,12	0,37	0,14	0,42
Mato Grosso do Sul		-0,05	-0,24	0,03	-0,06
Mato Grosso		-0,19	-0,93	-0,36	-1,49
Goiás		-0,06	-0,07	0,01	-0,17
Distrito Federal		-0,01	-0,01	-0,01	0,01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Portanto, os resultados macroeconômicos simulados indicam que os impactos médios dos choques de produtividade da terra, utilizados no modelo como *proxy* para os efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola, seriam negativos sobre a economia brasileira. Contudo, os efeitos são heterogêneos. A região Sul seria a menos negativamente afetada em termos econômicos, tendo o estado de RS como destaque positivo.

4.2.4 – Resultados sobre a Desigualdade Regional

Os impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola e seus efeitos econômicos projetados pelas simulações indicam que a região Sul seria economicamente afetada de maneira positiva pelo fenômeno, as regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentariam impactos econômicos intermediários, sendo o estado de São Paulo afetado possivelmente de maneira positiva, e por fim, as regiões Norte e Nordeste seriam impactadas de maneira negativa.

Este quadro evidencia um possível aumento das disparidades regionais no Brasil, ocasionado pelo advento das mudanças climáticas.

O Brasil configura-se como um dos países mais desiguais do mundo (PNUD, 2019; LESSMANN; SEIDEL, 2017). Suas disparidades regionais são históricas, remontam desde o período colonial, e aprofundam-se com o advento das políticas industriais da primeira metade do século XX (BAER, 1996). Um movimento de redução das disparidades regionais é verificado a partir da década de 1970, desencadeado pela maturação das políticas desenvolvimentistas do PAEG e pela implementação do II PND, o processo de redução da disparidade regional passa a ser acentuado nos anos 2000, através de políticas públicas como o Programa Bolsa Família e pelo aumento real do salário mínimo (SILVEIRA NETO, AZZONI, 2011; OLIVEIRA, SILVEIRA NETO, 2016).

As projeções desta tese apontam grande heterogeneidade nos impactos regionais, o que pode ter impactos sobre as disparidades regionais no país. Neste sentido, de posse dos resultados projetados de PIB das Unidades da Federação, calculou-se o Índice de Gini no intuito de avaliar se o fenômeno das mudanças climáticas, via alteração da produtividade agrícola, altera o grau das disparidades regionais no Brasil.

O Índice de Gini é calculado a partir da Curva de Lorenz³⁶, que por sua vez apresenta a relação entre as proporções de PIB e parcelas de uma determinada população. O coeficiente de Gini é o valor dado para a área entre a curva de Lorenz e a reta de 45° que simboliza a divisão perfeita de renda entre a população analisada. O índice varia de 0 a 1, sendo zero o valor onde a renda é distribuída de maneira uniforme entre a população, e 1 o valor onde a renda é toda concentrada em uma parcela da população analisada (ROCHA *et al*; 2019). O índice de Gini é expresso por:

$$G = 1 - \sum_{k=0}^{k=n-1} (X_{k+1} - X_k)(Y_{k+1} + Y_k) \quad (27)$$

Sendo G, o índice de Gini;

X, proporção acumulada das Unidades da Federação

Y, proporção acumulada do PIB das Unidades da Federação

³⁶ A curva de Lorenz expressa graficamente a distribuição relativa de uma variável (renda, PIB, grau de escolaridade etc.) sob determinado domínio (conjunto de pessoas, regiões, países etc.). A curva é traçada considerando a porcentagem acumulada do domínio (população) no eixo das abscissas e a porcentagem acumulada da variável de análise no eixo das ordenadas (HOFFMANN, 1998).

A Tabela 57 apresenta os resultados do Índice de Gini calculados para o Brasil com os cenários base, RCP 4.5 e RCP 8.5, através do PIB das Unidades da Federação a preços correntes nos anos de 2050 e 2080 em relação ao ano base de 2020. Observa-se que a configuração de crescimento econômico estabelecida no cenário de referência promove o aumento da desigualdade regional no país. O índice de Gini eleva-se para 0,63. Contudo o comportamento da desigualdade intrarregional é heterogênea, com aumento nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, e redução nas regiões Sul e Centro-Oeste. Os efeitos econômicos desencadeados pelas mudanças climáticas, através das alterações de produtividade agrícola não geram efeitos relevantes sobre a disparidade regional do Brasil. O Índice de Gini não apresentaria alteração relevante, dada a redução de -0,01%, em comparação ao cenário sem os efeitos das mudanças climáticas.

Tabela 57: Índice de Gini do PIB para as regiões do Brasil

Cenário	Ano / Região	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Base	2020	0,4776	0,3647	0,1541	0,4178	0,0996	0,6221
	2050	0,4820	0,3718	0,1538	0,4253	0,0989	0,6308
	2080	0,4843	0,3753	0,1535	0,4285	0,0989	0,6340
RCP 4.5	2050	0,4818	0,3719	0,1535	0,4253	0,0991	0,6308
	2080	0,4833	0,3756	0,1530	0,4285	0,0996	0,6340
RCP 8.5	2050	0,4816	0,3720	0,1535	0,4253	0,0992	0,6307
	2080	0,4833	0,3755	0,1528	0,4285	0,0996	0,6339

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

Os resultados das simulações com o modelo AGRO-BR evidenciam que dentro das respectivas regiões, as Unidades da Federação poderiam ser impactadas de maneira heterogênea pelos choques de produtividade da terra estimados de acordo com os cenários de mudança climática. Neste sentido, o desempenho do Índice de Gini pode refletir tanto o impacto positivo, quanto o impacto menos negativo, concentrado em algumas UFs. Em termos regionais, verifica-se que a desigualdade poderia ser ampliada nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, ao passo que as regiões Norte e Centro-Oeste, poderiam apresentar redução dos níveis de desigualdade entre suas respectivas unidades. A Tabela 58 apresenta a variação percentual do Índice de Gini entre os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, nos anos de 2050 e 2080, em relação aos mesmos períodos no cenário base.

Tabela 58: Impacto das mudanças climáticas sobre a desigualdade regional no Brasil - variação percentual do Índice de Gini em relação ao cenário base

Cenário	Ano / Região	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
RCP 4.6	2050	-0,058%	0,033%	-0,165%	0,004%	0,224%	-0,008%
	2080	-0,201%	0,072%	-0,366%	0,018%	0,749%	-0,011%
RCP 8.6	2050	-0,099%	0,045%	-0,183%	0,003%	0,298%	-0,012%
	2080	-0,194%	0,064%	-0,450%	0,015%	0,764%	-0,010%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

O aumento da desigualdade regional para o Sudeste está relacionado ao impacto positivo dos choques de produtividade sobre o estado de São Paulo, notadamente a UF com maior PIB na região, assim como a concentração dos efeitos negativos em Minas Gerais e Espírito Santo. Para a região Nordeste, a desigualdade aumentaria em virtude dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte serem beneficiados economicamente pelo fenômeno nas simulações, ao passo que as UFs menos desenvolvidas em termos de PIB, como Piauí, Paraíba e Sergipe seriam majoritariamente negativamente impactadas. O aumento da desigualdade na região Sul é decorrente das projeções indicarem aumento do nível de atividade econômica nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, e crescimento menor ou retração do PIB, dependendo do cenário, no estado de Santa Catarina.

Em relação as regiões com redução da desigualdade, observa-se que na região Norte, a desigualdade se reduziria em decorrência do impacto negativo se concentrar no estado do Pará, UF com a maior participação no PIB regional, ao passo que os demais estados, sobretudo os menos desenvolvidos como Acre, Rondônia e Amapá, seriam menos negativamente afetados. Destarte, Roraima, o estado com menor participação no PIB da região Norte, seria economicamente beneficiado pelas mudanças climáticas. A região Centro-oeste apresenta redução no Índice de Gini acentuada ao longo do tempo, as UF da região, em média, seriam afetadas de maneira negativa, com concentração dos impactos econômicos negativos sobre o estado do Mato Grosso.

Portanto, o advento das mudanças climáticas, ao alterar os níveis de atividade econômica das Unidades da Federação, poderia contribuir minimamente para alteração da desigualdade intrarregional no Brasil. Em âmbito nacional, no entanto, o Índice de Gini se reduziria muito marginalmente, com queda de -0,01%. Esse resultado é obtido sobretudo, via os diferentes níveis de retração econômica das UF. Em termos regionais, o fenômeno pode contribuir para o aumento da desigualdade nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos das mudanças climáticas afetam uma variedade de aspectos, que incluem tanto questões biológicas e ecossistêmicas quanto socioeconômicas. Além disso, ocorrem ao longo de um extenso horizonte temporal e são inéditos, ou sem precedentes na história recente. E, sobretudo, os efeitos são potencialmente heterogeneos, incidindo de maneira distinta sobre os territórios e suas populações. Essas características geram externalidades, ampliam incertezas e evidenciam a complexidade do fenômeno. Os efeitos mais evidentes sobre o clima são verificados pelas alterações dos níveis de temperatura e precipitação. A produtividade agrícola, apesar de ser influenciada por fatores produtivos, como a utilização de fertilizantes, defensivos agrícolas, irrigação, correção do solo e técnicas produtivas, é extremamente sensível à estas alterações, e portanto, potencialmente vulnerável aos efeitos do fenômeno climático.

A utilização de insumos e tecnologia pode amenizar os efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola, no entanto, o processo adaptativo é lento, especialmente heterogêneo e específico entre cultivos, exigindo um esforço contínuo por parte dos produtores, que por sua vez, apresentam estruturas produtivas e capacidade de adaptação distintas. Estimar o “efeito puro” das alterações climáticas sobre a produtividade de diversos cultivos agrícolas, originados de agricultores familiares e patronais, em diferentes regiões do Brasil, e não obstante, analisar seus potenciais efeitos econômicos, se mostra relevante para municiar os produtores e *policy makers* com informações acerca da magnitude e direção dos impactos, evidenciando, em última instância, a magnitude dos esforços adaptativos para enfrentar o fenômeno das MC.

Neste sentido, o objetivo desta tese foi avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola e os potenciais efeitos decorrentes desse processo sobre a economia brasileira. A estrutura produtiva dos agricultores é heterogenea no Brasil, e sobretudo, distinta entre os agricultores familiares e patronais, Assim, o estudo analisou os impactos das MC sobre a produtividade agrícola dos dois tipos de produtores, nas Unidades da Federação, de forma a capturar as especificidades por produtor e por região. Os resultados, em termos de variação de produtividade agrícola, foram utilizados como choque no modelo AGRO-BR, dotado de calibragem detalhada dos setores agrícolas, com o intuito de verificar os efeitos diretos e indiretos, setoriais e regionais, das alterações de produtividade agrícola desencadeados pelas mudanças climáticas.

As alterações de temperatura e precipitação projetadas pelo INPE de acordo com os cenários de mudança climática, RCP 4.5 e RCP 8.5 do IPCC (2014), foram utilizados, no modelo econométrico como *proxy* para as mudanças climáticas. Inicialmente, foi contruído um modelo base, tendo a produtividade agrícola, medida pela razão entre o valor da produção e a área cultivada, como variável dependente. As variáveis de temperatura e precipitação históricas, referentes ao período de 1971 a 2005, foram utilizadas como controle, assim como fatores de produção, representados pelo número de trabalhadores, máquinas e equipamentos, área irrigada, número de produtores associados a entidades de classe e variáveis geográficas (latidute, longitude e altitude). Após a estimação do modelo base, substituiu-se apenas as variáveis climáticas históricas, pelas projetadas pelo INPE, seguindo os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 e referentes ao período de 2021/2050 e 2051/2080. Desta maneira, obtivemos o “efeito puro” das variáveis de temperatura e precipitação sobre a produtividade agrícola, sendo a variação calculada pela diferença entre a produtividade inicial do modelo e a produtividade obtida ao substituir as variáveis climáticas.

Um primeiro exercício econométrico foi realizado considerando as amostras de agricultores familiares e patronais de maneira conjunta. Verificou-se que a agricultura familiar influencia a produtividade total, em decorrência de sua estrutura produtiva diferenciada, e portanto, a composição e interação de fatores climáticos, geográficos e produtivos influenciam de maneira distinta a produtividade agrícola familiar e patronal. Em relação aos cultivos individuais, verifica-se que a estrutura produtiva é relevante para determinar a produtividade agrícola nos cultivos de Café, Castanha de Caju, Abacaxi, Algodão, Amendoim, Batata Inglesa, Cana de Açúcar, Mandioca, Milho, Soja, Trigo, outros da Lavoura Temporária e outros da Lavoura Permanente. Destes, os resultados indicaram, ainda, que a agricultura familiar contribui positivamente para a produtividade do cultivo da Mandioca e do Abacaxi, e negativamente para a produtividade dos demais.

O primeiro exercício econométrico realizado na tese evidencia a diferenciação entre as estruturas produtivas, e sobretudo entre a produtividade da agricultura familiar e patronal. Neste sentido, decompor a agricultura em familiar e patronal é relevante para a análise dos impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola, e corrobora a hipótese de que as mudanças climáticas afetam a produtividade agrícola dos produtores familiares e patronais de maneira distinta, evidenciando a necessidade de separar as amostras. Neste aspecto, este estudo se diferencia dos demais que abordam o tema sem distinção entre os produtores. Não obstante, os resultados do modelo econométrico, ao apontarem para a distinção entre os tipos

de produtores agrícolas e para a heterogeneidade de impactos entre as regiões do Brasil, justificam a necessidade da calibragem específica por tipo de produtor no modelo AGRO-BR, desenvolvido nesta tese.

O segundo exercício econométrico estabeleceu a variação de produtividade agrícola dos cultivos agregados e individuais, segmentados pela agricultura familiar e patronal, entre o cenário base e os cenários de mudança climática. Verificou-se, conforme o esperado, que os efeitos são heterogêneos entre os cultivos, regiões, cenários e períodos. Em média, os efeitos sobre a produtividade agrícola são negativos e se intensificam ao longo do tempo, com os resultados do cenário RCP 4.5 sendo mais amenos que os do cenário pessimista, RCP 8.5. Em termos comparativos, a agricultura familiar apresentaria maior sensibilidade às alterações de temperatura e precipitação em relação à agricultura patronal, tal efeito está relacionado às suas respectivas estruturas produtivas e indica maior controle por parte dos patronais sobre o processo produtivo e maior vulnerabilidade climática pelos agricultores familiares. Ademais, os resultados desse segundo exercício econométrico indicam heterogeneidade de efeitos entre as regiões do Brasil, justificando a delimitação regional estabelecida em Unidades da Federação, na modelagem do AGRO-BR, necessária para a análise regionalizada dos impactos econômicos do fenômeno, nesta tese.

Em termos regionais médios, para ambos os produtores, verifica-se que as regiões Norte e Nordeste concentrariam os efeitos negativos, as regiões Sudeste e Centro-Oeste seriam menos impactadas, ao passo que a região Sul, se destacaria como grande beneficiada com incrementos de produtividade agrícola. Considerando a agricultura familiar agregada, os destaques negativos seriam os estados do AP, RR, SE, BA, AL, MA, MG e ES. Os destaques positivos estariam localizados em latitudes altas, e compreenderiam os estados de SP, RJ, PR, SC e RS, e em menor medida, os estados de GO, MT e MS. Em relação à agricultura patronal, as regiões Norte e Nordeste, também, seriam as mais negativamente impactadas. As regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentariam impactos intermediários, e a região Sul, novamente apresentaria ganhos de produtividade agrícola.

Em termos de produtividade agrícola por cultivo familiar, as projeções estimam que os produtos mais afetados negativamente pelas mudanças climáticas seriam Mandioca, Milho, Café, Feijão, Algodão, Laranja e Outros da Lavoura Permanente. Os cultivos de Fumo, Arroz, Amendoim, Abacaxi, Trigo e Outros da Lavoura Temporária seriam, em média, positivamente impactados. Reitera-se que nenhum cultivo apresentou impacto somente positivo ou somente

negativo entre todas as UF analisadas. Os cultivos de Mandioca, Milho, Feijão e outros da Lavoura Permanente são importantes em termos de subsistência para grande parte dos agricultores familiares, sendo parte desses cultivos produzidos para consumo próprio, com o excedente direcionado ao mercado. Neste sentido, os resultados indicam que as mudanças climáticas, ao afetar negativamente a produtividade dos cultivos de subsistência, poderia contribuir para a deterioração da segurança alimentar dos agricultores familiares.

Em termos de produtividade agrícola por cultivo patronal, apenas três cultivos apresentariam aumento de produtividade médio nas UF da região Norte. Abacaxi, Outros da Lavoura Temporária e Cana de Açúcar, sendo o último concentrado no estado do Tocantins. Para a região, as maiores perdas de produtividade seriam observadas para os cultivos de Mandioca, Milho, Feijão, Soja e Arroz. As maiores perdas em produtividade na região Nordeste estariam nos cultivos de Mandioca, Milho, Feijão, Arroz, Laranja e Outros da Lavoura Permanente e Temporária. Em relação a cultivos com aumento de produtividade, verifica-se que a região NE é a única no país onde a produção de Abacaxi seria beneficiada. Os impactos sobre os cultivos nas regiões Sudeste e Centro-Oeste seriam moderados, com resultados em média negativos para MG, ES, RJ e GO e positivos para SP, MT e MS. Destacam-se as quedas de produtividade projetadas para o cultivo de Café nos estados de MG e ES, e a queda generalizada dos cultivos de Milho, Feijão, Abacaxi e Banana. Em relação aos cultivos beneficiados com ganho de produtividade, destaca-se o cultivo de Cana de Açúcar em SP, MG, MT, MS e GO, algodão em SP, e Soja em MT, MS e SP. Por fim, a região Sul concentraria ganhos de produtividade médio, com exceção dos cultivos de Banana, Batata Inglesa e Milho, todos os demais seriam positivamente afetados.

Os resultados em termos de variação de produtividade agrícola, por cultivo, por produtor, por região, por cenário e por período foram adaptados e utilizados como choque de produtividade da terra no modelo de EGC denominado AGRO-BR, com o objetivo de simular efeitos de alteração de produtividade agrícola sobre a economia brasileira. O modelo AGRO-BR foi desenvolvido nesta tese com o intuito de captar as especificidades produtivas dos agricultores familiares e patronais, de forma a possibilitar uma simulação mais precisa dos efeitos intersetoriais das alterações de produtividade agrícola desencadeadas pelas mudanças climáticas, posto que os setores familiares e patronais são distintos. O AGRO-BR inova ao apresentar calibragem específica para os produtores agrícolas familiares e patronais, e por apresentar extensa desagregação entre os setores agrícolas, totalizando 42 setores, divididos entre familiares e patronais.

Os resultados do nível de atividade econômica agregada e demais efeitos macroeconômicos são o resultado líquido final de uma série de alocações de recursos, desencadeados pelas alterações de produtividade da terra, utilizadas no modelo como *proxy* para as mudanças climáticas. Os resultados setoriais da simulação com os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 indicam desempenhos distintos entre setores relevantes para a agricultura familiar e patronal. Os setores agrícolas familiares produtores de Mandioca, Café em Grão e Fumo em Folha, e os setores agrícolas patronais produtores de Soja em Grão, Cana de Açúcar e Café em Grão, são relevantes em termos de variação de produtividade e participação no PIB, e por isso desempenham papel determinante nos resultados econômicos agregados por tipo de produtor e por região.

A produção de Mandioca pela agricultura familiar, importante para a segurança alimentar dos produtores, que responde por 80% da produção nacional, apresentaria declínio ao longo do tempo, em todas as regiões do país e em todos os cenários, com efeitos negativos acentuados no cenário pessimista RCP 8.5. No cenário RCP 4.5, o declínio se aproximaria dos 30% na região Centro-Oeste e de 25% na região Norte no ano de 2080. As regiões do Nordeste, Sudeste e Sul apresentariam redução de 8%, 9% e 2%, respectivamente, em 2080. A produção do setor Café em Grão Familiar também seria negativamente impactada, em ambos os cenários e períodos. As principais regiões produtoras, MG e ES, apresentariam redução de produtividade, que contribuem sobremaneira com a retração do PIB setorial nestes estados. O destaque positivo entre os setores relevantes para a agricultura familiar é o setor Fumo em Folha Familiar, que apresentaria crescimento na região Sul, principal região produtora, em ambos os cenários e períodos, com acentuamento do crescimento no ano de 2080 e no cenário RCP 8.5.

O setor Cana de Açúcar Patronal, responsável por 96% da produção nacional, seria positivamente afetado. Os estados de SP, que concentra a maior parcela da produção, MG, GO, MT, MS e PR, destacam-se como os maiores produtores, e seriam beneficiados com aumento de produção. O setor Soja em Grão Patronal, relevante em termos de exportação, também seria em média, beneficiado com aumento de produção, com destaque positivo para os estados de MT, MS, PR e RS. Em contrapartida, a produção de soja poderá decrescer nos estados de MG, GO, MA, TO, PI e BA. O setor Café em Grão Patronal apresentaria declínio nos estados de MG e ES, principais produtores, resultado que contribuiria para a retração do PIB agregado destas regiões, no entanto, verifica-se o deslocamento da produção para as UFs ao Sul das regiões atualmente produtoras, com SP e PR, apresentando crescimento da produção, em ambos os cenários e períodos.

Considerando-se os setores da agricultura familiar e agricultura patronal de forma agregada, verifica-se para o cenário RCP 4.5, que os estados do Amapá, Ceará, Rio Grande do Norte e São Paulo e todos da região Sul apresentariam crescimento do nível de atividade setorial patronal. No setor familiar, os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, São Paulo, Goiás, assim como os estados da região Sul e o DF apresentariam crescimento. Todos os demais apresentaram queda no nível de atividade econômica em relação ao cenário base. No cenário RCP 8.5, com exceção dos estados da região Sul, as simulações apontam para uma deterioração do nível médio de atividade econômica dos setores agrícolas nas UF. Entre os setores ganhadores nota-se um aumento da atividade econômica de magnitude inferior ao simulado no cenário RCP 4.5, também com exceção dos estados da região Sul.

Os resultados setoriais agregados por grande região indicam que a agricultura familiar seria mais negativamente afetada nas regiões Norte e Sudeste no cenário RCP 4.5, no cenário RCP 8.5 o Norte, Nordeste e o Sudeste seriam os destaques negativos. Projeta-se uma piora do quadro no cenário pessimista, RCP 8.5. Em relação ao setor patronal, verifica-se que as regiões Nordeste e Centro-Oeste seriam as mais afetadas no cenário RCP 4.5, tendo a situação deteriorada no cenário RCP 8.5. A região Sudeste apresentaria crescimento em ambos os cenários, tendo o setor Cana de Açúcar Patronal, grande influência no resultado agregado. A região Sul apresentaria crescimento setorial familiar e patronal em ambos os cenários, com crescimento elevado no cenário RCP 8.5. A Tabela 59 apresenta uma síntese em termos de direção dos impactos das mudanças climáticas, indicando as regiões e setores mais afetados.

Tabela 59: Síntese dos resultados do modelo AGRO-BR

Produtores	Agricultura Familiar		Agricultura Patronal	
	Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
Setores	Fumo, Amendoim, Uva, Out. Temporárias	Mandioca, Café, Milho, Banana e Feijão	Cana de Açúcar, Uva e Fumo	Milho, Algodão, Feijão, Café
UF	MA, PI, CE, SP, SC, PR, RS, GO, DF	Demais	AP, CE, RN, SP, PR, SC e RS	Demais
Regiões	Sul	Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste	Sul e Sudeste	Norte, Nordeste e Centro-Oeste

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo AGRO-BR

Os setores agrícolas são diretamente afetados pelas alterações de produtividade oriundas das mudanças climáticas, contudo, os efeitos indiretos se propagam pela economia, em maior ou menor grau, dependendo da proximidade com os setores agrícolas. Neste sentido, os efeitos seriam mais intensos em setores que ofertam insumos aos setores agrícolas, e sobretudo, nos que concentram seu mercado nos setores agrícolas. Os setores de Adubo e Fertilizantes e

Defensivos Agrícolas seriam, portanto, os mais negativamente afetados, e acompanhariam o desempenho regional dos setores agrícolas. Assim, apesar dos efeitos serem negativos nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, os setores de Adubo e Fertilizantes e Defensivos agrícolas apresentariam crescimento nas regiões Sul e Sudeste. Cabe ressaltar, ainda, uma possível redução do nível de atividade econômica da Pecuária, da Silvicultura e da Extração Vegetal, posto que são setores que competem por insumos e fatores de produção com os setores agrícolas.

Os resultados macroeconômicos são decorrentes do resultado líquido das alterações dos níveis de atividade econômica dos setores, diretamente e indiretamente, afetados pelos choques de produtividade agrícola. Os efeitos sobre as variáveis macroeconômicas nacionais seriam negativos, contudo a magnitude de variação é pequena, em decorrência da heterogeneidade dos efeitos, que apesar de serem em média negativos, seriam positivos para UF importantes em termos de participação no PIB nacional, como SP, PR, SC e RS. Os efeitos das mudanças climáticas gerariam impacto negativo no PIB e nas demais variáveis macroeconômicas, em ambos os cenários analisados, com possível deterioração no cenário RCP 8.5. O impacto sobre o PIB seria marginal, com desvio negativo em 2080 no cenário RCP 4.5 (RCP 8.5), de -0,03% (-0,07%) em relação ao cenário base. Os impactos maiores seriam verificados na retração dos níveis de importação (-0,24%) e exportação (-0,37%) em 2080 no cenário RCP 8.5. Em relação ao PIB das Unidades da Federação, as maiores variações seriam verificadas em estados cuja participação da agricultura no PIB são mais relevantes. Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Bahia, Minas Gerais, Piauí e Maranhão, apresentam-se como destaques negativos, ao passo que Tocantins e Rio Grande do Sul apresentam-se como destaques positivos, em ambos os cenários.

Os resultados do modelo econométrico, em termos de variação de produtividade agrícola, e do modelo de EGC AGRO-BR, em termos de nível de atividade econômica, indicam que os efeitos das mudanças climáticas poderiam acentuar as disparidades regionais no Brasil, posto que os efeitos negativos concentram-se nas regiões Norte e Nordeste do país, ao passo que as regiões Sul e parte das regiões Sudeste e Centro-Oeste seriam beneficiadas com ganho de produtividade agrícola e crescimento econômico em ambos os cenários. Para verificar a evidência do aumento das disparidades regionais, calculou-se o Índice de Gini através do PIB projetado pelas simulações para cada Unidade da Federação, constatando-se que o advento das mudanças climáticas não alterariam a desigualdade regional no Brasil, dada a ligeira redução de -0,01% no Índice de Gini nacional em 2080. Em termos intrarregionais, os resultados de alteração no Índice de Gini seriam relativamente maiores. As regiões mais desiguais poderiam

ampliar suas condições de desigualdade, sendo os casos do Nordeste e do Sudeste. A região Sul também apresentaria aumento da desigualdade. As regiões Norte e Centro-Oeste poderiam reduzir os níveis de desigualdade em ambos os cenários de mudança climática, sendo a redução desencadeada, sobretudo, pela retração do PIB das Unidades da Federação com maior representatividade nas respectivas regiões.

Ressalta-se, que os resultados em termos de variação de produtividade agrícola obtidos pelo modelo econométrico, e em termos de impacto econômico setorial obtidos pelo modelo de EGC, permitem estudar mais detidamente regiões, setores, cultivos e produtores mais impactados pelas mudanças climáticas. Os resultados desta tese, portanto são relevantes para o entendimento da intensidade e direções dos impactos do fenômeno, e portanto, podem contribuir como informação para sustentar a elaboração de políticas públicas de adaptação ao fenômeno das mudanças climáticas, sobretudo as direcionadas ao agricultores familiares no Brasil.

Por fim, a utilização do modelo AGRO-BR, não se restringe ao estudo proposto nesta tese, pode ser utilizado em estudos envolvendo o setor agrícola como um todo, como estudos sobre políticas de crédito rural, mecanização na agricultura, técnicas sustentáveis de produção, políticas de fornecimento de assistência técnica rural, dentre outros envolvendo a alteração de produtividade agrícola, ou que impactam de maneira distinta os produtores familiares e patronais. Não obstante, o modelo AGRO-BR, pode ser sofisticado para ampliar as possibilidades de estudo e a qualidade dos resultados. Dentre os ajustes que podem ser incorporados ao modelo, destacam-se a inclusão de um módulo de uso da terra, que permitiria avaliar os efeitos das mudanças climáticas, ou outro tipo de política sobre a alteração do uso do solo entre agricultura, pecuária e floresta natural/plantada, possibilitando a análise de impactos das mudanças climáticas sobre o desmatamento, por exemplo; a adoção de uma função do tipo CES no consumo das famílias, fazendo com que os produtos dos setores familiares e patronais sejam substitutos, permitindo que a produção de origem familiar seja substituída por outro de origem patronal, e vice versa; a inclusão do produto adubo e fertilizantes, como fator primário de produção, permitindo a substituição de fatores primários, como terra e trabalho, por adubo e fertilizantes no processo produtivo, introduzindo questões sobre melhorias tecnológicas para adaptação às mudanças; e a desagregação do trabalho rural em trabalho qualificado e não qualificado, ou tipos de qualificação entre os trabalhadores rurais, possibilitando a análise da qualificação profissional sobre a produtividade agrícola. Portanto, o modelo AGRO-BR

desenvolvido nesta tese, pode ser sofisticado, e ainda, ser utilizado em uma extensa agenda futura de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R., FLEMING, R., CHANG, C., MCCARL, B., ROSENZWEIG, C., 1995. A reassessment of the economic effects of global climate change in US agriculture. *Climatic Change* 30, 146–167.

ADAMS, R., MCCARL, B., SEGERSON, K., ROSENZWEIG, C., BRYANT, K., DIXON, B., CONNOR, R., EVENSON, R., OJIMA, D., 1999. The economic effect of climate change on US agriculture. In: Mendelsohn, R., Neumann, J. (Eds.), *The Economic Impact of Climate Change on the Economy of the United States*. Cambridge University Press, Cambridge.

ADAMS, R.M. (1989), ‘Global climate change and agriculture: an economic perspective’, *American Journal of Agricultural Economics* 71(5): 1272–1279.

ADAMS, R.M., C. ROSENZWEIG, AND R.M. PEARL (1990), ‘Global climate change and U.S. agriculture’, *Nature* 345(6272): 219–224.

ADELMAN, I.; ROBINSON, S. *Income distribution policy in developing countries*. London: Oxford University Press, 1978.

AGRIANUAL 2018: Anuário da agricultura brasileira. 23^a. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2018

ALEXANDRATOS, Nikos; BRUINSMA, Jelle. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. 2012.

ANUALPEC 2018: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2018. 280 p.

ARAÚJO, H. C; SILVA, F. F; GOMES, M. F. M; FÉRES, J. G; BRAGA, M. J; Uma análise do impacto das mudanças climáticas na produtividade agrícola da região nordeste do Brasil. *Revista Economia NE*, Fortaleza, v. 45, n. 3, p.46-57, Julho de 2014.

ASSAD, E. D. e PINTO, H. S. *Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil*. CEPAGRI – Unicamp / EMBRAPA. 2008

ASSAD, Eduardo; PINTO, Hilton S.; NASSAR, Andre; HARFUCH, Leila; FREITAS, Saulo; FARINELLI, Barbara; LUNDELL, Mark; FERNANDES, Erick C.M.. 2013. *Impacts of Climate Change on Brazilian Agriculture*. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/18740> License: CC BY 3.0 IGO.

ASSUNÇÃO, J.; CHEIN, F. Climate change and agricultural productivity in Brazil: future perspectives. *Environment and Development Economics*, v. 21, n. 5, p. 581–602, 2016.

AZZONI, Carlos R. *Concentração Regional e Dispersão das Rendas per Capita Estaduais: análise a partir de séries históricas estaduais de PIB, 1939-1995*. *Estudos Econômicos*. São Paulo, v.27, n.3, p-341-393. Set-Dez, 1997.

BAER, Werner. *A Economia Brasileira*. São Paulo: Nobel, 1996, 416p.

BADDOUR, Omar; KONTONGOMDE, Hama (Ed.). The role of climatological normals in a changing climate. World Meteorological Organization, 2007.

BARBIERI, A. F; DOMINGUES, E. P; Queiroz, B. L; RUIZ, Ricardo Machado ; Rigotti, J. I. ; CARVALHO, J. A. M. ; RESENDE, Marco Flavio da Cunha . Climate change and population migration in Brazil s Northeast: scenarios for 2025 2050. Population and Environment v. 31, p. 344-370, 2010.

BEASLEY, T. Mark. Seemingly unrelated regression (SUR) models as a solution to path analytic models with correlated errors. Multiple linear regression viewpoints, v. 34, n. 1, p. 1-7, 2008.

BARBIERI, A. F; DOMINGUES, E. P; Queiroz, B. L; RUIZ, Ricardo Machado ; Rigotti, J. I. ; CARVALHO, J. A. M. ; RESENDE, Marco Flavio da Cunha . Climate change and population migration in Brazil s Northeast: scenarios for 2025 2050. Population and Environment v. 31, p. 344-370, 2010.

BEHRENFELD, Michael J. et al. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. Nature, v. 444, n. 7120, p. 752-755, 2006.

BRAGANÇA, A. A. Mudanças Climáticas, Adaptação e Agricultura no Brasil. REDECLIMA, 2015.

BRAHIC, C. "'Urgent need' for rice that tolerates climate change". Science and Development Network, London, 2006

BRASIL, 2010. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Apresenta informações sobre o Ministério e suas atividades. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br> >. Acesso em 10 de novembro de 2010.

BRASIL, 2011. Território da Cidadania. Apresenta informações sobre o programa e suas ações. Disponível em: <<http://www.territoriosdacidadania.gov.br/>>. Acesso em 10 de abril de 2011.

BRASIL, 2012. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 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.

BRASIL, 2018. Ministério do Meio Ambiente. Efeito Estufa e Aquecimento Global. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/ciencia-da-mudanca-do-clima/efeito-estufa-e-quecimentoglobal> Acesso em: 07/01/2018

BRASIL, 2020. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agroecológico. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-zoneamento-agroecologico/nota-tecnica> Acesso em: Jan/2020.

BURSZTYN, M; RODRIGUES FILHO, S; HIROO SAITO, C. O clima em transe: vulnerabilidade e adaptação da agricultura familiar. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Garamond, 2016

CARMO, R.B.A. A Questão Agrária e o Perfil da Agricultura Brasileira. 1999. Disponível em <http://www.cria.org.br/gip/gipaf/itens/pub/sober>. Acesso em 11/2016.

CARVALHO, T. S. Uso do Solo e Desmatamento nas Regiões da Amazônia Legal Brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas, 2014, 219 p. [s.l.] Tese de

Doutorado). Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

CUADRA, S. V.; HEINEMANN, A. B.; BARIONI, L. G.; MOZZER, G. B.; BERGIER, I. (Ed.). Ação contra a mudança global do clima: contribuições da Embrapa. Brasília, DF: Embrapa, 2018. E-book. (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 13).

CUNHA, D, A; REIS, D, I; Efeitos das Mudanças Climáticas no Setor Agrícola do Estado de Minas Gerais. Revista de Economia e Agronegócio, vol.10, nº 3. Viçosa, 2012

DE PAULA, Gil. The Distributional Impact of Climate Change in Brazilian Agriculture: A Ricardian Quantile Analysis with Census Data. 2018.

DEVUYST, E.; PRECKEL P. Sensitivity analysis revisited: a quadrature-based approach. *Journal of Policy Modeling*. v.19, n.2, p.175-185, 1997.

DIXON, P. B; B. R. PARMENTER; Computable General Equilibrium Modeling for policy analysis and forecasting. In. H. M. Amman, D. A. Kendrick, et at. (Ed.). Handbook of computational economics. Amsterdam; New York: Elsevier. 1996

DIXON, P. B; B. R. PARMENTER; SUTTON, J. VINCENT, D. P; Orani, a Multisectoral model of the Australian Economy. Amsterdam: North Holland Pub. Co. 1982

DIXON, P. B; RIMMER, M. T; 2002, *Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy: A Practical Guide and Documentation of MONASH*, Contribution to Economic Analysis, North Holland, Amsterdam.

DIXON, P. B; RIMMER, M. T; Johansen's Contribution to CGE Modelling: Originator and Guiding Light for 50 Years. The Centre of Policy Studies (COPS) at Monash University. General Paper No. G-203, May 2010

DIXON, P.B.; RIMMER, M. Forecasting and Policy Analysis with a Dynamic CGE Model of Australia. Working Paper, Center of Policy Studies, CoPS, Monash University, 1998.

DOMINGUES, E. P. Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2002.

DOMINGUES, E. P. et al. Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste. 2008.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHAES, A. S.; FARIA, W. R. Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: projeção dos impactos dos investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em Minas Gerais. Pesquisa e Planejamento Econômico, v. 39, n. 1.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; RUIZ, R. M. Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste. Revista Econômica do Nordeste, v. 42, n. 2, p. 229–246, 2016.

DOMINGUES, E. P; MAGALHÃES, Aline S; RUIZ, Ricardo Machado. Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: impactos econômicos na Região Nordeste. Revista Econômica do Nordeste, v. 42, p. 229-246, 2011.

EVANS, HD 1972, A General Equilibrium Analysis of Protection: The Effects of Protection in Australia, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

EVENSON, R. E.; ALVES, D. C. O. Technology, climate change, productivity and land use in Brazilian agriculture. Planejamento e políticas públicas, n. 18, 1998.

FAO, 1996. Food and Agriculture Organization. Agro-ecological zoning: Guidelines. (FAO Soils Bulletin 73) Rome, Italy.

FAO, 2000. Food and Agriculture Organization. Two essays on climate change and agriculture. FAO Economic and Social Development Papers, 2000.

FAO, 2003a: Strengthening coherence in FAO's initiatives to fight hunger (Item 10). Conference Thirty-second Session, 29 November to 10 December, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO, 2003b: Impact of climate change on food security and implications for sustainable food production committee on world food security. Conference Twenty-ninth Session, 12 to 16 May, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO, 2004: The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA) 2004, Fisheries Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 153 pp.

FAO, 2005: Special event on impact of climate change, pests and diseases on food security and poverty reduction. Background Document. 31st Session of the Committee on World Food Security Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/009/j5411e.pdf>

FAO, 2012: Realizing the potential of agricultural innovation in family farming. Office of knowledge exchange, research & extension (OEK). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO, 2014; LOWDER, Sarah K.; SKOET, Jakob; SINGH, Saumya. What do we really know about the number and distribution of farms and family farms in the world? Background paper for The State of Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014.

FARIA, W. R. Modelagem e avaliação de fenômenos relacionados ao uso da terra no Brasil. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2012.

FARIA, W. R.; HADDAD, E. A. MODELING LAND USE AND THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE IN BRAZIL. *Climate Change Economics*, v. 8, n. 01, p. 1750002, 2017.

FEAM, 2014. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Plano de energia e mudanças climáticas de Minas Gerais. Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas - Belo Horizonte: FEAM, 2014.

FEAM, 2014a. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Plano de energia e mudanças climáticas de Minas Gerais: Desafios e Oportunidades regionais. Belo Horizonte: FEAM, 2014.

FEAM, 2014b. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Plano de energia e mudanças climáticas de Minas Gerais. Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas - Belo Horizonte: FEAM, 2014.

FEAM, 2015. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Plano de energia e mudanças climáticas de Minas Gerais: resumo executivo / Fundação Estadual do Meio Ambiente; com apoio de Agência Francesa do Meio Ambiente e da Gestão de Energia, Conselho Regional de Nord Pas-de-Calais. --- Belo Horizonte: FEAM, 2015.

FEBRABAN, 2014. O Sistema Financeiro Nacional e a Economia Verde – Alinhamento ao desenvolvimento sustentável. – Centro de Estudos em sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (GVces/ FGV –EAESP), Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN) 1ª ed. – São Paulo: FEBRABAN, 2014

- FÉRES, J. G. ; REIS, E.J. ; SPERANZA, J.S. . Impacto das Mudanças Climáticas no Setor Agrícola Brasileiro. In: Ronaldo Seroa da Motta, Jorge Hargrave; Gustavo Luedemann; Maria Bernadete Sarmiento Gutierrez. (Org.). Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios. 1ed.Brasília: IPEA, 2011, v. , p. 299-309.
- FÉRES, J., E. REIS e J. SPERANZA. Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil. In: XXXVII Encontro Nacional de Economia, 2009, Foz do Iguaçu. Anais do XXXVII Encontro Nacional de Economia, 2009.
- FÉRES, J.; REIS, E.; SPERANZA, J. Assessing the Impact of climate change on the brazilian agricultural sector. In: PROCEEDINGS OF THE ANNUAL EAERE CONFERENCE, 16, 2007. Gothenburg: European Association of Environmental and Resource Economists, 2007.
- FERREIRA FILHO, J. B. S. Ajuste estrutural e agricultura na década de 80: uma abordagem de equilíbrio geral. Pesquisa e Planejamento Econômico, v.27, n.2, 1998.
- FERREIRA FILHO, J. B. S; HORRIDGE, M. Climate change impacts on agriculture and internal migrations in Brazil. Centre of Policy Studies (CoPS), Victoria University, 2010.
- FISCHER, G., M. SHAH, F.N. TUBIELLO and H. VAN VELTHUIZEN, 2005: Integrated assessment of global crop production. *Philos. T. Roy. Soc. B*, **360**, 2067-2083.
- FOCHEZATTO, A. Modelos de Equilíbrio Geral Aplicados na Análise de Políticas Fiscais: Uma revisão da literatura. Revista Análise, Porto Alegre, V.16, nº1, p.113-136, jan/jul. 2005
- GAZOLLA, Marcio; SCHNEIDER, Sergio. A produção da autonomia: os “papéis” do autoconsumo na reprodução social dos agricultores familiares. Estudos Sociedade e Agricultura, 2007.
- GHINI, R.. Mudanças climáticas globais e doenças de plantas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005
- GHINI, R.; HAMADA, E.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MARENGO, J. A.; GONÇALVES, R. R. V. Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, n. 2, p.187-194, fev. 2008.
- GIROD, Bastien et al. The evolution of the IPCC's emissions scenarios. *Environmental science & policy*, v. 12, n. 2, p. 103-118, 2009.
- GUILHOTO, J. J. M. Um modelo computável de equilíbrio geral para planejamento e análise de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira, 1995, 258 p. (Tese de Livre-Docência). ESALq, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- HADDAD E. A.; AZZONI C. R., DOMINGUES, E. P.; PEROBELLI, F. S. Macroeconomia dos Estados e Matriz inter-estadual de insumo-produto. *Revista de Economia Aplicada*, v. 6, n. 4, p.875-895, 2002.
- HADDAD, E (coord.). B-MARIA-27: An Interstate CGE Model for Brazil. Research memo. FIPE, 2003.
- HADDAD, E. A. Equilíbrio Geral: Teoria Pura, Teoria Aplicada e Práticas Operacionais. São Paulo. FEA – USP. 2008
- HADDAD, E. A. Retornos crescentes, custos de transporte e crescimento regional. – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA/ USP), São Paulo, 2004. (Tese de Livre-Docência em Economia).

HADDAD, E. A.; DOMINGUES, E. P. EFES: Um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais para 1999-2004. *Estudos Econômicos*. São Paulo, v. 31, n.1, p. 89-125, 2001.

HADDAD, Eduardo Amaral; HEWINGS, G. J. D. The theoretical specification of B-MARIA. University of Illinois at Urbana-Champaign, Regional Economics Applications Laboratory, 1997.

HARRIS, R. Applied general equilibrium analysis of small open economies with scale economies and imperfect competition. *The American Economic Review*, v. 74, n. 5, p. 1016-1032, 1984.

HARRISON, W. J; PEARSON, K. R; An Introduction to GEMPACK. Australia: IMPACT Project and KPSOFT. GEMPACK User Documentation GDP-1, 1996

HIGA, R. C. V.; ZANATTA, J. A.; RACHWAL, M. F. G. Plantações florestais comerciais e a mitigação na mudança do clima. In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). *Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental*. Brasília, DF : Embrapa, 2017. Cap. 6. p. 67-72.

HITZ, S. and J. SMITH, 2004: Estimating global impacts from climate change. *Global Environ. Change*, 14, 201-218.

HOFFMANN, R. Distribuição de renda: medida de desigualdade e pobreza. Editora da Universidade de São Paulo. 1998.

HOFFMANN, R. Estimativas das elasticidades-renda de várias categorias de despesa e de consumo, especialmente alimentos, no Brasil, com base na POF de 2008-2009. *Economia Aplicada*, v. 57, n. 2, p. 49-57, 2010.

HORRIDGE, M, Madden, J & Wittwer, G 2005, 'The impact of the 2002–2003 drought on Australia', *Journal of Policy Modeling*, vol. 27, no. 3, pp. 285-308.

HORRIDGE, M. The TERM model and its data base. Centre of Policy Studies - General Paper n. G-219. [S.l.], p. 21. 2011.

HORRIDGE, M; JERIE, M; MUSTAKINOV, D; SCHIFFMANN, F. (2018) GEMPACK Manual. GEMPACK Software, ISBN 978-1-921654-34-3.

HORRIGDE, M. *Preparing a TERM bottom-up regional database*. Preliminary Draft, Centre of Policy Studies, Monash University, 2006.

IFPRI, 2009. Food policy report “Climate Change: Impact on agriculture and costs of adaptation.” <http://www.ifpri.org/publication/climate-change-impact-agriculture-and-costs-adaptation>

IGTEC. Instituto de Geoinformação e Tecnologia. Mapa das Mesorregiões do estado de Minas Gerais. Disponível em: http://mg.gov.br/sites/default/files/paginas/imagens/2016/mapa_mesorregioes.jpg. Acesso em jul/2017.

INMET 2020. **Normais Climatológicas do Brasil**. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> Acesso em: Jan/2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE); Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2019. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>> .

IPCC, 2000 – Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.) Emissions Scenarios. Cambridge University Press, UK. pp 570 Available from Cambridge University Press, The Edinburgh Building Shaftesbury Road, Cambridge CB2 2RU ENGLAND

IPCC, 2001: Third Assessment Report – IPCC-AR3. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policy Makers World Meteorological Organization, Geneva, 2001

IPCC, 2007: Easterling, W.E., P.K. Aggarwal, P. Batima, K.M. Brander, L. Erda, S.M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber and F.N. Tubiello, 2007: Food, fibre and forest products. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 273-313.

IPCC, 2013. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group I. Climate Change 2013 – The Physical Science Basis – Summary for Policy Makers. Switzerland , 2013.

IPCC, 2014a. Climate Change 2014: Synthesis Report. Summary for Policymakers. Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Switzerland, 2014.

IPCC, 2014b: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

IPCC, 2014c: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC, 2014d. CLIMATE CHANGE 2014: Synthesis Report. Headline statements from the Summary for Policymakers. Switzerland, November, 2014.

IPCC, 2018 Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml#UsxJ__RDuWk Acesso em: 07/01/2018

JOHANSEN, L 1960, A multi-sector study of economic growth, vol. 21, North-Holland Pub. Co.

KAISER, H., RIHA, S., WILKES, D., SAMPATH, R., 1993a. Adaptation to global climate change at the farm level. In: Kaiser, H., Drennen, T. (Eds.), Agricultural Dimensions of Global Climate Change. St. Lucie Press, Delray Beach, FL.

- KAISER, H.M., RIHA, S.J., WILKES, D.S., ROSSITER, D.G., SAMPATH, R.K., 1993b. A farm-level analysis of economic and agronomic impacts of gradual warming. *American Journal of Agricultural Economics* 75, 387–398.
- KUMAR, K., PARIKH, J., 1998. Climate change impacts on Indian agriculture: the Ricardian approach. In: Dinar, A., Mendelsohn, R., Evenson, R., Parikh, J., Sanghi, A., Kumar, K., McKinsey, J., Lonergon, S. (Eds.), *Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture*, World Bank Technical Paper No. 402, Washington, DC.
- KURUKULASURIYA, P. AND R. MENDELSON (2008), 'Crop switching as an adaptation strategy to climate change', *African Journal of Agriculture and Resource Economics* 2(1): 105–125.
- LEGETT, J. PEPPER, W. J. SWART, R. JEDMONDS, J. MEIRA FILHO, L.G. MINTZER, I. WANG, M.X. and WATSON. J. 1992. "Emissions Scenarios for the IPCC: An Update", *Climate Change 1992: The Supplementary Report to The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, UK, pp. 68-95
- LEONTIEF, WW 1936, 'Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States', *The review of economic statistics*, pp. 105-25.
- LEONTIEF, WW 1951, 'Input-output economics', *Sci Am*, vol. 185, no. 4, pp. 15-21.
- LEONTIEF, WW, Morgan, A, Polenske, K, Simpson, D & Tower, E 1965, 'The economic impact--industrial and regional--of an arms cut', *The Review of Economics and Statistics*, pp. 217-41.
- LESSMANN, Christian; SEIDEL, André. Regional inequality, convergence, and its determinants—A view from outer space. *European Economic Review*, v. 92, p. 110-132, 2017.
- LIMA, M. A. de; ALVES, B. J. R. Vulnerabilidades, impactos e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, DF, n.27, p.73-110, 2008.
- LINDOSO, D; RODRIGUES FILHO, S; Vulnerabilidade e Adaptação: Bases teóricas e conceituais da pesquisa. Em: *O Clima em Transe. Vulnerabilidade e adaptação da agricultura familiar*. Organizadores: Marcel Bursztyrn e Saulo Rodrigues Filho. 1ª Edição. Rio de Janeiro. Garamont, 2016.
- LITRE, G; SILVA, C. J; SIMONI, J; NOGUEIRA, P; FAÇANHA, C. L; HIROO SAITO, C; FETTER, R; FREITAS, S; NAPOLIS, P; Estudo de Caso – Cerrado. Em: *O Clima em Transe. Vulnerabilidade e adaptação da agricultura familiar*. Organizadores: Marcel Bursztyrn e Saulo Rodrigues Filho. 1ª Edição. Rio de Janeiro. Garamont, 2016.
- LKHANAAJAV, Esmedekh. CoPS-style CGE modelling and analysis. Centre of Policy Studies (CoPS), Victoria University, 2016.
- LOBELL, M. *et al.* "Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030". *Science*, Washington: AAAS, v. 319, n. 5863, p. 607-610, 01/02/2008
- MADARI, B. E. Medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas: o papel do manejo e conservação do solo. In: *Seminário agropecuária no cerrado frente às mudanças climáticas*, 2018, Goiânia. Anais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. p. 44. (Embrapa Arroz e Feijão. Eventos técnicos & científicos, 1).

- MAGALHÃES, Aline Souza et al. Economia de baixo carbono no Brasil: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa. Texto para discussão, n. 491, 2013.
- MANNE, AS 1963, 'Key Sectors of the Mexican Economy, 1960-1970', Studies in Process Analysis Cowles Foundation Monograph, vol. 18.
- MARENGO J.A.. Cenários de Mudanças Climáticas para o Brasil em 2100. *Ciência & Ambiente*, v. 34, p. 100-12S, 2007.
- MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade. Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2006.
- MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. (Ed.). Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010. 81 p. 1; il. Coordenação geral: Jacques Marcovitch.
- MASSETTI, E., GUIDUCCI, N., DO CARMO, R., FORTES DE OLIVEIRA, A., & MENDELSON, R. O. The Impact of Climate Change on the Brazilian Agriculture: A Ricardian Study at Microregion Level. The Impact of Climate Change on the Brazilian Agriculture: A Ricardian Study at Microregion Level (December 2013). CMCC Research Paper, nº200, 2013.
- MATSUURA, Kenji; WILLMOTT, Cort J. Terrestrial Air Temperature: 1900–2010 Gridded Monthly Time Series. URL http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/Global2011/GlobalTsT2011.html, 2012.
- MELO, R. F; ANJOS, J. B; PEREIRA, L. A; BRITO, L. T. L; CRUZ, L. C; Barragem Subterrânea: Tecnologia Alternativa de Adaptação às Mudanças Climáticas para Agricultura Familiar. 10o Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva Belém - PA – Brasil
- MENDELSON, R., A. BASIST, P. KURUKULASURIYA, AND A. DINAR (2007), 'Climate and rural income', *Climatic Change* 81: 101–118.
- MENDELSON, R., A. DINAR, A. BASIST, AND P. KURUKULASURIYA (2004), 'Cross-sectional analysis of climate change impacts', World Bank Policy Research Working Paper 3350
- MENDELSON, R., NORDHAUS, W., SHAW, D. The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *American Economic Review*, v. 84, n. 4, p. 753-771, 1994.
- MONTEIRO, J. M. G. Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semi-árido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2007.
- MONTEIRO, J. M. G.; ANGELOTTI, F.; SANTOS, M. M. de O. Adaptação e mitigação às mudanças climáticas: contribuição dos serviços ecossistêmicos dos solos. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG*, v. 43, n. 2, p. 32-36, maio/ago. 2017.
- MORAES, Gustavo Inácio de. Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo de equilíbrio geral computável. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOREIRA, A. G.; SCHWARTZMAN, S. (Ed.). As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazonia/The Woods Hole Research Center/Environmental Defense, 2000. 165p.

NASCIMENTO, C. A. Pluriatividade, Pobreza Rural e Políticas Públicas: Uma análise comparada entre Brasil e União Européia. (BNB Teses e Dissertações, nº11) Banco do Nordeste do Brasil. Fortaleza – 2008

NASUTI, S; LITRE, G; GARCEZ, C. G; SILVA, C. J; NOGUEIRA, P; Percepções de Pequenos Agricultores sobre o Clima. Comparação entre os biomas Amazônia, Cerrado, Caatinga e Pantanal. Em: O Clima em Transe. Vulnerabilidade e adaptação da agricultura familiar. Organizadores: Marcel Bursztyń e Saulo Rodrigues Filho. 1ª Edição. Rio de Janeiro. Garamont, 2016b.

NASUTI, S; ROCHA, J, D; VIANA, C; HIROO SAITO, C; SOUZA, C, R; CHACON, S, S; Estudo de Caso – Semiárido. Em: O Clima em Transe. Vulnerabilidade e adaptação da agricultura familiar. Organizadores: Marcel Bursztyń e Saulo Rodrigues Filho. 1ª Edição. Rio de Janeiro. Garamont, 2016a.

NRC. National Research Council, 2012, Climate Change. Evidence, Impacts and Choices. p. 121–158.

OLIVEIRA, Rodrigo Carvalho; SILVEIRA NETO, Raul M. Escolaridade, Políticas Sociais e a Evolução da Desigualdade Regional de Renda no Brasil entre 2001 e 2011: uma Análise a partir da Fontes de Renda. Revista Econômica do Nordeste, v. 44, p. 651-670, 2013.

OLIVEIRA, Rodrigo Carvalho. Estrutura e evolução da desigualdade regional de renda do trabalho no Brasil: uma análise empírica para o período 1970-2010. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco Centro de Ciências Sociais Aplicadas Departamento de Economia. 2017

ORTEGA, A. C. Territórios Deprimidos. Os desafios para as políticas de desenvolvimento rural. Campinas-SP, Editora Alínea, 2008.

PARRY, M., C. ROSENZWEIG and M. LIVERMORE, 2005: Climate change, global food supply and risk of hunger. *Philos. T. Roy. Soc. B*, **360**, 2125-2138.

PBMC, 2014a: Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp.

PBMC, 2014b: Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Assad, E.D., Magalhães, A. R. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 414 pp.

PBMC, 2014c; PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS. Base científica das mudanças climáticas. Sumário executivo do, v. 1, 2014.

PEPPER, W. J; LEGGETT, R.J; SWART, R. J; WASSON, J; EDMONDS J; MINTZER. I; 1992. "Emission Scenarios for the IPCC An Update, Assumptions, Methodology, and Results", US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 478p, 2002.

PEROBELLI, F. Análise espacial das interações econômicas entre os estados brasileiros. São Paulo: USP, 2004 (Tese de Doutorado).

PETER, M. W.; HORRIDGE, M.; MEAGHER, G. A.; PARMENTER, B. R. The Theoretical Structure of Monash-MRF. Australia: Monash University, Centre of Policy Studies, Impact Project: 121 p., 1996.

PETIT, J.R.; JOUZEL, J.; RAYNAUD, D.; BARKOV, N.I.; BARNOLA, J.-M.; BASILE, I.; BENDERS, M.; CHAPPELLAZ, J.; DAVIS, M.; DELAYQUE, G.; DELMOTTE, M.; KOTLYAKOV, V.M.; LEGRAND, M.; LIPENKOV, V.Y.; LORIUS, C.; PÉPIN, L.; RITZ, C.; SALTZMAN, E. & STIEVENARD, M. 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399: 429-436.

PNMC, 2008. Governo Federal. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. Decreto nº 6.236, de 21 de novembro de 2007. PNMC – Plano Nacional sobre Mudança do Clima. Brasília, 2008

PNUD, 2019. Relatório do Desenvolvimento Humano 2019 - Além do rendimento, além das médias, além do presente: Desigualdades no desenvolvimento humano no século XXI. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento 1 UN Plaza, New York, NY 10017 USA eISBN: 978-92-1-004502-5

QUARTAROLI, Carlos Fernando; DE ARAÚJO, Luciana Spinelli. Ordenamento territorial e zoneamento. Embrapa Monitoramento por Satélite-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE), 2014.

RAJALAHTI, R. 2012. *National Coordination and Governance of Agricultural Innovation* in: *Agricultural Innovation Systems an Investment Sourcebook*. The World Bank. Washington, D.C.

RIBEIRO, L. C. D. S. Investimentos Estruturantes e Desigualdades Regionais na Região Nordeste. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Tese de Doutorado. Belo Horizonte, p. 205. 2015.

ROCHA, Diego Lilargem et al. Uso do Coeficiente de Gini e da Curva de Lorenz para analisar a desigualdade de energia elétrica residencial nas regiões do Brasil. *Anais*, p. 1-5, 2019.

SANGHI, A. AND R. MENDELSON (2008), 'The impacts of global warming on farmers in Brazil and India', *Global Environmental Change* 18: 655–665.

SANGHI, A. et al. Global warming impacts on Brazilian agriculture: estimates of the Ricardian model. *Economia Aplicada*, v. 1, n. 1, 1997.

SANTOS, A.C. et al. Autoconsumo, Desenvolvimento e Agricultura Familiar. Curitiba: *Deser Boletim* 153, 2006.

SCARF, H & HANSEN, T 1973, 'The computation of economic equilibria', New Haven.

SCHLENKER, W., HANEMANN, W., FISHER, A. The impact of global warming on US agriculture: an econometric analysis of optimal growing conditions. *Review of Economics and Statistics*, v. 88, n. 1, p. 113-125, 2006.

SEO, N; MENDELSON, R; 2008a. A Ricardian analysis of the impact of climate change on South American farms. *Chilean Journal of Agricultural Research* 68 (1), 69–79.

SEO, N; MENDELSON, R; 2008b, ‘Measuring impacts and adaptations to climate change: a structural Ricardian model of African livestock management’, *Agricultural Economics* 38: 151–165

SESSA, C. B. Comércio Exterior, Guerra Fiscal e Dinâmica Regional Assimétrica no Brasil e no Espírito Santo. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Tese de Doutorado. Belo Horizonte, p. 237. 2019.

SILVA, C. J; NOGUEIRA, P; SIMONI, J; LITRE, G; COSTA, J; SANDER, N; FAÇANHA, C; VIANA, I; OLIVEIRA, C. H; Estudo de Caso – Pantanal. Em: O Clima em Transe. Vulnerabilidade e adaptação da agricultura familiar. Organizadores: Marcel Bursztyn e Saulo Rodrigues Filho. 1ª Edição. Rio de Janeiro. Garamont, 2016a.

SILVA, M. S. L. da; FERREIRA, G. B.; PARAHYBA, R. da B. V.; NASCIMENTO, A.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; MARQUES, F. A. Uso e manejo do solo e da água contribuindo na resiliência de sistemas agrícolas às intempéries climáticas no sertão do Araripe, Pernambuco. In: REUNIÃO NORDESTINA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2016, Aracaju. Integração e uso do conhecimento para uma agricultura sustentável no Nordeste. Aracaju: SBCS, Núcleo Regional Nordeste, 2016b.

SILVEIRA NETO, Raul M.; AZZONI, Carlos R. Social Policy as Regional Policy: Market and Nonmarket Factors Determining Regional Inequality. *Journal of Regional Science*, [s.l], v. 52, n. 3, p.433-450, 18 dez. 2011.

SIMONI, J; ROCHA, J. D; MESQUITA, P; LINDOSO, D; DEBORTOLI, N; IBIAPINA, I; ARAÚJO, J; Estudo de Caso – Amazônia (Pará e Acre). Em: O Clima em Transe. Vulnerabilidade e adaptação da agricultura familiar. Organizadores: Marcel Bursztyn e Saulo Rodrigues Filho. 1ª Edição. Rio de Janeiro. Garamont, 2016.

SIQUEIRA, O.J.F. DE, J.R.B. DE FARIAS, AND L.M.A. SANS (1994). Potential effects of global climate change for Brazilian agriculture, and adaptive strategies for wheat, maize, and soybeans. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.2 pp. 115-129.

SMIT, B, *et al.* Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity. *Climate Change 2001. Impacts, vulnerability and adaptation. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Oxford, 2001.

SOBCZAK, A. Em busca da adaptação. *Panorama Rural*, v. 11, n. 129, p. 40-46, nov./dez., 2009.

SOUZA, Bruno Santos de, 2018. Mudanças climáticas no Brasil: efeitos sistêmicos sobre a economia brasileira provenientes de alterações na produtividade agrícola. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SPRINGMANN M., MASON-D’CROZ D., ROBINSON S., GARNETT T., GODFRAY H.C. J., GOLLIN.; RAYNER M.; BALLON P., and SCARBOROUGH P., 2016. Global and regional health effects of future food production under climate change: A modelling study. *The Lancet*.

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

TEIXEIRA, B. S.; ORSINI, J. A. M.; CRUZ, M. R. da (Ed.). Modelagem climática e vulnerabilidades setoriais à mudança do clima no Brasil. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. 389 p.

TILMAN, David et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the national academy of sciences*, v. 108, n. 50, p. 20260-20264, 2011.

TOURINHO, O. A. F.; KUME, H.; PEDROSO, A. C. S. Elasticidades de Armington para o Brasil: 1986-2002. *Revista Brasileira de Economia*, v. 61, n. 2, pp. 245-267, 2007.

VEIGA, J. E. da. Debates: Agricultura familiar e sustentabilidade. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, v.13, n.3, p. 383-404, 1996.

W. J. PEPPER, R.J. LEGGETT, R.J. SWART, J. WASSON, J. EDMONDS and I. MINTZER. 1992. "Emission Scenarios for the IPCC An Update, Assumptions, Methodology, and Results", US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

WANG, J., MENDELSON, R., DINAR, A., HUANG, J., ROZELLE, S., ZHANG, L., 2008. Can China continue feeding itself? the impact of climate change on agriculture. World Bank Policy Research Working Paper 4470. Washington, DC.

WESSA P., (2016), Concentration and Inequality (v1.0.1) in Free Statistics Software (v1.2.1), Office for Research Development and Education, URL http://www.wessa.net/rwasp_concentration.wasp/

ZELLNER, Arnold. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. *Journal of the American statistical Association*, v. 57, n. 298, p. 348-368, 1962.

APÊNDICE A – Participação das Unidades da Federação na Produção Agrícola

Tabela A1: Participação por UF no Valor da Produção dos Cultivos Familiares (2006)

UF / Cultivo	Abacaxi	Algodão	Amendoim	Arroz	Batata Inglesa	Cana de açúcar	Cebola	Feijão	Fumo	Mandioca	Milho
Rondônia	0.7%	0.0%	0.3%	1.7%	0.0%	0.1%	0.0%	1.5%	0.0%	0.8%	0.4%
Acre	0.3%	0.0%	7.2%	1.5%	0.0%	0.1%	0.0%	0.7%	0.0%	2.6%	0.4%
Amazonas	7.5%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	1.4%	0.0%	0.4%	0.0%	5.7%	0.2%
Roraima	0.2%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%
Pará	9.2%	0.0%	1.3%	7.0%	0.1%	0.1%	0.1%	2.4%	0.0%	40.6%	1.7%
Amapá	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
Tocantins	4.5%	0.0%	0.7%	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.4%	0.5%
Maranhão	1.3%	0.0%	1.7%	32.1%	0.0%	0.7%	0.0%	3.3%	0.0%	8.5%	3.7%
Piauí	0.0%	0.3%	0.4%	7.6%	0.0%	0.3%	0.0%	4.9%	0.0%	1.2%	2.1%
Ceará	0.0%	4.1%	5.7%	3.8%	0.2%	1.7%	0.1%	17.2%	0.0%	1.5%	8.7%
Rio Grande do Norte	0.7%	2.2%	0.0%	0.4%	0.0%	0.1%	0.0%	2.7%	0.0%	0.6%	0.8%
Paraíba	5.1%	9.1%	1.2%	1.1%	1.0%	2.1%	0.1%	4.8%	0.0%	0.6%	1.2%
Pernambuco	1.2%	0.3%	1.4%	0.4%	0.6%	4.5%	4.6%	7.7%	0.0%	2.3%	2.9%
Alagoas	5.9%	1.2%	2.2%	0.5%	1.1%	5.9%	0.0%	5.9%	1.6%	2.1%	0.9%
Sergipe	6.5%	0.2%	20.6%	0.6%	1.2%	0.3%	0.0%	0.9%	0.2%	1.8%	1.0%
Bahia	2.4%	9.4%	15.4%	0.4%	1.3%	2.9%	10.0%	18.3%	0.5%	6.7%	4.5%
Minas Gerais	12.3%	2.4%	1.9%	2.0%	34.3%	9.9%	0.4%	5.8%	0.1%	3.0%	13.2%
Espírito Santo	6.6%	0.0%	0.2%	0.1%	1.1%	2.7%	0.1%	0.5%	0.0%	0.4%	0.3%
Rio de Janeiro	12.6%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	2.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.7%	0.1%
São Paulo	16.9%	13.2%	15.7%	0.4%	9.5%	31.0%	6.9%	1.6%	0.0%	1.5%	3.3%
Paraná	0.5%	33.0%	5.9%	1.1%	11.3%	4.6%	5.5%	11.6%	16.1%	4.4%	18.2%
Santa Catarina	0.2%	0.0%	2.3%	15.0%	15.3%	1.3%	58.0%	5.0%	30.2%	3.3%	14.8%
Rio Grande do Sul	1.2%	0.0%	14.1%	16.9%	22.0%	5.1%	14.1%	3.5%	51.3%	7.4%	17.2%
Mato Grosso do Sul	0.3%	3.1%	0.7%	0.6%	0.0%	0.8%	0.0%	0.3%	0.0%	2.0%	1.0%
Mato Grosso	1.5%	20.7%	0.8%	1.2%	0.1%	21.3%	0.0%	0.2%	0.0%	1.3%	1.1%
Goiás	1.6%	0.8%	0.3%	1.7%	0.3%	0.8%	0.0%	0.3%	0.0%	0.5%	1.7%

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

Tabela A2: Participação por UF no Valor da Produção dos Cultivos Familiares (2006)

UF / Cultivo	Soja	Tomate	Trigo	Banana	Café	Caju (castanha)	Laranja	Uva (vinho ou suco)	Outros Lav. Perm.	Outros Lav. Temp.
Rondônia	0.3%	1.9%	0.0%	0.1%	5.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.7%	0.2%
Acre	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%
Amazonas	0.0%	0.2%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.9%	1.2%
Roraima	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pará	0.0%	1.4%	0.0%	2.2%	0.2%	0.8%	1.3%	0.0%	13.0%	0.8%
Amapá	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.2%	0.0%
Tocantins	0.1%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%
Maranhão	0.2%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	5.2%	0.5%	0.0%	0.3%	1.2%
Piauí	0.1%	1.0%	0.0%	1.4%	0.0%	16.5%	0.0%	0.0%	0.5%	0.7%
Ceará	0.0%	4.5%	0.0%	17.8%	0.2%	50.3%	0.7%	0.0%	4.4%	2.7%
Rio Grande do Norte	0.0%	2.1%	0.0%	1.1%	0.0%	15.4%	0.0%	0.0%	0.9%	1.0%
Paraíba	0.0%	2.7%	0.0%	4.8%	0.0%	1.7%	2.5%	0.3%	2.4%	2.4%
Pernambuco	0.0%	22.7%	0.0%	28.1%	0.1%	3.4%	1.0%	0.0%	3.9%	7.4%
Alagoas	0.0%	0.1%	0.0%	2.0%	0.0%	0.4%	6.1%	0.0%	2.1%	1.1%
Sergipe	0.0%	0.4%	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	11.4%	0.0%	2.5%	0.5%
Bahia	0.1%	24.3%	0.0%	10.3%	3.5%	5.5%	24.6%	0.0%	21.1%	12.7%
Minas Gerais	0.8%	1.5%	0.0%	2.5%	54.6%	0.0%	0.9%	0.1%	3.4%	17.4%
Espírito Santo	0.0%	2.7%	0.0%	2.2%	19.9%	0.0%	0.5%	0.0%	1.5%	0.1%
Rio de Janeiro	0.0%	2.8%	0.0%	0.6%	0.5%	0.0%	0.4%	0.0%	0.6%	0.5%
São Paulo	2.0%	10.9%	0.5%	9.5%	7.4%	0.0%	32.5%	0.4%	17.2%	6.3%
Paraná	46.5%	3.9%	46.1%	0.9%	7.8%	0.0%	3.7%	1.9%	8.0%	12.5%
Santa Catarina	3.3%	5.6%	4.0%	6.4%	0.0%	0.0%	6.6%	5.1%	5.8%	13.8%
Rio Grande do Sul	37.9%	4.4%	49.1%	1.5%	0.0%	0.0%	5.6%	92.2%	8.9%	13.1%
Mato Grosso do Sul	2.7%	0.4%	0.2%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.5%
Mato Grosso	4.0%	0.8%	0.0%	0.3%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	1.0%
Goiás	1.9%	5.4%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.6%	2.4%

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

Tabela A3: Participação por UF no Valor da Produção dos Cultivos Patronais (2006)

UF / Cultivo	Abacaxi	Algodão	Amendoim	Arroz	Batata Inglesa	Cana de açúcar	Cebola	Feijão	Fumo	Mandioca	Milho
Rondônia	0.2%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.3%	0.2%
Acre	0.5%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	1.2%	0.1%
Amazonas	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%
Roraima	0.1%	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Pará	8.1%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	1.2%	0.0%	1.1%	0.0%	32.1%	0.6%
Amapá	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Tocantins	11.4%	0.1%	0.0%	2.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.6%	0.3%
Maranhão	1.1%	5.7%	0.1%	2.0%	0.0%	0.2%	0.0%	1.0%	0.0%	6.3%	0.7%
Piauí	0.0%	0.5%	0.0%	1.5%	0.0%	0.1%	0.0%	1.5%	0.0%	0.9%	0.4%
Ceará	24.9%	0.0%	1.3%	0.3%	0.0%	0.1%	0.0%	4.3%	0.0%	2.5%	1.0%
Rio Grande do Norte	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	1.0%	0.0%	1.1%	0.1%
Paraíba	10.3%	0.0%	0.2%	0.1%	0.1%	0.8%	0.1%	1.5%	0.0%	0.6%	0.2%
Pernambuco	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.8%	2.7%	1.7%	0.0%	1.5%	0.3%
Alagoas	0.3%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	9.9%	0.0%	1.3%	15.1%	2.1%	0.1%
Sergipe	0.4%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.1%	0.3%	0.7%	0.3%
Bahia	3.0%	20.2%	1.9%	0.2%	19.7%	0.5%	7.0%	7.2%	0.8%	4.7%	4.5%
Minas Gerais	10.9%	3.2%	0.7%	2.2%	23.5%	7.5%	7.0%	24.6%	0.2%	3.4%	14.2%
Espírito Santo	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.2%	0.3%	0.0%	0.8%	0.1%
Rio de Janeiro	3.6%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.7%	0.0%	0.2%	0.0%	1.4%	0.1%
São Paulo	9.8%	1.2%	75.6%	0.4%	22.5%	56.1%	20.2%	13.9%	0.0%	15.6%	7.4%
Paraná	2.2%	0.2%	1.9%	0.9%	11.4%	5.7%	21.7%	14.9%	13.9%	11.6%	20.8%
Santa Catarina	0.1%	0.0%	0.1%	4.3%	8.1%	0.0%	22.2%	4.6%	30.9%	1.4%	4.0%
Rio Grande do Sul	0.3%	0.0%	0.8%	77.2%	7.6%	0.1%	4.7%	1.9%	38.8%	3.9%	10.9%
Mato Grosso do Sul	0.2%	2.4%	1.2%	1.1%	0.0%	3.1%	0.0%	0.6%	0.0%	2.7%	7.2%
Mato Grosso	2.4%	58.3%	1.8%	3.6%	0.0%	4.9%	0.0%	2.5%	0.0%	1.1%	15.7%
Goiás	2.7%	8.0%	13.7%	1.1%	6.9%	3.6%	13.3%	12.0%	0.0%	1.5%	10.4%

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

Tabela A4: Participação por UF no Valor da Produção dos Cultivos Patronais (2006)

UF / Cultivo	Soja	Tomate	Trigo	Banana	Café	Caju (castanha)	Laranja	Uva (vinho ou suco)	Outros Lav. Perm.	Outros Lav. Temp.
Rondônia	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%
Acre	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Amazonas	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.2%	0.1%
Roraima	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%
Pará	0.2%	0.1%	0.0%	0.8%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%	4.8%	0.2%
Amapá	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Tocantins	1.8%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%
Maranhão	2.4%	0.0%	0.0%	3.0%	0.0%	1.1%	0.1%	0.0%	0.2%	0.7%
Piauí	1.5%	0.5%	0.0%	0.3%	0.0%	13.8%	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%
Ceará	0.0%	0.7%	0.0%	14.4%	0.0%	62.4%	0.0%	0.0%	4.4%	3.7%
Rio Grande do Norte	0.0%	0.8%	0.0%	1.2%	0.0%	17.3%	0.0%	0.0%	1.1%	3.8%
Paraíba	0.0%	1.0%	0.0%	4.2%	0.0%	0.5%	0.7%	0.4%	0.8%	0.4%
Pernambuco	0.0%	5.4%	0.0%	23.1%	0.1%	2.6%	0.1%	6.5%	8.4%	2.0%
Alagoas	0.0%	0.2%	0.0%	1.2%	0.0%	0.2%	1.5%	0.0%	3.4%	4.0%
Sergipe	0.0%	0.1%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	2.1%	0.2%
Bahia	5.8%	7.2%	0.0%	7.3%	6.3%	1.9%	2.6%	0.0%	24.7%	2.4%
Minas Gerais	5.8%	2.9%	3.1%	8.6%	67.1%	0.0%	2.2%	2.9%	9.7%	23.8%
Espírito Santo	0.0%	0.8%	0.0%	1.0%	8.8%	0.0%	0.0%	0.1%	3.3%	0.2%
Rio de Janeiro	0.0%	1.1%	0.0%	0.7%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.4%	0.6%
São Paulo	2.4%	56.2%	4.3%	24.9%	13.0%	0.0%	83.6%	2.7%	14.2%	18.0%
Paraná	16.8%	0.8%	41.5%	2.3%	3.6%	0.0%	4.8%	1.8%	2.7%	10.3%
Santa Catarina	1.3%	3.6%	4.7%	3.2%	0.0%	0.0%	0.3%	15.6%	10.0%	2.0%
Rio Grande do Sul	13.8%	0.2%	42.6%	0.1%	0.0%	0.0%	0.4%	64.7%	7.1%	6.4%
Mato Grosso do Sul	9.2%	0.0%	2.5%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%
Mato Grosso	24.7%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	1.5%	7.5%
Goiás	13.9%	18.0%	1.0%	1.1%	0.4%	0.0%	0.6%	0.0%	0.4%	9.2%

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

APÊNDICE B – Variação de Produtividade Agrícola por Cultivo

Tabela B1: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Familiar (Cenário RCP 4.5) (2051-2080)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-0,55	-0,14		-0,55		-0,25	-0,14	0,12	0,27	-0,02	0,35	0,23		-0,06	0,09	-0,32	-0,06				0,12
AL	0,21	-0,42	0,17	-0,34		-0,50	0,17	-0,65	-0,13	-0,03	-0,34	0,31		-0,21	-0,36	-0,30	-0,32		0,08		0,20
AP	-0,16			-0,32		-0,53	0,01				0,54			0,15		-0,56		-0,77	-0,71		-0,37
AM	-0,35	0,17		-0,23		-0,24	-0,05		0,31	0,01	0,35	-0,19		0,02	-0,32	-0,41	-0,15				0,36
BA	0,03	-0,51	-0,14	-0,81	-0,51	-0,06	0,38	-0,78	0,56	0,16	-0,34	-0,21	-0,41	-0,29	-0,05	-0,31	-0,38	-0,31	0,43		0,78
CE	-0,05	-0,32	0,51	-0,59		-0,24	0,10	0,61	0,21	-0,02	0,00	0,07	0,33	0,10	-0,01	0,34	0,04		0,02		0,18
ES	-0,27	-0,36		-0,61	-0,49	0,02	-0,24		0,87	0,16	-0,50	0,02	-0,56	-0,42		0,06	-0,50		0,32		-0,19
GO	0,02	0,04		-0,44		0,31	0,67		0,56	0,05	0,35	-0,47	0,73	0,42	0,27	-0,58	-0,06	-0,41	-0,74		0,36
MA	-0,12	-0,45	0,33	-0,21		0,28	-0,11		0,40	0,03		-0,10		0,04		-0,08	-0,06	-0,38			0,36
MT	-0,72	0,19	-0,59	-0,51		0,31	-0,44	-0,12	0,74	-0,05	0,35	-0,63		0,45		-0,66	0,24	-0,51	-0,35		0,36
MS	-0,89	0,13		-0,95		0,31	-0,76	-0,27	0,56	0,00	0,35	-0,85	-0,34	0,24		-0,73	0,82	0,26	-0,71	0,16	0,36
MG	-0,07	-0,17		-0,24	-0,52	0,52	-0,06	-0,56	0,56	0,19	-0,09	-0,18	-0,48	-0,27	-0,01	-0,33	-0,27	-0,41	-0,14		0,36
PR	-0,75	0,13	0,04	-0,67	-0,16	0,31	0,02	0,72	0,56	0,03	0,45	-0,68	0,16	-0,04	0,54	-0,39	0,39	0,12	-0,47	0,16	0,36
PB	-0,15	-0,27	-0,03	-0,74	-0,52	-0,25	0,02	-0,03	0,12	-0,08	0,15	0,12	0,37	-0,10	-0,40	-0,21	-0,20		-0,01		0,20
PA	-0,29	-0,29	-0,35	0,22		-0,40	-0,12	-0,76	0,46	0,10	0,62	0,07	-0,21	0,19	0,98	-0,63	-0,17	-0,36	0,42		0,75
PE	-0,05	-0,34	-0,10	-0,79	-0,20	0,08	0,43	-0,71	0,55	0,00	-0,20	0,35	-0,01	-0,23	-0,32	-0,31	-0,29	-0,12	0,23		0,23
PI	0,09		0,45	0,00		0,31	-0,04	-0,45	0,81	-0,01		-0,27		0,25	-0,01	-0,15	0,00	-0,38	-0,06		0,36
RN	-0,06	-0,13	0,07	-0,69		-0,53	-0,06	0,40	0,12	-0,14		0,19	0,37	-0,01	-0,27	-0,18	-0,09	0,07	-0,10	-0,96	0,07
RS	-0,56	0,13		-0,38	-0,75	0,31	0,23		0,56	-0,04	0,35	-0,54	0,10	0,20	0,54	0,07	0,28	0,12	-0,53	0,16	0,36
RJ	-0,43	-0,30		-0,25		0,10	-0,25			0,18	-0,41	0,02	-0,44	-0,41		0,03	-0,33		-0,12		-0,19
RO	-0,63	-0,01		-0,30		-0,31	-0,14		0,56	-0,01	0,35	0,10	0,89	0,10		-0,52	-0,03	-0,50	-0,34		0,75
RR	0,36	-0,54		0,22		-0,62	-0,78		-0,72	0,30		0,13		0,29		-0,65	0,14		0,30		0,36
SC	-0,75	0,13		-0,59	-0,44	0,88	0,23		1,00	-0,09	0,53	-0,35	0,28	-0,13	0,82	0,47	0,08	0,01	-0,51	0,16	0,36
SE	0,20		0,77	-0,61		-0,45	-0,08		-0,22	-0,05	-0,39	0,20	0,11	-0,25	-0,39	-0,33	-0,40		0,62		-0,05
SP	-0,61	0,13		-0,74	0,53	0,31	-0,79	0,14	0,56	0,08	0,35	-0,67	-0,42	0,26	0,54	-0,41	0,41	-0,04	-0,61	0,16	0,36
TO	-0,38		-0,41	-0,86		0,31	-0,34		0,56	-0,02	0,35	-0,62		0,57		-0,63	0,04	-0,28			0,36

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Tabela B2: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Patronal (Cenário RCP 4.5) (2051-2080)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-0,74	0,03		-0,89		0,75	-0,32		0,17	0,00		0,17		-0,25	0,34	-0,53	-0,18				0,41
AL	0,28		-0,12	-0,68		-0,42	0,42	-0,66	-0,15	-0,15	0,15	-0,03		-0,28	0,42	-0,33	-0,26				0,34
AP				-0,89		0,13	0,42			-0,14						-0,78	-0,69				0,34
AM	-0,53	0,18		-0,38		0,37	0,17			-0,15		0,03		-0,19		-0,42	-0,25				0,11
BA	0,31	-0,33	-0,10	-0,62		0,30	0,77	-0,93	0,62	0,13	-0,89	0,19	0,94	-0,38	0,34	-0,22	-0,58	-0,13	-0,27		-0,18
CE	0,01	-0,24	0,74	0,37		-0,25	-0,07	0,82	-0,27	-0,06		-0,03	0,12	0,09	0,34	0,08	0,07	-0,05	0,56		0,00
ES	-0,26	-0,23		-0,26	-0,01	0,23	-0,66		0,39	0,18	-0,68	0,11	0,45	-0,52		-0,01	-0,47		-0,15		-0,30
GO	-0,14	-0,12		-0,73		0,30	-0,01	-0,80	0,07	-0,10	-0,70	0,83	-0,92	-0,26		-0,14	-0,58	-0,02	-0,62	0,16	0,73
MA	-0,25		0,94	-0,60		0,30	-0,30		0,27	-0,08		0,62		-0,05		0,05	-0,37	-0,07			0,34
MT	-0,89	0,19		-0,33		0,30	-0,82	-0,76	-0,36	-0,19	0,66	0,37		-0,26		-0,57	-0,41	0,03	0,77		0,34
MS	-0,92	0,15		-0,04		0,30	-0,99	-0,87	0,54	-0,40		0,37		0,42		0,58	-0,69	0,13		0,16	0,34
MG	-0,04	-0,05		-0,56	0,53	0,30	-0,84	-0,77	0,89	-0,07	-0,09	0,63	-0,45	-0,27	0,86	-0,19	-0,55	-0,02	-0,60	0,16	0,21
PR	-0,84	0,15	-0,49	0,13	0,53	0,30	-0,86	-0,64	0,39	-0,29	-0,24	0,37	0,45	0,10	0,34	0,78	-0,50	0,20	0,68	0,16	0,34
PB	-0,02	0,07	-0,05	-0,60	0,53	0,08	0,25	-0,53	0,37	-0,12	-0,09	0,01	-0,04	-0,15	0,11	-0,25	-0,12		0,68	0,05	0,02
PA	-0,38	-0,36	0,74	-0,36		0,15	-0,31		-0,08	-0,16	-0,46	0,40		0,00	0,26	-0,63	-0,44	-0,10	-0,81		0,56
PE	0,13	-0,13	-0,28	-0,76	0,38	0,52	0,42	-0,87	0,39	-0,01	0,14	0,09	0,56	-0,32		-0,30	-0,25		0,68		-0,20
PI	0,30	0,01	-0,42	0,04		0,30		-0,79	0,01	-0,05		0,08		0,00		0,21	-0,37	-0,10	-0,32		0,21
RN	0,08		0,53			-0,26	0,61	-0,17		-0,14		-0,01	-0,36	-0,04	0,28	-0,28	0,13		0,89	0,03	0,75
RS	-0,45			-0,13	0,53	0,04	0,29		0,39	-0,08	-0,31	0,46	0,45	0,25	0,34	0,32	-0,29	0,18	0,68	0,16	-0,04
RJ	-0,44	-0,33		-0,30		0,32	-0,61			0,14	-0,38	-0,03		-0,32		-0,12	-0,35		-0,57		-0,28
RO	-0,86	0,14		-0,89		0,54	-0,31		-0,54	-0,10		0,29		-0,23		-0,65	-0,35	0,01	0,50		0,65
RR	0,28			0,13		0,17	-0,84			-0,15		0,39		-0,21		-0,60	-0,53	-0,35			0,34
SC	-0,81			0,43	0,68	-0,13	-0,30		0,39	0,33	-0,13	0,05	0,45	0,06	0,34	0,07	-0,24	0,20	0,68	0,30	-0,55
SE	0,86			-0,54		-0,36	0,42		-0,31	-0,11	-0,19	-0,07		-0,35	0,11	-0,30	-0,29				0,05
SP	-0,65	0,41		-0,45	0,53	0,30	-0,99	0,82	0,74	0,16	-0,57	0,90	0,18	0,05	0,34	0,46	-0,49	0,14	-0,52	0,27	0,34
TO	-0,55		-0,99	-0,62		0,30	-0,84		0,23	-0,21		0,97		-0,05		-0,08	-0,59	-0,05			0,34

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Tabela B3: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Familiar (Cenário RCP 8.5) (2021-2050)

UF / Setor	Banana	Café	em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-0,51	-0,16			-0,49		-0,26	-0,09	0,10	0,23	-0,01	0,69	0,19		-0,08	-0,05	-0,29	-0,09				0,01
AL	-0,31	-0,48	-0,32		-0,67		-0,61	-0,10	-0,87	0,02	0,08	-0,62	0,61		-0,48	-0,16	-0,27	-0,46		0,88		-0,58
AP	0,03				0,39		-0,43	0,02			0,61		-0,03		-0,51		-0,76	-0,70				-0,38
AM	-0,28	0,21			0,27		-0,21	0,19		0,34	0,04	0,69	-0,17		0,02	-0,36	-0,30	-0,17				0,46
BA	-0,48	-0,46	-0,54		-0,88	0,51	-0,37	0,08	-0,92	0,75	0,22	-0,58	-0,03	-0,76	-0,51	0,19	-0,31	-0,50	-0,44	0,54		-0,32
CE	-0,07	-0,44	-0,37		-0,73		-0,09	0,17	-0,51	0,50	0,11	-0,23	0,02	-0,57	-0,19	0,44	0,19	-0,22		0,65		-0,27
ES	-0,71	-0,34			-0,68	0,70	-0,33	-0,38		0,96	0,26	-0,49	0,28	-0,75	-0,49		0,04	-0,53		0,60		-0,55
GO	-0,26	-0,16			-0,42		0,58	0,57		0,56	0,10	0,69	-0,31	0,12	0,00	0,35	-0,57	-0,18	-0,48	-0,65		0,44
MA	-0,06	-0,48	-0,44		-0,28		0,72	-0,01		0,58	0,14		-0,25		-0,03		-0,20	-0,20	-0,48			0,44
MT	-0,72	0,23	-0,65		-0,24		0,66	-0,44	-0,11	0,71	-0,01	0,69	-0,54		0,39		-0,65	0,16	-0,54	-0,22		0,44
MS	-0,89	0,22			-0,96		0,54	-0,72	-0,48	0,56	0,01	0,69	-0,82	-0,40	0,16		-0,73	0,55	0,10	-0,61	0,11	0,44
MG	-0,48	-0,19			-0,27	-0,28	0,09	-0,16	-0,83	0,56	0,27	-0,04	-0,02	-0,68	-0,45	0,07	-0,35	-0,35	-0,50	0,46		0,17
PR	-0,82	0,22	-0,18		-0,70	0,31	0,54	-0,05	0,14	0,56	0,07	0,45	-0,63	-0,13	-0,12	0,95	-0,43	0,22	0,03	-0,42	0,11	0,44
PB	-0,38	-0,49	-0,33		-0,85	0,51	-0,30	-0,03	-0,76	0,35	0,05	-0,37	0,33	-0,25	-0,41	-0,20	-0,16	-0,41		0,76		-0,33
PA	-0,20	-0,24	-0,63		0,23		-0,26	-0,10	-0,73	0,43	0,16	0,67	-0,13	-0,22	0,15	-0,22	-0,63	-0,22	-0,27	0,25		0,49
PE	-0,40	-0,39	-0,48		-0,88	0,51	-0,25	0,10	-0,92	0,92	0,10	-0,47	0,50	-0,63	-0,47	-0,19	-0,32	-0,47	-0,33	0,54		-0,43
PI	-0,04		0,16		0,03		0,54	-0,03	-0,83	0,56	0,11		-0,34		-0,04	0,19	-0,22	-0,18	-0,50	0,58		0,98
RN	-0,18	-0,36	-0,24		-0,87		-0,50	-0,03	-0,38	0,47	0,00		0,36	-0,05	-0,33	-0,11	-0,14	-0,33	-0,13	0,63	0,11	-0,46
RS	-0,79	0,22			-0,29	-0,58	0,73	0,91		0,98	0,00	0,84	-0,47	-0,23	0,07	0,42	0,00	0,17	0,09	-0,49	0,11	0,44
RJ	-0,68	-0,34			-0,36		-0,13	-0,37			0,29	-0,38	0,29	-0,69	-0,52		0,01	-0,42		0,05		-0,62
RO	-0,61	-0,02			-0,15		-0,31	-0,11		0,57	0,02	0,69	0,07	0,88	0,07		-0,52	-0,08	-0,51	-0,39		0,53
RR	0,70	-0,57			0,23		-0,76	-0,73		-0,78	0,29		0,44		0,21		-0,56	0,16		0,54		0,44
SC	-0,89	0,22			-0,46	-0,18	0,45	0,91		0,56	-0,03	0,55	-0,34	-0,07	-0,18	0,66	0,25	0,01	0,03	-0,51	0,11	0,44
SE	-0,33		-0,01		-0,77		-0,60	-0,12		-0,06	0,07	-0,68	0,55	-0,61	-0,50	-0,17	-0,31	-0,51		0,54		-0,64
SP	-0,76	0,22			-0,73	0,51	0,54	-0,74	-0,21	0,56	0,13	0,94	-0,59	-0,50	0,05	0,41	-0,40	0,22	-0,15	-0,53	0,11	0,44
TO	-0,42		-0,51		-0,83		0,54	-0,40		0,56	0,06	0,69	-0,56		0,49		-0,65	-0,04	-0,36			0,44

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Tabela B4: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Familiar (Cenário RCP 8.5) (2051-2080)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-0,77	0,07		-0,89		0,04	-0,51	0,53	0,68	-0,18	0,36	0,18		0,22	0,45	-0,54	0,20				0,59
AL	-0,33	-0,49	0,00	-0,78		-0,58	0,07	-0,83	0,18	0,02	-0,57	0,70		-0,44	0,24	-0,31	-0,42		0,65		-0,22
AP	-0,49			-0,88		-0,32	-0,32			0,38		0,07		-0,51		-0,85	-0,69				0,86
AM	-0,63	0,58		-0,79		0,82	-0,42		0,73	-0,10	0,36	-0,36		0,78	0,34	-0,64	0,11				0,59
BA	-0,56	-0,56	-0,32	-0,95	0,68	-0,31	0,29	-0,92	0,57	0,14	-0,53	-0,01	-0,74	-0,49	0,99	-0,37	-0,48	-0,56	0,65		0,60
CE	-0,27	-0,47	-0,15	-0,88		-0,11	0,14	-0,41	0,89	0,00	-0,22	0,17	-0,48	-0,09	0,45	-0,02	-0,13		0,85		0,68
ES	-0,72	-0,46		-0,83	0,68	-0,33	-0,30		0,57	0,22	-0,58	0,43	-0,78	-0,61		-0,07	-0,59		0,65		-0,56
GO	-0,65	0,46		-0,90		0,47	-0,02		0,57	-0,04	0,36	-0,61	0,19	0,61	0,45	-0,75	0,19	-0,53	-0,69		0,59
MA	-0,53	-0,49	-0,14	-0,73		0,47	-0,39		0,57	0,00		-0,26		0,10		-0,44	-0,11	-0,63			0,59
MT	-0,90	0,85	-0,82	-0,87		0,47	-0,80	-0,06	0,57	-0,18	0,36	-0,81		0,45		-0,84	0,87	-0,65	-0,38		0,59
MS	-0,98	0,49		-1,00		0,47	-0,95	-0,50	0,57	-0,10	0,36	-0,95	-0,46	0,45		-0,89	0,45	0,60	-0,76	0,92	0,59
MG	-0,60	-0,01		-0,63	0,68	0,99	-0,38	-0,84	0,57	0,20	0,02	-0,09	-0,70	-0,43	0,75	-0,44	-0,27	-0,55	0,58		0,59
PR	-0,92	0,49	-0,38	-0,85	0,68	0,47	-0,35	0,26	0,57	0,03	0,71	-0,82	-0,13	0,15	0,45	-0,64	0,81	0,30	-0,55	0,92	0,59
PB	-0,48	-0,43	-0,05	-0,91	0,68	-0,18	-0,07	-0,70	0,58	-0,05	-0,26	0,30	-0,07	-0,35	0,34	-0,24	-0,34		0,86		-0,07
PA	-0,65	-0,01	-0,55	-0,29		0,28	-0,58	-0,81	0,57	0,02	0,36	-0,10	-0,46	0,59	0,45	-0,79	-0,08	-0,54	0,65		0,59
PE	-0,47	-0,44	-0,15	-0,92	0,68	-0,04	0,39	-0,89	0,57	0,01	-0,45	0,62	-0,59	-0,46	0,14	-0,34	-0,43	-0,46	0,65		-0,04
PI	-0,49		0,10	-0,68		0,47	-0,43	-0,79	0,57	-0,02		-0,42		0,21	0,45	-0,43	-0,03	-0,63	0,78		0,59
RN	-0,39	-0,27	-0,11	-0,93		-0,45	-0,13	-0,24	0,80	-0,11		0,35	0,13	-0,23	0,61	-0,24	-0,24	-0,32	0,66	0,92	0,22
RS	-0,83	0,49		-0,60	-0,71	0,47	0,24		0,57	-0,01	0,36	-0,66	-0,09	0,44	0,45	-0,16	0,51	0,36	-0,65	0,92	0,59
RJ	-0,75	-0,36		-0,70		-0,07	-0,32			0,22	-0,48	0,37	-0,72	-0,57		-0,11	-0,44		0,19		-0,44
RO	-0,84	0,49		-0,86		0,22	-0,61		0,57	-0,17	0,36	-0,13	0,19	0,68		-0,73	0,33	-0,66	-0,13		0,59
RR	-0,40	-0,30		-0,39		-0,31	-0,92		-0,65	0,09		-0,19		0,45		-0,81	0,60		0,65		0,59
SC	-0,91	0,49		-0,76	-0,18	0,47	0,45		0,57	-0,09	0,36	-0,41	0,24	-0,02	0,45	0,32	0,22	0,10	-0,64	0,92	0,59
SE	-0,40		0,48	-0,90		-0,57	-0,11		0,14	0,00	-0,65	0,62	-0,55	-0,49	0,23	-0,37	-0,49		0,65		-0,41
SP	-0,84	0,49		-0,94	0,68	0,47	-0,94	-0,26	0,57	0,11	0,36	-0,81	-0,54	0,72	0,45	-0,64	0,81	-0,07	-0,67	0,92	0,59
TO	-0,80		-0,67	-0,98		0,47	-0,79		0,57	-0,11	0,36	-0,75		0,45		-0,83	0,27	-0,52			0,59

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Tabela B5: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Patronal (Cenário RCP 8.5) (2021-2050)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-0,70	-0,01		-0,86		0,58	-0,22		0,13	-0,01		0,14		-0,24	0,46	-0,51	-0,16				0,32
AL	0,27		0,62	-0,53		-0,36	0,34	-0,55	-0,32	0,07	0,54	-0,12		-0,49	0,02	-0,54	-0,25				0,29
AP				-0,78		0,01	0,44			-0,12						-0,75	-0,69				0,33
AM	-0,42	0,26		0,48		0,05	0,31			-0,10		-0,02		-0,19		-0,37	-0,22				-0,06
BA	-0,48	-0,38	0,62	-0,58		0,23	0,72	-0,89	0,23	0,30	-0,87	0,01	0,53	-0,55	0,91	-0,54	-0,57	-0,16	-0,18		-0,41
CE	-0,01	-0,41	-0,20	0,48		-0,09	-0,03	0,88	-0,23	0,14		-0,02	0,66	-0,22	0,46	-0,11	-0,21	-0,10	-0,09		-0,35
ES	-0,77	-0,30		0,69	-0,77	0,06	-0,68		0,37	0,25	-0,62	-0,09	0,53	-0,61		-0,42	-0,46		-0,17		-0,42
GO	-0,49	-0,24		-0,75		0,24	0,11	-0,72	-0,02	-0,01	-0,16	0,67	-0,92	-0,41		-0,42	-0,57	-0,03	-0,58	0,52	0,40
MA	-0,33		-0,46	-0,34		0,24	-0,49		0,16	0,06		0,61		-0,19		0,00	-0,49	-0,10			0,58
MT	-0,91	0,18		0,17		0,24	-0,81	-0,71	-0,43	-0,13	0,29	0,45		-0,32		-0,62	-0,40	0,03	0,85		0,33
MS	-0,93	0,33		-0,22		0,24	-0,99	-0,83	0,52	-0,37		0,45		0,22		0,29	-0,69	0,08		0,52	0,33
MG	-0,54	-0,13		-0,62	0,93	0,24	-0,83	-0,55	0,31	0,05	0,22	0,45	-0,44	-0,45	0,18	-0,49	-0,54	-0,04	-0,53	0,52	-0,09
PR	-0,90	0,86	-0,43	-0,06	0,68	0,24	-0,89	-0,51	0,31	-0,26	-0,15	0,91	0,53	-0,02	0,46	0,42	-0,51	0,15	0,82	0,52	0,33
PB	-0,35	-0,23	0,70	-0,58	-0,78	0,22	0,17	-0,66	0,23	0,09	-0,15	-0,08	0,82	-0,45	0,37	-0,43	-0,32		0,56	0,81	-0,31
PA	-0,33	-0,37	-0,16	0,06		0,10	-0,38		-0,24	-0,09	-0,70	0,36		-0,16	-0,70	-0,60	-0,50	-0,08	-0,78		0,19
PE	-0,33	-0,19	0,50	-0,62	-0,92	0,42	0,86	-0,84	0,42	0,23	0,09	-0,01	0,53	-0,53		-0,51	-0,36		0,77		-0,35
PI	0,06	-0,18	-0,26	0,80		0,24		-0,81	-0,10	0,10		0,13		-0,25		0,05	-0,50	-0,14	-0,62		-0,08
RN	-0,04		0,65			-0,18	0,58	-0,27		0,05		-0,09	-0,08	-0,35	0,37	-0,43	-0,14		0,08	0,81	-0,11
RS	-0,79			0,13	0,97	-0,04	-0,33		0,31	-0,08	-0,27	0,31	0,53	0,14	0,46	0,65	-0,27	0,13	0,56	0,56	0,06
RJ	-0,77	-0,37		0,04		0,27	-0,59			0,28	-0,26	-0,19		-0,47		-0,45	-0,34		-0,58		-0,46
RO	-0,85	0,10		-0,86		0,44	-0,27		-0,58	-0,08		0,25		-0,24		-0,65	-0,36	0,00	0,30		0,48
RR	0,17			0,41		-0,25	-0,72			-0,20		0,22		-0,14		-0,58	-0,47	-0,35			0,33
SC	-0,93			0,83	0,13	-0,18	-0,59		0,31	0,31	-0,20	-0,04	0,53	-0,01	0,89	-0,29	-0,24	0,17	0,56	0,10	-0,45
SE	-0,17			-0,53		-0,35	0,44		-0,42	0,14	0,32	-0,18		-0,53	-0,16	-0,55	-0,28				-0,29
SP	-0,84	0,27		-0,51	0,68	0,24	-0,99	0,88	0,67	0,20	-0,39	0,73	0,12	-0,10	0,46	0,16	-0,48	0,11	-0,48	0,31	0,33
TO	-0,66		-0,99	-0,56		0,24	-0,87		0,04	-0,12		0,92		-0,18		-0,25	-0,63	-0,05			0,33

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

Tabela B6: Efeito das Mudanças Climáticas sobre a Produtividade da Agricultura Patronal (Cenário RCP 8.5) (2051-2080)

UF / Setor	Banana	Café em Grão	Castanha de Caju	Laranja	Uva	Outros da Lav. Perm.	Abacaxi	Algodão Herbáceo	Amendoim em Casca	Arroz e Cereais	Batata Inglesa	Cana de Açúcar	Cebola	Feijão em Grão	Fumo em Folha	Mandioca	Milho em Grão	Soja em Grão	Tomate	Trigo em Grão	Outros da Lav. Temp.
AC	-0,91	0,39		-0,99		0,66	-0,80		0,21	-0,18		0,70		-0,29	0,13	-0,68	-0,34				0,47
AL	0,26		0,95	-0,84		-0,14	0,18	-0,65	0,00	0,01	0,90	-0,01		-0,49	0,13	-0,56	-0,33				0,57
AP				-0,98		1,00	0,00			-0,23						-0,84	-0,78				0,47
AM	-0,77	0,49		-0,86		0,66	-0,85			-0,29		0,65		-0,15		-0,53	-0,47				0,47
BA	-0,58	-0,34	0,54	-0,87		0,75	0,49	-0,99	1,00	0,17	-0,81	0,24	0,52	-0,57	0,13	-0,56	-0,67	-0,16	0,07		-0,11
CE	-0,32	-0,32	0,01	-0,66		0,28	-0,21	-0,10	0,21	0,05		0,14	0,68	-0,25	0,13	-0,31	-0,32	-0,11	0,38		0,01
ES	-0,78	-0,28		-0,51	-0,91	0,58	-0,67		0,36	0,31	-0,45	0,08	0,52	-0,67		-0,51	-0,55		0,15		-0,48
GO	-0,79	0,19		-0,92		0,66	-0,75	-0,98	-0,03	-0,24	-0,76	0,31	-0,86	-0,36		-0,46	-0,70	0,03	-0,42	0,73	0,47
MA	-0,74		-0,24	-0,90		0,66	-0,82		0,39	-0,11		0,31		-0,26		-0,32	-0,61	-0,10			0,47
MT	-0,98	0,76		-0,87		0,66	-0,98	-0,99	-0,51	-0,35	-0,20	0,31		-0,26		-0,71	-0,58	0,07	0,37		0,47
MS	-0,99	0,41		-0,29		0,66	-1,00	-0,99	0,16	-0,61		0,31		0,78		0,36	-0,81	0,26		0,73	0,47
MG	-0,66	0,17		-0,81	0,68	0,66	-0,93	-0,97	0,36	-0,10	-0,10	0,31	-0,07	-0,44	0,13	-0,53	-0,67	0,00	-0,40	0,73	0,47
PR	-0,95	0,41	-0,47	0,27	0,68	0,66	-0,92	-0,94	0,36	-0,46	-0,24	0,31	0,52	0,08	0,13	0,51	-0,65	0,27	0,75	0,73	0,47
PB	-0,47	-0,06	0,51	-0,85	-0,76	0,72	-0,20	-0,93	0,67	-0,01	0,09	0,07	0,83	-0,43	0,13	-0,46	-0,40		0,37	0,73	-0,14
PA	-0,75	-0,15	0,91	-0,85		0,66	-0,80		-0,26	-0,27	-0,66	0,31		-0,24	0,13	-0,75	-0,65	-0,12	-0,85		0,47
PE	-0,43	-0,14	0,55	-0,88	-0,91	0,66	0,19	-0,91	0,80	0,09	0,20	0,11	0,52	-0,53		-0,53	-0,43		0,37		-0,36
PI	-0,57	0,16	-0,47	-0,66		0,66		-0,97	0,01	-0,07		0,52		-0,26		-0,18	-0,60	-0,13	-0,28		0,99
RN	-0,43		0,33			0,27	0,07	-0,81		-0,06		0,07	0,04	-0,34	0,13	-0,48	-0,23		0,52	0,73	0,30
RS	-0,83			0,50	0,68	0,40	-0,19		0,36	-0,16	-0,46	0,76	0,52	0,30	0,13	0,33	-0,43	0,25	0,37	0,73	0,47
RJ	-0,81	-0,32		-0,63		0,74	-0,63			0,23	-0,35	-0,09		-0,52		-0,53	-0,44		-0,45		-0,39
RO	-0,96	0,68		-0,99		0,66	-0,88		-0,59	-0,28		0,31		-0,23		-0,76	-0,53	0,02	0,37		0,47
RR	0,38			-0,75		0,66	-0,98			-0,24		0,31		-0,14		-0,69	-0,64	-0,34			0,47
SC	-0,95			0,39	0,68	0,20	-0,51		0,36	0,45	-0,18	0,09	0,52	0,02	0,13	-0,21	-0,36	0,25	0,37	0,56	-0,26
SE	-0,24			-0,86		-0,11	0,19		-0,13	0,09	0,55	-0,05		-0,54	0,13	-0,59	-0,35				-0,14
SP	-0,89	0,41		-0,67	0,68	0,66	-1,00	0,28	0,44	0,22	-0,68	0,31	0,52	-0,06	0,13	0,12	-0,65	0,21	-0,46	0,90	0,47
TO	-0,92		-1,00	-0,94		0,66	-0,99		0,08	-0,33		0,31		-0,21		-0,44	-0,76	-0,05			0,47

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo econométrico

APÊNDICE C – Base de Dados para o Procedimento de Desagregação Setorial

Tabela C1: Consumo Interno (% da Produção)

Setor	Consumo Setor	Consumo Setor	Consumo		
Arroz Fam.	34,57	Cebola Fam.	9,79	Laranja Pat.	2,43
Arroz Pat.	13,81	Cebola Pat.	3,91	Café em Grão Fam.	12,72
Trigo e Cereais Fam.	3,52	Amendoim Fam.	28,56	Café em Grão Pat.	4,87
Trigo e Cereais Pat.	1,40	Amendoim Pat.	11,40	Out. da Lavoura Perm. Fam.	16,51
Milho em Grão Fam.	60,76	Abacaxi Fam.	29,23	Out. da Lavoura Perm. Pat.	6,59
Milho em Grão Pat.	24,26	Abacaxi Pat.	11,67	Bovinos Fam.	21,34
Algodão em Fibra Fam.	0,04	Banana Fam.	60,03	Bovinos Pat.	0,66
Algodão em Fibra Pat.	0,02	Banana Pat.	8,84	Outros Animais Fam.	21,34
Cana de Açúcar Fam.	12,83	Feijão em Grão Fam.	86,03	Outros Animais Pat.	0,66
Cana de Açúcar Pat.	5,13	Feijão em Grão Pat.	34,35	Leite Vaca Fam.	24,67
Soja em Grão Fam.	2,02	Açaí Fam.	66,78	Leite Vaca Pat.	9,85
Soja em Grão Pat.	0,80	Açaí Pat.	51,42	Leite Outros Animais Fam.	24,68
Mandioca Fam.	81,71	Cacau Fam.	15,73	Leite Outros Animais Pat.	9,86
Mandioca Pat.	32,63	Cacau Pat.	1,00	Suínos Fam.	21,34
Fumo em Folha Fam.	0,22	Castanha de Cajú Fam.	17,97	Suínos Pat.	0,66
Fumo em Folha Pat.	0,09	Castanha de Cajú Pat.	4,19	Aves Fam.	21,34
Algodão Arbóreo Pat.	0,46	Guaraná Fam.	1,37	Aves Pat.	0,66
Algodão Arbóreo Fam.	3,64	Guaraná Pat.	0,06	Ovos Fam.	21,34
Frutas Cítricas Fam.	31,45	Uva Fam.	58,91	Ovos Pat.	0,66
Frutas Cítricas Pat.	6,31	Uva Pat.	7,28	Silvicultura Fam.	4,47
Tomate Fam.	5,87	Out. da Lavoura Temp. Pat.	28,81	Silvicultura Pat.	17,74
Tomate Pat.	2,35	Out. da Lavoura Temp. Fam.	11,51	Extração Vegetal Fam.	20,64
Batata Inglesa Fam.	13,23	Laranja Fam.	13,89	Extração Vegetal Pat.	20,02
Batata Inglesa Pat.	5,29				

Fonte: Censo Agropecuário IBGE (2006); Wilkinson e Mior (1999).

Tabela C2: Participações Setoriais no consumo dos Usuários Finais

Setores / Usuários	Famílias	Governo	Investimento	Estoques	Exportação	Setores / Usuários	Famílias	Governo	Investimento	Estoques	Exportação
Arroz Fam.	17,2%	17,2%	8,8%	8,8%	0,9%	Açaí Pat.	1,5%	1,5%	0,8%	0,8%	10,0%
Arroz Pat.	32,8%	32,8%	67,2%	67,2%	98,8%	Cacau Fam.	5,6%	5,6%	3,9%	3,9%	0,3%
Trigo e Cereais Fam.	10,4%	10,4%	4,1%	4,1%	0,0%	Cacau Pat.	8,7%	8,7%	3,2%	3,2%	30,8%
Trigo e Cereais Pat.	39,6%	39,6%	19,9%	19,9%	0,3%	Castanha de Caju Fam.	9,0%	9,0%	0,8%	0,8%	0,8%
Milho em Grão Fam.	46,0%	46,0%	16,9%	16,9%	0,9%	Castanha de Caju Pat.	5,3%	5,3%	0,5%	0,5%	45,9%
Milho em Grão Pat.	54,0%	54,0%	83,1%	83,1%	99,1%	Guaraná Fam.	12,2%	12,2%	0,1%	0,1%	0,0%
Algodão em Fibra Fam.	1,2%	1,2%	0,1%	0,1%	1,7%	Guaraná Pat.	2,1%	2,1%	0,0%	0,0%	1,2%
Algodão em Fibra Pat.	98,8%	98,8%	99,9%	99,9%	98,3%	Uva Fam.	11,2%	11,2%	5,1%	5,1%	0,1%
Cana de Açúcar Fam.	8,7%	8,7%	3,3%	3,3%	0,9%	Uva Pat.	3,0%	3,0%	1,6%	1,6%	8,7%
Cana de Açúcar Pat.	91,3%	91,3%	96,7%	96,7%	99,1%	Out. da Lavoura Temp. Pat.	6,4%	6,4%	11,9%	11,9%	0,0%
Soja em Grão Fam.	14,9%	14,9%	9,3%	9,3%	1,7%	Out. da Lavoura Temp. Fam.	2,7%	2,7%	24,6%	24,6%	1,7%
Soja em Grão Pat.	85,1%	85,1%	90,7%	90,7%	98,3%	Laranja Fam.	26,5%	26,5%	6,5%	6,5%	0,9%
Mandioca Fam.	7,9%	7,9%	16,1%	16,1%	0,0%	Laranja Pat.	73,5%	73,5%	93,5%	93,5%	99,1%
Mandioca Pat.	1,2%	1,2%	4,0%	4,0%	0,0%	Café em Grão Fam.	30,0%	30,0%	35,8%	35,8%	30,8%
Fumo em Folha Fam.	8,5%	8,5%	15,0%	15,0%	0,8%	Café em Grão Pat.	70,0%	70,0%	64,2%	64,2%	69,2%
Fumo em Folha Pat.	0,6%	0,6%	1,0%	1,0%	49,5%	Out. da Lavoura Perm. Fam.	8,3%	8,3%	15,6%	15,6%	0,0%
Algodão Arbóreo Pat.	6,6%	6,6%	0,0%	0,0%	0,0%	Out. da Lavoura Perm. Pat.	6,0%	6,0%	34,8%	34,8%	1,2%
Algodão Arbóreo Fam.	2,5%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	Bovinos Fam.	21,0%	21,0%	22,7%	22,7%	0,8%
Frutas Cítricas Fam.	2,6%	2,6%	2,3%	2,3%	0,2%	Bovinos Pat.	29,0%	29,0%	50,5%	50,5%	49,2%
Frutas Cítricas Pat.	6,5%	6,5%	3,7%	3,7%	24,4%	Outros Animais Fam.	21,0%	21,0%	13,3%	13,3%	0,8%
Tomate Fam.	3,0%	3,0%	0,4%	0,4%	0,2%	Outros Animais Pat.	29,0%	29,0%	13,4%	13,4%	49,2%
Tomate Pat.	6,1%	6,1%	1,5%	1,5%	18,2%	Leite Vaca Fam.	28,0%	28,0%	62,3%	62,3%	0,4%
Batata Inglesa Fam.	2,5%	2,5%	0,7%	0,7%	0,0%	Leite Vaca Pat.	22,0%	22,0%	36,9%	36,9%	49,6%
Batata Inglesa Pat.	6,6%	6,6%	4,9%	4,9%	0,6%	Leite Outros Animais Fam.	28,0%	28,0%	0,4%	0,4%	0,4%
Cebola Fam.	6,5%	6,5%	0,9%	0,9%	0,0%	Leite Outros Animais Pat.	22,0%	22,0%	0,4%	0,4%	49,6%
Cebola Pat.	2,6%	2,6%	0,8%	0,8%	0,0%	Suínos Fam.	45,2%	45,2%	31,2%	31,2%	1,7%
Amendoim Fam.	4,2%	4,2%	0,2%	0,2%	0,0%	Suínos Pat.	54,8%	54,8%	68,8%	68,8%	98,3%

Amendoim Pat.	4,9%	4,9%	1,7%	1,7%	0,1%	Aves Fam.	18,0%	18,0%	17,4%	17,4%	0,6%
Abacaxi Fam.	6,4%	6,4%	1,7%	1,7%	0,0%	Aves Pat.	32,0%	32,0%	36,3%	36,3%	71,4%
Abacaxi Pat.	2,7%	2,7%	0,8%	0,8%	0,4%	Ovos Fam.	8,6%	8,6%	4,9%	4,9%	0,2%
Banana Fam.	9,0%	9,0%	12,0%	12,0%	0,0%	Ovos Pat.	41,4%	41,4%	41,3%	41,3%	27,7%
Banana Pat.	5,3%	5,3%	12,8%	12,8%	0,9%	Silvicultura Fam.	11,0%	11,0%	10,6%	10,6%	0,9%
Feijão em Grão Fam.	6,7%	6,7%	3,4%	3,4%	0,0%	Silvicultura Pat.	39,0%	39,0%	77,6%	77,6%	41,4%
Feijão em Grão Pat.	2,4%	2,4%	10,3%	10,3%	3,8%	Extração Vegetal Fam.	40,0%	40,0%	8,9%	8,9%	0,1%
Açaí Fam.	12,8%	12,8%	2,9%	2,9%	0,1%	Extração Vegetal Pat.	10,0%	10,0%	3,0%	3,0%	57,6%

Fonte: Censo Agropecuário (2006), PAM IBGE (2017), PPM (2017), COMEX (2017), CECAFE (2017), CONAB (2017).

Tabela C3: Consumo dos setores desagregados

Setores / Setores Desagregados	Adubo e Fertilizantes	Prod. Químico Inorgânicos	Defensivos Agrícolas	Elet. Gás e Outros	Transporte de Carga	Instituições Financeiras	Diesel e Combustíveis
Arroz Fam.	8,6%	8,8%	8,9%	13,2%	13,6%	37,5%	11,4%
Arroz Pat.	35,2%	35,1%	35,0%	36,8%	33,7%	16,8%	38,6%
Trigo e Cereais Fam.	11,6%	11,6%	11,5%	13,2%	7,7%	30,6%	11,4%
Trigo e Cereais Pat.	44,6%	44,6%	44,6%	36,8%	45,0%	15,2%	38,6%
Milho em Grão Fam.	37,9%	26,0%	33,6%	26,3%	6,6%	67,0%	37,8%
Milho em Grão Pat.	62,1%	45,0%	66,4%	73,7%	93,4%	33,0%	62,2%
Algodão em Fibra Fam.	0,6%	0,5%	0,8%	20,3%	19,5%	66,4%	22,8%
Algodão em Fibra Pat.	99,4%	78,3%	99,2%	79,7%	80,5%	33,6%	77,2%
Cana de Açúcar Fam.	5,9%	4,0%	4,3%	26,3%	62,1%	76,0%	27,8%
Cana de Açúcar Pat.	94,1%	68,9%	95,7%	73,7%	37,9%	24,0%	72,2%
Soja em Grão Fam.	14,9%	11,6%	15,0%	26,3%	30,6%	69,6%	32,8%
Soja em Grão Pat.	85,1%	66,3%	85,0%	73,7%	69,4%	30,4%	67,2%
Mandioca Fam.	2,5%	0,9%	0,3%	2,9%	9,0%	10,0%	4,8%
Mandioca Pat.	0,7%	2,7%	0,8%	8,2%	17,9%	6,6%	6,4%
Fumo em Folha Fam.	13,6%	2,4%	1,1%	2,9%	4,5%	6,8%	4,8%
Fumo em Folha Pat.	1,0%	22,2%	14,6%	8,2%	6,5%	4,4%	6,4%
Algodão Arbóreo Pat.	1,1%	2,5%	1,0%	0,8%	6,0%	7,7%	2,2%
Algodão Arbóreo Fam.	4,6%	9,2%	8,2%	10,3%	15,7%	3,9%	8,9%
Frutas Cítricas Fam.	5,3%	6,9%	4,4%	1,4%	15,1%	6,3%	2,7%
Frutas Cítricas Pat.	16,3%	26,2%	18,8%	9,7%	5,0%	2,0%	8,4%
Tomate Fam.	4,7%	11,3%	5,0%	2,9%	12,1%	5,8%	4,8%
Tomate Pat.	5,5%	15,3%	7,0%	8,2%	5,0%	3,8%	6,4%
Batata Inglesa Fam.	3,8%	8,0%	3,4%	2,9%	0,5%	3,3%	2,7%
Batata Inglesa Pat.	10,6%	25,3%	11,2%	8,2%	3,8%	3,2%	8,5%
Cebola Fam.	10,3%	10,5%	4,7%	2,9%	0,5%	7,0%	4,8%
Cebola Pat.	4,3%	24,7%	10,9%	8,2%	7,3%	3,9%	6,4%
Amendoim Fam.	3,5%	6,9%	2,9%	2,9%	3,7%	6,8%	3,5%
Amendoim Pat.	7,5%	18,0%	8,0%	8,2%	8,7%	3,2%	7,7%
Abacaxi Fam.	7,9%	13,7%	3,9%	2,9%	0,5%	8,2%	4,0%
Abacaxi Pat.	4,2%	34,1%	5,6%	8,2%	0,5%	4,0%	7,2%
Banana Fam.	8,6%	1,8%	5,3%	1,4%	0,0%	7,7%	4,3%
Banana Pat.	6,9%	9,7%	7,6%	9,7%	1,5%	3,8%	6,8%
Feijão em Grão Fam.	2,6%	3,8%	2,3%	2,9%	0,7%	6,8%	3,3%
Feijão em Grão Pat.	4,8%	18,0%	5,6%	8,2%	7,9%	5,0%	7,9%
Açaí Fam.	1,4%	0,1%	0,1%	1,4%	15,9%	2,5%	3,3%
Açaí Pat.	0,4%	0,3%	0,3%	9,7%	0,8%	4,5%	7,9%
Cacau Fam.	1,8%	2,2%	0,7%	1,4%	8,5%	6,5%	3,2%
Cacau Pat.	4,8%	4,4%	2,8%	9,7%	0,5%	1,0%	7,9%
Castanha de Cajú Fam.	0,7%	0,9%	0,2%	1,4%	0,0%	9,4%	3,2%
Castanha de Cajú Pat.	1,6%	2,0%	1,6%	9,7%	2,3%	12,3%	7,9%
Guaraná Fam.	3,8%	1,3%	0,7%	1,4%	9,0%	6,5%	4,8%

Guaraná Pat.	1,1%	2,8%	1,3%	9,7%	0,8%	4,5%	6,3%
Uva Fam.	17,8%	8,3%	6,1%	1,4%	9,0%	7,0%	4,8%
Uva Pat.	4,8%	29,9%	21,9%	9,7%	0,0%	3,0%	6,3%
Out. da Lavoura Temp. Pat.	2,8%	6,1%	2,6%	2,9%	4,5%	6,8%	2,7%
Out. da Lavoura Temp. Fam.	9,9%	22,8%	10,0%	8,2%	6,5%	4,4%	8,5%
Laranja Fam.	23,3%	15,7%	17,2%	12,9%	95,0%	72,9%	28,2%
Laranja Pat.	76,7%	57,7%	82,8%	87,1%	5,0%	27,1%	71,8%
Café em Grão Fam.	25,7%	15,6%	25,7%	12,9%	5,2%	90,0%	27,2%
Café em Grão Pat.	74,3%	47,8%	74,3%	87,1%	94,8%	10,0%	72,8%
Out. da Lavoura Perm. Fam.	7,0%	9,1%	5,8%	1,4%	9,0%	6,5%	3,5%
Out. da Lavoura Perm. Pat.	12,1%	18,4%	12,9%	9,7%	0,8%	4,5%	7,6%
Bovinos Fam.	20,0%	20,0%	20,0%	16,4%	5,0%	32,5%	18,7%
Bovinos Pat.	30,0%	30,0%	30,0%	33,6%	25,2%	11,8%	31,3%
Outros Animais Fam.	20,0%	20,0%	20,0%	16,4%	5,0%	32,5%	18,7%
Outros Animais Pat.	30,0%	30,0%	30,0%	33,6%	64,8%	23,1%	31,3%
Leite Vaca Fam.	20,0%	20,0%	20,0%	16,4%	5,0%	25,3%	13,7%
Leite Vaca Pat.	30,0%	30,0%	30,0%	33,6%	29,8%	26,9%	36,3%
Leite Outros Animais Fam.	20,0%	20,0%	20,0%	16,4%	5,0%	25,3%	13,7%
Leite Outros Animais Pat.	30,0%	30,0%	30,0%	33,6%	60,2%	22,4%	36,3%
Suínos Fam.	40,0%	45,0%	40,0%	32,7%	5,0%	58,4%	42,4%
Suínos Pat.	60,0%	55,0%	60,0%	67,3%	95,0%	41,6%	57,6%
Aves Fam.	20,0%	20,0%	20,0%	16,4%	5,0%	34,7%	18,7%
Aves Pat.	30,0%	30,0%	30,0%	33,6%	88,2%	30,6%	31,3%
Ovos Fam.	20,0%	20,0%	20,0%	16,4%	5,0%	34,7%	18,7%
Ovos Pat.	30,0%	30,0%	30,0%	33,6%	1,8%	0,0%	31,3%
Silvicultura Fam.	39,0%	10,0%	16,0%	9,1%	5,6%	0,9%	11,4%
Silvicultura Pat.	11,0%	30,0%	34,0%	72,7%	44,4%	49,1%	38,6%
Extração Vegetal Fam.	39,0%	10,0%	10,2%	4,1%	5,6%	0,9%	11,4%
Extração Vegetal Pat.	11,0%	30,0%	39,8%	14,1%	44,4%	49,1%	38,6%

Fonte: CONAB/DIPAI/SUINF/GECUP (2018), IEG/FNP (2017)

APÊNDICE D – Níveis de Atividade Setoriais

Tabela D1: Nível de Atividade Setorial no Cenário de Referência (Var. % acumulada) (2050)

Setor / Região	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Arroz Fam.	88	85,99	86,31	83,35	87,96
Arroz Pat.	64,25	63,2	63,97	61,85	63,98
Trigo e Cereais Fam.	83,45	83,48	82,45	79,56	81,08
Trigo e Cereais Pat.	63,91	63,49	63,5	62,13	62,75
Milho em Grão Fam.	98,67	96,96	101,76	102,6	101,12
Milho em Grão Pat.	69,43	69,07	69,37	69,24	68,07
Algodão em Fibra Fam.	122,34	121,96	122,17	116,88	119,2
Algodão em Fibra Pat.	70,47	70,19	70,05	69,35	69,21
Cana de Açúcar Fam.	87,01	83,42	86,81	80,2	87,01
Cana de Açúcar Pat.	70,03	69,17	68,99	67	68,69
Soja em Grão Fam.	96,8	94,84	94,25	91,9	96,2
Soja em Grão Pat.	69,71	69,3	69,29	68,27	68,15
Mandioca Fam.	82,6	81,3	80,5	80,04	79,89
Mandioca Pat.	70,72	69,74	70,45	69,86	71,35
Fumo em Folha Fam.	29,02	24,67	29,13	30,04	36,24
Fumo em Folha Pat.	68,18	43,11	65,43	63,28	63,96
Tomate Fam.	56,78	54,33	54,04	51,27	53,23
Tomate Pat.	57,24	55,89	53,58	51,94	52,96
Batata Inglesa Fam.	64,48	63,72	59,26	55,37	55,8
Batata Inglesa Pat.	57,42	55,23	54,45	52,83	54,26
Cebola Fam.	55,06	54,64	54,95	51,92	53,25
Cebola Pat.	51,9	51,69	51,09	50,21	50,8
Amendoim Fam.	55,71	55,21	55,55	52,21	54,25
Amendoim Pat.	57,79	61,25	56,75	50,89	59,05
Abacaxi Fam.	55,15	53,16	57,21	53,89	58,41
Abacaxi Pat.	51,38	51,29	51,99	49,89	52,79
Banana Fam.	56,27	52,93	58,82	53,38	54,97
Banana Pat.	57	54,26	56,62	51,5	55,03
Feijão em Grão Fam.	55,21	53,2	55,19	51,74	53,21
Feijão em Grão Pat.	60,22	59,06	56,73	57,13	58,25
Castanha de Caju Fam.	53,22	51,48	55,24	54,14	57,1
Castanha de Caju Pat.	56,4	55,56	56,67	52,81	56,61
Uva Fam.	53,46	53,46	54,1	52,12	52,21
Uva Pat.	59,98	58,04	58,32	56,04	56,71
Out. da Lavoura Temp. Pat.	57,04	56,21	54,97	56,4	53,72
Out. da Lavoura Temp. Fam.	57,33	52,63	46,74	53,74	47,89
Laranja Fam.	75,03	66,3	69,34	63,27	69,1
Laranja Pat.	69,53	68,57	68,53	65,44	67,82
Café em Grão Fam.	84,1	80,23	84,09	83,52	82,63
Café em Grão Pat.	67,4	66,26	66,69	65,43	65,9
Out. da Lavoura Perm. Fam.	54,27	53,6	56,16	53,17	52,34
Out. da Lavoura Perm. Pat.	52,79	52,12	51,68	50,38	51,07
Bovino e Outros Animais Pat.	87,29	87,96	82,77	78,57	81,64

Bovino e Outros Animais Fam.	82,41	81,21	74,83	76,68	77,32
Silvicultura Pat.	73,04	73,34	73,06	72,18	71,66
Silvicultura Fam.	54,25	53,55	52,28	53,18	53,32
Extração Vegetal Pat.	64,22	65,44	67,47	66,55	69,8
Extração Vegetal Fam.	55,94	56,96	56,95	56,38	56,46
Pesca e Aquicultura	39,98	39,15	42,86	41,23	41,39
Indústria Extrativa	66,31	68,22	71,2	64,32	75,68
Indústrias Diversas	85,16	80,6	78,3	80,37	85,72
Eletrônicos	103,15	102,4	99,32	100,37	102,87
Alimentos e Bebidas	78,06	73,32	78,28	74,04	78,45
Diesel Combustível	90,98	86,2	84,62	83,71	87,03
Prod. Qui. Inorgânicos	83,81	77,85	77,15	77,31	79,64
Adubo e Fertilizantes	71,63	70,99	71,37	69,39	70,7
Defensivos Agrícolas	79,32	75,38	76,62	73,89	74,78
Eletricidade e Gás	78,18	78,6	76,34	78,14	78,25
Instituições Finan. e Seg.	80,13	81,07	79,17	81,57	81,54
Comércio	84,93	80,18	80,28	84,3	86,73
Transporte de Carga	87,78	84,43	82,89	84,86	87,09
Serviços	97,06	91,75	91,98	88,98	92,89
Setor Público	81,27	80,45	80,24	79,35	80,07
Construção Civil	98,45	96,74	96,07	98,21	101,72

Fonte: Elaboração Própria com base nos resultados do modelo

Tabela D2: Nível de Atividade Setorial no Cenário de Referência (Var. % acumulada) (2080)

Setor / Região	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Arroz Fam.	234,57	228,37	230,45	224,1	238,52
Arroz Pat.	162,49	158,12	161,78	156	161
Trigo e Cereais Fam.	220,33	219,92	218,51	212,83	217,57
Trigo e Cereais Pat.	161,18	159,2	159,83	156,44	159,13
Milho em Grão Fam.	259,87	255,12	268,51	274	270,56
Milho em Grão Pat.	171,76	170,04	171,35	171,24	168,33
Algodão em Fibra Fam.	353,88	351,68	353,89	339,58	346,71
Algodão em Fibra Pat.	182,41	181,83	181,03	179,87	179,55
Cana de Açúcar Fam.	233,44	222,71	233,76	217,91	239,72
Cana de Açúcar Pat.	180,81	176,66	178,09	172,3	178,7
Soja em Grão Fam.	259,68	252,81	252,3	248,19	262,62
Soja em Grão Pat.	174,4	172,38	172,98	170,46	169,31
Mandioca Fam.	208,6	205,1	202,39	202,86	203,83
Mandioca Pat.	197,31	193,23	194,57	194,11	199,87
Fumo em Folha Fam.	72,8	62,5	73,12	75,84	92,1
Fumo em Folha Pat.	171,59	104,41	165,18	160,07	163,35
Tomate Fam.	151,1	143,13	142,64	137,32	142,48
Tomate Pat.	144,95	140,15	132,69	127,68	132,08
Batata Inglesa Fam.	170,47	168,31	155,5	145,95	148,21
Batata Inglesa Pat.	154,1	143,82	140,98	135,95	143,09

Cebola Fam.	144,64	142,94	144,01	137,38	141,36
Cebola Pat.	133,48	132,22	129,79	126,83	130,53
Amendoim Fam.	146,17	144,46	145,81	138,57	144,03
Amendoim Pat.	156,96	171,2	151,9	130,26	164,16
Abacaxi Fam.	144,77	139,23	150,32	142,45	156,9
Abacaxi Pat.	131,11	130,88	133,3	125,93	139,2
Banana Fam.	141,87	132,54	147,94	134,65	139,58
Banana Pat.	152,78	141,36	150,48	131,26	145,05
Feijão em Grão Fam.	131,74	126,68	131,25	124,07	128,17
Feijão em Grão Pat.	158,77	153,39	144,88	147,25	152,03
Castanha de Cajú Fam.	133,67	129,01	139,58	137,73	145,62
Castanha de Cajú Pat.	137,65	134,2	138,31	124,95	138,61
Uva Fam.	137,69	137,13	139,96	135,96	136,81
Uva Pat.	152,86	144,89	147,39	139,88	142,76
Out. da Lavoura Temp. Pat.	142,56	140,67	133,89	142,25	126,84
Out. da Lavoura Temp. Fam.	146,89	128,49	107,53	135,21	112,53
Laranja Fam.	199,42	175,59	184,01	170,85	186,83
Laranja Pat.	177,81	173,23	174,27	166,35	174,2
Café em Grão Fam.	208,65	198,78	207,96	205,58	206,01
Café em Grão Pat.	173,01	166,18	168,32	162,53	166,43
Out. da Lavoura Perm. Fam.	129,44	127,82	133,75	127,46	125,74
Out. da Lavoura Perm. Pat.	132,16	130,1	128,38	124,06	127,38
Bovino e Outros Animais Pat.	228,38	231,75	211,16	202,51	212,16
Bovino e Outros Animais Fam.	203,64	199,09	174,61	186,58	187,46
Silvicultura Pat.	188,05	188,54	188,64	189,39	187,46
Silvicultura Fam.	140,57	136,82	130,15	136,41	138,36
Extração Vegetal Pat.	159,85	163,94	171,08	170,47	181,97
Extração Vegetal Fam.	138,06	142,88	142,52	140,96	141,14
Pesca e Aquicultura	90,58	87,23	102,65	95,57	97,43
Indústria Extrativa	187,6	192,07	200,45	181,41	215,53
Indústrias Diversas	233,84	219,94	213,32	223,04	239,44
Eletrônicos	281,26	280,84	271,84	276,6	285,87
Alimentos e Bebidas	205,95	194,25	205,2	197,9	209,84
Diesel Combustível	251,15	234,19	229,28	228,32	240,87
Prod. Qui. Inorgânicos	233,74	211,61	206,79	213,89	221,2
Adubo e Fertilizantes	181,01	179,8	180,11	177,79	182,08
Defensivos Agrícolas	203,01	192,62	194,65	191,75	193,19
Eletricidade e Gás	238,07	239,16	228,2	238,17	239,86
Instituições Finan. e Seg.	225,85	228,12	221,37	230,43	231,82
Comércio	228,1	214,67	213,8	228,11	235,53
Transporte de Carga	238,06	227,65	221,3	232,18	238,6
Serviços	273,78	256,92	256,58	249,8	263,42
Setor Público	227,62	226,79	225,44	225,44	227,28
Construção Civil	263,55	259,19	255,78	262,51	274,37

Fonte: Elaboração Própria com base nos resultados do modelo

Tabela D3: Nível de Atividade Setorial por Unidade da Federação (variação % em relação ao cenário base) (2050) (RCP 4.5)

Setor / UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL
Agricultura Familiar	-2,13	-2,31	-1,14	-2,31	-4,88	-8,64	0,15	2,14	3,55	0,47	-2,45	-1,27	-2,04	-2,45
Agricultura Patronal	-1,13	-1,60	-0,36	-3,10	-1,00	5,44	-0,77	-1,70	-2,92	1,36	2,94	-2,37	-0,68	-3,59
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,08	-0,04	0,05	-0,07	-0,09	0,04	-0,07	-0,01	0,01	-0,04	-0,06	-0,02	0,00	0,09
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,08	-0,05	-0,02	-0,09	-0,10	0,03	-0,10	-0,03	-0,02	-0,05	-0,06	-0,05	-0,04	0,02
Silvicultura Familiar	-0,02	-0,03	-0,01	0,00	-0,06	-0,05	0,01	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,05
Silvicultura Patronal	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	-0,03	-0,02	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Extração Vegetal Familiar	0,00	0,00	0,01	0,05	-0,03	-0,01	0,02	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,03	-0,01	0,00
Extração Vegetal Patronal	0,00	0,01	0,01	0,04	-0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,02
Indústria Extrativa	0,04	0,03	0,03	0,24	0,03	0,04	0,22	0,05	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02
Indústrias Diversas	0,26	0,04	0,02	2,44	-0,03	-0,02	2,03	0,01	-0,02	0,27	0,02	-0,06	-0,02	-0,02
Eletrônicos	0,05	0,04	0,01	0,04	-0,05	-0,02	0,06	0,00	0,02	0,03	-0,02	-0,01	0,00	0,04
Alimentos e Bebidas	-0,10	-0,08	-0,03	-0,20	-0,28	-0,07	-0,17	0,08	-0,23	-0,25	-0,13	0,00	0,35	2,10
Diesel Combustível	-0,05	-0,06	-0,01	0,05	-0,11	-0,15	0,01	-0,13	-0,08	0,00	-0,01	-0,03	-0,05	-0,04
Produtos Químicos Inorgânicos	-0,02	-0,07	0,01	0,04	-0,06	-0,05	-0,02	-0,17	-0,05	-0,07	-0,07	-0,06	-0,07	-0,07
Adubo e Fertilizantes	-0,51	-0,64	-0,68	-0,32	-0,95	-0,63	-0,52	-0,83	-0,82	-0,51	-0,41	-0,48	-0,57	-0,76
Defensivos Agrícolas	-0,34	-0,47	-0,56	-0,17	-0,60	-0,57	-0,48	-0,76	-0,70	-0,61	-0,72	-0,58	-0,82	-0,96
Eleticidade e Gás	-0,01	-0,01	0,00	0,06	-0,04	-0,02	0,05	-0,02	-0,04	0,01	-0,01	-0,02	-0,01	0,03
Instituições Financeiras e Seguros	-0,01	-0,01	0,01	0,06	-0,06	-0,03	0,06	-0,01	-0,02	0,01	-0,02	-0,01	0,00	0,06
Comércio	-0,04	-0,06	-0,03	0,23	-0,19	-0,12	0,20	-0,10	-0,09	0,04	-0,04	-0,04	-0,01	0,17
Transporte de Carga	-0,04	-0,06	0,02	0,19	-0,20	-0,13	0,19	-0,08	-0,16	0,01	-0,02	-0,03	0,01	0,19
Serviços	0,00	0,00	0,02	0,07	-0,05	-0,02	0,08	-0,01	-0,01	0,01	-0,02	-0,01	0,00	0,07
Setor Público	0,00	0,00	0,02	0,02	-0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,03
Construção Civil	0,02	0,03	0,03	0,22	-0,05	-0,01	0,25	-0,02	-0,01	0,05	-0,02	-0,03	-0,01	0,06
Setor / UF	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	
Agricultura Familiar	-3,72	-1,26	-2,24	-4,01	-1,68	0,91	0,68	1,32	1,47	-2,20	-0,96	2,76	0,56	
Agricultura Patronal	-3,68	-4,19	-1,50	-2,77	-3,22	2,42	1,30	0,17	0,98	-0,74	-1,09	-0,71	0,04	
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,08	-0,07	-0,16	-0,11	-0,06	-0,01	-0,05	-0,07	0,00	-0,05	0,02	-0,12	-0,01	
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,11	-0,11	-0,12	-0,12	-0,05	-0,05	-0,05	-0,06	-0,01	-0,10	-0,02	-0,11	-0,04	
Silvicultura Familiar	-0,09	-0,05	-0,06	-0,05	-0,01	0,03	0,00	-0,01	0,00	-0,02	-0,01	-0,03	-0,03	
Silvicultura Patronal	-0,02	-0,04	-0,02	-0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	
Extração Vegetal Familiar	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,06	0,00	0,01	-0,01	0,00	
Extração Vegetal Patronal	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	
Pesca e Aquicultura	0,00	0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	
Indústria Extrativa	-0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,03	0,09	0,05	0,02	
Indústrias Diversas	-0,09	0,30	0,01	-0,01	0,08	0,01	0,09	-0,04	0,28	0,31	1,16	0,17	-0,02	
Eletrônicos	0,00	0,05	-0,04	-0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,07	0,07	0,18	0,02	0,00	
Alimentos e Bebidas	-0,10	-0,25	-0,04	-0,28	-0,08	0,24	0,13	-0,13	-0,07	0,38	-0,07	-0,05	-0,11	
Diesel Combustível	-0,06	-0,15	-0,04	-0,03	0,02	0,03	0,05	0,09	0,09	-0,06	0,08	-0,01	-0,04	
Produtos Químicos Inorgânicos	-0,05	-0,11	-0,14	-0,11	0,05	0,13	0,15	0,15	0,15	-0,12	0,10	-0,05	-0,09	
Adubo e Fertilizantes	-0,56	-1,02	-0,79	-1,88	-0,27	1,23	0,62	0,43	0,61	-0,55	-0,60	-0,42	-0,34	
Defensivos Agrícolas	-1,39	-1,68	-0,67	-0,72	-0,39	0,30	0,56	0,48	0,36	-0,53	-0,23	-0,41	-0,33	
Eleticidade e Gás	-0,04	-0,05	-0,04	-0,04	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04	-0,01	-0,04	-0,02	-0,01	

Instituições Financeiras e Seguros	-0,03	-0,01	-0,04	-0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,01	0,00	-0,02	0,00
Comércio	-0,12	-0,07	-0,11	-0,15	-0,01	-0,04	0,02	-0,02	0,11	-0,02	-0,04	-0,06	-0,04
Transporte de Carga	-0,11	-0,08	-0,08	-0,10	0,01	0,03	0,04	-0,02	0,10	0,00	-0,09	-0,04	-0,03
Serviços	-0,02	0,01	-0,04	-0,04	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,03	0,02	0,06	-0,01	0,00
Setor Público	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01
Construção Civil	-0,04	0,05	-0,06	-0,05	0,01	-0,02	0,01	-0,01	0,09	0,03	0,16	-0,03	0,00

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Tabela D4: Nível de Atividade Setorial por Unidade da Federação (variação % em relação ao cenário base) (2080) (RCP 4.5)

setor / UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL
Agricultura Familiar	-4,87	-8,18	-6,10	-9,19	-9,57	-23,62	-2,47	4,27	8,59	4,67	-4,06	-2,05	-4,51	-4,85
Agricultura Patronal	-2,98	-5,21	-1,25	-8,80	-1,73	12,52	-2,89	-4,56	-7,63	4,12	10,14	-5,39	-0,66	-9,02
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,24	-0,13	0,17	-0,23	-0,22	0,11	-0,26	-0,06	-0,02	-0,11	-0,19	-0,08	-0,02	0,27
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,20	-0,14	-0,06	-0,25	-0,27	0,06	-0,27	-0,10	-0,09	-0,14	-0,19	-0,15	-0,12	0,08
Silvicultura Familiar	-0,05	-0,06	-0,02	0,04	-0,11	-0,14	0,04	-0,09	-0,08	0,01	-0,01	-0,07	-0,06	-0,10
Silvicultura Patronal	-0,02	-0,02	0,01	-0,01	-0,10	-0,07	0,01	-0,03	-0,07	-0,02	-0,03	-0,02	-0,04	-0,03
Extração Vegetal Familiar	-0,02	-0,02	0,02	0,17	-0,06	-0,04	0,07	-0,01	-0,04	0,00	0,01	-0,07	-0,02	0,02
Extração Vegetal Patronal	0,03	0,04	0,04	0,23	-0,03	0,01	0,11	0,02	0,05	0,05	0,05	0,02	0,03	-0,05
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,02	0,05	-0,03	-0,03	0,05	0,01	-0,01	0,00	-0,03	-0,02	-0,01	0,07
Indústria Extrativa	0,14	0,09	0,12	0,89	0,15	0,14	0,81	0,17	0,04	0,10	0,02	0,08	0,03	0,09
Indústrias Diversas	0,78	0,12	0,10	7,45	-0,03	-0,05	6,23	0,05	-0,06	0,84	0,05	-0,23	-0,06	0,00
Eletrônicos	0,10	0,09	0,03	0,12	-0,14	-0,11	0,16	-0,03	-0,01	0,09	-0,08	-0,06	-0,02	0,08
Alimentos e Bebidas	-0,32	-0,26	-0,13	-0,63	-0,88	-0,23	-0,54	0,24	-0,79	-0,81	-0,44	0,02	1,09	6,70
Diesel Combustível	-0,10	-0,11	-0,02	0,28	-0,21	-0,26	0,18	-0,26	-0,15	0,09	0,02	-0,04	-0,08	-0,04
Produtos Químicos Inorgânicos	0,00	-0,14	0,09	0,21	-0,07	-0,06	0,07	-0,39	-0,07	-0,09	-0,11	-0,10	-0,12	-0,14
Adubo e Fertilizantes	-1,72	-1,76	-1,80	-1,30	-1,65	-1,65	-1,48	-1,95	-2,01	-1,11	-0,68	-0,90	-1,20	-1,84
Defensivos Agrícolas	-1,03	-1,14	-1,33	-0,69	-1,35	-1,14	-0,89	-1,51	-1,63	-1,09	-1,50	-1,12	-1,71	-2,15
Eletricidade e Gás	-0,03	-0,03	0,01	0,24	-0,10	-0,05	0,23	-0,08	-0,15	0,07	-0,03	-0,05	-0,02	0,10
Instituições Financeiras e Seguros	-0,02	-0,03	0,06	0,24	-0,12	-0,08	0,25	-0,03	-0,08	0,07	-0,05	-0,04	-0,01	0,22
Comércio	-0,07	-0,17	-0,05	0,71	-0,35	-0,28	0,66	-0,23	-0,24	0,19	-0,08	-0,08	0,01	0,62
Transporte de Carga	-0,09	-0,18	0,09	0,62	-0,34	-0,30	0,65	-0,16	-0,41	0,11	-0,01	-0,05	0,08	0,74
Serviços	0,00	0,01	0,09	0,24	-0,10	-0,06	0,28	-0,02	-0,04	0,06	-0,07	-0,04	-0,01	0,23
Setor Público	0,01	0,01	0,08	0,04	0,02	-0,01	0,04	0,03	0,01	0,01	-0,04	-0,01	-0,01	0,08
Construção Civil	0,05	0,05	0,10	0,64	-0,13	-0,05	0,73	-0,06	-0,10	0,15	-0,07	-0,11	-0,05	0,17
setor / UF	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	
Agricultura Familiar	-7,61	-2,42	-5,75	-11,74	-3,46	0,94	1,04	2,87	3,43	-8,47	-3,69	2,85	1,71	
Agricultura Patronal	-9,92	-11,25	-2,65	-6,80	-8,39	6,79	2,19	0,36	2,94	-2,09	-4,40	-0,87	0,05	
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,27	-0,25	-0,50	-0,37	-0,18	-0,05	-0,20	-0,23	-0,04	-0,19	0,04	-0,36	-0,05	
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,28	-0,31	-0,32	-0,36	-0,15	-0,13	-0,17	-0,18	-0,04	-0,25	-0,05	-0,28	-0,13	
Silvicultura Familiar	-0,25	-0,11	-0,16	-0,15	-0,02	0,11	0,00	-0,03	0,03	-0,04	0,00	0,00	-0,04	
Silvicultura Patronal	-0,05	-0,12	-0,08	-0,06	0,01	0,04	0,02	0,01	0,10	-0,01	-0,03	0,00	0,00	
Extração Vegetal Familiar	-0,10	-0,04	-0,06	-0,06	0,00	0,00	0,03	0,03	0,20	0,01	0,02	0,02	0,00	
Extração Vegetal Patronal	-0,03	0,01	0,03	0,02	0,06	0,02	0,05	0,06	0,16	0,05	0,13	0,07	0,07	
Pesca e Aquicultura	-0,01	0,02	-0,03	-0,03	0,01	0,00	-0,01	-0,02	0,01	0,07	0,09	0,01	0,01	
Indústria Extrativa	0,00	0,11	0,08	0,11	0,09	0,07	0,04	0,05	0,13	0,14	0,34	0,16	0,07	

Indústrias Diversas	-0,27	0,95	0,03	-0,03	0,26	0,02	0,22	-0,20	0,90	0,90	3,31	0,57	-0,04
Eletrônicos	-0,03	0,10	-0,12	-0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,24	0,12	0,44	0,05	-0,02
Alimentos e Bebidas	-0,38	-0,84	-0,11	-0,93	-0,28	0,71	0,22	-0,45	-0,25	1,06	-0,22	-0,16	-0,39
Diesel Combustível	-0,08	-0,29	-0,06	-0,04	0,08	0,10	0,13	0,25	0,27	-0,18	0,32	0,01	0,02
Produtos Químicos Inorgânicos	-0,08	-0,21	-0,26	-0,28	0,17	0,37	0,37	0,42	0,49	-0,29	0,39	-0,06	-0,04
Adubo e Fertilizantes	-1,39	-2,65	-1,64	-5,49	-0,87	3,94	1,39	1,12	1,79	-1,44	-2,19	-0,78	-0,50
Defensivos Agrícolas	-3,38	-4,18	-1,24	-1,62	-0,80	0,98	1,25	1,30	1,02	-1,74	-0,41	-0,99	-0,27
Eletricidade e Gás	-0,14	-0,14	-0,12	-0,13	0,00	0,03	0,04	-0,01	0,18	-0,02	-0,20	-0,03	-0,02
Instituições Financeiras e Seguros	-0,10	-0,01	-0,12	-0,15	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,14	0,04	0,00	-0,01	0,00
Comércio	-0,27	-0,09	-0,24	-0,41	0,00	-0,10	-0,01	-0,08	0,33	-0,01	-0,19	-0,07	-0,08
Transporte de Carga	-0,25	-0,13	-0,16	-0,24	0,07	0,12	0,05	-0,06	0,32	0,05	-0,40	0,02	-0,04
Serviços	-0,06	0,05	-0,12	-0,10	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	0,13	0,05	0,18	-0,01	-0,01
Setor Público	-0,01	0,02	-0,04	-0,02	0,00	-0,01	-0,06	-0,01	-0,01	-0,01	0,14	0,03	0,03
Construção Civil	-0,14	0,10	-0,18	-0,14	0,05	-0,05	0,00	-0,07	0,29	-0,02	0,39	-0,08	0,01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Tabela D5: Nível de Atividade Setorial por UF (variação % em relação ao cenário base) (RCP 8.5) (2050)

Setor / UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL
Agricultura Familiar	-0,87	-2,41	-0,62	-0,51	-1,36	-7,91	-0,03	0,25	2,59	-1,79	-3,33	-3,43	-4,13	-4,29
Agricultura Patronal	-1,21	-1,97	-0,18	-3,27	-0,53	5,57	-0,96	-2,24	-3,66	-1,62	-2,09	-3,19	-0,97	-4,73
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,11	-0,06	0,03	-0,07	-0,05	0,06	-0,10	-0,04	-0,04	-0,10	-0,11	-0,03	-0,01	0,13
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,11	-0,08	-0,04	-0,11	-0,09	0,04	-0,14	-0,07	-0,07	-0,11	-0,12	-0,07	-0,07	0,03
Silvicultura Familiar	-0,01	-0,02	-0,02	0,02	-0,02	-0,03	0,02	-0,03	-0,03	-0,04	-0,08	-0,06	-0,04	-0,07
Silvicultura Patronal	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	-0,02	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,02
Extração Vegetal Familiar	-0,01	-0,01	-0,01	0,06	0,00	-0,01	0,02	-0,01	-0,02	-0,03	-0,06	-0,06	-0,02	0,00
Extração Vegetal Patronal	0,01	0,01	0,00	0,06	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,02
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,03
Indústria Extrativa	0,05	0,03	0,02	0,35	0,05	0,05	0,31	0,06	0,01	0,01	-0,01	0,03	0,00	0,03
Indústrias Diversas	0,36	0,05	0,00	3,53	0,01	-0,01	2,93	0,01	-0,03	0,36	0,01	-0,08	-0,03	-0,04
Eletrônicos	0,07	0,06	0,00	0,06	-0,01	-0,01	0,09	0,01	0,03	0,03	-0,02	-0,01	0,00	0,06
Alimentos e Bebidas	-0,15	-0,12	-0,06	-0,25	-0,30	-0,08	-0,23	0,11	-0,32	-0,35	-0,18	0,05	0,50	3,05
Diesel Combustível	-0,02	-0,04	0,01	0,13	-0,07	-0,04	0,10	-0,09	-0,09	-0,05	-0,07	-0,06	-0,08	-0,06
Produtos Químicos Inorgânicos	-0,01	-0,07	0,00	0,07	-0,01	-0,01	0,03	-0,17	-0,05	-0,12	-0,13	-0,12	-0,12	-0,12
Adubo e Fertilizantes	-0,36	-0,52	-0,50	-0,08	-0,30	-0,31	-0,50	-0,84	-0,96	-0,79	-0,99	-1,12	-1,09	-1,21
Defensivos Agrícolas	-0,17	-0,33	-0,45	0,06	-0,63	-0,26	-0,36	-0,58	-0,82	-1,03	-1,18	-1,09	-1,36	-1,45
Eletricidade e Gás	-0,01	-0,01	-0,01	0,09	-0,01	-0,01	0,08	-0,03	-0,06	-0,02	-0,03	-0,03	-0,01	0,04
Instituições Financeiras e Seguros	-0,01	-0,01	0,00	0,09	-0,01	-0,02	0,10	-0,02	-0,03	-0,02	-0,04	-0,02	-0,01	0,09
Comércio	-0,02	-0,05	-0,03	0,36	-0,07	-0,08	0,32	-0,11	-0,12	-0,01	-0,09	-0,06	-0,02	0,24
Transporte de Carga	-0,03	-0,06	0,01	0,29	-0,05	-0,09	0,30	-0,08	-0,20	-0,03	-0,08	-0,06	0,01	0,28
Serviços	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	-0,01	0,12	-0,01	-0,02	-0,01	-0,04	-0,02	0,00	0,10
Setor Público	0,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	-0,02	-0,02	0,00	0,00	0,04
Construção Civil	0,04	0,04	0,02	0,32	-0,02	0,00	0,36	-0,02	0,00	0,04	-0,04	-0,04	-0,01	0,09
Setor / UF	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	
Agricultura Familiar	-5,67	-3,45	-2,55	-5,47	-3,27	0,62	0,54	1,19	1,40	-2,27	-0,68	0,90	0,91	
Agricultura Patronal	-5,44	-4,57	-1,40	-3,87	-4,76	3,59	1,17	-0,01	1,05	-0,25	-1,95	0,09	0,05	
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,11	-0,08	-0,21	-0,16	-0,08	-0,02	-0,08	-0,11	-0,04	-0,02	0,03	-0,14	-0,01	
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,14	-0,13	-0,15	-0,17	-0,07	-0,07	-0,08	-0,10	-0,04	-0,08	-0,03	-0,13	-0,06	

Silvicultura Familiar	-0,12	-0,05	-0,07	-0,07	-0,01	0,05	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,01	-0,01
Silvicultura Patronal	-0,02	-0,05	-0,03	-0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	-0,02	0,01	0,00
Extração Vegetal Familiar	-0,05	-0,03	-0,03	-0,03	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,05	0,01	0,00	0,01	0,00
Extração Vegetal Patronal	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02
Pesca e Aquicultura	0,00	0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00
Indústria Extrativa	-0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,04	0,13	0,05	0,02
Indústrias Diversas	-0,12	0,43	0,01	-0,02	0,11	0,01	0,11	-0,08	0,38	0,44	1,51	0,25	-0,03
Eletrônicos	0,01	0,08	-0,05	-0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,09	0,09	0,24	0,02	0,00
Alimentos e Bebidas	-0,09	-0,29	-0,01	-0,38	-0,12	0,38	0,15	-0,19	-0,13	0,57	-0,08	-0,02	-0,15
Diesel Combustível	-0,07	-0,17	-0,02	-0,02	0,03	0,05	0,05	0,09	0,09	-0,08	0,16	0,00	0,04
Produtos Químicos Inorgânicos	-0,07	-0,14	-0,13	-0,14	0,06	0,16	0,15	0,15	0,16	-0,09	0,18	-0,03	0,02
Adubo e Fertilizantes	-0,79	-1,34	-0,80	-2,53	-0,43	1,82	0,58	0,36	0,58	-0,48	-0,95	-0,26	-0,14
Defensivos Agrícolas	-1,84	-2,16	-0,67	-0,85	-0,45	0,44	0,52	0,47	0,34	-0,76	-0,10	-0,40	-0,02
Eletricidade e Gás	-0,06	-0,05	-0,05	-0,05	0,00	0,01	0,01	0,00	0,05	0,02	-0,08	0,00	-0,01
Instituições Financeiras e Seguros	-0,05	-0,02	-0,05	-0,07	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,04	0,02	-0,01	-0,01	0,00
Comércio	-0,16	-0,09	-0,12	-0,21	-0,01	-0,05	0,00	-0,04	0,12	0,04	-0,09	-0,03	-0,03
Transporte de Carga	-0,14	-0,09	-0,08	-0,13	0,02	0,06	0,03	-0,03	0,12	0,10	-0,20	0,02	-0,02
Serviços	-0,02	0,01	-0,05	-0,05	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,04	0,03	0,08	-0,02	0,00
Setor Público	0,00	0,00	-0,02	-0,01	0,00	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,06	-0,01	0,01
Construção Civil	-0,05	0,08	-0,07	-0,06	0,02	-0,03	0,00	-0,03	0,12	0,03	0,20	-0,04	0,01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Tabela D6: Nível de Atividade Setorial por UF (variação % em relação ao cenário base) (RCP 8.5) (2080)

Setor / UF	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL
Agricultura Familiar	-1,32	-11,34	-7,14	-8,97	-8,62	-15,64	-3,95	-3,11	5,83	-2,73	-6,50	-7,81	-10,32	-10,46
Agricultura Patronal	-3,91	-7,72	-0,36	-9,20	-2,02	14,86	-4,22	-6,97	-9,89	-2,27	0,78	-5,01	-0,80	-8,63
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,21	-0,09	0,28	-0,20	-0,10	0,28	-0,32	-0,08	-0,05	-0,23	-0,27	-0,06	-0,02	0,20
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,20	-0,15	-0,03	-0,27	-0,22	0,18	-0,34	-0,15	-0,16	-0,25	-0,28	-0,17	-0,16	0,01
Silvicultura Familiar	-0,01	-0,02	-0,01	0,07	-0,05	-0,07	0,02	-0,07	-0,08	-0,05	-0,13	-0,10	-0,07	-0,14
Silvicultura Patronal	-0,01	-0,01	0,01	0,00	-0,04	-0,04	0,01	-0,06	-0,09	-0,05	-0,06	-0,04	-0,07	-0,04
Extração Vegetal Familiar	0,01	-0,01	0,02	0,19	-0,01	-0,01	0,05	-0,01	-0,04	-0,04	-0,10	-0,10	-0,02	0,01
Extração Vegetal Patronal	0,06	0,06	0,04	0,28	0,01	0,04	0,12	0,01	0,06	0,05	0,00	0,03	0,04	-0,06
Pesca e Aquicultura	0,02	0,02	0,02	0,07	0,02	0,00	0,07	0,02	0,00	-0,02	-0,04	-0,01	0,00	0,09
Indústria Extrativa	0,21	0,16	0,15	0,92	0,22	0,22	0,84	0,23	0,09	0,10	0,01	0,14	0,07	0,13
Indústrias Diversas	0,77	0,18	0,15	6,43	0,09	0,06	5,36	0,09	-0,02	0,65	-0,03	-0,21	-0,03	-0,03
Eletrônicos	0,14	0,11	0,03	0,14	-0,07	-0,07	0,16	-0,03	0,00	0,05	-0,11	-0,05	-0,02	0,08
Alimentos e Bebidas	-0,26	-0,21	-0,13	-0,63	-0,90	-0,17	-0,56	0,20	-1,01	-1,03	-0,64	-0,17	0,78	5,64
Diesel Combustível	-0,08	-0,07	0,01	0,29	-0,22	-0,16	0,16	-0,28	-0,26	-0,12	-0,12	-0,09	-0,13	-0,08
Produtos Químicos Inorgânicos	0,08	-0,08	0,16	0,28	0,03	0,05	0,06	-0,47	-0,06	-0,21	-0,21	-0,15	-0,16	-0,18
Adubo e Fertilizantes	-1,52	-1,50	-1,52	-0,96	-1,18	-1,42	-1,98	-2,69	-2,71	-1,99	-1,99	-2,30	-2,26	-2,70
Defensivos Agrícolas	-0,71	-0,98	-1,15	-0,31	-1,73	-0,92	-1,07	-1,61	-2,23	-2,29	-2,31	-2,01	-2,55	-2,92
Eletricidade e Gás	-0,01	-0,02	0,00	0,27	-0,05	-0,01	0,24	-0,11	-0,20	-0,03	-0,08	-0,07	-0,03	0,09
Instituições Financeiras e Seguros	0,03	0,00	0,07	0,29	-0,03	-0,01	0,26	-0,03	-0,08	-0,02	-0,08	-0,03	-0,01	0,23
Comércio	-0,04	-0,18	-0,06	0,63	-0,27	-0,16	0,48	-0,33	-0,38	-0,09	-0,25	-0,18	-0,09	0,41
Transporte de Carga	-0,04	-0,19	0,09	0,60	-0,18	-0,12	0,49	-0,22	-0,58	-0,07	-0,16	-0,11	0,04	0,62
Serviços	0,05	0,04	0,09	0,27	-0,01	0,00	0,28	-0,01	-0,04	-0,01	-0,11	-0,04	-0,01	0,23
Setor Público	0,03	0,01	0,07	0,05	0,08	0,03	0,03	0,03	0,01	-0,03	-0,06	0,00	0,00	0,09

Construção Civil	0,08	0,08	0,10	0,64	-0,08	0,00	0,68	-0,08	-0,11	0,03	-0,16	-0,14	-0,08	0,13
Setor / UF	SE	BA	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	MS	MT	GO	DF	
Agricultura Familiar	-13,39	-6,72	-4,64	-15,98	-7,80	1,20	1,54	3,03	3,58	-9,69	-3,82	0,80	2,92	
Agricultura Patronal	-13,47	-12,09	-2,08	-8,56	-11,09	3,73	2,52	1,18	3,78	-0,61	-6,28	-1,59	0,11	
Bovino e Outros Animais Familiar	-0,31	-0,24	-0,57	-0,42	-0,17	-0,02	-0,26	-0,23	-0,03	-0,13	0,07	-0,38	0,03	
Bovino e Outros Animais Patronal	-0,34	-0,33	-0,36	-0,43	-0,15	-0,15	-0,21	-0,19	-0,05	-0,23	-0,06	-0,30	-0,11	
Silvicultura Familiar	-0,32	-0,13	-0,14	-0,18	-0,01	0,12	0,00	-0,01	0,06	-0,02	-0,02	0,02	-0,01	
Silvicultura Patronal	-0,06	-0,15	-0,07	-0,08	0,01	0,04	0,02	0,01	0,12	0,03	-0,07	0,03	0,01	
Extração Vegetal Familiar	-0,13	-0,06	-0,07	-0,08	0,02	0,02	0,03	0,06	0,25	0,04	-0,01	0,04	0,03	
Extração Vegetal Patronal	-0,04	0,02	0,04	0,03	0,09	0,04	0,06	0,08	0,19	0,10	0,17	0,11	0,09	
Pesca e Aquicultura	0,00	0,03	-0,03	-0,03	0,02	0,02	-0,01	0,00	0,02	0,10	0,14	0,03	0,03	
Indústria Extrativa	0,01	0,13	0,11	0,14	0,13	0,11	0,07	0,09	0,19	0,17	0,42	0,22	0,12	
Indústrias Diversas	-0,31	0,81	0,02	0,00	0,27	0,06	0,22	-0,23	0,88	0,92	2,87	0,54	0,02	
Eletrônicos	-0,04	0,08	-0,12	-0,05	0,04	0,05	0,03	0,05	0,28	0,19	0,43	0,05	0,01	
Alimentos e Bebidas	-0,73	-1,04	-0,26	-1,10	-0,30	0,43	0,14	-0,48	-0,30	1,08	-0,21	-0,30	-0,38	
Diesel Combustível	-0,17	-0,40	-0,08	-0,06	0,05	0,08	0,13	0,28	0,30	-0,30	0,38	-0,01	0,00	
Produtos Químicos Inorgânicos	-0,11	-0,30	-0,18	-0,34	0,19	0,36	0,43	0,52	0,63	-0,12	0,53	-0,08	-0,05	
Adubo e Fertilizantes	-2,02	-3,41	-1,37	-7,09	-1,23	2,79	1,72	1,29	2,10	-1,02	-2,95	-1,17	-0,79	
Defensivos Agrícolas	-4,10	-5,02	-1,02	-1,81	-0,84	0,65	1,59	1,65	1,30	-2,38	-0,14	-1,14	-0,53	
Eletricidade e Gás	-0,20	-0,17	-0,12	-0,16	0,01	0,03	0,03	-0,01	0,21	0,08	-0,36	-0,01	-0,01	
Instituições Financeiras e Seguros	-0,13	-0,03	-0,12	-0,17	0,03	0,01	0,01	0,00	0,18	0,10	-0,03	0,00	0,03	
Comércio	-0,46	-0,28	-0,29	-0,52	-0,01	-0,16	-0,05	-0,10	0,35	0,03	-0,49	-0,15	-0,11	
Transporte de Carga	-0,38	-0,23	-0,17	-0,30	0,09	0,07	0,04	-0,06	0,37	0,23	-0,73	-0,04	-0,03	
Serviços	-0,08	0,03	-0,13	-0,11	0,03	0,01	-0,03	-0,02	0,16	0,09	0,19	-0,01	0,02	
Setor Público	-0,01	0,02	-0,06	-0,04	0,01	0,00	-0,09	0,00	-0,01	-0,02	0,17	0,01	0,05	
Construção Civil	-0,22	0,03	-0,19	-0,16	0,06	-0,05	-0,02	-0,08	0,31	0,05	0,34	-0,08	0,02	

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Tabela D7: Produção Setorial Nacional (Var. %) (Cenário 4.5)

Setor / Ano	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070	2075	2080
Arroz Fam.	-0,02	-0,04	-0,05	-0,07	-0,08	-0,10	-0,13	-0,17	-0,20	-0,23	-0,26	-0,30
Arroz Pat.	-0,10	-0,20	-0,31	-0,43	-0,55	-0,67	-0,93	-1,20	-1,49	-1,81	-2,16	-2,54
Trigo e Cereais Fam.	0,20	0,41	0,62	0,83	1,05	1,28	1,40	1,52	1,66	1,82	2,00	2,20
Trigo e Cereais Pat.	0,96	1,93	2,89	3,83	4,75	5,67	6,05	6,47	6,97	7,57	8,29	9,12
Milho em Grão Fam.	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,84
Milho em Grão Pat.	-0,97	-2,02	-3,16	-4,38	-5,70	-7,13	-8,99	-11,01	-13,20	-15,57	-18,10	-20,79
Algodão em Fibra Fam.	0,01	0,03	0,04	0,06	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20	0,24	0,28	0,33
Algodão em Fibra Pat.	-0,71	-1,49	-2,35	-3,29	-4,32	-5,46	-7,35	-9,43	-11,72	-14,23	-16,97	-19,92
Cana de Açúcar Fam.	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18
Cana de Açúcar Pat.	0,67	1,35	2,03	2,71	3,37	4,04	5,27	6,51	7,77	9,06	10,40	11,82
Soja em Grão Fam.	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,02	0,00	0,01	0,03	0,06	0,08
Soja em Grão Pat.	0,07	0,15	0,23	0,32	0,41	0,51	0,72	0,95	1,19	1,45	1,73	2,03
Mandioca Fam.	-0,34	-0,75	-1,25	-1,83	-2,49	-3,26	-4,31	-5,52	-6,89	-8,44	-10,19	-12,13
Mandioca Pat.	0,04	0,07	0,10	0,12	0,13	0,14	0,19	0,24	0,28	0,32	0,35	0,38
Fumo em Folha Fam.	0,20	0,37	0,52	0,67	0,82	0,97	1,14	1,32	1,51	1,71	1,93	2,16
Fumo em Folha Pat.	0,03	0,06	0,09	0,12	0,16	0,20	0,23	0,26	0,30	0,35	0,40	0,45
Tomate Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03

Tomate Pat.	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,09	-0,11	-0,13	-0,16	-0,19	-0,23
Batata Inglesa Fam.	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Batata Inglesa Pat.	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,10	-0,16	-0,22	-0,28	-0,34	-0,41
Cebola Fam.	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
Cebola Pat.	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,09	-0,11	-0,14
Amendoim Fam.	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08
Amendoim Pat.	0,08	0,14	0,20	0,25	0,28	0,31	0,35	0,40	0,46	0,53	0,61	0,70
Abacaxi Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,05	-0,06	-0,08
Abacaxi Pat.	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,08	-0,10	-0,12
Banana Fam.	-0,25	-0,55	-0,93	-1,39	-1,94	-2,62	-3,43	-4,40	-5,54	-6,89	-8,47	-10,29
Banana Pat.	-0,16	-0,33	-0,51	-0,68	-0,86	-1,05	-1,24	-1,47	-1,76	-2,11	-2,54	-3,04
Feijão em Grão Fam.	-0,20	-0,45	-0,74	-1,09	-1,48	-1,94	-2,22	-2,56	-2,94	-3,38	-3,90	-4,48
Feijão em Grão Pat.	-0,32	-0,65	-0,97	-1,29	-1,60	-1,94	-2,20	-2,52	-2,89	-3,35	-3,88	-4,48
Castanha de Caju Fam.	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,45	0,89	1,36	1,84	2,35	2,87
Castanha de Caju Pat.	0,22	0,44	0,67	0,89	1,12	1,36	1,71	2,07	2,44	2,82	3,22	3,64
Uva Fam.	-0,07	-0,15	-0,24	-0,34	-0,46	-0,60	-0,81	-1,07	-1,36	-1,71	-2,11	-2,57
Uva Pat.	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,23	0,28	0,33	0,38	0,44	0,51
Out. da Lavoura Temp. Pat.	0,12	0,25	0,37	0,48	0,60	0,70	1,50	2,35	3,25	4,19	5,19	6,24
Out. da Lavoura Temp. Fam.	0,01	0,00	-0,04	-0,11	-0,20	-0,32	0,34	0,99	1,61	2,21	2,78	3,36
Laranja Fam.	-0,08	-0,17	-0,27	-0,38	-0,51	-0,67	-0,90	-1,17	-1,48	-1,86	-2,30	-2,83
Laranja Pat.	-0,74	-1,56	-2,43	-3,32	-4,26	-5,26	-6,43	-7,76	-9,29	-11,04	-13,03	-15,27
Café em Grão Fam.	-0,44	-0,92	-1,47	-2,09	-2,78	-3,55	-4,50	-5,55	-6,68	-7,92	-9,26	-10,71
Café em Grão Pat.	-0,23	-0,49	-0,76	-1,06	-1,39	-1,75	-1,98	-2,23	-2,52	-2,84	-3,20	-3,59
Out. da Lavoura Perm. Pat.	0,07	0,07	-0,01	-0,17	-0,43	-0,79	-0,89	-1,05	-1,29	-1,62	-2,03	-2,52
Out. da Lavoura Perm. Fam.	0,04	0,06	0,04	0,01	-0,05	-0,14	0,48	1,07	1,63	2,14	2,64	3,12
Bovino e Outros Animais Pat.	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11	-0,13	-0,15	-0,17
Bovino e Outros Animais Fam.	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11	-0,13	-0,15	-0,17	-0,19
Silvicultura Pat.	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Silvicultura Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00
Extração Vegetal Pat.	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03
Extração Vegetal Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Indústria Extrativa	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09
Indústrias Diversas	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14	0,17	0,20	0,23	0,26
Eletrônicos	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Alimentos e Bebidas	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
Diesel Combustível	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
Prod. Químicos Inorgânicos	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09
Aduto e Fertilizantes	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,07	-0,11	-0,09	-0,09	-0,08	-0,08	-0,09	-0,08
Defensivos Agrícolas	0,01	0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	0,00	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12
Eletricidade e Gás	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Instituições Finan. e Seg.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00
Comércio	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05	-0,06	-0,06
Transporte de Carga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04
Serviços	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Setor Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Construção Civil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Tabela D8: Produção Setorial Nacional (Var. %) (Cenário 8.5)

Sector / Ano	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070	2075	2080
Arroz Fam.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04
Arroz Pat.	-0,16	-0,33	-0,50	-0,69	-0,89	-1,10	-1,60	-2,14	-2,73	-3,37	-4,08	-4,85
Trigo e Cereais Fam.	0,05	0,11	0,17	0,24	0,31	0,39	0,87	1,36	1,85	2,35	2,85	3,37
Trigo e Cereais Pat.	0,97	1,96	2,95	3,92	4,90	5,87	7,31	8,78	10,30	11,90	13,60	15,42
Milho em Grão Fam.	0,02	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,36	0,57	0,78	1,00	1,21	1,42
Milho em Grão Pat.	-1,21	-2,52	-3,94	-5,47	-7,13	-8,91	-11,25	-13,78	-16,51	-19,44	-22,57	-25,86
Algodão em Fibra Fam.	0,01	0,03	0,05	0,07	0,10	0,14	0,18	0,23	0,28	0,34	0,39	0,45
Algodão em Fibra Pat.	-1,12	-2,37	-3,74	-5,25	-6,92	-8,74	-11,14	-13,78	-16,68	-19,82	-23,21	-26,83
Cana de Açúcar Fam.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,19
Cana de Açúcar Pat.	1,02	2,04	3,04	4,00	4,93	5,85	6,31	6,82	7,41	8,12	8,95	9,93
Soja em Grão Fam.	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,06	0,12	0,19	0,26	0,33	0,41
Soja em Grão Pat.	0,10	0,21	0,32	0,45	0,58	0,72	1,07	1,45	1,85	2,28	2,75	3,24
Mandioca Fam.	-0,45	-1,01	-1,67	-2,43	-3,31	-4,30	-5,80	-7,52	-9,48	-11,67	-14,12	-16,82
Mandioca Pat.	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,06	-0,09	-0,15	-0,22	-0,30	-0,40	-0,52	-0,65
Fumo em Folha Fam.	0,19	0,36	0,51	0,66	0,80	0,96	1,08	1,22	1,38	1,54	1,72	1,91
Fumo em Folha Pat.	0,03	0,06	0,10	0,13	0,17	0,21	0,24	0,27	0,30	0,34	0,38	0,42
Tomate Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Tomate Pat.	-0,01	-0,03	-0,04	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,09	-0,10	-0,11	-0,13	-0,15
Batata Inglesa Fam.	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Batata Inglesa Pat.	-0,01	-0,03	-0,05	-0,06	-0,08	-0,09	-0,15	-0,22	-0,29	-0,36	-0,44	-0,52
Cebola Fam.	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,05	-0,06	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10	-0,12
Cebola Pat.	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,05
Amendoim Fam.	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12
Amendoim Pat.	0,08	0,15	0,21	0,26	0,29	0,32	0,33	0,35	0,39	0,44	0,51	0,59
Abacaxi Fam.	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,05	-0,08	-0,11	-0,15	-0,19	-0,24
Abacaxi Pat.	-0,01	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,04	-0,06	-0,08	-0,10	-0,12	-0,15	-0,19
Banana Fam.	-0,43	-0,97	-1,62	-2,40	-3,35	-4,49	-6,03	-7,86	-9,99	-12,44	-15,24	-18,41
Banana Pat.	-0,39	-0,80	-1,20	-1,59	-1,98	-2,39	-2,98	-3,66	-4,46	-5,39	-6,47	-7,71
Feijão em Grão Fam.	-0,35	-0,79	-1,31	-1,92	-2,63	-3,46	-3,94	-4,50	-5,18	-5,98	-6,91	-7,97
Feijão em Grão Pat.	-0,49	-1,01	-1,51	-2,00	-2,50	-3,02	-3,49	-4,05	-4,71	-5,49	-6,39	-7,42
Castanha de Caju Fam.	-0,20	-0,44	-0,72	-1,05	-1,44	-1,88	-2,16	-2,46	-2,80	-3,19	-3,64	-4,15
Castanha de Caju Pat.	-0,08	-0,16	-0,26	-0,36	-0,48	-0,61	-0,67	-0,74	-0,82	-0,91	-1,01	-1,13
Uva Fam.	-0,07	-0,15	-0,24	-0,35	-0,48	-0,63	-0,83	-1,07	-1,35	-1,68	-2,06	-2,51
Uva Pat.	0,07	0,14	0,20	0,26	0,32	0,37	0,41	0,45	0,50	0,56	0,62	0,70
Out. da Lavoura Temp. Pat.	0,30	0,59	0,88	1,17	1,44	1,71	2,45	3,22	4,04	4,89	5,77	6,72
Out. da Lavoura Temp. Fam.	0,11	0,19	0,26	0,30	0,31	0,30	1,24	2,18	3,10	4,01	4,91	5,84
Laranja Fam.	-0,11	-0,22	-0,36	-0,52	-0,69	-0,90	-1,20	-1,55	-1,98	-2,49	-3,12	-3,88
Laranja Pat.	-0,86	-1,81	-2,83	-3,88	-4,99	-6,18	-7,88	-9,80	-11,99	-14,47	-17,25	-20,34
Café em Grão Fam.	-0,54	-1,14	-1,81	-2,54	-3,35	-4,25	-4,84	-5,52	-6,29	-7,15	-8,12	-9,20
Café em Grão Pat.	-0,25	-0,53	-0,84	-1,18	-1,56	-1,97	-1,81	-1,65	-1,50	-1,35	-1,21	-1,07
Out. da Lavoura Perm. Pat.	0,15	0,22	0,18	0,04	-0,21	-0,59	-0,64	-0,77	-1,00	-1,34	-1,79	-2,34
Out. da Lavoura Perm. Fam.	0,38	0,75	1,07	1,34	1,57	1,79	3,44	5,08	6,66	8,19	9,71	11,27
Bovino e Outros Animais Pat.	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,11	-0,13	-0,15	-0,18
Bovino e Outros Animais Fam.	-0,01	-0,03	-0,05	-0,06	-0,08	-0,09	-0,11	-0,12	-0,14	-0,16	-0,18	-0,21
Silvicultura Pat.	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00
Silvicultura Fam.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Extração Vegetal Pat.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Extração Vegetal Fam.	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
Pesca e Aquicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Indústria Extrativa	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,13
Indústrias Diversas	0,02	0,04	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,23	0,26
Eletrônicos	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Alimentos e Bebidas	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,06	0,04	0,02	0,00	-0,04	-0,08
Diesel Combustível	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Prod. Químicos Inorgânicos	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08
Adubo e Fertilizantes	0,01	0,01	0,00	-0,03	-0,06	-0,11	-0,16	-0,21	-0,28	-0,34	-0,40	-0,45
Defensivos Agrícolas	0,02	0,02	0,02	0,01	-0,01	-0,04	-0,05	-0,08	-0,10	-0,12	-0,14	-0,14
Eletricidade e Gás	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Instituições Finan. e Seg.	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Comércio	0,00	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,12
Transporte de Carga	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Serviços	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Setor Público	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Construção Civil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,02

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

Tabela D9: Contribuição setorial para o índice geral de preços ao consumidor (2080)

Setores	RCP 4.5	RCP 8.5	Setores	RCP 4.5	RCP 8.5
Arroz Familiar	0,000	0,000	Uva Familiar	-0,010	-0,010
Arroz Patronal	-0,001	-0,002	Uva Patronal	0,000	0,001
Trigo e Cereais Familiar	0,000	0,000	Outros da Lav. Temporária Fam.	0,140	0,168
Trigo e Cereais Patronal	0,004	0,006	Outros da Lav. Temporária Pat.	0,035	0,054
Milho em Grãos Familiar	0,005	0,009	Laranja Familiar	-0,003	-0,005
Milho em Grãos Patronal	-0,091	-0,122	Laranja Patronal	-0,065	-0,094
Algodão em Fibra Patronal	0,000	0,000	Café em Grão Familiar	-0,001	-0,001
Algodão em Fibra Familiar	0,000	0,000	Café em Grão Patronal	-0,001	0,000
Cana de Açúcar Familiar	0,000	0,000	Outros da Lav. Permanente Fam.	0,004	0,007
Cana de Açúcar Patronal	0,021	0,021	Outros da Lav. Permanente Pat.	0,010	0,026
Soja em Grão Familiar	0,000	0,000	Bovino e Outros Animais Pat.	-0,003	-0,004
Soja em Grão Patronal	0,000	0,000	Bovino e Outros Animais Fam.	-0,004	-0,006
Mandioca Familiar	-0,143	-0,217	Silvicultura Pat.	0,000	0,000
Mandioca Patronal	0,002	0,000	Silvicultura Fam.	0,000	0,001
Fumo em Folha Familiar	0,019	0,019	Extração Vegetal Pat.	0,001	0,001
Fumo em Folha Patronal	0,000	0,000	Extração Vegetal Fam.	0,000	0,000
Tomate Familiar	0,001	0,001	Pesca e Aquicultura	0,002	0,003
Tomate Patronal	-0,001	0,000	Indústria Extrativa	0,000	0,000
Batata Inglesa Familiar	0,000	0,001	Indústrias Diversas	0,390	0,428
Batata Inglesa Patronal	-0,002	-0,003	Eletrônicos	0,026	0,038
Cebola Familiar	0,001	0,000	Alimentos e Bebidas	0,119	0,015
Cebola Patronal	0,000	0,000	Diesel Combustível	0,003	0,004
Amendoim Familiar	0,001	0,002	Prod. Químicos Inorgânicos	0,000	0,000
Amendoim Patronal	0,006	0,005	Adubo e Fertilizantes	0,000	0,000
Abacaxi Familiar	0,000	-0,001	Defensivos Agrícolas	0,000	0,000

Abacaxi Patronal	0,000	0,000	Eletricidade e Gás	0,037	0,052
Banana Familiar	-0,028	-0,069	Instituições Finan. e Seg.	0,085	0,121
Banana Patronal	-0,005	-0,016	Comércio	0,012	0,021
Feijão em Grão Familiar	-0,037	-0,067	Transporte de Carga	0,001	0,002
Feijão em Grão Patronal	-0,015	-0,026	Serviços	0,458	0,637
Castanha de Caju Familiar	0,010	-0,014	Setor Público	0,000	0,000
Castanha de Caju Patronal	0,003	-0,001	Construção Civil	0,012	0,016

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

APÊNDICE E - Análise de Sensibilidade Sistemática

Os modelos de EGC procuram representar o comportamento e a interação dos principais agentes representativos da economia, baseados em conhecimentos teóricos e empíricos. No processo de calibragem do modelo, uma complexa estrutura de dados é utilizada para aproximar o comportamento modelado à realidade econômica. Nesse sentido, são utilizados parâmetros comportamentais extraídos de estimativas econométricas e da literatura especializada. Contudo, alguns dos parâmetros necessários para a calibragem dos modelos de EGC são determinados de forma ad hoc, em decorrência da falta de dados específicos disponíveis. Nesses casos, os valores utilizados seguem suposições realistas e amparadas na literatura, e não obstante, os modelos passam pelo crivo de uma análise de sensibilidade sistemática dos parâmetros utilizados no modelo.

A análise de sensibilidade sistemática realizada nas simulações com o modelo AGRO-BR segue o método de Devuyst e Preckel (1997). Esta abordagem, baseada na quadratura gaussiana, apresenta as estimativas de média e desvio padrão, com limite de 4,47 a partir da média, para um intervalo de confiança de 95%, sobre os resultados do modelo, permitindo avaliar a sensibilidade dos resultados frente a alterações nos parâmetros relevantes utilizados no processo de calibragem.

A realização da análise de sensibilidade sistemática é feita pelo software GEMPACK. Como o modelo AGRO-BR possui calibração específica para setores agrícolas, e sobretudo, distinção entre os agricultores familiares e patronais, o teste de sensibilidade foi realizado através da variação em 50% dos parâmetros SIGMA1PRIM e SIGMADOMDOM. O SIGMA1PRIM representa a elasticidade de substituição entre os fatores primários de produção (capital, trabalho e terra). O parâmetro SIGMADOMDOM representa a elasticidade de substituição entre as regiões. Tais parâmetros foram escolhidos em virtude das simulações de política RCP 4.5 e RCP 8.5 lidarem com choques de produtividade da terra, desencadeando alterações nos preços relativos dos bens agrícolas.

A análise de sensibilidade realizada com alterações de 50% no parâmetro SIGMADOMDOM, e verificados pela variável PIB, indicou que a sensibilidade dos resultados ao parâmetro, é baixa e aumenta ao longo do período analisado. Apenas três resultados em 2080, último período analisado, apresentaram troca de sinal. A Tabela 26 apresenta os

resultados do teste de sensibilidade, considerando o cenário RCP 4.5, com valores sensíveis marcados em cinza.

Tabela E1: Análise de Sensibilidade Sistemática sobre SIGMADOMDOM (RCP 4.5)

Período	2030		2050		2080	
	limite inferior	limite superior	limite inferior	limite superior	limite inferior	limite superior
UF / Variável	PIB		PIB		PIB	
RO	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001
AC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
RR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
PA	-0,001	-0,001	-0,009	-0,001	-0,021	-0,003
AP	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001
TO	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,008
MA	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002
PI	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003
CE	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,008
RN	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PB	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001
PE	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AL	0,000	0,000	0,001	0,001	-0,002	0,006
SE	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002
BA	-0,001	-0,001	-0,005	-0,005	-0,017	-0,009
MG	-0,003	-0,003	-0,015	-0,007	-0,039	-0,021
ES	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003	-0,013	-0,005
RJ	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,009
SP	0,003	0,003	0,006	0,006	0,008	0,016
PR	0,001	0,001	0,005	0,005	0,000	0,018
SC	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,004	-0,004
RS	0,002	0,002	0,010	0,010	0,026	0,044
MS	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003
MT	-0,001	-0,001	-0,007	0,001	-0,026	-0,008
GO	0,000	0,000	-0,002	-0,002	-0,005	-0,005
DF	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

A análise sobre os resultados, em termos de PIB, do parâmetro SIGMA1PRIM, indicam que no último período 2080 os resultados são sensíveis à elasticidade de substituição entre fatores primários de produção. A sensibilidade aumenta ao longo dos períodos analisados. A Tabela 27 apresenta os resultados do teste de sensibilidade para o cenário RCP 4.5. Os resultados sensíveis ao parâmetro, estão marcados em cinza.

Tabela E2: Análise de Sensibilidade Sistemática sobre SIGMA1PRIM (RCP 4.5)

Período	2025		2050		2080	
	inferior	superior	inferior	superior	inferior	superior
UF / Variável	PIB		PIB		PIB	
RO	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001
AC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AM	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,005	0,003
RR	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
PA	-0,001	-0,001	-0,009	-0,001	-0,036	0,008
AP	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001
TO	0,000	0,000	0,001	0,001	-0,005	0,013
MA	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,006	0,002
PI	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,008	0,000
CE	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,009
RN	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PB	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,002
PE	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,004	0,004
AL	0,000	0,000	0,001	0,001	-0,001	0,007
SE	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003
BA	-0,001	-0,001	-0,015	0,003	-0,053	0,019
MG	-0,003	-0,003	-0,016	-0,008	-0,060	-0,006
ES	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003	-0,019	-0,001
RJ	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,010
SP	0,003	0,003	-0,003	0,015	-0,051	0,075
PR	0,001	0,001	-0,004	0,014	-0,031	0,049
SC	0,000	0,000	-0,004	0,004	-0,017	0,009
RS	0,003	0,003	0,007	0,015	0,011	0,065
MS	0,000	0,000	-0,005	0,003	-0,035	0,027
MT	-0,001	-0,001	-0,013	0,005	-0,065	0,025
GO	0,000	0,000	-0,007	0,001	-0,042	0,030
DF	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo