

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

GÉSSICA CARDOSO PEREIRA DE SOUZA

**CRESCIMENTO ECONÔMICO, DESMATAMENTO E EMISSÕES DE GASES DE
EFEITO ESTUFA: ANÁLISES PROSPECTIVAS PARA OS BIOMAS BRASILEIROS
NUMA PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE**

Belo Horizonte, MG
UFMG / CEDEPLAR
2022

GÉSSICA CARDOSO PEREIRA DE SOUZA

**CRESCIMENTO ECONÔMICO, DESMATAMENTO E EMISSÕES DE GASES DE
EFEITO ESTUFA: ANÁLISES PROSPECTIVAS PARA OS BIOMAS BRASILEIROS
NUMA PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE**

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
2022

Ficha Catalográfica

S729c
2022

Souza, Gécica Cardoso Pereira de.
Crescimento econômico, desmatamento e emissões de gases de efeito estufa [manuscrito] : análises prospectivas para os biomas brasileiros numa perspectiva de sustentabilidade/ Gécica Cardoso Pereira de Souza. – 2022.
200 f., il., gráfs 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. 179-187) e anexos.

1. Desenvolvimento econômico – Brasil – Teses. 2. Desenvolvimento sustentável – Teses. 3. Floresta sustentável – 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: 338.981

Elaborado por Leonardo Vasconcelos Renault CRB-6/2211
Biblioteca da FACE/UFMG. – LVR/031/2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

GÉSSICA CARDOSO PEREIRA DE SOUZA

CRESCIMENTO ECONÔMICO, DESMATAMENTO E EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA: ANÁLISES PROSPECTIVAS PARA OS BIOMAS BRASILEIROS NUMA PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE

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 Belo Horizonte, 21 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA - participações por videoconferência:

Prof. Édson Paulo Domingues (Orientador) (Cedeplar/FACE/UFMG)

Profa. Aline Souza Magalhães (Coorientadora) (Cedeplar/FACE/UFMG)

Profa. Débora Freire Cardoso (Cedeplar/FACE/UFMG)

Prof. Leonardo Costa Ribeiro (Cedeplar/FACE/UFMG)

Prof. Angelo Costa Gurgel (EESP/FGV)

Prof. Weslem Rodrigues Faria (UFJF)

ÉDSON PAULO DOMINGUES
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo Costa Ribeiro, Professor do Magistério Superior**, em 22/02/2022, às 10:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edson Paulo Domingues, Professor do Magistério Superior**, em 22/02/2022, às 10:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no



art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Debora Freire Cardoso, Professora do Magistério Superior**, em 22/02/2022, às 10:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Aline Souza Magalhaes, Professora do Magistério Superior**, em 22/02/2022, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ângelo Costa Gurgel, Usuário Externo**, em 22/02/2022, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Weslem Rodrigues Faria, Usuário Externo**, em 22/02/2022, às 15:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1268908** e o código CRC **823D61DF**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela força, resiliência e perseverança para finalizar mais e etapa da vida. Foram cinco anos de muito aprendizado, tanto acadêmico quanto pessoal. Cinco anos de crescimento, amadurecimento e descobertas que serão levados eternamente com respeito e carinho.

São inúmeras as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para o sucesso dessa etapa, algumas encontram-se presentes nesse plano espiritual, outras não. Independente da presença física, minha gratidão será eterna.

Agradeço aos meus pais, Luís e Nilza por todo apoio e incentivo, por sempre se esforçarem e priorizarem a educação dos seus filhos. Agradeço aos meus irmãos de sangue e aos irmãos que a vida me proporcionou, essa etapa não teria se findado sem as longas e pacientes conversas e desabafos.

Agradeço a família. Mesmo que distante, cada um contribuiu de alguma forma, seja com conselhos, conversas, exemplos e inspirações.

Agradeço ao CEDEPLAR e a todo o corpo docente ao qual tive a honra de desfrutar dos seus ensinamentos acadêmicos e de vida. Em especial aos orientadores Edson Domingues e Aline Magalhães, que com muita paciência e maestria, conduziram o meu ensinamento para além dessa tese.

Agradeço aos amigos e colegas pelos momentos de descontração, alegria, conversar filosóficas e não filosóficas. Momentos esses que tornaram essa fase mais leve e equilibrada.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente para a conclusão e sucesso de uma das etapas mais importantes da minha vida. Obrigada!

RESUMO

O Brasil é um grande produtor e exportador agrícola, tendo o agronegócio como o responsável por 26,6% do PIB do país. O crescimento da agropecuária é fruto do aumento da produtividade agrícola e da expansão sobre a vegetação nativa. Estima-se que em 33 anos, o país perdeu 102 milhões de hectares de vegetação natural, principalmente nos biomas Amazônia e Cerrado. Esse valor equivale a 3,1 Mha ou 166 mil estádios do Maracanã por ano. O desmatamento provoca mudanças diretas e indiretas no uso do solo e o aumento das emissões brutas de gases do efeito estufa (GEE). O Brasil possui metas ambiciosas de mitigação dos GEE e de redução ao desmatamento, enfrentando um possível *trade off* entre conservação ambiental e crescimento econômico. Nesse sentido, o principal objetivo dessa tese é simular um cenário de crescimento econômico com preservação florestal, chamado de “Crescimento Verde”. Nesse cenário o desmatamento para fins produtivos é zerado e os investimentos setoriais intensificados. O objetivo secundário é investigar os impactos da política de desmatamento zero ocorrendo conjuntamente com a recuperação de áreas degradadas, uma das metas brasileiras de mitigação. Um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) foi construído para a análise em questão. O BLUME incorpora um módulo de uso da terra capaz de capturar os processos de mudanças diretas e indiretas do uso do solo integrado a um módulo de emissões capaz de projetar as emissões não somente das mudanças do uso do solo, mas também dos demais setores emissores. O modelo é regionalizado de acordo com os estados e biomas brasileiros, permitindo captar a heterogeneidade regional a nível ambiental e de uso do solo. Os resultados indicam que as políticas simuladas nessa tese seriam capazes de evitar parte do desmatamento e das emissões nacionais mantendo o crescimento econômico do país a um custo relativamente pequeno frente ao PIB nacional. Por tanto, existe sim um *trade off* entre crescimento econômico e desmatamento, porém esse *trade off* é pequeno e seria facilmente revertido com investimentos direcionados. Além disso, políticas de restrição ao desmatamento nos dois maiores biomas brasileiros (Amazônia e Cerrado) são mais eficientes do ponto de vista ambiental. Os setores da pecuária precisariam de investimentos e estímulos econômicos diferenciados para conseguir conciliar crescimento econômico e preservação florestal. E por fim, as metas de emissões definidas durante a COP21 para 2025 poderiam ser alcançadas com desmatamento zero na Amazônia e Cerrado e com o reflorestamento de 12 Mha a um custo relativamente baixo, frente ao PIB das regiões (0,02% do PIB projetado para ambos os biomas).

Palavras-chaves: Desmatamento. Mudanças climáticas. Equilíbrio Geral Computável

ABSTRACT

Brazil is a major agricultural producer and exporter, with agribusiness accounting for 26.6% of the country's GDP. The growth of agriculture and livestock is the result of increased agricultural productivity and expansion over native vegetation. It is estimated that in 33 years, the country lost 102 million hectares of natural vegetation, mainly in the Amazon and Cerrado biomes. This value is equivalent to 3.1 Mha or 166 thousand Maracanã stadiums per year. Deforestation causes direct and indirect changes in land use and an increase in gross greenhouse gas (GHG) emissions. The impacts of the increase in GHGs and climate change are diverse and are not limited to the environmental sphere alone. Brazil has ambitious GHG mitigation and deforestation reduction targets, facing a possible trade off between environmental conservation and economic growth. In this sense, the main objective of this thesis is to simulate a scenario of economic growth with forest preservation, called "Green Growth". In this scenario, deforestation for productive purposes is zeroed and sectoral investments are intensified. The secondary objective is to investigate the impacts of the zero deforestation policy occurring together with the recovery of degraded areas, one of the Brazilian mitigation goals. A Computable General Equilibrium (CGE) model was built for the analysis in question. BLUME incorporates a land use module capable of capturing the processes of direct and indirect land use changes integrated into an emissions module capable of projecting emissions not only from land use changes, but also from other emitting sectors. The model is regionalized according to Brazilian states and biomes, allowing the capture of regional heterogeneity at the environmental and land use levels. The results indicate that the policies simulated in this thesis would be able to avoid part of deforestation and national emissions, maintaining the country's economic growth at a relatively small cost compared to the national GDP. Therefore, there is indeed a trade off between economic growth and deforestation, but this trade off is small and would be easily reversed with targeted investments. In addition, policies to restrict deforestation in the two largest Brazilian biomes (Amazon and Cerrado) are more efficient from an environmental point of view. The livestock sectors would need differentiated investments and economic stimuli to be able to reconcile economic growth and forest preservation. Finally, the emission targets defined during COP21 for 2025 could be achieved with zero deforestation in the Amazon and Cerrado and with the reforestation of 12 Mha at a relatively low cost, compared to the GDP of the regions.

Keywords: Deforestation. Climate changes. Computable General Equilibrium

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Emissões de GEE do Brasil, segundo os setores emissores, de 1990 a 2020 (milhões de tCO ₂ e).....	28
Figura 2: Emissões de GEE por Estado Brasileiro em 2019 (milhões de tCO ₂ e).....	29
Figura 3: Regiões do modelo BLUME.....	41
Figura 4: Base de Dados do BLUME.....	44
Figura 5: Construção da base de dados	46
Figura 6: Alocação do fator terra no modelo BLUME.....	56
Figura 7: Mecanismo de Composição por Origem da Demanda	69
Figura 8: Estrutura da tecnologia de produção	71
Figura 9: Estrutura da Demanda Regional das Famílias	73
Figura 10: Projeção regional das Emissões da Mudança do Uso da Terra no Cenário de Referência - acumulado de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ Eq)	115
Figura 11: Variação das emissões regionais do setor LULUCF no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência) (Gg de CO ₂ eq)	138
Figura 12: Trajetória do PIB no Cenário de Referência e Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cerrado – Amazônia e Cerrado - anual de 2021 a 2040 (variação %).....	143
Figura 13: Custo econômico da Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cerrado em termos de despesa do PIB da região – Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (R\$ milhões de reais).....	143
Figura 14: Desmatamento regional no (A) Cenário de Referência, (B) Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e (C) Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (Mha)	156
Figura 15: Variação das emissões regionais do setor LULUCF no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência) (Gg de CO ₂ eq)	159
Figura 16: Custo econômico do Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento em termos de despesa do PIB da região – Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (R\$ milhões de reais).....	165

Figura 17: Variação das emissões regionais do setor LULUCF no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência) (Gg de CO2eq)	174
---	-----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Setores da Base de Dados do Modelo BLUME	42
Quadro 2: Principais Conjuntos do Modelo BLUME	43
Quadro 3: <i>Shares</i> Regionais para o Procedimento de Regionalização.....	47
Quadro 4: Dados Adicionais para o Procedimento de Regionalização	49
Quadro 5: Associação dos setores do modelo BLUME e os diferentes usos do solo	56
Quadro 6: Simplificação das Simulações com o modelo BLUME	94
Quadro 7: Variáveis exógenas do fechamento histórico e de política.....	189
Quadro 8: Compatibilização das classes de solo do MapBiomias com o IV Inventário Nacional e o modelo BLUME	190

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Incremento do desmatamento na Amazônia Legal, bioma Amazônia e Cerrado 1988 a 2020 (Milhões de Hectares).....	25
Gráfico 2: Participação dos biomas na produção setorial de 2015 (%).....	85
Gráfico 3: Trajetória das variáveis macroeconômicas nacionais entre 2016 a 2040 no Cenário de Referência	102
Gráfico 4: Trajetória das exportações e importações agregadas entre 2016 a 2040 no Cenário de Referência	103
Gráfico 5: Projeção do Uso da Terra no Cenário de Referência para o Brasil (Milhões de Hectares).....	107
Gráfico 6: Variação das áreas de Lavoura, Pastagem, Floresta Plantada e Floresta Natural no Cenário de Referência e regiões do modelo BLUME - acumulado 2021 a 2040 - (Milhões de Hectares).....	109
Gráfico 7: Variação das áreas de Lavoura, Pastagem, Floresta Plantada e Floresta Natural no Cenário de Referência e biomas brasileiros - acumulado 2021 a 2040 - (Milhões de Hectares)	112
Gráfico 8: Projeção das Emissões de acordo com a categoria de uso da terra no Cenário de Referência para o Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ eq)	112
Gráfico 9: Projeção das Emissões da Mudança do Uso da Terra por biomas e Brasil no Cenário de Referência - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ Eq)	113
Gráfico 10: Projeção das Emissões nacionais de acordo com as diferentes fontes emissoras no Cenário de Referência - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ eq)	114
Gráfico 11: Incremento do desmatamento na Amazônia Legal e no bioma Amazônia - 1988 a 2020 (Milhões de hectares).....	116
Gráfico 12: Trajetória do PIB no Cenário de Referência e Política de Desmatamento Zero na Amazônia – Amazônia - anual de 2021 a 2040 (variação %)	120
Gráfico 13: Custo econômico da Política de Desmatamento Zero em termos de despesa do PIB da região – Amazônia - acumulado de 2021 a 2040 (R\$ milhões de reais)	120
Gráfico 14: Variação do PIB nas simulações de Desmatamento Zero e “Crescimento Verde” na Amazônia – biomas brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	122

Gráfico 15: Variação do PIB na Política de Desmatamento Zero e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – estados brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência).....	125
Gráfico 16: Resultados da variação do nível de atividade setorial - Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – Amazônia - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	131
Gráfico 17: Variação do uso da terra no Cenário de Referência e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia - Brasil - acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares).....	132
Gráfico 18: Variação do uso da terra de acordo com categoria de uso e região no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)....	134
Gráfico 19: Variação do uso da terra por biomas no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)	135
Gráfico 20: Variação das emissões das mudanças do uso da terra por categoria de uso no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia - Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ eq)	136
Gráfico 21: Variação das emissões por setor emissor no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia - Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ eq).....	137
Gráfico 22: Incremento do desmatamento na Amazônia Legal, bioma Amazônia e Cerrado - 1988 a 2020 (Milhões de Hectares).....	139
Gráfico 23: Variação do PIB na simulação de Política de Desmatamento Zero e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – biomas brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência).....	145
Gráfico 24: Variação do PIB na Política de Desmatamento Zero e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado– estados brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	148
Gráfico 25: Variação do uso da terra no Cenário de Referência, Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado - Brasil - acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)	153
Gráfico 26: Variação do uso da terra de acordo com categoria de uso e região no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares).....	154
Gráfico 27: Variação do uso da terra por biomas no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)	155

Gráfico 28: Variação das emissões das mudanças do uso da terra por categoria de uso no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado- Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ eq).....	157
Gráfico 29: Variação das emissões por setor emissor no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado - Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ eq).....	158
Gráfico 30: Variação do PIB no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento – estados brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	164
Gráfico 31: Variação do uso da terra de acordo a com categoria de uso em todos os cenários analisados nessa pesquisa - Brasil - acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)	168
Gráfico 32: Variação do uso da terra de acordo a com categoria de uso e região no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento – acumulado de 2021 a 2040 (Milhão de hectares)	170
Gráfico 33: Variação do uso da terra por biomas no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)	171
Gráfico 34: Variação das emissões das mudanças do uso da terra por categoria de uso no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento - Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ eq)	172
Gráfico 35: Variação das emissões por setor emissor no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento - Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO ₂ eq).....	173
Gráfico 36: Taxa de crescimento da produtividade da terra no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia - Amazônia – anual de 2021 a 2040 (variação %)	198
Gráfico 37: Taxa de crescimento da produtividade da terra no Cenário de “Crescimento Verde” Na Amazônia e Cerrado - Amazônia e Cerrado – anual de 2021 a 2040 (variação %)	199

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa da área de mudanças na cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 e 2017 (Milhões de Hectares).....	23
Tabela 2: Matriz de Transição do Uso da Terra entre 2010 x 2016 do Brasil (Milhões de Hectares).....	59
Tabela 3: Matriz de Transição do Uso da Terra entre 2010 x 2016 dos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Milhões de Hectares).....	60
Tabela 4: Matriz de Emissão Líquidas da Transição do Uso da Terra entre 2010 x 2016 do Brasil (Gg de CO ₂ eq).....	63
Tabela 5: Matriz de Emissão Líquida da Transição do Uso da Terra entre 2010 x 2016 nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Gg de CO ₂ eq).....	64
Tabela 6: Emissões de acordo com as fontes emissoras do modelo BLUME (2015) (Gg CO ₂ eq).....	65
Tabela 7: Emissões domésticas associadas ao uso de combustíveis, etanol e atividade produtiva e participação dos setores (%) (2015) (Gg CO ₂ eq).....	67
Tabela 8: Participação das regiões no PIB nacional e no PIB dos seus respectivos biomas (%) (2015).....	80
Tabela 9: Participação dos setores da Agricultura, Pecuária e Extração Vegetal no total produzido por cada região do modelo (%) (2015).....	82
Tabela 10: Participação dos biomas na produção dos setores do BLUME (%) (2015).....	84
Tabela 11: Participação dos fatores de produção sobre o PIB regional (%) (2015).....	86
Tabela 12: Matriz de Comércio Doméstico dos Setores Agropecuários (%).....	89
Tabela 13: Elasticidades do Modelo BLUME.....	91
Tabela 14: Variáveis do Cenário Macroeconômico para o período 2015 a 2020 (Variação % anual).....	98
Tabela 15: Taxa de desmatamento aplicada sobre as áreas de Floresta Natural do modelo BLUME - 2016 a 2020 (em var.% do total da área de floresta natural e demais usos de cada região).....	99
Tabela 16: Área de floresta natural na base de dados do modelo e no Cenário de Referência - 2015 a 2020 (Mha).....	100
Tabela 17: Resultado do crescimento setorial do Cenário de Referência – Acumulado de 2016 a 2040 (Variação %).....	105

Tabela 18: Resultados dos agregados regionais da Política de Desmatamento Zero na Amazônia –de 2021 a 2040 (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência).....	118
Tabela 19: Resultados dos agregados regionais do Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência).....	123
Tabela 20: Variação da atividade setorial por região na Política de Desmatamento Zero na Amazônia – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência).....	127
Tabela 21: Variação da atividade setorial por região no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	129
Tabela 22: Resultados dos agregados regionais da Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência).....	141
Tabela 23: Resultados dos agregados regionais do Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	146
Tabela 24: Variação da atividade setorial por região na Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	149
Tabela 25: Variação da atividade setorial por região no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	151
Tabela 26: Resultados dos agregados regionais da Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência).....	162
Tabela 27: Variação da atividade setorial por região no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento – Brasil - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	167
Tabela 28: Resumo dos principais resultados	176
Tabela 29: Projeção do Crescimento Populacional por região do modelo (variação %)	194
Tabela 30: Exportações setoriais observadas e projetadas (%)	195
Tabela 31: Participação da produção setorial em cada região (matriz MAKE) (%)	196
Tabela 32: Participação das regiões na produção setorial (matriz MAKE) (%)	197
Tabela 33: Resultados macroeconômicos da Política de Desmatamento Zero na Amazônia nos estados Brasileiros – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	200
Tabela 34: Resultados macroeconômicos do Cenário de Crescimento Verde na Amazônia - Estados Brasileiros – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)	201

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC – Agricultura de Baixo Carbon

AEZ – Agro Ecological Zones

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BLUME - Brazilian Biomes, Land Use and Emissions Economic Model

BRIDGE - Brazilian Recursive Dynamic General Equilibrium Model

COP - Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

CO₂ - Dióxido de carbono

CH₄ - Metano

CO - Monóxido de carbono

CoPS - Centre of Policy Studies

CET - Elasticidade constante de transformação

CES - Elasticidade constante de substituição

EGC - Equilíbrio Geral Computável

EPPA - Emissions Prediction and Policy Analysis

FAO - Food and Agriculture Organization

FNMC - Fundo Nacional sobre Mudança do Clima

FARM - Food and Agriculture Organization

FAO - Food and Agriculture Organization

GEE - Gases de Efeito Estufa

GTAP - Global Trade Analysis Project

Gg – Gigagramas

ILUC - Indirect Land Use Change

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais

LULC - Land Use and Land Cover Change

LUC - Direct Land Use Change

LULUCF - Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas

MMA - Ministério do Meio Ambiente

Mha – Milhões de Hectares

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MIP – Matriz de Insumo Produto

N₂O - Óxido nitroso

Nox - Óxidos de nitrogênio

NMVOCs - Compostos orgânicos voláteis não metânicos

NCM - Nomenclatura Comum do Mercosul

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PIB - Produto Interno Bruto

PNMC - Política Nacional sobre Mudança do Clima

PPCDAm - Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal

PPCerrado - Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado

PLANAVEG - Plano Nacional de Recuperação de Vegetação Nativa

PDE - Plano Decenal de Expansão de Energia

POF - Pesquisa de Orçamentos Familiares

RAIS - Relação Anual de Informações Sociais

REDD – Redução de Emissões proveniente de Desmatamento e Degradação ambiental

REGIA - Inter-Regional General Equilibrium Model for the Brazilian Amazon

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa

TERM - The Enormous Regional Model

ZEE - Zoneamento ecológico-econômico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	21
2 ECONOMIA, USO DA TERRA, DESMATAMENTO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL.....	21
2.1 Uso da terra e evolução recente do desmatamento no Brasil	21
2.2 Mudanças climáticas e emissões no Brasil.....	26
2.3 Metas brasileiras, políticas de preservação e mitigação e custos econômicos	32
3 METODOLOGIA.....	38
3.1 Modelos de Equilíbrio Geral Computável, uso da terra e emissões.....	38
3.2 Características gerais do Modelo BLUME.....	39
3.3 Estrutura Básica do Modelo BLUME.....	42
3.3.1 Base de Dados	42
3.3.2 Método de regionalização e dados secundários	46
3.3.3 Matriz de Fluxo de Comércio	50
3.4 Estrutura Teórica do Modelo BLUME.....	54
3.4.1 O Módulo de uso da terra.....	55
3.4.2 O Módulo de emissões	62
3.4.3 Mecanismo de composição por origem das demandas regionais.....	68
3.4.4 Estrutura de produção	70
3.4.5 Demanda das famílias	72
3.4.6 Demanda por exportações	74
3.4.7 Demanda do governo	75
3.4.8 Mercado de trabalho.....	75
3.4.9 Estoque de capital, investimento e dinâmica recursiva.....	76
3.4.10 Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra	78
3.4.11 Outras equações	78
3.5 Análise Descritiva da Base de Dados do BLUME.....	78
3.5.1 Atividade Produtiva das Regiões do Modelo.....	78
3.5.2 Composição dos Fatores Primários.....	85
3.5.3 Análise das Relações de Comércio	87
3.6 Parâmetros e elasticidades	90

4 SIMULAÇÕES E RESULTADOS.....	92
4.1 Simulações e Fechamento.....	92
4.1.1 Descrição das Simulações	92
4.1.2 Fechamento do Modelo.....	95
4.2 Cenário de Referência	96
4.2.1 Resultados Macroeconômicos.....	97
4.2.2 Resultados Setoriais e Regionais	103
4.2.3 Resultados da Mudança do Uso da terra e Emissões	106
4.3 Cenário de “Crescimento Verde” no Bioma Amazônia.....	115
4.3.1 Resultados Macroeconômicos.....	117
4.3.2 Resultados Setoriais	125
4.3.3 Resultados da Mudança do Uso da Terra e Emissões.....	131
4.4 Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado	138
4.4.1 Resultados Macroeconômicos.....	140
4.4.2 Resultados Setoriais	148
4.4.3 Resultados da Mudança do Uso da Terra e Emissões.....	152
4.5 Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento	159
4.4.1 Resultados Macroeconômicos.....	160
4.4.2 Resultados Setoriais	165
4.4.3 Resultados da Mudança do Uso da Terra e Emissões.....	168
5 CONCLUSÃO.....	175
REFERÊNCIAS.....	180
ANEXO I - Descrição das variáveis do modelo BLUME.....	189
ANEXO II - Compatibilização dos dados de uso da terra do MapBiomias e IV Inventário Nacional (MCTI, 2021).....	190
ANEXO III - Demais dados do Cenário de Referência.....	194
ANEXO IV - Demais resultados da análise descritiva da base de dados.....	196
ANEXO V - Resultados da Variação de Produtividade da Terra.....	198
ANEXO VI - Resultado dos gregados macroeconômicos estaduais.....	197

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor e exportador de produtos agrícolas. A agropecuária foi responsável por 26,6% do PIB do país em 2020, com a soja (grãos, farelo e óleo) sendo responsável por 40% das exportações nacionais e as carnes responsáveis por 14% (FAO *et al.*, 2021). Somente o cultivo de soja apresentou um crescimento da área plantada de 27 Mha entre os anos 1988 a 2020 e a pastagem um crescimento de 850% de áreas de 1994 a 2016. Essa expansão, está ocorrendo face ao aumento da produtividade agropecuária e redução da vegetação nativa. Segundo Gasques *et al.* (2019), a produtividade da terra no Brasil cresceu 3,4% de 1975 a 2018. De acordo com SOUZA *et al.* (2020), em 33 anos, o país perdeu 102,4 Mha de vegetação natural, principalmente para a pecuária e atividades agrícolas, o que equivale a uma média de 3,1 Mha por ano. A maior pressão sobre a cobertura original do solo tem ocorrido nos biomas Amazônia e Cerrado que juntos possuem 75,6% das áreas desmatadas de 1985 a 2017.

A expansão da agricultura e pecuária, que provocam mudanças diretas e indiretas no uso do solo, tem se constituído o principal fator do desmatamento no Brasil, afetando diretamente o ambiente e a cobertura vegetal. Há também motores indiretos, associados ao crescimento dos mercados, como o desenvolvimento da infraestrutura e das cidades (SOUZA *et al.*, 2020); o aumento da densidade demográfica (IGLIORI, 2008); a insegurança sobre os direitos de propriedade da terra (ARAÚJO *et al.*, 2009); políticas fiscais e creditícias de incentivo a expansão da fronteira agrícola (WALKER *et al.*, 2000), dentre outras.

O efeito cumulativo desse aumento do desmatamento, por sua vez, tem contribuído para as mudanças climáticas globais (WORLD BANK, 2021). Somente no Brasil as emissões brutas¹ de gases do efeito estufa (GEE) aumentaram 17% entre 1990 e 2019, e quase 10% entre 2018 e 2019, sendo o setor de mudanças do uso e cobertura da terra a atividade de maior emissão, com aumento de 23% entre 2018 e 2019 (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020). Os cenários projetados para o Brasil pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014a) sugerem que, sem políticas de mitigação, é esperado aumento dos eventos extremos de secas e estiagens prolongadas, principalmente nos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, sendo que tais mudanças acentuam-se a partir da metade e final do século XXI.

¹ Nas emissões brutas não são descontadas as remoções de CO₂ da atmosfera por alterações do uso da terra (por exemplo, o crescimento de florestas secundárias no lugar de pastagens) e por manutenção de florestas em áreas indígenas e unidades de conservação. Por tanto, as emissões brutas são sempre maiores que as líquidas.

Os problemas econômicos e sociais dessas alterações climáticas seriam significativos, com impactos sobre a agricultura (DOMINGUES *et al.* 2008, MORAES 2010, FARIA 2012), insegurança alimentar (TURNER *et al.*, 2007; LAPOLA *et al.*, 2010; BATEMAN *et al.*, 2013; GAZZONI, 2014), saúde (ROSENBERG *et al.* 2000, SCHULTZ *et al.* 2003), bem estar social (TANURE 2020), migração (BARBIERI *et al.* 2010, FERREIRA FILHO e HORRIDGE, 2010), dentre outros.

Dado os impactos adversos das mudanças climáticas, o Brasil se comprometeu em 2015, na COP 21, em reduzir a emissão de gases do efeito estufa em 37%, até 2025 e 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005. Para alcançar essa meta, a proposta é zerar o desmatamento ilegal até 2030 e promover a recuperação de 12 Mha de vegetação nativa nos biomas (INDC, 2015). No entanto, assim como os demais países em desenvolvimento, o Brasil enfrenta o desafio de reduzir as emissões de GEE, diminuir o desmatamento e promover o crescimento econômico do país. Nesse sentido, o principal objetivo dessa tese é simular um cenário de crescimento econômico e preservação florestal, chamado de “Crescimento Verde”. Nesse cenário zera-se o desmatamento para fins produtivos e simula-se aumentos nos investimentos setoriais suficientes para anular a perda econômica da restrição de terra. O objetivo secundário é investigar os impactos da política de desmatamento zero ocorrendo conjuntamente com a recuperação de áreas degradadas, uma das metas brasileiras de mitigação.

Um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) foi desenvolvido para a análise em questão. O BLUME (*Brazilian Biomes, Land Use and Emissions Economic Model*)² incorpora um módulo de uso da terra capaz de capturar os processos de mudanças diretas e indiretas do uso do solo por biomas (LUC do inglês *Land Use Change* e ILUC do inglês *Indirect Land Use Change*), além de um módulo capaz de projetar as emissões não somente das mudanças do uso do solo, mas também das demais fontes emissoras (agropecuária, processos industriais e energia). Desse modo, essa tese contribui metodologicamente ao integrar as mudanças do uso do solo com as emissões totais da economia por bioma brasileiro, considerando assim, a heterogeneidade regional a nível ambiental e de uso do solo.

Assim, esta tese está dividida em 5 seções, incluindo a introdução e a conclusão. O capítulo dois pretende abordar a relação intrínseca entre economia, uso da terra, desmatamento e mudanças climáticas no Brasil. No capítulo três apresenta-se a estrutura teórica e de

² Os resultados aqui relatados foram obtidos usando o software de modelagem econômica GEMPACK (Horridge *et al.*, 2018). Os arquivos de simulação da tese estão disponíveis publicamente para os interessados, que devem ter as licenças do Gempack para a utilização acadêmica do trabalho.

funcionamento do modelo BLUME, o método de construção do modelo assim como o detalhamento dos módulos de mudança do uso da terra e emissões. No capítulo quatro encontra-se a explicação das simulações e a análise dos resultados e no capítulo final, tese-se as conclusões.

2 ECONOMIA, USO DA TERRA, DESMATAMENTO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL

A transição do uso da terra e o desmatamento trazem consequências ambientais e econômicas importantes para o ecossistema e sociedade. Compreender a dinâmica de transição do solo, suas causas e consequências regionais são importantes para formulação de políticas públicas, alinhadas tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico. Adicionalmente, a compreensão dos impactos das políticas de conservação do solo e mitigação dos gases do GEE são importantes dado o contexto das políticas climáticas propostas pelo Brasil. Nesse sentido, essa seção está dividida em três partes. Na primeira são reportados os dados mais recentes de mudança do uso do solo no país e a evolução do desmatamento, assim como as projeções de desmatamento esperado para as próximas décadas. A segunda parte apresenta dados brasileiros de emissão em diferentes setores, assim como as consequências ambientais e econômicas já sentidas e projetadas para os próximos anos. A terceira e última subseção discute as metas de mitigação estabelecidas pelo Brasil, as políticas adotadas e em curso e os custos projetados para mitigar as emissões nacionais.

2.1 Uso da terra e evolução recente do desmatamento no Brasil

As mudanças de uso e cobertura da terra (LULC do inglês *Land Use and Land Cover Change*) afetam significativamente o meio ambiente (biodiversidade, poluição da água, erosão do solo e mudanças climáticas) e o bem-estar econômico e social (JEAN-SAUVEUR *et al.*, 2014). Tais mudanças causam importantes implicações para uma ampla variedade de questões como a segurança alimentar, conservação da vida selvagem, distribuição de terras, sequestro e emissões de carbono, dentre outras (TURNER *et al.*, 2007; LAPOLA *et al.*, 2010; BATEMAN *et al.*, 2013; GAZZONI, 2014). Compreender os padrões LULC é importante para uma gestão econômica e ambiental eficiente, permitindo a avaliação de políticas já existentes ou a elaboração de novas políticas amigáveis ao meio ambiente (GALLO *et al.*, 2013; JEAN-

SAUVEUR *et al.*, 2014). Esta seção, neste sentido, apresenta um panorama sobre a mudanças de uso da terra no Brasil, nos últimos anos.

O Brasil é um dos países mais ricos em biodiversidade do mundo com seis grandes biomas de extrema importância ecológica, econômica, social e cultural: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal. Esses biomas são compostos por diferentes tipos de formações fito fisionômicas e geomorfológicas, com elevadas taxas de diversidade e importantes serviços ecossistêmicos e econômicos (BRASIL, 2018). Possuem grandes estoques de carbono em suas florestas e solos e, adicionalmente, possuem as maiores reservas globais de água doce. No entanto, o país também é um dos maiores produtores mundiais de *commodities* agrícolas, sendo um dos principais emissores de Gases de Efeito Estufa (GEE) pela fonte de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF), (SOUZA *et al.*, 2020).

O principal motor do processo LULC no Brasil é o desmatamento para expansão de pastagens e agricultura, afetando diretamente o ambiente e a cobertura vegetal. Há também motores indiretos, associados ao crescimento dos mercados, como o desenvolvimento da infraestrutura e das cidades (SOUZA *et al.*, 2020); o aumento da densidade demográfica (IGLIORI, 2008); a insegurança sobre os direitos de propriedade da terra (ARAÚJO *et al.*, 2009); políticas fiscais e creditícias de incentivo a expansão da fronteira agrícola (WALKER *et al.*, 2000), dentre outras. Historicamente, a Mata Atlântica é o bioma que sofreu a mais extensa mudança LULC no passado e a Caatinga é o bioma que sofreu os maiores impactos ambientais dessas mudanças. Atualmente, os biomas Amazônia e Cerrado são os que sofrem maior pressão sobre a cobertura original do solo, (SOUZA *et al.*, 2020).

Utilizando dados Landsat, SOUZA *et al.* (2020) reconstruíram informações de série temporal LULC ao longo de três décadas no Brasil, considerando todo o território nacional. O trabalho resultou nos dados abertos disponíveis na plataforma MapBiomias³. De acordo com SOUZA *et al.* (2020), em 33 anos, aproximadamente, 36,5% (310,8 Mha) da área total do Brasil apresentou algum tipo de mudança de uso e cobertura da terra, podendo ser desde a perda da vegetação até transições de água em terra. Nesse período, o país perdeu 102,4 Mha de vegetação natural, principalmente para a pecuária e atividades agrícolas, o que equivale a uma média de 3,1 Mha por ano.

³ Esses dados estão sendo utilizados por diversas organizações como o Sistema de Estimativa de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa (SEEG) e estimativas governamentais como o IV Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2020). Disponível em: <https://mapbiomas.org>

A maior parte da perda de vegetação ocorreu nos estados de Rondônia, Mato Grosso e Maranhão. Em relação aos biomas, a maior perda de vegetação natural ocorreu na Amazônia (41,8%) e Cerrado (33,8%), seguidos da Caatinga (10,7%), Mata Atlântica (9,2%), Pampa (2,9%) e Pantanal (1,6%), como pode ser observado na Tabela 1. Em relação as mudanças no uso da terra, cerca de 98,3 Mha de área sofreram alterações. Os biomas Mata Atlântica e Cerrado contribuíram com 40,9% e 36,1%, ao passo que Caatinga (13,7%) e Amazônia (6,6%) contribuíram relativamente menos para o deslocamento das classes de uso do solo. Na maioria dos casos, essas mudanças foram associadas à agricultura, que cresceram 172% (32,6 Mha) no período, predominantemente na Mata Atlântica, em substituição a pastagens antigas, e no Cerrado, convertendo savanas e formações de campos. As pastagens aumentaram 46% (45,4 Mha) de 1985 a 2017, principalmente nos biomas Amazônia e Pantanal.

Tabela 1: Estimativa da área de mudanças na cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 e 2017 (Milhões de Hectares)

Categoria	Amazonas	Mata atlântica	Caatinga	Cerrado	Pampa	Pantanal	Brasil
Perda de vegetação	42,8	9,4	11	34,6	3	1,6	102,4
Ganho de vegetação	21,5	12,2	17,1	25,8	5,6	3,9	86,1
Transições água-terra	5,0	0,8	0,8	1,1	0,3	0,7	8,7
Mudança de uso da terra	6,5	40,2	13,5	35,5	2,3	0,3	98,3
Dinâmica da vegetação	4,1	0,5	1,9	5,7	0,8	2,3	15,3

Fonte: SOUZA *et al.* (2020)

Regionalmente, olhando para o bioma Cerrado, a Bahia foi a que apresentou o maior crescimento relativo da área de agricultura, com aumento de quase cinco vezes entre 1985 e 2020. A região conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) também merece destaque, com aumento de 258% das áreas destinadas a agropecuária. A região passou de 5,6 Mha para 14,6 Mha destinados à atividade de 1985 a 2020⁴. Grande parte das áreas convertidas para uso agrícola no Cerrado, são utilizadas para o cultivo de soja. A *commoditie* é o principal produto de exportação agrícola do Brasil e apresentou um crescimento da área plantada de 27 Mha entre os anos 1988 a 2020, com destaque para os estados de Mato Grosso, Paraná e Goiás. As áreas plantadas de Cana-de-açúcar e Milho também cresceram de forma substancial nesse período, 5,8 Mha e 4,8 Mha respectivamente, com destaque para os estados

⁴ Disponível em: <https://mapbiomas.org/agropecuaria-cresce-258-no-matopiba-desde-1985-e-ocupa-area-maior-que-o-amapa>. Acessado em 10/10/2021.

de São Paulo, Minas Gerais e Goiás (IBGE, 2021). Segundo o MapBiomas a área de plantio de soja e cana alcançaram a mesma extensão de toda a formação campestre do Brasil⁵.

De acordo com o IV Inventário Nacional (MCTI, 2020), entre 1994 e 2016, a principal conversão no uso e cobertura da terra no bioma Amazônia, por sua vez, está relacionada à conversão da classe Floresta para a classe Pastagem. A classe Floresta registrou uma perda relativa de 8,0% de sua área de cobertura, enquanto as classes Agricultura e Pastagem registraram aumento relativo de 87% e 850%, respectivamente. O mesmo é observado no bioma Cerrado, cujo a principal conversão também ocorreu da classe Floresta para a Pastagem, porem a Floresta registrou uma perda relativa de 19,2% e as classes Pastagem e Agricultura registraram aumento relativo de 32,6% e 46,2%, respectivamente. No bioma Cerrado a conversão de Pastagem para Agricultura, também vem registrado um aumento relativo ao longo do tempo, segundo o relatório.

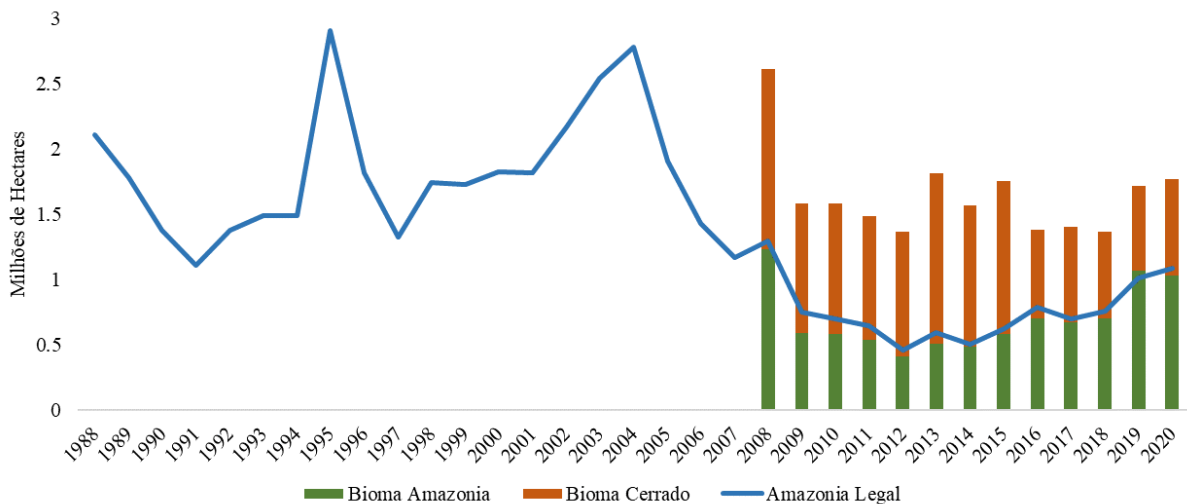
Neste contexto, o principal *driver* do desmatamento no Brasil tem sido a expansão da agricultura e pecuária. A substituição da floresta por pasto para pecuária, por exemplo, se classifica como um processo de Mudança Direta do Uso da Terra (LUC do inglês *Direct Land Use Change*). O avanço das plantações de soja sobre as pastagens e conseqüentemente o avanço das pastagens sobre a vegetação natural, por exemplo, caracteriza-se como um processo Indireto de Mudança do Uso da Terra (ILUC do inglês *Indirect Land Use Change*) (ARIMA *et al.* 2011). Esses processos de mudança do uso da terra juntamente com a extração prévia das madeiras de lei e a queima da floresta para cultivos na agricultura familiar são as principais formas diretas do desmatamento na Amazônia. Já no Cerrado, além das mudanças do uso da terra há uma exploração predatória de material lenhoso para produção de carvão, a ocorrência de queimadas antrópicas e o crescimento da pecuária extensiva e de baixa produtividade.

Existe ainda a estreita relação entre a invasão de terras públicas e o desmatamento nas regiões da Amazônia. A grilagem é considerada um fator direto do desmatamento e estima-se que até 2018 já foram desmatados 2,6 Mha em áreas devolutas e 11,6 Mha foram registrados ilegalmente como “propriedade privada”. Estima-se que ainda existam 50 Mha de terras na Amazônia sem status de posse, que podem vir a ser potenciais alvos de grilagem (AZEVEDO-RAMOS *et al.* 2020).

⁵ Disponível em: <https://mapbiomas.org/vegetacao-nativa-perde-espaco-para-a-agropecuaria-nas-ultimas-tres-decadas>. Acessado em 10/10/2021

Nestes termos, o desmatamento acumulado ultrapassa 45 Mha desde 1988 na Amazônia Legal e 21 Mha desde 2008, considerando tanto o bioma Amazônia quanto o Cerrado. As taxas anuais variam em ciclos de maior e menor intensidade ao longo dos anos, conforme observado no Gráfico 1 abaixo. De 2004 a 2014, observa-se um decréscimo das áreas desmatadas na Amazônia Legal, o que não é observado no bioma Cerrado. Nota-se que nos anos em que a taxa de desmatamento na Amazônia diminui, ocorreu um aumento nas áreas perdidas do Cerrado. De 2008 a 2020, o desmatamento nesse bioma ultrapassou as áreas perdidas da Amazônia, somando mais de 12 Mha.

Gráfico 1: Incremento do desmatamento na Amazônia Legal, bioma Amazônia e Cerrado - 1988 a 2020 (Milhões de Hectares)



Fonte: Elaborado com os dados da Plataforma TerraBrasilis do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE)⁶

Em termos de projeções do desmatamento, Soares Filho *et al.* (2005) projeta o aumento do desmatamento em 175 Mha até 2050. De acordo com o período temporal do estudo, equivaleria a 3,6 Mha desmatados anualmente. Já as projeções de Gouvello *et al.* (2010) são um pouco mais conservadoras, seria necessário aproximadamente 17 Mha adicionais de terras para acomodar a expansão econômica e das atividades durante o período de 2006 a 2030, o que equivale a 0,7 Mha. Temos ainda Carvalho *et al.* (2016) que projetaram o crescimento do desmatamento a partir de um cenário de crescimento econômico regional aliado a condicionantes do uso do solo. Os resultados indicam um desmatamento adicional de 24,5 Mha entre 2006 e 2030 na Amazônia Legal (1,02 Mha anual). A abertura da floresta natural seria em

⁶ Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acessado em 20/09/2021

detrimento principalmente a pastagem, com crescimento de 15,2 Mha, em seguida a lavoura com 5,6 Mha e floresta plantada com 3,8 Mha.

2.2 Mudanças climáticas e emissões no Brasil

O aquecimento global e as mudanças climáticas são as questões ambientais mais preocupantes e discutidas na atualidade. De acordo com o último Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), muitas das mudanças observadas no clima não têm precedentes em milhares de anos e muitas delas já se encontram em estágio irreversível, como o aumento contínuo do nível do mar. A mudança climática já está afetando todas as regiões da Terra, de várias maneiras e tende a piorar com o aquecimento adicional esperado para os próximos anos. Segundo o relatório as emissões de gases de efeito estufa das atividades humanas são responsáveis por aquecer a terra em média 1,1°C desde 1900. Adicionalmente, nos próximos 20 anos, a temperatura global deve atingir ou ultrapassar mais 1,5 °C de aquecimento (IPCC, 2021). Para 2100, projeta-se um aumento entre 1°C e 3,7°C, valor quatro vezes maior que o verificado antes da Revolução Industrial (IPCC, 2014a)

As consequências das mudanças climáticas são adversas, afetando diretamente o meio ambiente e o ecossistema e indiretamente a sociedade, interagindo com questões sociais e econômicas. O clima afeta a agricultura, o uso de energia, a saúde e muitos outros aspectos econômicos e sociais, sendo um vetor para o aumento da insegurança alimentar e hídrica, da pobreza e da desigualdade (WORLD BANK, 2021).

Em termos ambientais, as mudanças climáticas estão modificando o ciclo da água, provocando chuvas mais intensas e inundações em algumas regiões, bem como secas mais severas em outras regiões. Os padrões de precipitação também estão sendo afetados, com diminuição de chuvas nas regiões subtropicais e aumento da precipitação nas regiões de altas altitudes. O derretimento das geleiras e mantos de gelo estão causando modificações nos oceanos, provocando o aumento no nível do mar. O aumento das temperaturas também tem provocado ondas de calor nas cidades e maiores riscos de secas e aridez (IPCC, 2021; MARENGO e SCARANO, 2016; AMBRIZZI *et al.*, 2007).

De forma geral, os países de baixa renda são os mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas. Segundo o World Bank (2021) na última década, os 74 países mais pobres do mundo foram afetados por quase oito vezes mais desastres naturais do que na década de 1980, e esses são os países que menos contribuem para as alterações ambientais.

Historicamente, os países industrializados têm sido os maiores contribuintes para as emissões globais. Segundo o World Bank (2021), até os anos 2000, os Estados Unidos e a Europa, incluindo a União Europeia foram os principais emissores de CO₂. A partir de 2000 países emergentes como a China e a Índia passaram a contribuir de forma significativa com as emissões, chegando juntas a emitirem 35,1% das emissões globais de CO₂ em 2019 (WORLD BANK, 2021).

Os países que historicamente são baixos emissores de gases de efeito estufa (GEE) possuem razões suficientes para combater as mudanças climáticas uma vez que esses são altamente vulneráveis aos impactos climáticos que ameaçam seu desenvolvimento econômico e o bem-estar de sua população (WORLD BANK, 2021). O Brasil, considerado um país em desenvolvimento, atualmente ocupa o 6º lugar entre os maiores emissores mundiais, com 3,2% do total de emissões e com uma emissão bruta⁷ *per capita* acima da emissão bruta *per capita* do resto do mundo.

Segundo Albuquerque *et al.* (2020), entre 1990 e 2019, as emissões brutas de GEE do Brasil aumentaram 17%, passando de 1.860.000 gigagramas de gás carbônico equivalente⁸ (Gg de CO₂eq)⁹ para 2.170.000 Gg de CO₂eq. O auge das emissões ocorreu em 1995 e 2003 quando o desmatamento bateu recordes na Amazônia e no Cerrado, chegando a 2.400.000 Gg de CO₂eq em 1995 e 3.000.000 Gg de CO₂eq em 2003. O ano de 2010 foi o de menores emissões da série histórica, chegando a 1.690.000 GtCO₂, mesmo ano em que o PIB brasileiro apresentou seu maior crescimento. A partir de 2010, observa-se uma reversão de tendências, com subida das emissões motivada pelo aumento do desmatamento na Amazônia e do uso de combustíveis fósseis na matriz energética, em especial nos transportes (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020).

No Brasil, de acordo com o 8º Relatório do SEEG (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020), a emissão bruta do setor de mudança de uso da terra chegou a 968.000 Gg de CO₂eq em 2019, aumento de 23% em relação a 2018. O desmatamento é responsável por 44% dessas emissões. As atividades do setor da agropecuária foram responsáveis por emitir 598.700 Gg de CO₂eq

⁷ Nas emissões brutas não são descontadas as remoções de CO₂ da atmosfera por alterações do uso da terra (por exemplo, o crescimento de florestas secundárias no lugar de pastagens) e por manutenção de florestas em áreas indígenas e unidades de conservação. Por tanto, as emissões brutas são sempre maiores que as líquidas.

⁸ A equivalência em dióxido de carbono, CO₂eq, é uma medida que expressa a quantidade de GEE em termos equivalentes da quantidade de dióxido de carbono (CO₂). Essa medida leva em conta o potencial de aquecimento global dos gases envolvidos e calcula quanto de CO₂ seria evitado se todos os GEEs fossem emitidos nesse padrão.

⁹ 1 tonelada = 0,001 gigagramas. Nessa tese optou-se por apresentar todos os dados e resultados de emissões em gigagramas de CO₂ equivalente para facilitar e simplificar as comparações uma vez que essa é a métrica utilizada nos relatórios do IV Inventário Nacional (MCTI, 2020)

em 2019, dentre os quais o rebanho bovino foi responsável por 28% das emissões. Em relação ao ano de 2018, esse setor teve um aumento de 1,1% das emissões. Já as emissões energéticas equivalem a 19% das emissões do Brasil, totalizando 413.700 Gg de CO₂eq em 2019, impulsionadas principalmente pelo aumento no consumo de energia elétrica. Desde 2010 o setor de energia teve um crescimento de 10,9% em suas emissões. Abaixo, na Figura 1, encontra-se as emissões de GEE do Brasil de 1990 a 2019 de acordo com os setores (milhões de tCO₂e).

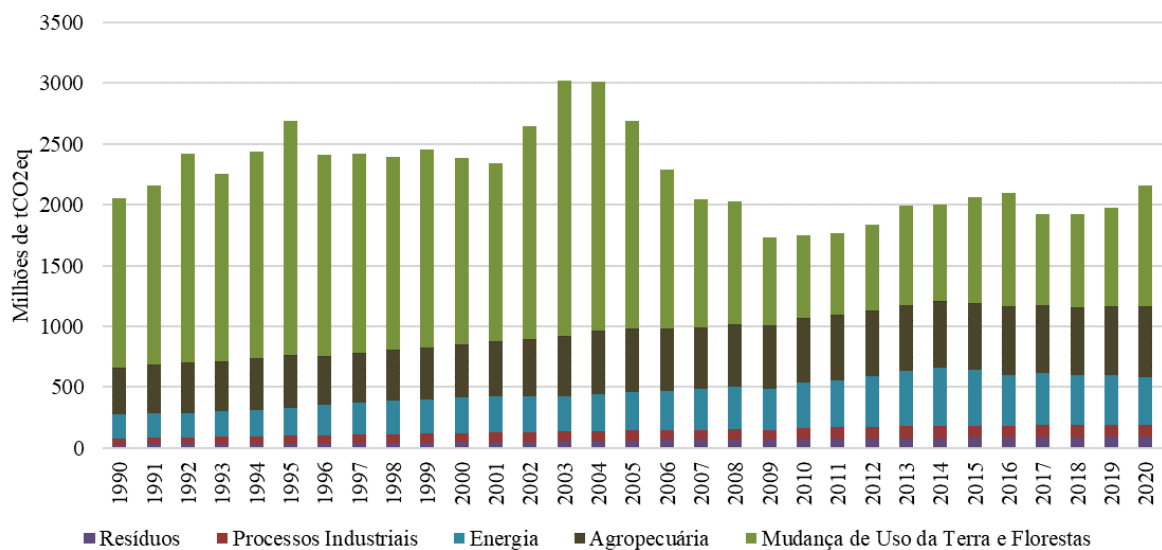


Figura 1: Emissões de GEE do Brasil, segundo os setores emissores, de 1990 a 2020 (milhões de tCO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do SEEG.

O setor de processos industriais e uso de produtos foi o único que apresentou redução das emissões entre 2018 e 2019, sendo responsável por 99.000 Gg de CO₂eq emitidos, redução de 2%, reflexo da desaceleração na atividade siderúrgica. Por fim, o setor de resíduos teve um aumento de 1,3%, totalizando 96.100 Gg de CO₂eq emitidos em 2019. Esse setor apresenta um aumento de 187% das suas emissões desde 1990 (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020). Em termos regionais, o estado do Para é o principal emissor com 18,4% do total emitido em 2019, seguido pelos estados do Mato Grosso (10,6%) e São Paulo (6,9%). No estado do Pará e Mato Grosso as atividades do setor de mudança do uso da terra são os principais emissores, já em São Paulo, as emissões do setor de energia é predominante, conforme Figura 2. Segundo Albuquerque *et al.* (2020), é a primeira vez que o estado Amazonas aparece entre os quatro maiores geradores de emissões brutas.

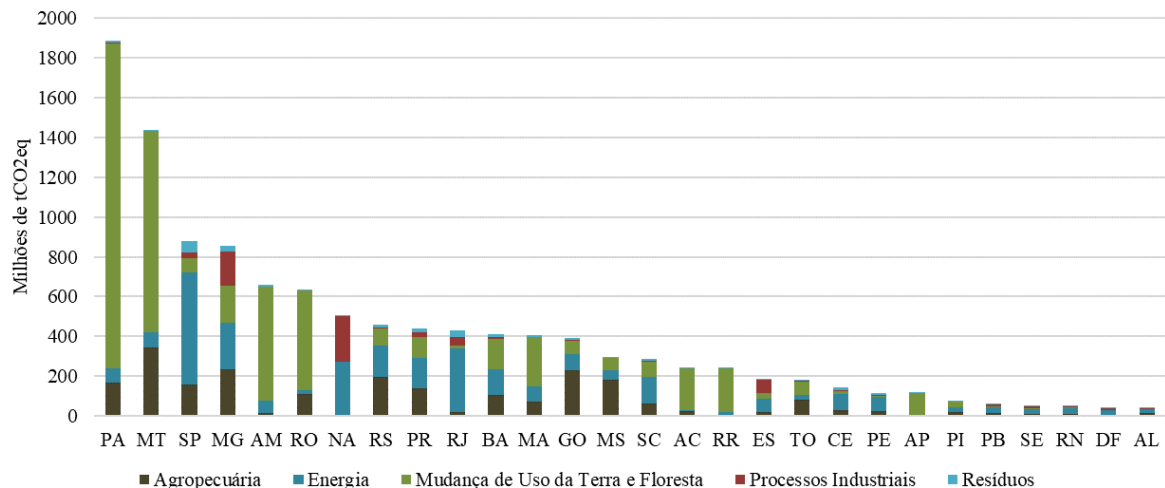


Figura 2: Emissões de GEE por Estado Brasileiro em 2019 (milhões de tCO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do SEEG.

Dado a importância do setor de mudança do uso da terra nas emissões brasileiras, o IV Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2020) apresenta as emissão e remoção por transição do uso da terra do Setor Uso da Terra, Mudança do Uso Da Terra e Florestas (LULUCF) para o período entre 2010 e 2016 e biomas brasileiros. Nesse período, o país apresentou 2.004.025 Gg CO₂ de emissão líquida¹⁰. Cerca de 70% dessas emissões ocorreram devido à conversão das áreas de floresta natural para outras formas de uso e cobertura, na sua maioria para as pastagens plantadas e agricultura. A transição entre floresta natural e pastagem, por exemplo, foi responsável por emitir 2.810.246 Gg CO₂. Foi verificado ainda que 17% das emissões líquidas nacionais são provenientes do desmatamento ilegal em áreas protegidas no Brasil cuja conversão de floresta natural para pastagens plantadas é a principal transição emissora.

As transições no Cerrado responderam por 49% das emissões nacionais do setor LULUCF, o que equivale a 975.282 GgCO₂, enquanto as transições do bioma Amazônia corresponderam a 34%, o que equivale a 671.985 GgCO₂. Esses dois biomas são os principais direcionadores na tendência de emissões nacionais do setor. A transição de floresta natural em pastagem chegou a emitir 1.793.520 Gg CO₂ no bioma Amazônia e 578.611 GgCO₂ no Cerrado entre 2010 e 2016. A magnitude dessas emissões indica a importância da vegetação nativa como estoque de carbono e o impacto da expansão de áreas agrícolas, a partir da supressão da vegetação nativa, nas emissões de GEE (MCTI, 2020).

¹⁰ Nas emissões líquidas são descontadas as remoções

Em termos comparativos, observa-se uma diminuição das emissões se comparado com o período de 2002 a 2010. Segundo o IV Inventário Nacional (MCTI, 2020), houve uma redução de 80% nas emissões líquidas totais do setor LULUCF devido principalmente à redução do desmatamento na Amazônia e Cerrado e aumento da extensão de áreas protegidas (UCs e TIs) no bioma Amazônia. Observa-se que no período de 2002 a 2010 as conversões de uso e cobertura da terra no bioma Amazônia foram responsáveis por cerca de 72% das emissões nacionais, seguidas pelas conversões no bioma Cerrado, que contribuíram com cerca de 20% das emissões totais. Já no período de 2010 a 2016, as transições do Cerrado foram responsáveis pela maior parcela das emissões, 49%, enquanto a Amazônia passou a representar 34%. Vale destacar a participação do bioma Caatinga que aumentou expressivamente entre os períodos.

Os cenários projetados para o Brasil pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) sugerem que, sem políticas de mitigação, é esperado aumento dos eventos extremos de secas e estiagens prolongadas, principalmente nos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga, sendo que tais mudanças acentuam-se a partir da metade e final do século XXI. De forma geral, as projeções indicam um aumento de temperatura entre 1°C a 5,5°C para o final do século, no Brasil, com padrões diferenciados entre os biomas. Na Amazônia, por exemplo, espera-se uma redução nas chuvas de 40% a 45% e aumento de 5° a 6° C na temperatura até o final do século. No Cerrado, espera-se um aumento da temperatura entre 5° e 5,5°C com diminuição mais crítica das chuvas, entre 35% e 45% (PBMC, 2014a).

As consequências ambientais dessas alterações seriam uma possível “savanização” da floresta na Amazônia acarretando em perdas significativas nos estoques de carbono tanto do solo como da vegetação, refletindo não apenas no ciclo do carbono, como também no ciclo do nitrogênio e no clima regional. No Cerrado, o aumento da temperatura faria com que a região se torne uma fonte de carbono para a atmosfera. Além disso, devido ao estresse hídrico, a região se tornaria mais vulnerável ao fogo. Nos biomas Mata Atlântica e Pampa, os aumentos previstos para a temperatura do ar levariam a um aumento nos processos de respiração e decomposição, gerando um aumento das emissões de CO₂ para a atmosfera. Por fim, no bioma Caatinga é esperado a maior alteração no regime de precipitação, com uma significativa redução das chuvas, em uma região que já sofre com o estresse hídrico e com baixas taxas de estoques de carbono. Espera-se, portanto, as ocorrências de secas mais intensas e frequentes (PBMC, 2014a).

Alguns estudos, além das consequências ambientais das mudanças climáticas no Brasil, também mensuram os impactos econômicos e sociais das emissões antrópicas. Margulis e

Dubeux (2010) estimaram uma redução de 0,5% do PIB em 2050 em um cenário mais otimista em termos das mudanças climáticas e uma redução de 2,3% do PIB em um cenário mais pessimista. Em termos monetários, essa redução do PIB equivale a R\$ 719 bilhões e R\$ 3,6 trilhões a menos na economia até 2050. Essa queda da atividade econômica seria impulsionada principalmente pela queda da produtividade de alguns cultivos agrícolas como a soja com redução de 30% a 34%, milho com redução de 15% e café com 17% a 18% de queda na produção.

Em contrapartida, Faria (2012) e Souza (2018) projetam impactos menos expressivos. Faria (2012) avaliando os cenários climáticos A2 e B2 do IPCC, indicam uma redução acumulada do PIB real de 0,02% em 2039, 0,05% em 2069 e de 0,11% em 2099 com perda nos setores de Trigo e Cereais, Café em Grão e Soja em Grão e ganho no setor de Cana de Açúcar. Já Souza (2018) mensura os impactos econômicos das mudanças climáticas para as regiões brasileiras através de alterações de produtividade agrícola e de acordo com os cenários climáticos RCP 2.6 e o RCP 8.5 do IPCC. Os resultados indicam uma queda do PIB de 0,05% no cenário otimista e 0,26% no cenário pessimista.

Grande parte dos estudos brasileiros, no entanto, se concentram no impacto das mudanças climáticas sobre a agricultura. Em Domingues et al. (2008) os impactos das mudanças climáticas sobre a economia da região Nordeste são estimados por meio do modelo TERM-Cedeplar. Foram utilizadas estimativas de áreas aptas ao cultivo de diversas culturas, de acordo com os cenários climáticos A2 e B2, do IPCC. Os autores encontraram uma queda de 13% do PIB agrícola da região e queda de 6% do emprego agregado em 2050, com maior impacto no estado de Pernambuco e menor impacto em Sergipe. Moraes (2010), por seu turno, avaliou os efeitos econômicos dos cenários de mudanças climáticas do IPCC sobre a agricultura de todo o Brasil. De acordo com os resultados, os estados do Nordeste seriam os mais afetados e a redução de áreas aptas ao cultivo da soja impactaria de forma negativa os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Assim como em Faria (2012) o setor de Cana de Açúcar seria beneficiado nas projeções.

Como observado por Assad e Pinto (2008) “o aquecimento global pode alterar profundamente a geografia da produção agrícola no Brasil”. O cultivo de algumas plantações pode se deslocar para áreas com condições climáticas mais adequadas do que as áreas utilizadas atualmente. A possível queda da produtividade agrícola e pecuária pode causar implicações adversas sobre a segurança alimentar e aumento da pobreza. Nesse sentido, Tanure (2020) analisa os impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade agrícola dos cultivos

vinculados à agricultura familiar e patronal no Brasil, utilizando-se dos cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 de projeção do IPCC. Os resultados indicam que os produtos mais afetados negativamente pelas mudanças climáticas seriam Mandioca, Milho, Café, Feijão, Algodão, Laranja e Outros da Lavoura Permanente na produção familiar, com as maiores perdas nas regiões Centro-Oeste e Norte. Esses cultivos são importantes em termos de subsistência para grande parte dos agricultores familiares. Os setores de Cana-de-açúcar e Soja na produção patronal seriam positivamente afetados. Portanto, a produtividade agrícola dos agricultores familiares é mais sensível às mudanças climáticas e o fenômeno poderia contribuir para o aumento das disparidades intrarregionais e para a deterioração das condições de segurança alimentar no Brasil.

Outra dimensão também abordada na literatura refere-se à migração. Alguns estudos apontam a queda da rentabilidade das atividades rurais como impulsionador para a migração interna, como Assunção e Feres (2008), Barbieri *et al.* (2010) e Ferreira Filho e Horridge (2010). Os três estudos indicam alterações nos fluxos migratórios atuais de forma mais acentuada na região Nordeste. Ferreira Filho e Horridge (2010), por exemplo, indicam que a retração econômica das regiões Nordeste e Centro Oeste em decorrência da queda da rentabilidade agrícola provocaria o aumentando migratório para as regiões Sul e Sudeste.

Em suma, a análise dos impactos das mudanças climáticas é complexa pois envolvem, além da dinâmica climática, a interação entre o ser humano e a natureza, as perdas econômicas e sociais, dentre outros aspectos de difícil mensuração. Essa complexidade causa divergências e incertezas do ponto de vista científico que se divide, basicamente, em três vertentes: causas e características físicas/químicas das mudanças climáticas; impactos e vulnerabilidade; e mitigação das mudanças climáticas. O presente estudo enquadra-se no terceiro grupo, pois busca avaliar uma política de desmatamento zero aliada a investimentos setoriais na Amazônia e Cerrado, representando um cenário de crescimento econômico com preservação florestal, chamado nessa tese de “Crescimento Verde”.

2.3 Metas brasileiras, políticas de preservação e mitigação e custos econômicos

Como muitos outros países em desenvolvimento, o Brasil enfrenta o desafio de reduzir as emissões de GEE promovendo o crescimento econômico e o desenvolvimento do país. Na 15ª edição da Conferência das Partes da Organização das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 15), em 2009, o Brasil se comprometeu a reduzir as emissões brutas de 36,8%

a 38,9% até 2020. O que equivale a um total emitido de 2.068.000 Gg de CO₂eq a 1.977.000 Gg de CO₂eq nesse ano. Para tal, a proposta se assentava na redução do desmatamento em 80% na Amazônia em relação à média do período de 1996 a 2005 de acordo com o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº. 12.187/2009 e Decreto nº. 7.390/2010) estabelecida pela Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Isso quer dizer que o máximo desmatado deveria ser 0,4 Mha em 2020, mas os dados apontam um desmatamento de mais de 1 Mha na Amazônia nesse ano. Os dados do SEEG (2021) indicam que, em 2019, as emissões brutas chegaram a 2.060.000 Gg de CO₂eq. Logo, um ano antes do prazo da meta, as emissões estavam rigorosamente acima do limite menos ambicioso estabelecido pela PNMC (2.068.000 Gg de CO₂eq).

O desafio brasileiro definido em Paris, em 2015, durante a COP 21, é reduzir a emissão de gases do efeito estufa em 37%, até 2025 e 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005 (INDC, 2015). Isso equivale a 1.650.648 Gg de CO₂eq emitidos em 2025 e 1.493.443 Gg de CO₂eq emitidos em 2030. Para alcançar essa meta, a proposta é zerar o desmatamento ilegal até 2030 e promover a recuperação de 12 Mha de vegetação nativa nos biomas.

Mas muito se discute se frear o desflorestamento comprometeria o crescimento econômico do Brasil. Alguns estudos sugerem que o país é capaz de aumentar sua produção agrícola e pecuária sem utilizar novas áreas de floresta natural uma vez que já existe uma grande quantidade de terra desmatadas e subutilizadas e existe um grande potencial de aumento de produtividade nos setores (ROCHA *et al.* 2020; GARCIA *et al.*, 2017; NEPSTAD *et al.*, 2014; MACEDO *et al.*, 2012). Esse aumento de produtividade aconteceria via adoção de máquinas, equipamentos e produtos agrícolas (tratores, colheitadeiras, pivôs de irrigação, fertilizantes e pesticidas), sistemas de plantio (convencional, sistema de plantio direto, sistemas integrados) e engenharia genética, técnicas de biotecnologia e nanotecnologia (ROCHA *et al.* 2020).

Em contrapartida, outros estudos questionam se o aumento da produtividade não induziria a expansão de novas áreas ao invés de poupar terra. No centro desse debate estão as abordagens dissonantes de Borlaug e Jevons. Segundo a hipótese de Borlaug o aumento da produtividade com a adoção da inovação agrícola é a chave para diminuir o desmatamento. Já a hipótese de Jevons é de que um aumento da produtividade agrícola aumentaria a rentabilidade, estimulando um aumento de produção, que por sua vez aconteceria sobre novas áreas florestais, por meio de processos *LUC* e/ou *ILUC* (Hertel, 2012). O estudo de Cattaneo (2001) encontra evidências do tipo de Jevons pra o Brasil. Segundo o autor, as melhorias na tecnologia da pecuária teriam os maiores retornos para os produtores, no entanto, estimularia a abertura de

mais áreas florestais no longo prazo. Além disso, o estudo indica a existência de um *trade-off* entre a conservação da floresta e o crescimento da agricultura na Amazônia.

Logo, fica claro a complexidade do *trade-off* entre crescimento econômico, desmatamento e aumento da produtividade. Segundo Hertel (2012) as implicações e pressupostos dos modelos utilizados pela comunidade científica, principalmente no que diz respeito a elasticidade da demanda, elasticidades da oferta de terras e eficiências das emissões, fazem toda diferença nos resultados de desmatamento e emissões. Por exemplo, considerando o aumento da produtividade em uma região pequena em relação ao mercado mundial, os produtores podem enfrentar uma demanda elástica por seus produtos. Dessa forma, o aumento da produtividade pode causar uma expansão sobre as áreas florestais e aumento das emissões. No entanto, a expansão da área e das emissões nessa região não garante uma expansão global desses fatores, visto que a elasticidade da demanda tende a ser inelástica globalmente.

Uma das principais políticas de mitigação adotadas pelo Brasil procura, exatamente, aumentar a produtividade dos setores agropecuários afim de mitigar as emissões. O Plano ABC (Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas) é composto por sete programas, seis deles referentes às tecnologias de mitigação e um último com ações de adaptação às mudanças climáticas. Os sete programas referem-se à Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD); à Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e de Sistemas Agroflorestais (SAFs); ao Sistema Plantio Direto (SPD); à Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN); à Florestas Plantadas e Tratamento de Dejetos Animais (MAPA, 2012). Aproximadamente R\$ 6,3 bilhões foram financiados pelo Programa ABC de 2016 a 2019, dos quais R\$ 3,1 bilhões foram destinados a RPD, o que equivale a 49% do total financiado (SOUZA, *et al* 2020).

O Plano ABC teve suas metas revisadas para até 2030. Chamado agora de Plano ABC+, o objetivo é reduzir a emissão de carbono em 1.100.000 Gg de CO₂ no setor agropecuário. Para isso, pretende recuperar 30 Mha de pastagens degradadas, ampliar 12,6 Mha de áreas com sistema de plantio direto (SPD), aumentar em 10,1 Mha as áreas com adoção de sistemas de integração iLPF, adotar bioinsumos em mais 13 Mha e por fim, recuperar 4 Mha de áreas ambientais por meio da plantação de novas florestas para a produção comercial de madeira, fibras, alimentos, bioenergia e produtos florestais não madeireiros, como látex e resinas (MAPA, 2021).

O Plano ABC é apenas uma das políticas do Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Existem ainda outros quatro eixos de políticas públicas: Plano de Ação para a

Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAm; Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado - PPCerrado; Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE; e, Plano de Redução de Emissões da Siderurgia (MENDES, 2014). Os planos PPCDAm e PPCerrado foram extintos em 2019 e substituídos por um documento de 19 páginas, sem metas, prazos ou indicação de atribuições ou financiamento.

Outro instrumento de mitigação é o Fundo Amazônia, criado em 2008, para atrair recursos e negociações bilaterais com o intuito de aumentar a conservação, manejo e monitoramento na região amazônica, fortalecendo os esforços de combate ao desmatamento. O fundo financiou projetos de controle, monitoramento e fiscalização ambiental; zoneamento ecológico-econômico (ZEE), ordenamento territorial e regularização fundiária; recuperação de áreas desmatadas; dentre outros e é operacionalizado pelo BNDES¹¹. Desde seu início, o Fundo recebeu mais de R\$3,4 bilhões em doações, sendo 93,8% provenientes do governo da Noruega e 5,7% do governo da Alemanha. Em 2019, contava com uma carteira de 103 projetos apoiados e cerca de R\$1,9 bilhão de recursos financeiros alocados. Desse valor, 63% já foram efetivamente desembolsados. No entanto, desde 2019, o fundo deixou de receber os investimentos da Noruega e Alemanha, principais contribuintes.

O Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC ou Fundo Clima) também recebe recursos provenientes de doações, empréstimos, parte dos royalties do petróleo e recursos governamentais, sob a gestão técnica do Ministério do Meio Ambiente (MMA). O objetivo do fundo é assegurar recursos para apoio a projetos ou estudos e financiamento de empreendimentos que visem à adaptação e mitigação da mudança do clima. Em 2020, o fundo possuía um total de R\$ 6,2 milhões de reais disponíveis para projetos não reembolsáveis que foram utilizados em sua totalidade. Diferentemente do ano de 2019 quando foi utilizado somente 9% dos R\$ 8 milhões disponíveis.

Entender os impactos das políticas de conservação e mitigação são de extrema importância para formuladores de políticas e sociedade. A literatura brasileira sobre o tema tem estudado os impactos econômicos e ambientais tanto de propostas regulatórias e institucionais, quanto baseadas em instrumentos de mercado. Gurgel & Paltsev (2014), por exemplo, utilizando o modelo EPPA (*Emissions Prediction and Policy Analysis*), (PALTSEV *et al.*,

¹¹ Ver

http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/rafa/RAFA_2019_port.pdf

2005), avaliou a adoção de novas tecnologias de baixo carbono e a introdução de restrições a emissões de GEE sobre a estrutura de preços relativos e a competitividade dos produtos e setores brasileiros. Os resultados indicam que a mitigação via redução do desmatamento do Brasil, produz ligeira queda de -0,3% do PIB, no entanto, a intensificação da política pode gerar perdas que chegam a -4% do PIB em 2050. Além disso, o autor conclui que a adoção de políticas climáticas de alcance global permitiria reduzir os custos de mitigação nos países desenvolvidos através do comércio de créditos de carbono, bem como atingir um nível estacionário e satisfatório de emissões.

Carvalho (2014) analisou os impactos do compromisso voluntário brasileiro de reduzir 80% do desmatamento na Amazônia Legal até 2030. Os resultados indicam queda do PIB da Amazônia Legal (-1,06%) com maiores impactos no estado de Mato Grosso (-1,88%), Rondônia (-1,55%), Acre (-1,35%) e Pará (-0,95%). As perdas econômicas seriam mais sentidas na região da fronteira do desmatamento, sobretudo nas áreas produtoras de soja e bovinos. O emprego também diminuiu, assim como a renda e o consumo das famílias, indicando que a política causa uma perda de bem-estar. Na mesma direção se encontram os resultados de Ferreira Filho *et al.* (2018) que analisaram os impactos da redução do desmatamento no Brasil sobre o bem estar da população. Os resultados indicam perda econômica nos estados localizados na fronteira agrícola e um impacto negativo regressivo sobre os mais pobres.

Em relação ao Plano ABC, poucos são os estudos que avaliam os impactos econômicos da política. Existe na literatura os estudos do Observatório ABC (2017b) e Lima (2017). Ambos procuraram quantificar os impactos econômicos e ambientais da política, mais especificamente, dos programas de Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD) e de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). Utilizam um modelo de EGC calibrado para o ano de 2009, representando as cinco macrorregiões brasileiras mais a região MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia). Dois cenários são analisados, no primeiro a RPD é implementada nas pastagens consideradas mais degradadas e no segundo, a recuperação é feita por livre alocação. Esse segundo cenário simula como de fato o programa ocorre, visto que não há uma pré-definição de áreas prioritárias para o programa.

Os resultados indicam um “efeito poupa-terra” com a implementação dos programas, permitindo um aumento nas áreas de florestas e vegetação secundária de no mínimo 4,8 Mha. Em relação ao bem-estar, os resultados indicam uma perda de R\$ 3,71 de consumo por habitante no primeiro cenário e um ganho de R\$ 41,18 no segundo. Quanto aos impactos ambientais, o acúmulo potencial no estoque de carbono das formações florestais e vegetação natural, seriam

maiores se a recuperação de pastagens ocorresse nas áreas prioritárias. Além disso, se alcançada as metas de RPD e iLPF, entre 32% e 39% da meta total de redução de emissões previstas para todo o Plano ABC seria atingida (OBSERVATÓRIO ABC, 2017b). Nesse sentido, Assad (2015) considera que o Plano ABC teria a capacidade de reduzir entre 133 e 166 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, ou seja, o plano teria condições de cumprir e até mesmo superar a meta de mitigação de GEE.

Em relação aos custos econômicos das políticas de mitigação, segundo o Banco Mundial (2009a) estima-se um custo entre 0,3% e 0,7% ao ano do PIB mundial para que as políticas de mitigação sejam feitas naquelas regiões em que a implementação seria mais barata. Os custos para os países em desenvolvimento seriam entre 0,5% a 1,2% ao ano do PIB. Como observado em Motta *et al.* (2011), além das estimativas de custos totais de mitigação e adaptação, é necessário calcular o montante de investimento necessário para a implementação das políticas. A necessidade de financiamento é maior do que os custos totais, pois muitos dos investimentos geram custos operacionais. Nesse sentido, Brickman e Ungerman (2009) estimaram a necessidade de US\$ 563 bilhões de financiamento nos países em desenvolvimento até 2030 para a implementação e políticas de mitigação e adaptação.

Por tanto, observa-se uma gama de estudos que avaliam o impacto das políticas de contenção ao desmatamento e políticas de mitigação. Muitos deles procuram mensurar o crescimento da produtividade necessário para manter o crescimento econômico. Essa tese procura avaliar não somente os impactos econômicos, mas também os impactos ambientais das políticas de restrição de uso da floresta natural. Os investimentos necessários para evitar a perda econômica das políticas também são mensuradas e consideradas nas simulações. Esse choque de investimento resulta em crescimento da produtividade e crescimento econômico ocorrendo de forma conjunta com a conservação florestal.

3 METODOLOGIA

3.1 Modelos de Equilíbrio Geral Computável, uso da terra e emissões

A ligação entre economia, mudanças no uso da terra e as emissões de GEE são complexas e envolvem ramos de estudos interdisciplinar. São diversos os desafios a pesquisa dado que as causas e consequências das mudanças climáticas são globais e que existe uma grande heterogeneidade econômica e ambiental entre as regiões. O desenvolvimento de modelagens capazes de integrar as questões ambientais e econômicas de forma regional são desafios recentes na literatura e se resumem em três vertentes: modelos econométricos (STAVINS, 1999, PLANTINGA e MAULDIN, 2001, KERR *et al.*, 2003 e GOUVELLO *et al.*, 2010), modelos de equilíbrio parcial (HAVLÍK *et al.*, 2011 e SANDS e KIM, 2008) e modelos de equilíbrio geral (HERTEL *et al.*, 2008, PALTSEV *et al.*, 2005, FERREIRA FILHO e HORRIDGE, 2014, dentre outros).

Os modelos de equilíbrio geral computável (EGC) são capazes de lidar com choques de políticas e responder questões complexas e reais da economia, envolvendo diversos agentes e setores. Nesse tipo de modelagem os setores são inter-relacionados e a estrutura produtiva das economias ou regiões são tratadas explicitamente. Em análises que envolvem mudança do uso da terra, os modelos EGC captam de forma sistêmica os efeitos das transições do uso do solo além de conseguir incorporar o comportamento dos produtores em relação a demanda por terra. Por tanto, esse tipo de modelagem se mostra adequada para análises de políticas de mitigação e adaptação, políticas de expansão da agropecuária, dentre outras questões que envolvam alterações do solo e mudanças climáticas.

São duas as principais abordagens para o desenvolvimento de modelos EGC com mudanças no uso da terra e emissões de GEE. Na primeira, os tipos de uso do solo e suas heterogeneidades são incorporadas por meio de zonas climáticas, como em GTAP-AEZ (HERTEL *et al.*, 2008) e FARM (WONG; ALAVALAPATI, 2003). Já a segunda abordagem integra modelos externos de uso do solo com modelos econômicos de EGC, que é o caso do IMAGE (MILIEU EN NATUUR PLANBUREAU - MNP, 2006) e EPPA (PALTSEV *et al.*, 2005).

Para o Brasil temos o TERM-BR com a abordagem de Ferreira Filho e Horrridge (2014) e Silva (2015), como o primeiro modelo EGC brasileiro com a representação da mudança do uso do solo e suas emissões. Nesse modelo a agricultura e o uso da terra são modelados separadamente de acordo com os estados e biomas brasileiros considerando quatro tipos de uso

da terra: Lavoura, Pastagem, Floresta Plantada e Floresta Natural. O modelo permite que a terra se mova entre os diferentes tipos de uso de acordo com uma matriz de transição e as probabilidades de Markov. A matriz é calibrada com os dados dos Censos Agropecuários Brasileiros de 1995/96 e 2006. As emissões são atribuídas as transições de uso da terra por meio de uma matriz de emissões construída de acordo com os dados do Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa (BRASIL, 2010). No entanto, as demais fontes emissoras, como atividades industriais e combustíveis, não são representadas no modelo, limitando-o do ponto de vista ambiental.

Por tanto, o modelo desenvolvido para essa tese vai além das emissões antrópicas do uso e mudança da terra, ele representa de forma concomitante a transição do uso da terra e as emissões de todos os setores emissores: LULUCF, atividades da indústria, agropecuária e energia. A regionalização adotada também é inédita na literatura, tratando-se do modelo econômico e ambiental com a maior desagregação regional desenvolvido até então para o Brasil.

3.2 Características gerais do Modelo BLUME

O BLUME (*Brazilian Biomes, Land Use and Emissions Economic Model*) é um modelo de equilíbrio geral computável inter-regional com dinâmica recursiva, desenvolvido nesta tese para análise da economia brasileira e suas regiões. Segue a estrutura teórica do modelo regional TERM (*The Enormous Regional Model*) desenvolvido pelo *Centre of Policy Studies* (CoPS) da Austrália (HORRIDGE *et al.*, 2005). Os resultados aqui relatados foram obtidos usando o software de modelagem econômica GEMPACK (HORRIDGE *et al.*, 2018). É um modelo do tipo Johansen cuja estrutura matemática é formada por um conjunto de equações linearizadas, e as soluções são dadas pelas taxas de crescimento, ou seja, elasticidades.

A base de dados do BLUME foi construída por meio de um procedimento de regionalização utilizando como estrutura o modelo nacional BRIDGE (DOMINGUES *et al.*, 2010) e outros modelos desenvolvidos no Cedeplar-UFMG como o IMAGEM-B (DOMINGUES *et al.*, 2009), REGIA (CARVALHO, 2014) e BBGEM (SOUZA, 2020). O ano base do BLUME é 2015 e possui como principal diferencial módulos interligados de uso da terra e emissões, permitindo a análise do impacto ambiental de políticas que envolvam mudanças diretas e indiretas do uso do solo, conhecido na literatura como *Land Use Change* (LUC) e *Indirect Land Use Change* (ILUC).

O objetivo principal dessa tese é investigar os impactos econômicos e ambientais de um cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, por meio de uma política de desmatamento zero aliada a investimentos setoriais. Como esse tipo de política envolve a mudança direta e indireta do uso do solo, faz-se necessário que as regiões do modelo diferenciem os espaços geográficos de acordo com suas características geomorfológicas, climáticas e pedológicas. Dessa forma, optou-se por uma regionalização cujo o recorte dos biomas brasileiros estivessem bem definidos, juntamente com seus estados, possibilitando captar certa heterogeneidade espacial e características geomorfológicas, da mesma forma que os AEZs desenvolvidos pelo GTAP (LEE, 2004).

Embora dentro do mesmo bioma existam significativas diferenças quanto a condições do solo, do clima e da interferência humana, por exemplo, a regionalização adotada já demarca diferenças geomorfológicas e questões regulatórias importantes para a análise¹². Nestes termos, o BLUME possui 48 regiões construídas de acordo com os seis biomas brasileiros a saber, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado, Pampa, Pantanal e Amazônia e os 27 estados da federação, conforme o mapa da Figura 3. Essa regionalização é uma das principais contribuições metodológicas dessa tese visto a carência de modelos EGC ambientais com tal nível de desagregação regional.

¹² Uma desagregação considerando questões geomorfológicas mais específicas demandaria dados pedológico e climáticos georreferenciados, dificultando a compatibilização com dados econômicos cujo o menor nível de desagregação é municipal.



Biomos Brasil
 ■ Amazônia
 ■ Caatinga
 ■ Cerrado
 ■ Mata Atlântica
 ■ Pampa
 ■ Pantanal

Figura 3: Regiões do modelo BLUME
 Fonte: Elaboração própria

Região	Estado
1	AC_Amazonia Acre
2	AL_Caatinga Alagoas
3	AL_Mata Atlant. Alagoas
4	AM_Amazonia Amazonas
5	AP_Amazonia Amapá
6	BA_Caatinga Bahia
7	BA_Cerrado Bahia
8	BA_Mata Atlant. Bahia
9	CE_Caatinga Ceará
10	DF_Cerrado Distrito Federal
11	ES_Mata Atlant. Espírito Santo
12	GO_Cerrado Goiás
13	GO_Mata Atlant. Goiás
14	MA_Amazonia Maranhão
15	MA_Caatinga Maranhão
16	MA_Cerrado Maranhão
17	MG_Caatinga Minas Gerais
18	MG_Cerrado Minas Gerais
19	MG_Mata Atlant. Minas Gerais
20	MS_Cerrado Mato Grosso do Sul
21	MS_Mata Atlant. Mato Grosso do Sul
22	MS_Pantanal Mato Grosso do Sul
23	MT_Amazonia Mato Grosso
24	MT_Cerrado Mato Grosso
25	MT_Pantanal Mato Grosso
26	PA_Amazonia Pará
27	PB_Caatinga Paraíba
28	PB_Mata Atlant. Paraíba
29	PE_Caatinga Pernambuco
30	PE_Mata Atlant. Pernambuco
31	PI_Caatinga Piauí
32	PI_Cerrado Piauí
33	PR_Cerrado Paraná
34	PR_Mata Atlant. Paraná
35	RJ_Mata Atlant. Rio de Janeiro
36	RN_Caatinga Rio Grande do Norte
37	RN_Mata Atlant. Rio Grande do Norte
38	RO_Amazonia Rondônia
39	RR_Amazonia Roraima
40	RS_Mata Atlant. Rio Grande do Sul
41	RS_Pampa Rio Grande do Sul
42	SC_Mata Atlant. Santa Catarina
43	SE_Caatinga Sergipe
44	SE_Mata Atlant. Sergipe
45	SP_Cerrado São Paulo
46	SP_Mata Atlant. São Paulo
47	TO_Amazonia Tocantins
48	TO_Cerrado Tocantins

A desagregação setorial da base de dados do modelo priorizou os setores agropecuários, que são diretamente relacionados e impactados por políticas de mudanças diretas e indiretas do uso do solo. Dessa forma, o BLUME possui em sua estrutura 52 setores, sendo 14 constituídos por atividades Agrícolas, 7 por atividades da Pecuária e 2 relacionados a Silvicultura e Extração Vegetal como reportado no Quadro 1.

Setores	
1 Arroz	27 Carne Suíno
2 Trigo e outros cereais	28 Carne Aves
3 Milho em grão	29 Pesca Industrial
4 Algodão e outras fibras	30 Leite Resfriado/Pasteurizado
5 Cana de açúcar	31 Outros Laticínios
6 Soja em grão	32 Rações Animais
7 Mandioca	33 Alimentos e Bebidas
8 Fumo em Folha	34 Vestuário e Têxteis
9 Frutas Cítricas	35 Calçado e Couro
10 Feijão em Grão	36 Produto de Madeira
11 Outros Temporária	37 Celulose
12 Laranja	38 Indústria Diversa
13 Café em grão	39 Etanol e Biocombustível
14 Outros Permanente	40 Produto Químico
15 Bovinos	41 Adubo e Fertilizante
16 Outros Animais	42 Defensivo Agrícola e Desinfetante
17 Leite de Vaca	43 Eletrônicos
18 Leite de Outros Animais	44 Maquinas e Equipamentos Automotivos
19 Suínos	45 Serviços
20 Aves	46 Eletricidade, Gás e Outros
21 Ovos	47 Construção
22 Silvicultura	48 Comércio, Atacado e Varejo
23 Extração Vegetal	49 Transporte de Carga
24 Pesca Agrícola	50 Transporte de Outros
25 Indústria Extrativa	51 Instituição Financeira e Seguro
26 Carne Bovina e Outros Animais	52 Setor Publico

Quadro 1: Setores da Base de Dados do Modelo BLUME

Fonte: Elaboração própria com base nos setores do modelo BLUME

3.3 Estrutura Básica do Modelo BLUME

3.3.1 Base de Dados

A descrição e a dimensão dos dados utilizados no modelo BLUME são apresentadas no Quadro 2. As dimensões das matrizes são indicadas por índices (c , s , i , m , etc.) e os conjuntos DST, ORG e PRD são os mesmos, apenas nomeados de acordo com o contexto de sua utilização.

Índice	Conjunto	Descrição	Tamanho
<i>s</i>	SRC	Fonte doméstica ou importada (dom,imp)	2
<i>c</i>	COM	Commodities	30
<i>m</i>	MAR	Commodities de margem (comércio e transporte)	2
<i>i</i>	IND	Indústrias	30
<i>d</i>	DST	Regiões de destino	36
<i>r</i>	ORG	Regiões de origem	36
<i>p</i>	PRD	Regiões de margem de produção	36
<i>f</i>	FINDEM	Demanda final (famílias, investimento, governo, exportações)	4
<i>u</i>	USER	Usuários = IND + FINDEM	34

Quadro 2: Principais Conjuntos do Modelo BLUME

Fonte: Elaboração própria com base em Horridge (2012).

A base de dados do modelo BLUME segue a estrutura representada pela Figura 6. Os retângulos indicam as matrizes de fluxos, as matrizes principais são apresentadas em negrito e as outras matrizes podem ser calculadas dessas duas. As matrizes na Figura 4 mostram o valor dos fluxos de acordo com três métodos:

- a) Preço básico, que corresponde aos preços de produção para bens produzidos no país ou preços CIF para importados (incluindo custos, seguros e fretes);
- b) Preço de venda, que são os preços básicos acrescidos das margens;
- c) Preço de compra, que são os preços de venda somados aos impostos.

Esta diferenciação de valores permite ao modelo capturar o efeito das margens de transporte por fluxo e região de produção das margens.

Assim como em Carvalho (2014), Sessa (2018) e Tanure (2020), são considerados quatro demandantes finais em cada região do modelo: a família representativa (HOU); a formação de capital (INV); a demanda do governo (GOV), correspondendo às esferas federal, estadual e municipal; e a demanda por exportações (EXP).

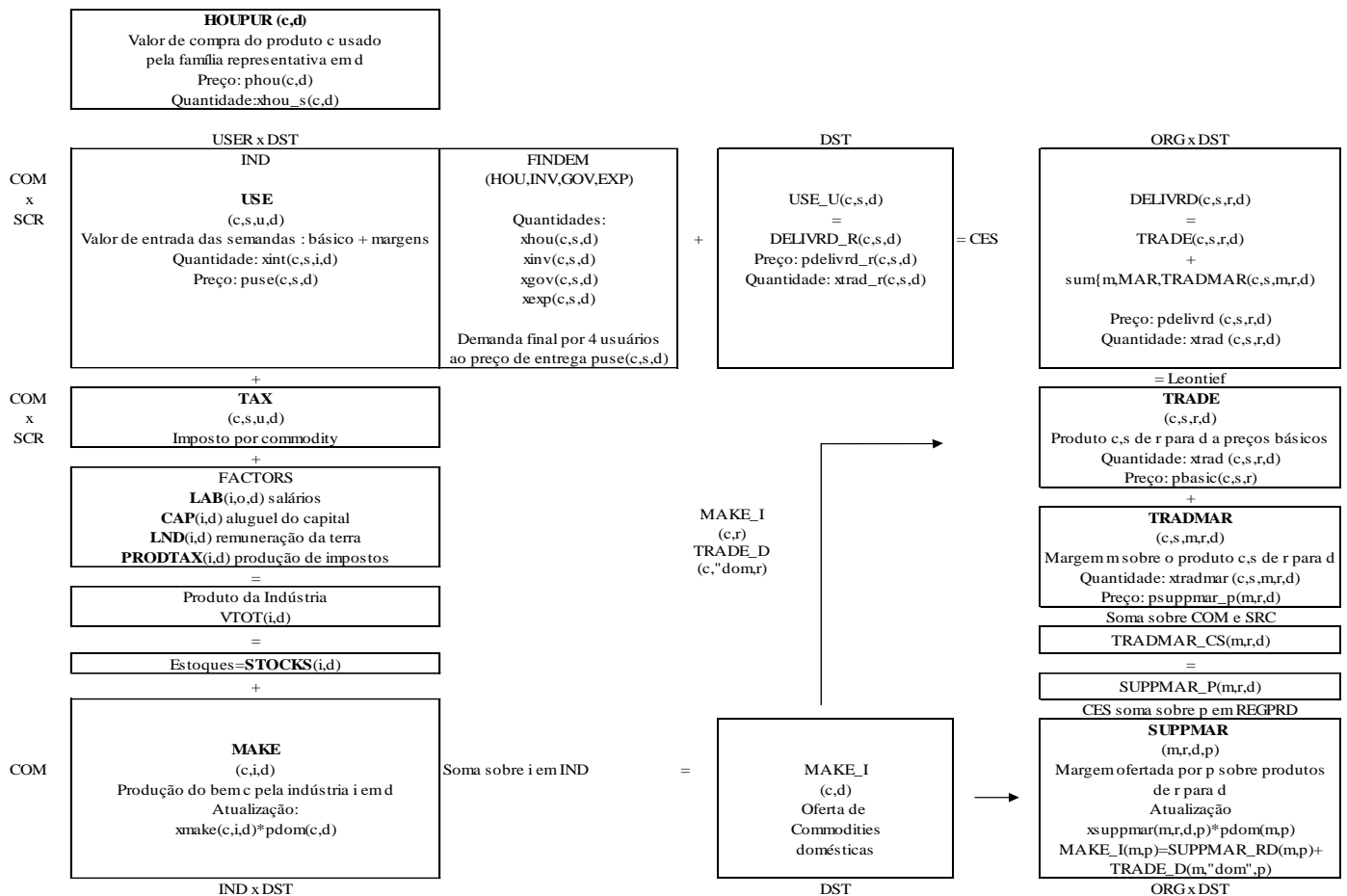


Figura 4: Base de Dados do BLUME

Fonte: Elaboração própria com base em Horridge (2012).

Na matriz USE, os valores são mensurados a preços de venda, admitindo a possibilidade de que os bens sejam reexportados. USE representa as relações de uso dos produtos (domésticos e importados) para 56 usuários em cada uma das 48 regiões: 52 setores e 4 demandantes finais (famílias, investimento, exportações, governo). A matriz TAX apresenta a receita de impostos por produto, contendo elementos correspondentes aos da matriz USE.

Essas duas matrizes (USE e TAX), somadas às matrizes de custos dos fatores primários e impostos sobre a produção, formam os custos de produção (ou valor do produto) de cada indústria regional. Contabilmente, o valor do produto de cada indústria regional também equivale à soma dos estoques com o valor da produção de cada produto por cada indústria em cada região (MAKE). Embora a produção de diferentes bens por diferentes setores seja possível, o modelo será utilizado com a correspondência de que cada setor produz apenas um bem, assim a matriz MAKE se torna quadrada e diagonal em cada região. O subproduto da MAKE, MAKE_I, mostra a produção total de cada

produto em cada região de destino. Toda essa estrutura é semelhante às bases de dados convencionais de insumo-produto para cada região.

O restante da estrutura representa o mecanismo de oferta regional. A origem regional dos bens é informada pela matriz TRADE, que representa o fluxo de comércio entre as regiões para cada um dos 52 produtos do modelo, nas duas origens (doméstica e importada). A diagonal dessa matriz mostra o valor do uso local que é ofertado localmente. No caso dos produtos importados, a origem regional é o porto de entrada no país. E a matriz IMPORT relaciona as importações totais por cada porto, sendo, simplesmente, uma agregação da parcela de importações da matriz TRADE. A matriz TRADMAR apresenta o valor da margem necessária para realização dos fluxos comerciais de cada elemento da matriz TRADE, porém sem qualquer inferência sobre onde o fluxo de margem é produzido. A soma das matrizes TRADE e TRADMAR dá origem ao preço de “entrega” de todos os fluxos de produtos (DELIVRD).

A origem das margens é apresentada na matriz SUPPMAR, sem distinção dos produtos ou sua origem, doméstica ou importada, de forma que o uso total das margens para comercializar ou transportar qualquer produto de uma região para outra segue a mesma proporção. A soma das margens regionais forma a matriz SUPPMAR_P, que possui o mesmo valor que TRADMAR_CS, derivada da matriz TRADMAR a partir das margens dos produtos domésticos e importados. Nessa estrutura, TRADMAR_CS é uma agregação de SUPPMAR a partir de uma função CES (elasticidade de substituição constante) e, com isso, as margens para um determinado produto em uma determinada rota são estabelecidas de acordo com o preço daquela margem nas diversas regiões.

No modelo, todos os usuários de um determinado bem em uma região possuem o mesmo mix de origem, adotando-se a substituição de Armington, em que a matriz DELIVRD_R é um composto CES da matriz DELIVRD. A existência de equilíbrio depende de que a soma de USE (USE_U) seja igual à soma de DELIVRD (DELIVRD_R).

A compatibilidade entre oferta e demanda de bens domésticos ocorre entre a matriz MAKE_I e as matrizes TRADE e SUPPMAR. No caso dos produtos que não são margens, os elementos domésticos contidos na matriz TRADEM são somados aos elementos correspondentes na matriz MAKE_I de oferta de commodities. E no caso dos bens de margens, são considerados os requerimentos de margem da matriz SUPPMAR_RD e a demanda direta apresentada na matriz TRADE_D. Os investimentos são divididos de acordo com a indústria de destino ou ponto de entrada de importações na matriz INVEST.

3.3.2 Método de regionalização e dados secundários

O processo de regionalização é uma das etapas mais importantes no desenvolvimento dos modelos EGC regionais, e que requerem maior tempo de dedicação na construção do banco de dados. O BLUME é construído e regionalizado a partir da base de dados do modelo nacional BRIDGE (*Brazilian Recursive Dynamic General Equilibrium Model*) (DOMINGUES et al, 2010), que por sua vez parte de elementos da especificação dos modelos MONASH e ORANI (DIXON e RIMMER, 1998; DIXON et al, 1982). O processo de regionalização compartilha dos procedimentos utilizados em Campos (2021).

O BRIDGE está configurado para o ano de 2015, de acordo com a classificação setorial e de produtos da matriz insumo-produto do IBGE: 127 setores/produtos, cinco componentes da demanda final (consumo das famílias, consumo do governo, investimento, exportações e estoques), dois elementos de fatores primários (capital e trabalho), dois setores de margens (comércio e transportes), importações por produto para cada um dos 127 setores e cinco componentes da demanda final, um agregado de impostos indiretos e um agregado de impostos sobre a produção. A partir dos dados do modelo nacional e de diversos dados de participações regionais nos indicadores macroeconômicos (PIB, investimento, consumo das famílias, gastos do governo, importações, exportações), a regionalização é realizada. O processo de construção da base de dados segue na Figura 5.

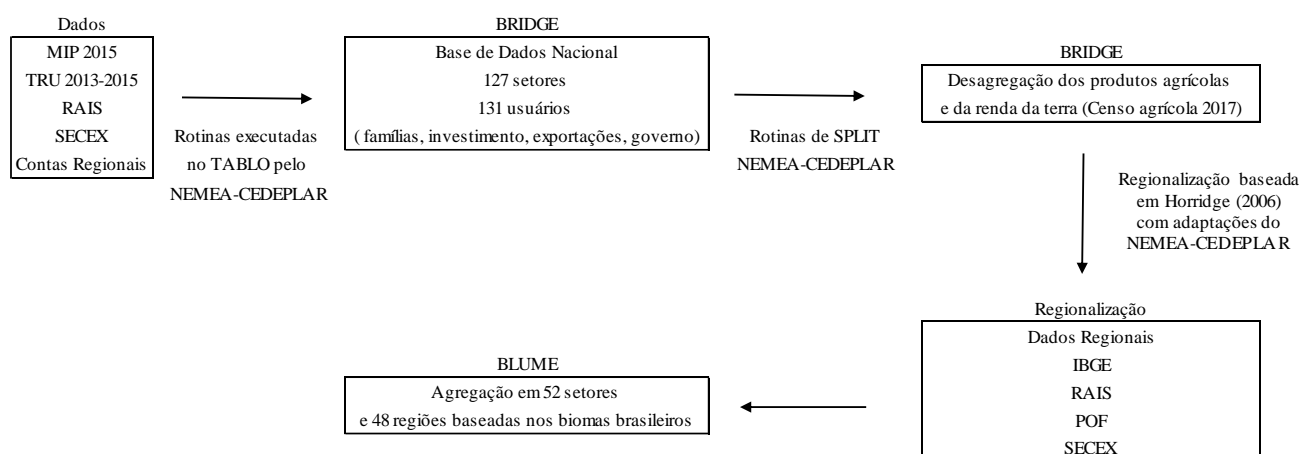


Figura 5: Construção da base de dados

Fonte: Elaboração própria

O primeiro passo para a regionalização consistiu em classificar os 5570 municípios brasileiros de acordo com seus biomas predominantes. A partir dessa classificação foi possível agregar cada município dentro da sua unidade da federação, resultando em 48 regiões diferenciadas por biomas e estados, conforme o mapa da Figura 5.

O passo seguinte consistiu na coleta e tratamento de diversos dados municipais para a construção das participações (*shares*) das regiões sobre a produção setorial e os componentes da demanda final. Esse procedimento de regionalização prepara a base de dados de um modelo EGC multirregional *bottom-up* e é construído a partir de dados de participação (*shares*) é baseado no procedimento desenvolvido em Horridge (2006) e adaptado para o caso brasileiro. O procedimento de regionalização resultou em uma base de dados com 52 setores e 48 regiões. Para a regionalização, é necessário construir os seguintes *shares* regionais da produção setorial e dos componentes da demanda final (Quadro 3).

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

Quadro 3: *Shares* Regionais para o Procedimento de Regionalização

Fonte: Elaboração própria

Para a criação da variável R001, que é a participação regional na produção por setor, são utilizados os dados do valor de produção do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017) e massa salarial da RAIS, por município brasileiro. Os dados do valor da produção municipal foram agregados de acordo com as regiões do modelo e divididos pelo valor total produzido pelo setor. Por exemplo, pegou-se o valor total da produção de arroz na região AC_Amazônia e dividiu-se pelo valor total da produção de arroz em todo Brasil, no ano de 2017. Dessa forma, encontrou-se o *share* da produção de arroz na região AC_Amazônia. Para alguns setores não existem dados municipais de valor da produção, nesses casos utilizou-se a massa salarial (soma dos salários de todos empregados) desse setor por município. Por exemplo, somou-se a massa salarial do setor de edificações na

região AC_Amazônia e dividiu-se pela massa salarial do setor em todo Brasil, resultando no *share* de produção para edificações na região AC_Amazônia.

Para elaboração da participação regional do consumo das famílias (R003), foram utilizados os dados de despesas da POF, classificados de acordo com o Sistema de Contas Nacionais. Nos microdados da POF encontram-se as contas de despesas de cada unidade de consumo (famílias), divididas basicamente em despesas correntes, aumento do ativo e diminuição do passivo. Por meio do software STATA, os dados foram processados e amostras representativas foram extraídas para os conjuntos de despesas e municípios. Com o auxílio do tradutor, os dados foram compatibilizados com os setores e regiões do modelo. No caso dos setores com consumo igual a zero, atribui-se a participação média de cada UF no consumo, ou seja, a média de cada coluna da matriz.

O R004, das exportações, foi obtido com base nas informações do sistema ComexStat (antigo AliceWeb) da SECEX do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). A consulta foi realizada por Unidade da Receita Federal (URF) e por Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), de maneira a identificar a região de saída dos produtos. Em ambos os casos, tradutores foram necessários para compatibilizar as bases de dados. Nos casos dos setores em que não há exportação, especialmente os relacionados aos serviços, utilizou-se a participação média da respectiva região para a construção do *share*.

Como não há dados disponíveis sobre as participações do investimento (R002) e da variação de estoque (R006) e não há um consenso na literatura sobre qual a melhor proxy, ambas seguiram as participações regionais da produção (CARVALHO, 2014). Por fim, o R005 foi calculado seguindo a participação do PIB da Administração Pública no PIB total dos municípios (IBGE) para todos os setores. Vale destacar que todas as matrizes de participações (*shares*) acima descritas devem somar o valor um na unidade na linha. Além dos *shares*, foram utilizados dados adicionais no processo de regionalização (Quadro 4).

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

Quadro 4: Dados Adicionais para o Procedimento de Regionalização

Fonte: Elaboração própria

Os dados de participações das importações por porto de entrada foram extraídos do sistema ComexStat – SECEX e agregados de acordo com os setores e regiões do modelo. Os dados de população foram retirados do IBGE. Para a construção da matriz de distância utilizou-se o procedimento adotado por CARVALHO *et al.* (2016) que calcula a menor distância de percurso (km) de acordo com o Google Maps.

A matriz de distâncias é utilizada em uma abordagem gravitacional para a estimação da matriz de fluxos de comércio inter-regionais, já que não existem informações disponíveis. A principal hipótese da abordagem gravitacional é que o comércio inter-regional é uma função que depende da distância entre as regiões e da interação originada pelo tamanho de suas economias. Após a criação da matriz de comércio é utilizado o procedimento de ajuste bi proporcional (RAS) que mantém as identidades contábeis entre demanda e oferta do modelo (CARVALHO, 2014).

Por sua vez, as margens de comércio e transporte foram distribuídas de acordo com os fluxos básicos da economia nacional e a distância média entre as regiões. Como os estoques foram removidos, as matrizes MAKE regionais seguem a MAKE nacional sem estoques. Os fluxos básicos (BASIC) e as margens (MARGIN) são arranjados em uma única matriz de usos (USE), assumindo que a razão de fluxos básicos sobre a margem (BASIC/MARGIN) é constante para todos os usuários de uma dada região. Neste ponto, é possível fazer uma projeção inicial da oferta e da demanda regional de cada produto por fonte e região, $S_{c,s,r}$ e $D_{c,s,r}$, respectivamente, de tal forma que a diferença entre os dois componentes é acomodada no comércio inter-regional. Assim, tem-se que:

$$S_{c,dom,r} = M_{I_{c,r}} \quad (1)$$

$$M_{I_{c,r}} = \sum_i M_{c,i,r} \quad (2)$$

$$M_{c,i,r} = RP_{i,r} \cdot NM_{c,i} \quad (3)$$

$$S_{c,imp,r} = IMP_{c,r} \quad (4)$$

$$IMP_{c,r} = SM_{c,r} \cdot NIMP_c \quad (5)$$

Em que a oferta doméstica é igual a $M_{I_{c,r}}$, matriz de produção doméstica MAKE, somada por setor, $\sum_i M_{c,i,r} \cdot NM_{c,i}$ é a matriz MAKE da base de dados nacional. Já a oferta de importados é igual a $IMP_{c,r}$, importações por porto de entrada. $NIMP_c$ representa o vetor de importações da base de dados nacional e $SM_{c,r}$ é a participação das importações por porto de entrada. Desse modo, a oferta doméstica total por região, $M_{c,i,r}$, é a matriz MAKE nacional multiplicada pela matriz de participação regional na produção por setor e região.

$$D_{c,s,r} = B_{U_{c,s,r}} \quad (6)$$

$$B_{U_{c,s,r}} = \sum_u B_{c,s,r,u,r} \quad (7)$$

$$B_{c,s,u,r} = NB_{c,s,u} \cdot SU_{c,s,u,r} \quad (8)$$

Em que $NB_{c,s,u}$ é a matriz BASIC da base de dados nacional e $SU_{c,s,u,r} = RU_{u,r}$ é o total das participações regionais por usuário ($SU_{c,s,hou,r} = RF_{c,r}$, $SU_{c,s,gov,r} = RG_{u,r}$ e $SU_{c,s,exp,r} = RX_{u,r}$). Ou seja, a demanda por região é a matriz BASIC nacional multiplicada pela participação regional da produção para todos os usuários

3.3.3 Matriz de Fluxo de Comércio

O próximo passo foi construir a matriz de fluxo de comércio TRADE. Para cada produto, doméstico ou importado, a TRADE apresenta uma submatriz 52 x 52, na qual as linhas correspondem à região de origem e as colunas correspondem à região de uso. Os elementos da diagonal mostram a produção da região que é consumida localmente. O valor total das linhas (oferta por produto e região) é igual ao valor total das colunas (demanda por produto e região) destas submatrizes. Foi utilizado o método gravitacional

para construir matrizes de comércio consistentes com os totais de linhas e colunas pré-determinadas.

No início do procedimento, somente os somatórios das linhas e colunas da matriz TRADE (demanda e oferta total de comércio) são conhecidos. Desse modo, para cada bem com origem doméstica ou importada, tem-se formalmente que:

$$Oferta_{c,s,r} = \text{total de } c, s \text{ ofertado em } r = \sum_r TRADE_{c,s,r,d} \quad (9)$$

$$Demanda_{c,s,r} = \text{total de } c, s \text{ usado em } d = \sum_d TRADE_{c,s,r,d} \quad (10)$$

em que S_r é a oferta total da região r igual a $\sum_r T_r$, que representa o somatório da matriz de comércio (linha) na região de origem r . D_d é a demanda total da região d (coluna) que é igual a $\sum_d T_d$, que representa o somatório da matriz de comércio na região de destino d .

Por conseguinte, faz-se necessário conhecer a participação de cada produto c em cada destino d , com origem na região r . Assim, a matriz de comércio inter-regional TRADE, foi criada por meio de uma série de fórmulas envolvendo os dados da matriz de distância e a abordagem gravitacional. Para um determinado produto, doméstico ou importado, a fórmula gravitacional pode ser escrita como:

$$V_{r,d} = \lambda_r \cdot \frac{\mu_d \cdot S_r}{(D_{r,d})^2} \text{ com } r \neq d \quad (11)$$

Onde $V_{r,d}$ representa o fluxo de r para d (correspondente à matriz TRADE), S_r é a oferta total na região r e $D_{r,d}$ é a distância da região r para d . λ_r e μ_d são obtidas para satisfazer:

$$\sum_r V_{r,d} = V_{*,d} \text{ e } \sum_d V_{r,d} = V_{r,*} \quad (12)$$

A soma do fluxo (na coluna) da região r para a região d , seja igual a demanda total da região d e que a soma do fluxo (na linha) da região r para a região d seja igual a oferta total da região r .

Porém, utilizando apenas esse cálculo, os fluxos de comércio podem ser superestimados, em especial quando uma região pequena está rodeada por regiões maiores. Se isso acontece, a distância na fórmula (11), $D_{r,d}$, entre a região pequena e a região maior será um valor pequeno, aumentando muito o coeficiente de fluxo de

comércio, $V_{r,d}$. Para corrigir esse erro é necessário estimar a proporção da demanda satisfeita pelo mercado local, $V_{d,d}$:

$$V_{d,d} = \text{MIN} \cdot \frac{[1 \cdot V_{d,*}]}{V_{*,d}} \cdot [1 - (0,2^k)] \quad (13)$$

Em que $V_{d,d}$ é a proporção do fluxo consumido localmente que é a demanda local em d satisfeita com a produção local, representada por $\text{MIN} \cdot \frac{[1 \cdot V_{d,*}]}{V_{*,d}}$. E k é o fator de distância da fórmula gravitacional, que pode assumir valores 1 e 2, sendo 2 para os bens difíceis de transportar. Produtos do comércio ou administração pública, por exemplo, não se deslocam entre regiões e assumem valor 2 (HORRIDGE, 2006).

Desta forma, assume-se, de acordo com a fórmula (13) que se a oferta local é suficiente para suprir a demanda local, ou seja, se $\frac{V_{d,*}}{V_{*,d}} \geq 1$, pelo menos 80% da demanda será suprida localmente. Para os demais elementos de $V_{r,d}$ com $\frac{V_{d,*}}{V_{*,d}} < 1$, assume-se:

$$V_{r,d} = \frac{S_r^{0,5}}{(D_{r,d})^k} \cdot \delta_d \cdot \lambda_r \quad (14)$$

Em que $\delta_d = 0,1$, representando a participação regional padrão para regiões em que a razão entre a oferta local sobre a demanda local de um produto é menor do que um, $\frac{V_{d,*}}{V_{*,d}} < 1$, ou seja, a oferta local não é suficiente para atender a demanda local. $\delta_d = 1$, se a oferta local é igual ou maior que a demanda local, ou seja, $\frac{V_{d,*}}{V_{*,d}} \geq 1$.

As estimativas iniciais de $V_{r,d}$ foram então escalonadas utilizando o procedimento RAS, para escalonar linhas e colunas. O método RAS é um procedimento iterativo que ajusta os valores das linhas e colunas de uma matriz proporcionalmente ao total das mesmas, e desse modo, encontra um novo conjunto de valores para as células a partir dos valores pré-existentes, de forma a tornar consistente a soma das colunas e linhas com os respectivos valores totais das mesmas.

Os custos de transporte como participação dos fluxos de comércio foram definidos de acordo com a distância:

$$\frac{T_{r,d}}{V_{r,d}} \cdot \alpha \sqrt{D_{r,d}} \quad (15)$$

Onde $T_{r,d}$ corresponde à matriz TRADMAR na Figura 2. Todas essas estimativas foram feitas com a base de dados completamente desagregada. Em muitos casos, o fluxo de comércio igual a zero pode ser conhecido *a priori*. Assim, quanto maior o nível de desagregação setorial, menor a margem de erro decorrente das hipóteses do método gravitacional.

Resumidamente, o principal objetivo do procedimento é fazer com que os fluxos de comércio satisfaçam as condições de equilíbrio e preservem as seguintes restrições contábeis:

- i. a soma da matriz de comércio $TRADE_{c,s,r,d}$ deve ser igual a soma dos fluxos básicos para todos os usuários $BASIC_U_{c,s,r}$

$$BASIC_U_{c,s,r} = \sum_r TRADE_{c,s,r,d} \quad (16)$$

- ii. a soma das margens sobre a matriz de comércio $TRADEMAR_{c,s,r,d}$ deve ser igual ao total de margens para todos os usuários $MARGINS_U_{c,s,m,d}$;

$$MARGINS_U_{c,s,m,d} = \sum_r TRADEMAR_{c,s,m,r,d} \quad (17)$$

- iii. a soma da matriz de comércio de importados $TRADEMAR_{c,imp,r,d}$ deve ser igual ao total de importações por porto de entrada $IMPORT_{c,r}$;

$$IMPORT_{c,r} = \sum_d TRADEMAR_{c,imp,r,d} \quad (18)$$

- iv. a soma da matriz de comércio doméstica sobre as regiões de destino $TRADE_{c,dom,r,d}$ deve ser adicionada a oferta doméstica ($MAKE_I$);

$$MAKE_I_{s,r} = \sum_d TRADE_{c,dom,r,d} \text{ bens sem margem} \quad (19)$$

$$MAKE_I_{m,r} = \sum_d TRADE_{m,dom,r,d} + \sum_d SUPPMAR_{m,rr,d,r} + \text{bens com margem} \quad (20)$$

- v. A soma da oferta de margens, $SUPPMAR_{m,r,d,p}$, deve ser a soma das margens na matriz de comércio ($TRADMAR_{CS}$);

$$TRADMAR_{CS_{m,r,d}} = \sum_c \sum_s TRADMAR_{c,s,r,m,d} \quad (21)$$

$$TRADMAR_{CS_{m,r,d}} = \sum_p SUPPMAR_{m,r,d,p} \quad (22)$$

Para que as cinco condições pudessem ser atendidas, foram utilizados dois métodos complementares de ajuste: o TRDRAS e o RASLIN. O método RAS que, como mencionado anteriormente, escalona uma linha ou uma coluna a cada etapa. No método RASLIN, todas as células são escalonadas ao mesmo tempo, requerendo a solução de um sistema linear. enquanto no segundo todas as células são escalonadas simultaneamente. A fim de suprir as deficiências de cada um dos métodos, isto é, os erros decorrentes do processo de escalonamento das matrizes, estes são aplicados em três estágios, obedecendo a seguinte sequência: RAS-RASLIN-RAS (CARVALHO, 2014). Ao final do ajuste das matrizes, o procedimento faz uma checagem dos dados com o objetivo de observar se os erros foram minimizados. Em seguida, as matrizes de insumo-produto e de comércio são compiladas em um mesmo arquivo. Feito isso, os dados são finalmente exportados para o formato necessário da base de dados do modelo BLUME.

3.4 Estrutura Teórica do Modelo BLUME

A estrutura central do modelo é composta por blocos de equações que determinam relações de oferta e demanda, derivadas de hipóteses de otimização, e condições de equilíbrio de mercado. Além disso, vários agregados nacionais são definidos nesse bloco, como nível de emprego agregado, saldo comercial e índices de preços. As equações predominantemente não lineares, organizadas em blocos, que, uma vez descritas sob formas linearizadas, originam soluções baseadas em taxas de crescimento. Para tanto, esta seção tem por objetivo apresentar os principais blocos de equações do modelo: i) módulo de uso da terra; ii) módulo de emissões iii) estrutura da tecnologia de produção; iv) custos de produção; v) demanda por investimento; vi) estrutura da composição de demanda; vii) demanda das famílias; viii) demanda por exportações; viv) demanda do governo; x) demanda por estoques; xi) demanda por importações; xii) margens, impostos indiretos, preços básicos e preços de compra; e outras especificações. A apresentação do modelo e

suas equações são semelhantes às de outros modelos de EGC como em Carvalho (2014), Sessa (2018) e Tanure (2020)

3.4.1 O Módulo de uso da terra

Um dos diferenciais do BLUME é a incorporação de módulos integrados de uso da terra e emissões, permitindo capturar as mudanças diretas e indiretas do uso da terra (LUC e ILUC) e as emissões provenientes não somente desse processo de transição, mas também de outras fontes de emissões como o uso de combustíveis fósseis e processos industriais.

A construção do módulo de uso da terra seguiu a estrutura teórica do modelo REGIA (CARVALHO, 2014) cuja terra é considerada um dos fatores primários, assim como o capital e o trabalho. O fator primário terra é utilizada na produção dos setores agrícolas, silvicultura e pecuária e o seu uso é modelado separadamente para cada uma das regiões, mantendo fixa a área total.

Considerou-se quatro tipos de uso da terra, a saber “Lavoura”, “Pastagem”, “Floresta Plantada” e “Floresta Natural e Demais Usos”, em cada um atribuiu-se uma produção setorial distinta. As áreas de lavoura são utilizadas na produção dos 14 primeiros setores do modelo, que são estritamente agrícolas. Nas áreas de pastagem atribui-se a produção dos 5 setores pecuários do modelo (15º ao 19º, vide Quadro 5). As áreas de floresta plantada são utilizadas pelos setores de silvicultura (22º) e extração vegetal (23º). Por fim, restou as áreas de “Floresta Natural e Demais Usos” (lagos, cidades, estradas e etc), estas não são associadas a nenhuma produção setorial.

Usos da terra	
Lavoura	Pastagem
1 Arroz	15 Bovinos
2 Trigo e outros cereais	16 Outros Animais
3 Milho em grão	17 Leite de Vaca
4 Algodão e outras fibras	18 Leite de Outros Animais
5 Cana de açúcar	19 Suínos
6 Soja em grão	
7 Mandioca	Floresta Plantada
8 Fumo em Folha	22 Silvicultura
9 Frutas Cítricas	23 Extração Vegetal
10 Feijão em Grão	
11 Outros Temporária	
12 Laranja	
13 Café em grão	
14 Outros Permanente	

Quadro 5: Associação dos setores do modelo BLUME e os diferentes usos do solo

Fonte: Elaboração própria baseada no modelo BLUME

É esperado que as áreas de Demais Usos mudem mais lentamente do que as Florestas Naturais e, portanto, uma variação na categoria de uso da terra “Floresta Natural e Demais Usos” pode ser considerada uma proxy do avanço do desmatamento causado pela expansão da agricultura ou pecuária. Assim como no modelo REGIA (CARVALHO, 2016), no BLUME o processo de terra é guiado por dois níveis de substituição, conforme Figura 6 abaixo.

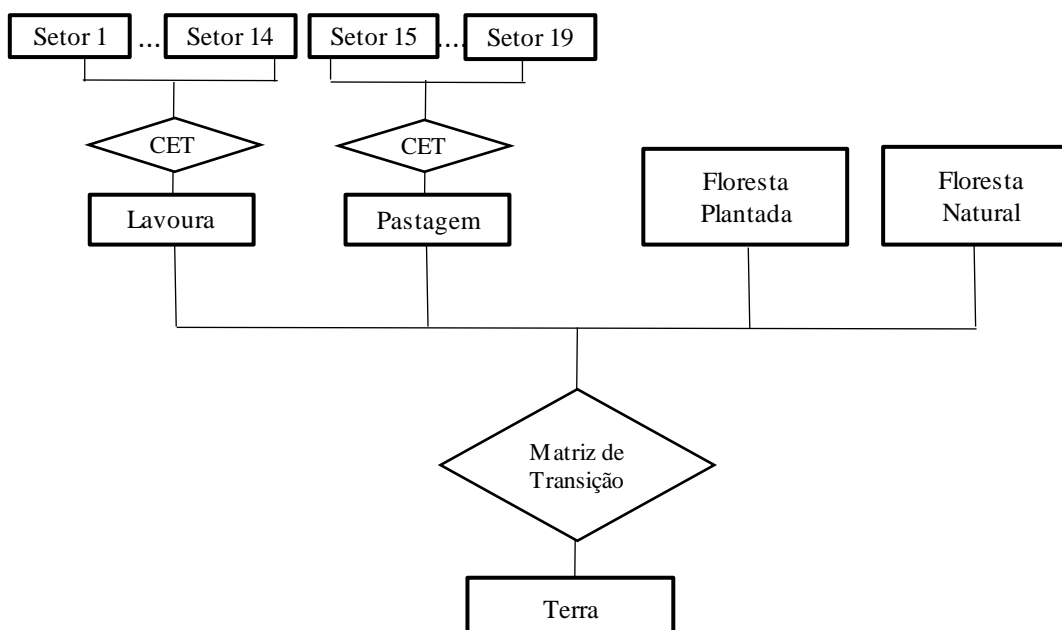


Figura 6: Alocação do fator terra no modelo BLUME

Fonte: Elaboração própria com base em Carvalho (2014).

No primeiro nível, as terras agrícolas e as pastagens podem ser alocadas entre diferentes setores agrícolas de acordo com a diferença de remuneração¹³. Assim, a demanda por terras responde às mudanças na remuneração da terra de cada setor. Neste nível, cada uso da terra (Lavoura, Pastagem e Floresta Plantada) é distribuído no ano t de acordo com uma função CET (elasticidade constante de transformação) entre diferentes produtos para cada região:

$$x_{ir} = x_r + a_{lnd}(p_{ir} - p_r) \quad (23)$$

onde x_{ir} é a mudança percentual da demanda por terra alocada para o setor i na região r . Já x_r é a variação percentual do insumo total terra (Lavoura, Pastagem e Floresta Plantada) na região r . O p_{ir} é a mudança percentual na remuneração da terra para o setor i na região r , e p_r é a remuneração média da terra para todos os setores na região r . Assim, se em determinada região a remuneração da terra do setor i é superior à remuneração média da terra na região ($p_{ir} - p_r > 0$) então ocorrerá uma mudança positiva de terra em direção ao setor i .

Dessa forma, a variação total na demanda por cada uso de terra em cada região é dada por $x_r = \sum_k S_k x_k$, usando a distribuição de remuneração, S_k , com k representando os diversos usos da terra (Lavoura, Pastagem e Floresta Plantada). Porém, deve-se adotar um limite físico da área total da região r , que será $\sum_k H_k x_k = 0$, usando a distribuição de hectares, H_k . Assim, para manter a área total constante, utiliza-se uma variável física em hectares, n_{kr} , para cada uso da terra e por região r , computada por:

$$n_{kr} = x_{kr} + \mu \quad (24)$$

μ é calculado tal que $\sum_k H_k n_k = 0$, garantindo que a oferta física total de terra seja fixa.

Assim, a demanda por terra, segundo os diferentes usos, é ligada à oferta de terra no modelo. A ideia é que a demanda por terra, x_{kr} , influencia o processo de conversão de terra entre os usos, isto é, o lado da oferta, n_{kr} . No modelo BLUME, isto é

¹³ A remuneração do fator terra (VILND) no modelo BLUME 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.

operacionalizado ao determinar que a variação da demanda por terra é igual a variação da oferta de terra. Este mecanismo garante o equilíbrio no mercado de terra, fixando a oferta total de terra regional disponível.

No segundo nível da Figura 6 temos a estrutura da oferta de terra segundo os diferentes usos representando o ajuste dinâmico no mercado de terra. Essa estrutura permite que o fator terra se mova entre as diferentes categorias de terra entre o ano t e o ano $t + 1$. Para isso, o processo de conversão é controlado por meio de uma matriz de transição que representa as possibilidades de conversão da terra entre o ano t e o ano $t + 1$. A matriz representa a mobilidade da terra entre os usos, indicando as possibilidades de transformação dos diferentes usos da terra.

A matriz de transição captura o fato de que terras mais produtivas são inicialmente utilizadas no processo produtivo e, ao mesmo tempo, a utilização marginal da terra que poderia ser convertida em uso produtivo é limitada. O processo econômico de conversão da terra ocorre da seguinte forma: as florestas seriam inicialmente convertidas em áreas para pasto, que após algum tempo estariam aptas para serem convertidas em áreas para lavoura (FERREIRA FILHO e HORRIDGE, 2012; CATTANEO, 2002; MACEDO et al, 2012).

Portanto, a matriz mostra que a conversão entre os usos, por exemplo, entre pasto e lavoura é mais fácil de ser realizada do que entre floresta desmatada para lavoura diretamente. Se a diferença entre a quantidade de terra empregada na produção agrícola e a área total da região é grande, então os aumentos na demanda por terra vão conduzir a uma maior conversão de terra para a utilização agrícola. Isso, por sua vez, vai levar a um aumento na remuneração da terra para compensar os custos associados a esta conversão.

A matriz de transição de uso da terra do modelo BLUME foi extraída da plataforma MapBiomas (SOUZA *et al.* 2020)¹⁴¹⁵ que fornece os dados não somente de cobertura e uso do solo dos municípios brasileiros, mas também os dados de transição anual entre os períodos de 1985 a 2019. Dessa forma, foi possível agregar as informações municipais e construir as matrizes de transição das 48 regiões do modelo BLUME. Os dados do MapBiomas possuem 4 níveis de classificação do solo. Para essa tese utilizou-

¹⁴ <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>

¹⁵ Na Coleção 5 do MapBiomas as transições de classes representam tanto mudanças efetivas de uso do solo, como também inconsistências de classificação. Portanto, as mesmas podem não ser uma representação completamente fiel das mudanças de uso da terra no período. As somas das áreas totais de cada classe da tabela de transição podem ter pequenas alterações em relação aos dados de cobertura para o mesmo ano devido ao filtro aplicado aos mapas de transição.

se o nível 2 de classificação que condiz com as classes do IV Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas dos Gases do Efeito Estufa. Optou-se por compatibilizar o modelo com esse nível de classificação uma vez que a matriz de emissões será construída com base nos dados do IV Inventário, o que justifica a necessidade de compatibilização das classes.

Os detalhes da compatibilização das classes encontram-se no ANEXO II. Vale destacar que a Formação Natural não Florestal, que inclui a categoria Campo no MapBiomias foi classificada como Floresta Natural e Demais Usos no modelo BLUME. De acordo com a classificação do modelo, em 2016 o Brasil possuía um total de 588 Mha de Floresta Natural e Demais Usos, dos quais 8,5% pertencia a categoria Formação Natural não Florestal (incluindo Campo) e 2,5% a Área Não Vegetada, Corpos D'água e Área não Observada. Por tanto, 89% da categoria Floresta Natural e Demais Usos é formada por Floresta Natural.

Nas Tabela 2 abaixo encontra-se a matriz de transição do uso da terra que alimenta o ano base do BLUME para o Brasil. Os totais das linhas e colunas refletem o uso de terra nos anos de 2010 e 2016 e o interior da matriz mostra a transição entre os diferentes usos do solo no período analisado. De acordo com os dados, 14,1 Mha de Pastagem foram convertidas em Lavouras entre 2010 e 2016 e 20,1 Mha de Floresta Natural se transformou em Pastagem. Observa-se ainda uma área significativa de Pastagem convertida em Floresta Natural, cerca de 12,6 Mha, o que é condizente com as políticas de reflorestamento implementadas nesse período.

Tabela 2: Matriz de Transição do Uso da Terra entre 2010 x 2016 do Brasil (Milhões de Hectares)

Brasil	Lavoura	Pastagem	Floresta Plantada	Floresta Natural e Demais Usos	Total 2010
Lavoura	54,1	6,3	0,3	3,8	64,5
Pastagem	14,1	154,7	0,8	12,6	182,2
Floresta Plantada	0,0	0,0	6,4	0,2	6,6
Floresta Natural e Demais Usos	5,9	20,1	0,9	571,9	598,7
Total 2016	74,1	181,1	8,3	588,4	852,0

Fonte: Construção própria com base nos dados municipais da plataforma MapBiomias (Souza *et al.*, 2020)

A fim de compreender melhor a dinâmica de transição de terra nos biomas brasileiros, segue abaixo na Tabela 3 as matrizes de transição dos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, os mais importantes em termos produtivos. Os biomas Amazônia e Cerrado foram os que mais converteram Floresta Natural em Pastagem entre 2010 e 2016, somando cerca de 15 Mha. Já a Mata Atlântica e o Cerrado foram os que

mais converteram Pastagem em Lavoura, 6,7 Mha e 4,5 Mha, respectivamente. O crescimento das áreas de Lavoura nesse período também é significativo no bioma Cerrado que em 2010 possuía 17,7 Mha e em 2016 aumentou para 22,9 Mha. Mais de 5 Mha passaram a ser utilizados para Lavoura nesse bioma, o que equivale a quase 268 mil estádios de futebol, como o Maracanã¹⁶.

Tabela 3: Matriz de Transição do Uso da Terra entre 2010 x 2016 dos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Milhões de Hectares)

Amazônia	Lavoura	Pastagem	Floresta Plantada	Floresta Natural e Demais Usos	Total 2010
Lavoura	2,82	0,20	0,00	0,24	3,26
Pastagem	1,99	43,55	0,01	4,60	50,15
Floresta Plantada	0,00	0,00	0,05	0,01	0,06
Floresta Natural e Demais Usos	0,49	7,56	0,03	360,91	368,98
Total 2016	5,30	51,31	0,09	365,75	422,45

Cerrado	Lavoura	Pastagem	Floresta Plantada	Floresta Natural e Demais Usos	Total 2010
Lavoura	16,42	0,95	0,05	0,27	17,69
Pastagem	4,50	51,10	0,55	4,22	60,37
Floresta Plantada	0,00	0,00	2,38	0,02	2,40
Floresta Natural e Demais Usos	1,96	7,58	0,23	107,09	116,86
Total 2016	22,88	59,64	3,21	111,59	197,33

Mata Atlântica	Lavoura	Pastagem	Floresta Plantada	Floresta Natural e Demais Usos	Total 2010
Lavoura	25,64	3,17	0,21	1,35	30,36
Pastagem	6,77	33,35	0,21	0,91	41,24
Floresta Plantada	0,04	0,01	3,57	0,07	3,70
Floresta Natural e Demais Usos	1,53	0,68	0,53	32,61	35,35
Total 2016	33,98	37,21	4,52	34,94	110,65

Fonte: Construção própria com base nos dados municipais da plataforma MapBiomias (Souza *et al.*, 2020)

A oferta de terra em cada categoria (lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural) para cada região aumenta de acordo com a taxa anual de crescimento percentual de cada uso dado pela matriz de transição.

$$N_{k,t+1} = 100 \times \Delta N_{k,(t+1,t)} / N_{k,t} \quad (25)$$

Para ajustar a matriz de transição para o próximo período, o estoque corrente de terra em t é distribuído para o próximo ano $t + 1$, usando um mecanismo CET em relação

¹⁶ O estádio de futebol Maracanã possui 186.638 m², que equivale 18,6 hectares.

a variação da remuneração da terra. As matrizes de transição poderiam ser expressas na forma de participação percentual (isto é, o total da soma das linhas igual a 1), mostrando as probabilidades que um hectare particular de terra usado para o pasto seja usado no próximo ano para a lavoura. No BLUME, essas probabilidades ou proporções são modeladas como uma função da variação da rentabilidade de cada tipo de terra, assim como no modelo REGIA (CARVALHO *et. al.* 2017):

$$S_{pkr} = \mu_{pr} \cdot L_{pkr} \cdot P_{qr}^{\beta_{lnd}} \cdot M_{kr} \quad (26)$$

ou alternativamente

$$= L_{pkr} \cdot P_{kr}^{\beta_{lnd}} \cdot M_{kr} / \sum_k L_{pkr} \cdot P_{kr}^{\beta_{lnd}} \cdot M_{kr} \quad (27)$$

Em que o subscrito r denota região. S_{pkr} é a participação da terra do tipo p que se transforma em k na região r . μ_{pr} é uma variável de ajuste para assegurar que $\sum_k S_{pkr} = 1$. L_{pkr} é uma constante de calibração que representa o valor inicial de S_{pkr} (dado pela matriz de transição). $P_{qr}^{\beta_{lnd}}$ é a remuneração unitária média do tipo de terra k . β_{lnd} é um parâmetro de sensibilidade que mede a resposta da oferta de terra em relação às variações da remuneração, cujo valor foi determinado de forma *ad-hoc*. M_{kr} é uma variável de deslocamento de valor inicial igual a 1.

Retirando o subscrito r , tem-se:

$$S_{pk} = \mu_p \cdot L_{pk} \cdot P_k^{\beta_{lnd}} \cdot M_k \quad (28)$$

Em que S_{pk} é a participação do tipo de terra p que se transforma em k . Seja $N_{k,t}$ a área de terra do tipo k no ano t . Então, a área de terra do tipo k no ano $t + 1$ será:

$$N_{k,t+1} = \sum_k S_{pk} N_{kt} \quad (29)$$

Se o preço não muda, S_{pk} também não muda. Eventualmente, alcança-se um padrão imutável de uso da terra N_k tal que:

$$N_k = \sum_k S_{pk} N_k \quad (30)$$

De qualquer modo, alcançando N_k estável provavelmente mudaria o preço da terra e assim S_{pk} , e, portanto, é difícil determinar N_k no equilíbrio. De qualquer forma, desse modo, as ofertas de terras são somadas para determinar a área total de cada tipo de terreno em cada região e ano. Além disso a matriz de transição é ajustada anualmente assim como a oferta de terras.

3.4.2 O Módulo de emissões

O modelo desenvolvido para essa tese também captura as emissões de GEE provenientes das mudanças do uso da terra e de outras fontes poluentes como o uso de combustíveis fósseis e processos industriais. Este é o principal diferencial frente aos outros modelos brasileiros. Graças a regionalização adotada, é possível controlar a heterogeneidade das emissões dos processos de transição do uso do solo, que são bastante distintas entre os biomas brasileiros. Por exemplo, a conversão de áreas florestais em pastagens, liberam mais gás carbônico na Amazônia do que no bioma Cerrado. Essa heterogeneidade é capturada no modelo. A construção do módulo de emissões seguiu, em linhas gerais, o procedimento adotado por Silva (2015) e a especificação teórica do modelo BeGreen (MAGALHÃES, 2013).

Para capturar as emissões provenientes das mudanças do uso do solo foi associado à matriz de transição da terra, matrizes de emissões. As matrizes de emissões foram construídas e regionalizadas com base nos dados do IV Inventário Nacional (MCTI, 2020)¹⁷. No relatório do setor LULUCF são apresentadas as estimativas das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros associadas ao setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF), para o período de 1990 a 2016 e para os cinco biomas brasileiros.

Para compatibilizar esses dados com as 48 regiões do modelo BLUME foi adotado uma regionalização via *shares*, ou seja, foi calculado a participação da transição de uso da terra de cada região sobre a transição do seu respectivo bioma. Essa participação foi utilizada para calcular o total de emissões dessa região. Por exemplo, na região AC_Amazônia cerca de 0,28 Mha de floresta se transformaram em pastagem entre 2010

¹⁷ Versão Consulta Pública a Especialistas publicada em maio de 2020.

e 2016. Isso corresponde a 3,7% da mesma transição em todo o bioma Amazônia. Segundo o IV Inventário Nacional (MCTI, 2020), o processo de transição de floresta em pastagem no bioma Amazônia emitiu cerca de 2.250.410 Gg de CO₂eq¹⁸ nesse período. Portanto, para a região AC_Amazônia foi atribuído 3,7% desse valor, ou seja, a região emitiu cerca de 82.769 Gg de CO₂eq.

Na Tabela 4 encontra-se as emissões líquidas provenientes da mudança do uso da terra entre os anos de 2010 e 2016, no Brasil. No período, o país emitiu 1.974.816 Gg de CO₂eq, o que equivale a 282.117 Gg de CO₂eq anual¹⁹. Observa-se que a transição de Floresta Natural em Pastagem é a maior emissora, com 3.178.506 Gg de CO₂eq, ou 454.072 Gg de CO₂eq por ano.

Tabela 4: Matriz de Emissão Líquidas da Transição do Uso da Terra entre 2010 x 2016 do Brasil (Gg de CO₂eq)

Brasil	Lavoura	Pastagem	Floresta Plantada	Floresta Natural e Demais Usos	Total 2010
Lavoura	0	13.600	-23.645	4.632	-5.414
Pastagem	277.741	16.518	-192.852	21.522	122.928
Floresta Plantada	24.386	67.235	7.864	-20.677	78.808
Floresta Natural e Demais Usos	518.014	3.178.506	66.835	-1.984.862	1.778.493
Total 2016	820.141	3.275.859	-141.798	-1.979.385	1.974.816

Fonte: Construção própria com base nos dados do IV Inventário Nacional (MCTI, 2020),

Na Tabela 5 encontra-se as emissões desagregadas a nível de biomas. O Cerrado é o bioma que mais emite no período, nas quais as transformações de Floresta Natural em Pastagem e Lavoura são as principais emissoras. Já o bioma Amazônia é responsável pelas maiores emissões entre as transformações de Floresta Natural em Pastagem e é a principal removedora de CO₂ via renovação e crescimento da Floresta Natural.

¹⁹ O 4º Inventário reporta as emissões líquidas, que são a métrica adotada pelo governo federal. Nas emissões líquidas já são descontadas as remoções, então trata-se das emissões finais. Para essa tese, as emissões da mudança do uso da terra são líquidas, assim como no 4º inventário.

Tabela 5: Matriz de Emissão Líquida da Transição do Uso da Terra entre 2010 x 2016 nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Gg de CO₂eq)

Amazônia	Lavoura	Pastagem	Floresta Plantada	Floresta Natural e Demais Usos	Total 2010
Lavoura	0	-1.666	-2.347	- 444	- 4.457
Pastagem	103.902	28	-14.730	12.265	101.465
Floresta Plantada	2.195	12.370	7.864	-31.305	- 8.877
Floresta Natural e Demais Usos	157.195	2.250.410	59.787	-1.881.174	586.218
Total 2016	263.292	2.261.143	50.573	-1.900.658	674.350

Cerrado	Lavoura	Pastagem	Floresta Plantada	Floresta Natural e Demais Usos	Total 2010
Lavoura	0	-4.512	-13.984	390	-18.106
Pastagem	116.166	16.490	-118.006	3.970	18.618
Floresta Plantada	11.903	19.892	0	5.660	37.455
Floresta Natural e Demais Usos	300.477	703.688	-1.725	-65.125	937.315
Total 2016	428.545	735.557	-133.715	-55.105	975.282

Mata Atlântica	Lavoura	Pastagem	Floresta Plantada	Floresta Natural e Demais Usos	Total 2010
Lavoura	0	6.558	-5.367	745	1.936
Pastagem	33.401	0	-52.150	5.098	-13.651
Floresta Plantada	7.176	33.332	0	3.730	44.238
Floresta Natural e Demais Usos	5.415	52.502	4.250	-35.320	26.847
Total 2016	45.992	92.393	-53.267	-25.747	59.370

Fonte: Construção própria com base nos dados do IV Inventário Nacional (MCTI, 2020),

É interessante observar que a transição entre Floresta Natural e Pastagem no bioma Amazônia equivale a 2.250.410 Gg de CO₂eq e no bioma Cerrado 703.688 Gg de CO₂eq. De acordo com a Tabela 3 da seção “Módulo de uso da terra”, a transição entre essas categorias foi de 7,5 Mha tanto no bioma Amazônia quanto no Cerrado. Logo, um hectare de Floresta Natural convertido em Pastagem na Amazônia emite mais que a mesma transição no Cerrado. Essa heterogeneidade entre as regiões ocorre devido a vegetação, estocagem de carbono e características distintas do solo. Além disso, alguns processos de transição removem gás carbônico (nas Tabelas recebem sinal negativo, representando a retirada de CO₂ da atmosfera), como a transformação de qualquer categoria de uso da terra produtivo em Floresta Plantada ou as próprias transições de Florestas Naturais em Florestas Naturais. Os biomas Amazônia e Cerrado são os que mais removem CO₂ com essas alterações do uso do solo.

O modelo BLUME vai além das emissões antrópicas do uso e mudança da terra. O modelo também captura as emissões provenientes das atividades setoriais e uso de

combustíveis. Para a incorporação dessas emissões foi utilizado como referência o BeGreen (MAGALHÃES, 2013), modelo desenvolvido para a análise de políticas de redução de GEE na economia brasileira.

As emissões derivadas de combustíveis (energia) e atividade econômica (industrial e agropecuária) foram obtidas do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). O SEEG é uma iniciativa do Observatório do Clima que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil²⁰. Para essa tese optou-se por agregar as emissões das atividades industriais e agropecuárias, chamando-as somente de emissões das atividades. As três fontes emissoras consideradas no modelo BLUME, Energia, Atividade e Mudança do Uso da Terra totalizam 1.148.534 GgCO₂ eq, conforme Tabela 6. Lembrando que aqui estão representadas as emissões líquidas do setor LULUCF. Somente Energia e Atividade representam 80% das emissões, ou seja, 1.136.417 GgCO₂ eq. Dessas emissões, 95% são domésticas.

Tabela 6: Emissões de acordo com as fontes emissoras do modelo BLUME (2015) (Gg CO₂ eq)

Fontes Emissoras	Doméstico	Importado	Total
Energia	377.956	53.541	431.497
Atividade	704.918	0	704.918
LULUCF	282.117	0	282.117
Total	1.364.992	53.541	1.418.534

Fonte: Construção própria com base nos dados do SEEG

A emissão no uso de combustíveis é modelada como diretamente proporcional a seu uso, assim como as emissões de atividade em relação ao produto das indústrias relacionadas. Não há no modelo inovações tecnológicas endógenas para o caso do uso de combustíveis fósseis, que, por exemplo, permitam que a queima de carvão libere menos CO₂ por tonelada utilizada. Os setores, por outro lado, podem reduzir suas emissões pela substituição de insumos energéticos, via mudança de preços relativos.

As emissões associadas ao processo produtivo dos setores se caracterizam por não serem associadas ao uso de combustíveis fósseis, mas à atividade produtiva diretamente. Por exemplo, as emissões de metano dos rebanhos são classificadas como emissões pelo processo produtivo do setor pecuário, que no caso do modelo BLUME, corresponde ao setor de Bovinos.

²⁰ <https://seeg.eco.br/> acessado em 01/10/2021. As emissões do SEEG são compatíveis com a metodologia adotada tanto pelo IPCC quanto o Inventário Brasileiro de Emissões.

Na Tabela 7 abaixo segue as emissões domésticas, juntamente com a participação de cada setor nas emissões. A Atividade é a fonte mais emissora, totalizando 704.919 Gg de CO₂ eq e 36,4% desse total é proveniente do setor de Bovinos. Já as emissões energéticas correspondem a 45% das emissões domésticas, totalizando 377.956 Gg de CO₂ Eq. Como era de se esperar, os setores de Transporte de Carga e Transporte de Outros são os que mais emitem, participando com 28% e 25% respectivamente. O setor de Indústria Diversas também apresenta participação significativa nas emissões dos combustíveis, cerca de 14%. Isso se justifica uma vez que muitos setores intensivos em combustíveis estão agregados no setor Indústria Diversas²¹ do modelo BLUME.

²¹ São os seguintes setores: Papel, papelão, embalagens e artefatos de papel; Serviços de impressão e reprodução; Combustíveis para aviação; Gasoálcool; Naftas para petroquímica; Óleo combustível; Diesel – biodiesel; Outros produtos do refino do petróleo; Produtos químicos orgânicos; Resinas, elastômeros e fibras artif. e sintéticas; Produtos químicos diversos; Tintas, vernizes, esmaltes e lacas; Perfumaria, sabões e artigos de limpeza; Produtos farmacêuticos; Artigos de borracha; Artigos de plástico; Cimento; Artefatos de cimento, gesso e semelhantes; Vidros, cerâmicos e outros prod. de minerais não-metálicos; Ferro-gusa e ferroligas; Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço; Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos; Peças fundidas de aço e de metais não ferrosos; Produtos de metal, excl. máquinas e equipamentos; Móveis; Produtos de indústrias diversas; Livros, jornais e revistas.

Tabela 7: Emissões domésticas associadas ao uso de combustíveis, etanol e atividade produtiva e participação dos setores (%) (2015) (Gg CO2 eq)

Setores	Energia (Gg CO2 eq)	Participação setorial (%)	Atividade (Gg CO2 eq)	Participação setorial (%)
Arroz	473	0,1%	15.093	2,1%
Trigo.e.outros.cereais	0	0,0%	0	0,0%
Milho.em.grão	1.286	0,3%	6.742	1,0%
Algodão.e.Fibras	385	0,1%	833	0,1%
Cana-de-açúcar	1.985	0,5%	11.291	1,6%
Soja.em.grão	4.698	1,3%	16.351	2,3%
Mandioca	304	0,1%	730	0,1%
Fumo.em.Folha	309	0,1%	742	0,1%
Frutas.Cítricas	36	0,0%	139	0,0%
Feijão.em.Grão	264	0,1%	633	0,1%
Outros.Temporária	1.430	0,4%	3.431	0,5%
Laranja	254	0,1%	546	0,1%
Café.em.grão	701	0,2%	1.491	0,2%
Outros.Permanente	871	0,2%	3.364	0,5%
Bovinos	2.115	0,6%	256.515	36,4%
Outros.Animais	799	0,2%	96.923	13,7%
Leite.de.Vaca	1.042	0,3%	53.613	7,6%
Leite.de.Outros.	0	0,0%	0	0,0%
Suínos	354	0,1%	11.830	1,7%
Aves	993	0,3%	10.635	1,5%
Ovos	0	0,0%	0	0,0%
Silvicultura	1.006	0,3%	201	0,0%
Extração.Vegetal	0	0,0%	0	0,0%
Pesca.Agrícola	300	0,1%	100	0,0%
Indústria.Extrativa	18.755	5,0%	25.148	3,6%
Carne.Bovina.e.Outros	377	0,1%	1.105	0,2%
Carne.Suíno	44	0,0%	524	0,1%
Carne.Aves	189	0,1%	375	0,1%
Pesca.Industrial	12	0,0%	0	0,0%
Leite.Resfriado/Past.	89	0,0%	2.395	0,3%
Outros.Laticínios	151	0,0%	0	0,0%
Rações.Animais	279	0,1%	0	0,0%
Alimentos.e.Bebidas	2.669	0,7%	6.152	0,9%
Vestuário.e.Têxteis	622	0,2%	0	0,0%
Calçado.e.Couro	139	0,0%	0	0,0%
Produto.de.Madeira	50	0,0%	0	0,0%
Celulose	3.850	1,0%	6.288	0,9%
Indústria.Diversa	53.323	14,2%	86.587	12,3%
Etanol.e.Bicombustível	2.790	0,7%	0	0,0%
Produto.Químico.	1.531	0,4%	2.971	0,4%
Adubo.e.Fertilizante	1.713	0,5%	0	0,0%
Def.Agrícola.e.Desinf.	1.245	0,3%	0	0,0%
Eletrônicos	744	0,2%	15.591	2,2%
Maquinas.e.Equip..Aut.	922	0,2%	0	0,0%
Serviços	43.794	11,7%	0	0,0%
Eletricidade,.Gás.e.Outro	0	0,0%	0	0,0%
Construção	0	0,0%	66.581	9,4%
Com..Atacado.e.Varejo	1.608	0,4%	0	0,0%
Transporte.de.Carga	105.461	28,1%	0	0,0%
Transporte.de.Outros	94.733	25,3%	0	0,0%
Inst..Fin..e.Seguro	0-	0,0%	0	0,0%
Setor.Publico	627	0,2%	0	0,0%
Famílias	22.632	6,0%	0	0,0%
Governo	0	0,0%	0	0,0%
Total	377.956	100,0%	704.919	100,0%

Fonte: Construção própria com base nos dados do SEEG

Portanto, o modelo BLUME possui a capacidade de analisar não somente os impactos econômicos, mas também os impactos ambientais da expansão da fronteira agropecuária, de políticas de redução do desmatamento, dentre outras questões diretamente relacionadas as mudanças climáticas, tornando-se uma ferramenta útil para análise de políticas públicas associadas a mitigação de gases do efeito estufa.

3.4.3 Mecanismo de composição por origem das demandas regionais

Dado o foco regional desta tese, o arranjo do sistema de composição da demanda possui destacada relevância. Essa estrutura é traçada de maneira simplificada a seguir, e está segmentada em quatro níveis, de cima para baixo (Figura 7). Tal estrutura descreve uma série de estruturas aninhadas indicando as várias possibilidades de substituição permitidas no modelo.

No Nível I, as famílias escolhem entre bens domésticos e importados (de outro país) seguindo uma função do tipo CES. As demandas são relacionadas aos valores de compra específicos por uso (estes valores são apresentados na matriz dos valores de compra PUR, definida como a soma das matrizes USE e TAX). A elasticidade de substituição entre o composto doméstico e importado (σ_x) é específica por bem, mas comum por uso e região de uso, embora estimativas diferenciadas possam ser utilizadas. As demandas por bens domésticos numa região são agregadas (para todos os usos) de forma a determinar o valor total (USE_U). A matriz de uso (USE_U) é valorada em preços de “entrega”, que incluem os valores básicos e de margem, mas não os impostos por uso específico.

O Nível II, por sua vez, especifica o sistema de origem do componente doméstico (USE_U) entre as regiões também a partir de uma função CES (σ_d) que controla esta alocação, o que implica que regiões com diminuição do custo relativo de produção aumentam seu *market share* na região de destino do produto. A matriz DELIVRD mostra como esse composto USE_U é dividido entre as regiões de origem. O mecanismo de substituição é baseado em preços de entrega, que incluem margens de comércio e de transporte. Portanto, mesmo que os preços de produção estejam fixos, alterações nos custos de transporte afetam os *market shares* regionais. Como o banco de dados disponível para o comércio interestadual brasileiro não especifica o uso dos fluxos por

estado de destino, a proporção dos bens provenientes de uma região é a mesma no uso das famílias e nos demais usos.

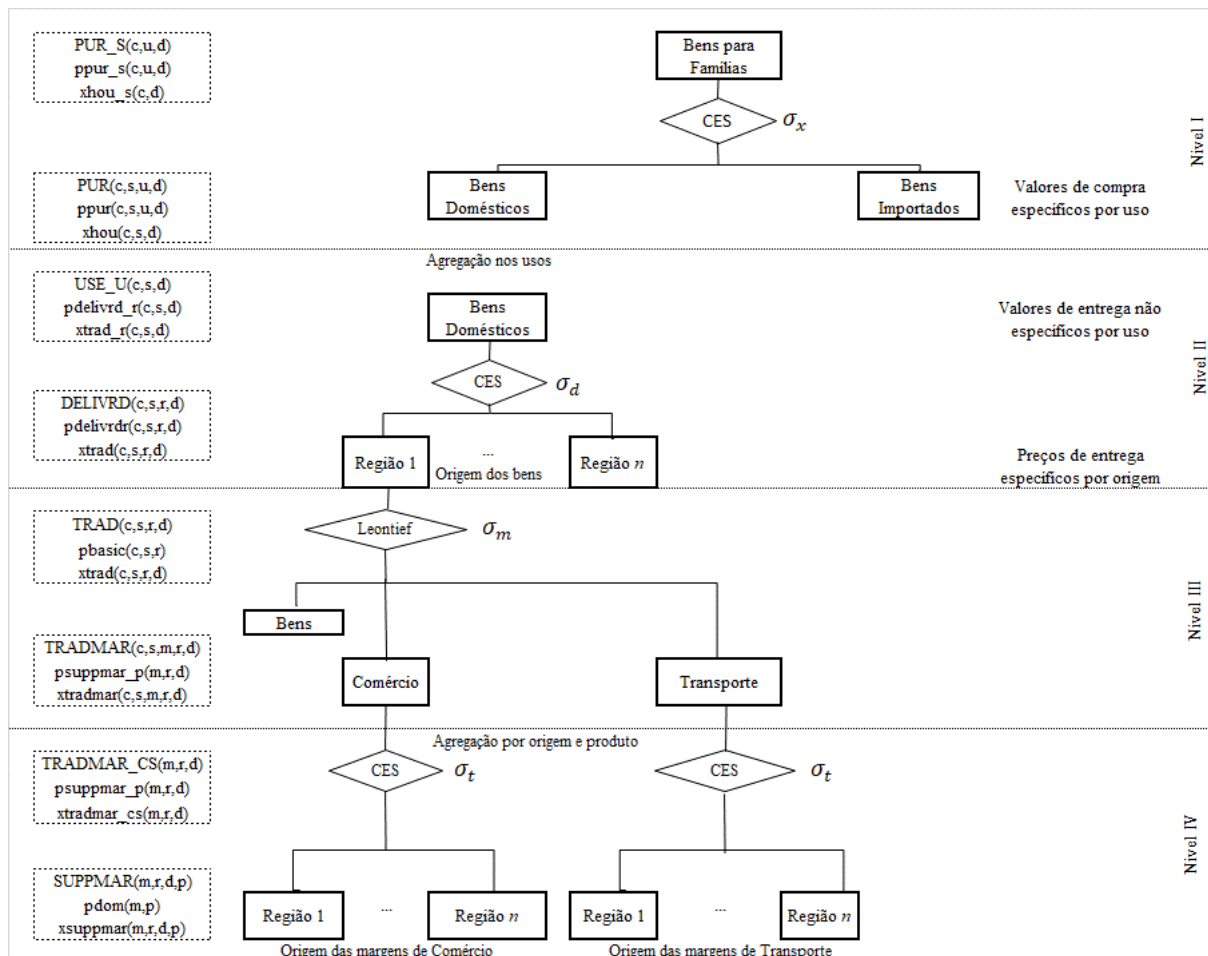


Figura 7: Mecanismo de Composição por Origem da Demanda

Fonte: Adaptado de Horridge (2011)

O Nível III indica a estrutura de valores básicos e margens de comércio e transporte dos bens entre as regiões. Considera-se que a parcela de cada componente no preço final é fixa e, sendo assim, segue uma função Leontief. Dessa forma, elimina-se a hipótese de que ocorra substituição entre margens de comércio e de transporte. A participação de cada margem no preço de entrega é uma combinação de origem, destino, bem é fonte (por exemplo, espera-se que a participação dos custos de transporte no preço de entrega seja elevada entre duas regiões distantes).

No Nível IV são definidas as origens das margens de transporte entre as várias regiões do modelo. Essas margens são distribuídas de forma equitativa entre origem e destino, havendo algum grau de substituição nos fornecedores de margem, regulada pela elasticidade (σ_t). Esta elasticidade pode capturar certa capacidade dos transportadores

realocarem seus depósitos de armazenagem ao longo de rotas (um parâmetro típico para esta substituição é 0,5). Para as margens de comércio tem-se que a maior parte da margem é produzida na região de destino (uso) e, portanto, o escopo para substituição deve ser menor, com uma elasticidade calibrada próximo de zero (MAGALHÃES, 2013). Novamente, esta decisão de substituição é tomada no nível agregado, sob a hipótese implícita de que a participação de uma região na provisão de margens na comercialização de bens entre duas regiões é a mesma não importa o bem que esteja sendo transportado. O mesmo mecanismo de origem de fluxos é aplicado aos bens importados, mas traçando sua origem ao porto de entrada e não região de origem.

3.2.4 Estrutura de produção

A especificação da tecnologia de produção adotada no modelo BLUME segue a estrutura padrão em modelos EGC do tipo Johansen: os setores produtivos atuam em concorrência perfeita e minimizam custos (ou maximizam lucro), sujeitos a tecnologias de retornos constantes de escala, representadas em funções de elasticidade constante (CES) e Leontief. Ou seja, 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 8.

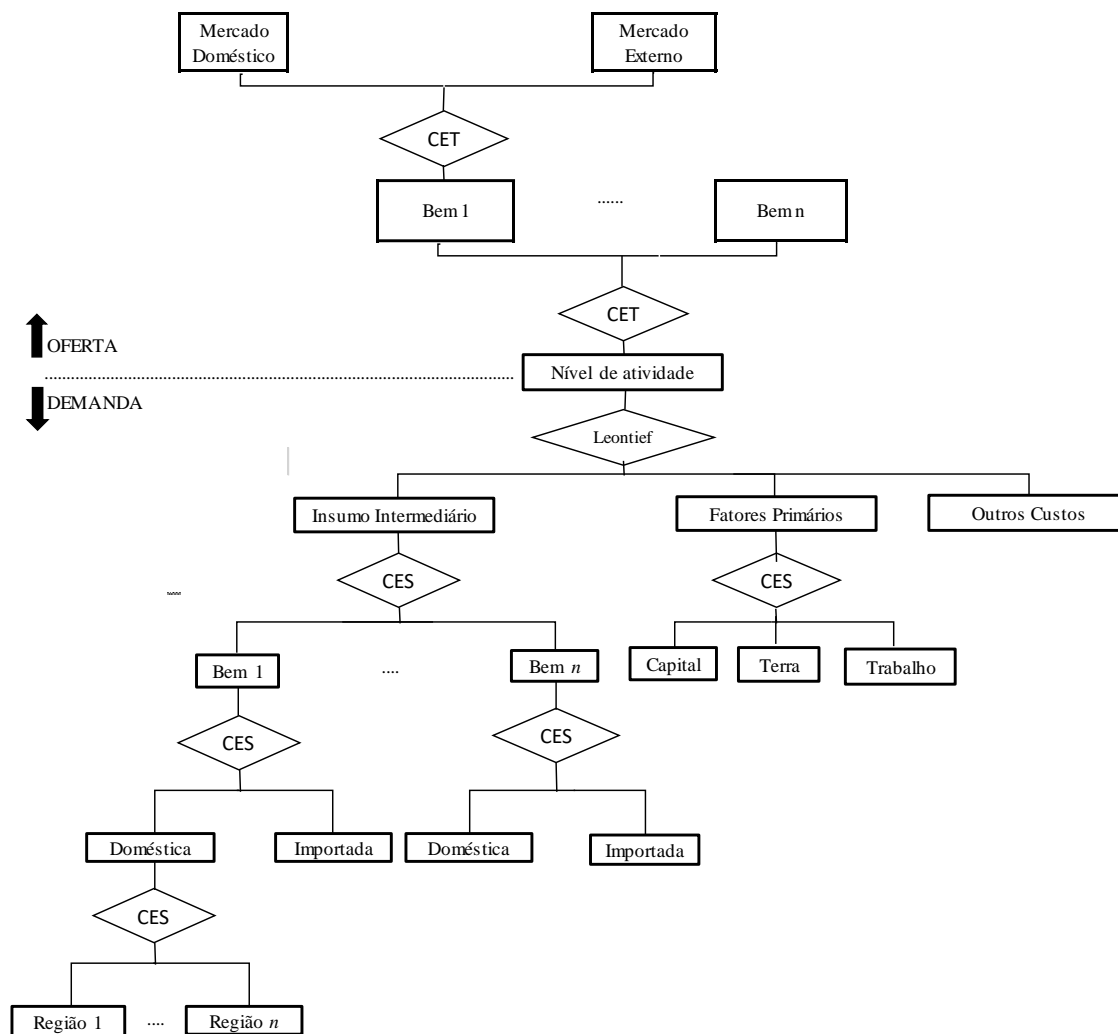


Figura 8: Estrutura da tecnologia de produção

Fonte: Adaptado de Horridge (2011)

O nível de atividade (produção) é obtido a partir de uma combinação em proporções fixas (Leontief) da composição de fatores primários, insumos intermediários e outros custos nas regiões do modelo. 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 8. 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, pecuários, silvicultura e extração vegetal. 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 uma função do tipo CES, permitindo a substituição do produto entre as regiões de origem.

A adoção de funções do tipo CES na tecnologia de produção implica na utilização da hipótese de Armington (1969) de diferenciação de produtos, na qual produtos de diferentes origens (domésticas ou externas) são tratados como substitutos imperfeitos entre si. Logo, há possibilidade de substituição entre o insumo de origem doméstica e importada, de um lado, e entre trabalho e capital, de outro. Isso permite que o modelo apresente padrões de comércio intrasetoriais não especializados, uma importante regularidade empírica encontrada na literatura (DOMINGUES, 2002)

Ressalta-se que se a hipótese de Armington fosse abandonada em favor da pressuposição de substitutibilidade perfeita, alterações infinitamente pequenas nos preços relativos poderiam resultar em uma mudança brusca na alocação da produção setorial de uma tecnologia para outra. Assim, a suposição de substitutibilidade imperfeita é imperativa se mudanças plausíveis no padrão de uso de tecnologias alternativas podem ser derivadas, suposição que está mais próxima da realidade (MAGALHÃES, 2013).

3.4.5 Demanda das famílias

A estrutura de demanda das famílias estabelece composições ótimas de consumo por meio da seleção de vetores de bens que proporcionam a maximização de uma função utilidade específica, sob a restrição da renda disponível. No BLUME, há uma família representativa em cada região, que consome bens domésticos e bens importados. A demanda das famílias é especificada a partir de uma função de utilidade não-homotética de Stone-Geary (PETER *et al.*, 1996), na qual a composição do consumo por produto entre doméstico e importado é controlada por meio de funções de elasticidade de substituição constante (CES). As equações de demanda são derivadas a partir de um problema de maximização de utilidade, cuja solução segue passos hierarquizados (Figura 9).

No nível superior subsequente há uma agregação Klein-Rubin dos bens compostos. Assim, a utilidade derivada do consumo é maximizada segundo essa função de utilidade. Essa especificação dá origem ao sistema linear de gastos (LES), no qual a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família. No segundo nível ocorre substituição CES entre bens domésticos e importados. No último nível, novamente ocorre a substituição entre diferentes fontes regionais domésticas. Assim, no modelo a

maximização da utilidade obtida por meio do consumo de bens precede a substituição entre bens domésticos e importados, o que leva ao Sistema Linear de Gastos (*Linear Expenditure System - LES*).

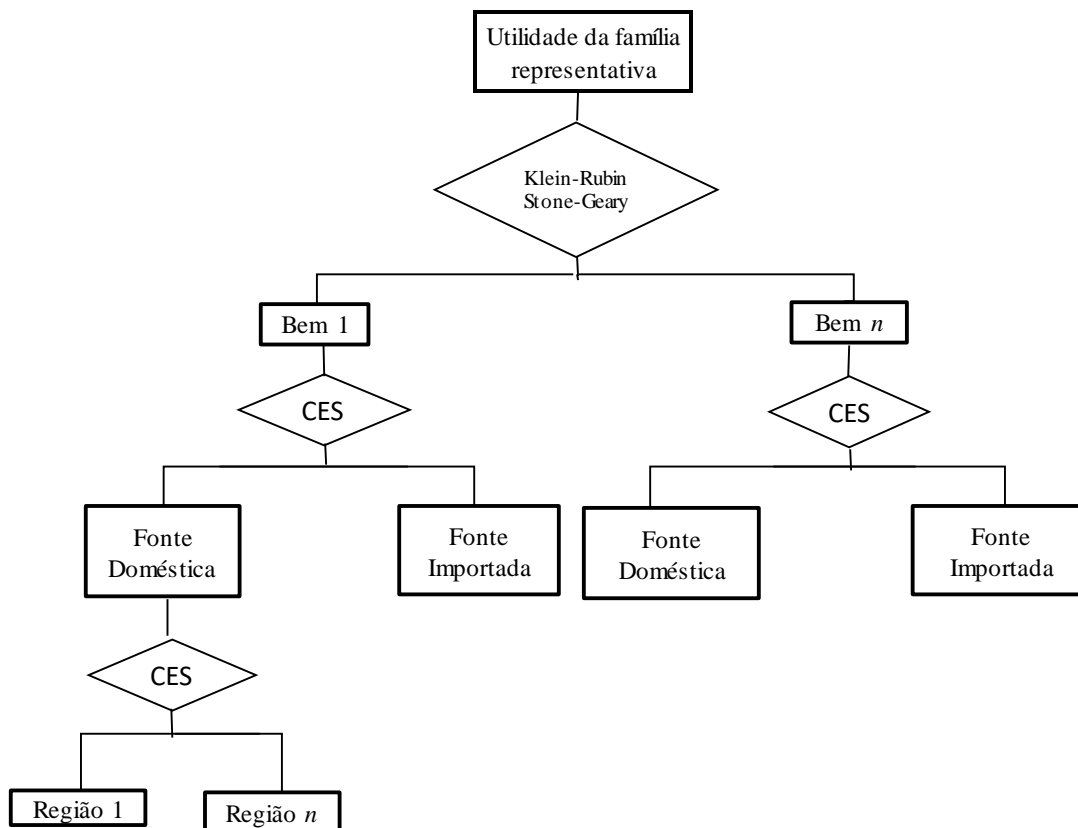


Figura 9: Estrutura da Demanda das Famílias regionais

Fonte: Adaptado de Horridge (2011)

O conceito de Sistema Linear de Gastos deriva da propriedade de que o gasto em cada bem é uma função linear dos preços médios (composto importado e doméstico) e do gasto (renda). Existe um requisito de “subsistência” em cada produto, cujas quantidades são adquiridas qualquer que seja o preço do produto. O resíduo do orçamento do consumidor, depois dos gastos totais de subsistência, é chamado de “gasto de luxo” ou gasto em “supranumerário”. A alocação do “gasto de luxo” nos diversos bens segue uma

participação orçamentária marginal – calibrada de acordo com parâmetros de elasticidade do gasto e de participação orçamentária.

A função utilidade per capita Klein-Rubin ou Stone-Geary possui a forma de uma Cobb-Douglas (HADDAD, 2004) com as famílias e setores representativos em cada região do modelo. A função pode ser definida formalmente, para cada região, como:

$$U(h) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{Q} [X(h) - \gamma(h)]^{\beta h} \quad (31)$$

Em que $X(h)$ é o consumo agregado do bem i pela família representativa h , de cada região. Q é o número de famílias, com $[X(h) - \gamma(h)] > 0$. γ é um parâmetro que representa a quantidade de subsistência de cada família h , e β representa a participação orçamentária marginal sobre os gastos totais em bens de luxo (vetores de parâmetros), $\beta \geq 0$. Uma característica da função de utilidade Stone-Geary é que apenas o componente de gastos acima do nível de subsistência, ou gastos em bens de luxo, afeta a utilidade per capita (PETER *et al.*, 1996).

O sistema de demanda regional resultante implica que a quantia gasta em cada produto acima do nível de subsistência, $[X(h) - \gamma(h)] \cdot P(i)$, é dada por uma participação constante no gasto total em bens de luxo:

$$[X(h) - \gamma(h)] \cdot P(k) = \beta_i \sum_k [X(k) - \gamma(k)] \cdot P(k) \quad (32)$$

Desse modo, se a parcela gasta com subsistência é sempre positiva e a renda é maior do que a parcela gasta com subsistência, o indivíduo comprará as quantidades necessárias de vários bens, e depois irá dividir o restante da sua renda entre os demais bens, em proporções fixas e iguais a β .

3.4.6 Demanda por exportações

A demanda por exportações, em um modelo no qual o setor externo é exógeno, parte da hipótese de curvas de demanda negativamente inclinadas nos próprios preços no mercado mundial. Assim, um vetor de elasticidades (diferenciado por produto, mas não por região de origem) representa a resposta da demanda externa a alterações no preço FOB das exportações (DOMINGUES, 2002). As exportações setoriais, de cada região,

respondem a curvas de demanda negativamente associadas aos custos domésticos de produção e positivamente afetadas pela expansão exógena da renda internacional, adotando-se a hipótese de país pequeno²² no comércio internacional. Termos de deslocamentos no preço e na demanda por exportações possibilitam choques nas curvas de demanda.

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

3.4.7 Demanda do governo

Não existe uma teoria formal para o consumo do governo no modelo, considera-se que as decisões de consumo do governo são determinadas de forma política, e não necessariamente limitadas pela restrição orçamentária do governo. Desta forma, o consumo do governo é tipicamente exógeno, podendo estar associado ou não ao consumo das famílias ou à arrecadação de impostos (DOMINGUES, 2002). 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

3.4.8 Mercado de trabalho

²² A hipótese de país pequeno indica que o volume produzido não afeta os preços internacionais.

No modelo BLUME o mercado de trabalho não se ajusta no tempo. Afim de facilitar o procedimento computacional do modelo, optou-se por uma teoria de mercado de trabalho mais simplificada. Dessa forma, há duas opções de operacionalização para o mercado de trabalho. No primeiro caso, o emprego nacional é exógeno com salários se ajustando endogenamente para equilibrar o mercado de trabalho regional. No segundo caso, o salário real (ou nominal) é fixo e o emprego é determinado pelo lado da demanda no mercado de trabalho. Como as simulações dessa tese apresentam um horizonte temporal de 20 anos, optou-se por utilizar o primeiro caso, que se trata de um fechamento típico de “longo prazo”. Por tanto, no modelo BLUME o emprego nacional é exógeno e o salário médio endógeno, diferenciados de forma fixa entre os setores e regiões, permitindo que o trabalho se mova intersetorialmente e regionalmente.

3.4.9 Estoque de capital, investimento e dinâmica recursiva

Os modelos dinâmicos avançam em relação aos modelos estáticos, pois permitem simulações em que o estoque de capital se acumula ao longo do tempo. O investimento e o estoque de capital seguem mecanismos de acumulação e de deslocamento intersetorial a partir de regras pré-estabelecidas, associadas à taxa de depreciação e retorno. Seguindo Dixon e Rimmer (2002), em cada ano de simulação, assume-se que as taxas de crescimento do capital da indústria i (e dessa forma, os níveis de investimento) são determinadas pela disposição dos investidores em fornecer fundos à essa indústria frente aos aumentos limitados em sua taxa de retorno esperada. Desta forma, a taxa de crescimento do capital na indústria i no ano t só será maior que sua taxa normal (estado estacionário do crescimento de capital) se a taxa de retorno esperada pelos investidores for superior a taxa de retorno normal (DIXON e RIMMER, 2002).

Dessa forma, o modelo BLUME possui uma especificação de dinâmica recursiva, em que o investimento e o estoque de capital seguem mecanismos de acumulação e de deslocamento intersetorial e regional a partir de regras pré-estabelecidas, associadas a taxas de depreciação e de retorno. Desse modo, o modelo relaciona os fluxos de investimentos anuais aos estoques de capital. Isto é, o investimento é importante porque compõe uma proporção substancial da atividade econômica do lado dos gastos e a remuneração do capital uma proporção substancial do lado da renda na economia. No modelo, a acumulação de capital ocorre regionalmente de acordo com:

$$K_{i,t+1} = K_{i,t}(1 - D_{i,t}) + I_{i,t} \quad (33)$$

Em que: $K_{i,t}$ é a quantidade de capital no período t no setor i ; $D_{i,t}$ é a taxa de depreciação (tratada como um parâmetro conhecido), e $I_{i,t}$ é investimento no período t no setor i . O desempenho do estoque de capital por setor, então, depende de sua taxa de retorno, dados os valores iniciais de $K_{i,0}$ e $I_{i,t}$.

Resta, portanto, determinar uma regra para o comportamento do investimento $I_{i,t}$. Neste trabalho, a regra de investimento segue a maioria das aplicações de modelos dinâmicos de EGC, que pode ser representado pelas seguintes equações, para cada região:

$$E_t[R_{i,t}] = -1 + \frac{E_t(Q_{i,t+1})}{C_{i,t}} \frac{1}{1+r} + (1 - D_i) \frac{E_t(Q_{i,t+1})}{C_{i,t}} \frac{1}{1+r} \quad (34)$$

$$E_t[R_{i,t}] = f_{i,t} \frac{K_{i,t+1}}{K_{i,t}} - 1 \quad (35)$$

Em que: E_t denota a expectativa no ano t ; $R_{i,t}$ é a taxa de retorno do investimento na indústria i realizado no ano t ; $Q_{i,t+1}$ representa o retorno sobre o capital i no ano $t + 1$; r é a taxa de juros; $C_{i,t}$ é o custo de uma unidade extra de capital instalado na indústria i no ano t ; e $f_{i,t}$ é uma função não-decrescente.

A equação (34) define a taxa de retorno esperada da indústria i no ano t como o valor presente de um Real (R\$) extra de investimento, isto é, um Real de investimento compra $1/C_{i,t}$ unidades de capital no ano t , gerando uma expectativa de renda no ano $t + 1$ de $E_t(Q_{i,t+1})/C_{i,t}$ e uma redução na necessidade investimento de $(1 - D_i) * E_t(Q_{i,t+1})/C_{i,t}$

A equação (35), por sua vez, define uma curva de oferta-investimento e mostra que a taxa de retorno exigida pelos investidores quando eles gastam um real extra na indústria j depende da taxa de crescimento de seu estoque de capital. Essa equação tem por hipótese a redução da disponibilidade de fundos de investimento de tal modo que, diante da inclinação positiva da função $f_{i,t}$, a indústria i atrai fundos de investimento dado uma alta taxa de crescimento do capital, e, com isso, provoca a alta na taxa esperada de retorno para atrair o investidor marginal. Cabe notar que é usual assumir que a oferta de fundos de investimento é infinitamente elástica em relação à taxa de juros.

3.4.10 Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra

A demanda por margens (comércio e transportes) é definida de forma proporcional aos fluxos de commodities associados a cada tipo de margem (transporte ou comércio), somadas a variáveis de mudança tecnológica no uso de margem. De forma semelhante os impostos são *ad valorem*, ou seja, são um percentual aplicado sobre os valores básicos, definidos no período base. Mudanças nos impostos indiretos podem ser incorporadas como alterações no “poder da tarifa”. As equações do modelo permitem que alterações nas taxas dos impostos sejam específicas por *commodity* ou por usuário

3.4.11 Outras equações

O modelo traz especificação para um conjunto de outras equações referentes ao cálculo dos agregados macroeconômicos e indicadores do banco de dados, os quais se mostram importantes para a compreensão e explicação dos resultados das simulações. Entre estes, podem-se mencionar:

- a) PIB pelas óticas do dispêndio e da renda;
- b) Saldo Comercial;
- c) Índices de preço do consumo das famílias, dos investimentos, das importações, das exportações e do PIB (deflator implícito);
- d) Agregações de fatores primários (capital, trabalho e terra);
- e) Decomposição das vendas (uso intermediário e final); e
- f) Decomposições do PIB (pelas óticas do dispêndio e da renda)

3.5 Análise Descritiva da Base de Dados do BLUME

Esta seção visa analisar descritivamente alguns indicadores da base de dados do modelo BLUME. Dado o objetivo dessa tese e o foco das simulações, será dada uma maior ênfase a análise descritiva dos setores agrícolas, pecuários e de extração vegetal.

3.5.1 Atividade Produtiva das Regiões do Modelo

A Tabela 8 mostra a participação do Produto Interno Bruto (PIB) regional em relação ao PIB nacional e em relação aos seus respectivos biomas. De acordo com os dados do modelo BLUME as regiões de SP_Mata Atlântica e RJ_Mata Atlântica são as mais importantes em termos nacionais, contribuem com o PIB nacional em 28,9% e 11,5%, respectivamente. É no bioma Mata Atlântica onde se encontram as regiões com

maior participação no PIB nacional. É neste bioma que está assentado 60,6% do PIB do Brasil, condizente com sua predominância na região Sudeste. Em segundo lugar, encontra-se o bioma Cerrado, com 19,3% de participação no PIB nacional.

Tabela 8: Participação das regiões no PIB nacional e no PIB dos seus respectivos biomas (%) (2015)

Bioma	Região modelo	Participação das regiões no PIB nacional (%)	Participação das regiões no PIB do Bioma (%)	Participação dos Biomas no PIB nacional (%)
Amazônia	AC_Amazônia	0,20%	3,8%	8,4%
	AP_Amazônia	0,20%	3,7%	
	AM_Amazônia	1,00%	18,5%	
	MA_Amazônia	0,73%	13,6%	
	MT_Amazônia	0,49%	9,1%	
	PA_Amazônia	1,99%	37,0%	
	RO_Amazônia	0,60%	11,2%	
	RR_Amazônia	0,15%	2,8%	
	TO_Amazônia	0,01%	0,3%	
Caatinga	AL_Caatinga	0,09%	2,1%	10,6%
	BA_Caatinga	0,53%	12,8%	
	CE_Caatinga	2,23%	54,1%	
	MA_Caatinga	0,00%	0,1%	
	MG_Caatinga	0,02%	0,4%	
	PB_Caatinga	0,33%	8,0%	
	PE_Caatinga	0,34%	8,4%	
	PI_Caatinga	0,16%	3,9%	
	RN_Caatinga	0,36%	8,8%	
	SE_Caatinga	0,06%	1,4%	
Cerrado	BA_Cerrado	0,22%	1,4%	19,3%
	DF_Cerrado	3,27%	19,9%	
	GO_Cerrado	2,75%	16,8%	
	MA_Cerrado	0,31%	1,9%	
	MT_Cerrado	1,28%	7,8%	
	MS_Cerrado	0,93%	5,7%	
	MG_Cerrado	2,39%	14,6%	
	PR_Cerrado	0,04%	0,2%	
	PI_Cerrado	0,54%	3,3%	
	SP_Cerrado	4,21%	25,7%	
TO_Cerrado	0,44%	2,7%		
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	0,55%	0,8%	60,6%
	BA_Mata Atlant.	3,36%	4,8%	
	ES_Mata Atlant.	1,69%	2,4%	
	GO_Mata Atlant.	0,05%	0,1%	
	MS_Mata Atlant.	0,25%	0,4%	
	MG_Mata Atlant.	6,45%	9,2%	
	PB_Mata Atlant.	0,57%	0,8%	
	PR_Mata Atlant.	6,32%	9,0%	
	PE_Mata Atlant.	2,22%	3,2%	
	RJ_Mata Atlant.	11,50%	16,4%	
	RN_Mata Atlant.	0,66%	0,9%	
	RS_Mata Atlant.	2,51%	3,6%	
	SC_Mata Atlant.	4,31%	6,2%	
	SP_Mata Atlant.	28,91%	41,3%	
SE_Mata Atlant.	0,62%	0,9%		
Pampa	RS_Pampa	4,08%	100,0%	0,6%
Pantanal	MT_Pantanal	0,04%	43,2%	0,5%
	MS_Pantanal	0,05%	56,8%	

Fonte: Elaboração própria baseada na base de dados do modelo BLUME

Em relação a participação das regiões do modelo sobre seus respectivos biomas, temos a região PA_Amazônia (estado do Pará) como a mais importante do bioma Amazônia, sendo responsável por 37% do PIB do seu bioma. Essa é uma região importante na produção dos setores de Extração Vegetal, Mandioca e Leite. Já no bioma Caatinga, destaca-se a região do CE_Caatinga, com participação de 54,1% no PIB do seu bioma. Essa é uma região importante na produção do setor de Calçados e Produtos de Couro. No Cerrado, por sua vez, a região mais importante em termos de PIB é SP_Cerrado, com 25,7% de participação. Essa região possui significativa participação na produção dos setores de Cana-de-açúcar e Laranja. E no bioma Mata Atlântica, o estado de São Paulo também é o que apresenta maior participação no PIB. A região SP_Mata Atlântica possui 41,3% de participação no PIB do bioma respectivo bioma. Essa região é importante na produção de quase todos os setores do modelo.

A fim de compreender melhor a estrutura econômica das regiões do modelo, será detalhado o perfil das atividades produtivas e os setores econômicos mais importantes em cada região. Na Tabela 9 abaixo encontra-se a participação agregada dos setores da agricultura, pecuária e extração vegetal em cada região do modelo. A participação de cada setor na produção total de cada região pode ser encontrada no Tabela 31 do ANEXO IV. A região da BA_Cerrado se destaca com 44,2% da sua produção concentrada na agricultura, seguida por MT_Amazônia com 30,4%. Em ambas as regiões, observa-se uma concentração na produção de Soja em Grãos. Dentre as regiões menos dependentes da agricultura, destaca-se o RJ_Mata Atlântica e o DF_Cerrado.

Na região TO_Amazônia, 34,8% da sua produção são nos setores pecuários, com destaque para o setor de Bovinos que sozinho corresponde a 30,8% da produção da região. A produção pecuária nas regiões de PI_Cerrado e SE_Cerrado também são expressivas, 13% e 12,3% respectivamente, de toda a produção das regiões. Com destaque para o setor de Outros Animais. As regiões menos dependentes da produção pecuária, com cerca de 1% de participação, são RJ_Mata Atlântica, RN_Mata Atlântica e DF_Cerrado. Em relação aos setores da Extração Vegetal, a região PR_Cerrado apresenta participação expressiva desses setores na sua produção total, com destaque para o setor de Silvicultura, impulsionada pelo cultivo de Eucalipto e Pinus.

Tabela 9: Participação dos setores da Agricultura, Pecuária e Extração Vegetal no total produzido por cada região do modelo (%) (2015)

Bioma	Região	Agricultura	Pecuária	Silvicultura e Extração Vegetal
Amazônia	AC_Amazônia	2,4%	3,4%	0,4%
	AP_Amazônia	1,2%	4,5%	0,8%
	AM_Amazônia	2,1%	1,3%	0,3%
	MA_Amazônia	0,9%	1,9%	0,4%
	MT_Amazônia	30,4%	8,6%	0,7%
	PA_Amazônia	3,8%	3,4%	1,1%
	RO_Amazônia	2,8%	5,4%	0,1%
	RR_Amazônia	2,9%	1,8%	0,2%
	TO_Amazônia	6,8%	34,8%	0,3%
Caatinga	AL_Caatinga	3,8%	6,5%	0,1%
	BA_Caatinga	11,3%	8,7%	1,1%
	CE_Caatinga	1,6%	1,7%	0,3%
	MA_Caatinga	5,5%	7,1%	0,3%
	MG_Caatinga	25,6%	9,0%	0,2%
	PB_Caatinga	3,1%	6,1%	0,4%
	PE_Caatinga	5,3%	8,2%	0,1%
	PI_Caatinga	7,9%	13,0%	1,7%
	RN_Caatinga	3,5%	3,2%	0,1%
SE_Caatinga	6,6%	12,3%	0,0%	
Cerrado	BA_Cerrado	44,2%	3,9%	0,3%
	DF_Cerrado	0,2%	0,1%	0,0%
	GO_Cerrado	7,9%	3,3%	0,1%
	MA_Cerrado	11,5%	4,0%	1,0%
	MT_Cerrado	21,3%	2,9%	0,1%
	MS_Cerrado	10,2%	4,7%	1,0%
	MG_Cerrado	9,2%	3,7%	0,7%
	PR_Cerrado	9,0%	5,7%	8,8%
	PI_Cerrado	6,1%	0,7%	0,1%
	SP_Cerrado	4,6%	0,7%	0,2%
TO_Cerrado	9,0%	3,9%	0,2%	
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	2,8%	0,5%	0,0%
	BA_Mata Atlant.	1,4%	0,6%	0,2%
	ES_Mata Atlant.	3,4%	1,4%	0,2%
	GO_Mata Atlant.	19,8%	10,2%	0,0%
	MS_Mata Atlant.	21,3%	4,9%	0,0%
	MG_Mata Atlant.	2,1%	1,2%	0,2%
	PB_Mata Atlant.	1,4%	0,2%	0,0%
	PR_Mata Atlant.	4,5%	1,7%	0,6%
	PE_Mata Atlant.	0,7%	0,4%	0,0%
	RJ_Mata Atlant.	0,1%	0,1%	0,0%
	RN_Mata Atlant.	0,2%	0,1%	0,0%
	RS_Mata Atlant.	7,6%	3,0%	0,3%
	SC_Mata Atlant.	2,4%	1,5%	0,7%
SP_Mata Atlant.	0,7%	0,3%	0,0%	
SE_Mata Atlant.	0,8%	0,8%	0,0%	
Pampa	RS_Pampa	4,4%	1,2%	0,4%
Pantanal	MT_Pantanal	5,5%	13,2%	1,3%
	MS_Pantanal	2,1%	9,7%	0,0%

Fonte: Elaboração própria baseada na base de dados do modelo BLUME

Em relação a participação na produção dos demais setores do modelo, como observado no Tabela 31 do ANEXO IV, como esperado, o setor de Serviços²³ é claramente o mais importante na produção de todas as regiões. No DF_Cerrado o setor corresponde a 56,4% da produção total da região. Vale destacar que as regiões mais intensivas em agricultura ou pecuária são as que apresentam menor participação do setor de Serviços. O setor de Comércio Atacado e Varejo também apresenta significativa participação na produção de todas as regiões.

Sob outro aspecto, a participação das regiões na produção setorial pode ser observada no Tabela 32 do ANEXO IV. A região do RS_Pampa possui 72,4% de toda a produção nacional de Arroz. A região de SP_Cerrado é responsável pela produção de 26,5% de Cana-de-Açúcar e MT_Cerrado por 16,9% da produção de Soja em Grãos. No PA_Amazônia encontra-se 22,6% da produção de Mandioca e em SP_Cerrado, 48,1% da produção de Laranja. Em relação aos setores da pecuária, 10,8% do setor de Bovinos está concentrado em GO_Cerrado e 19,7% da produção de Suínos em RS_Mata Atlântica. Já MG_Mata Atlântica é responsável por 13,3% da produção nacional de Leite de Vaca. Na região do PA_Amazônia é produzido 30,1% de toda a Extração Vegetal nacional.

Já a participação dos biomas na produção dos setores pode ser observada na Tabela 10 e Gráfico 2. Os biomas Cerrado e Mata Atlântica são os principais produtores dos setores agrícolas e pecuários. O Cerrado é responsável por 94% da produção nacional de Algodão e Fibra Temperada, 51% do setor Cana-de-açúcar, 49% da produção de Soja e 38% de Bovinos, dentre outros setores importantes na pauta de exportação brasileira. Da mesma forma, o bioma Mata Atlântica também apresenta participação significativa em quase todos os setores produtivos. Já o bioma Amazônia possui cerca de 47% de toda a produção do setor de Leite de Outros Animais, assim como 41% de toda a produção de Mandioca e 49% da Extração Vegetal.

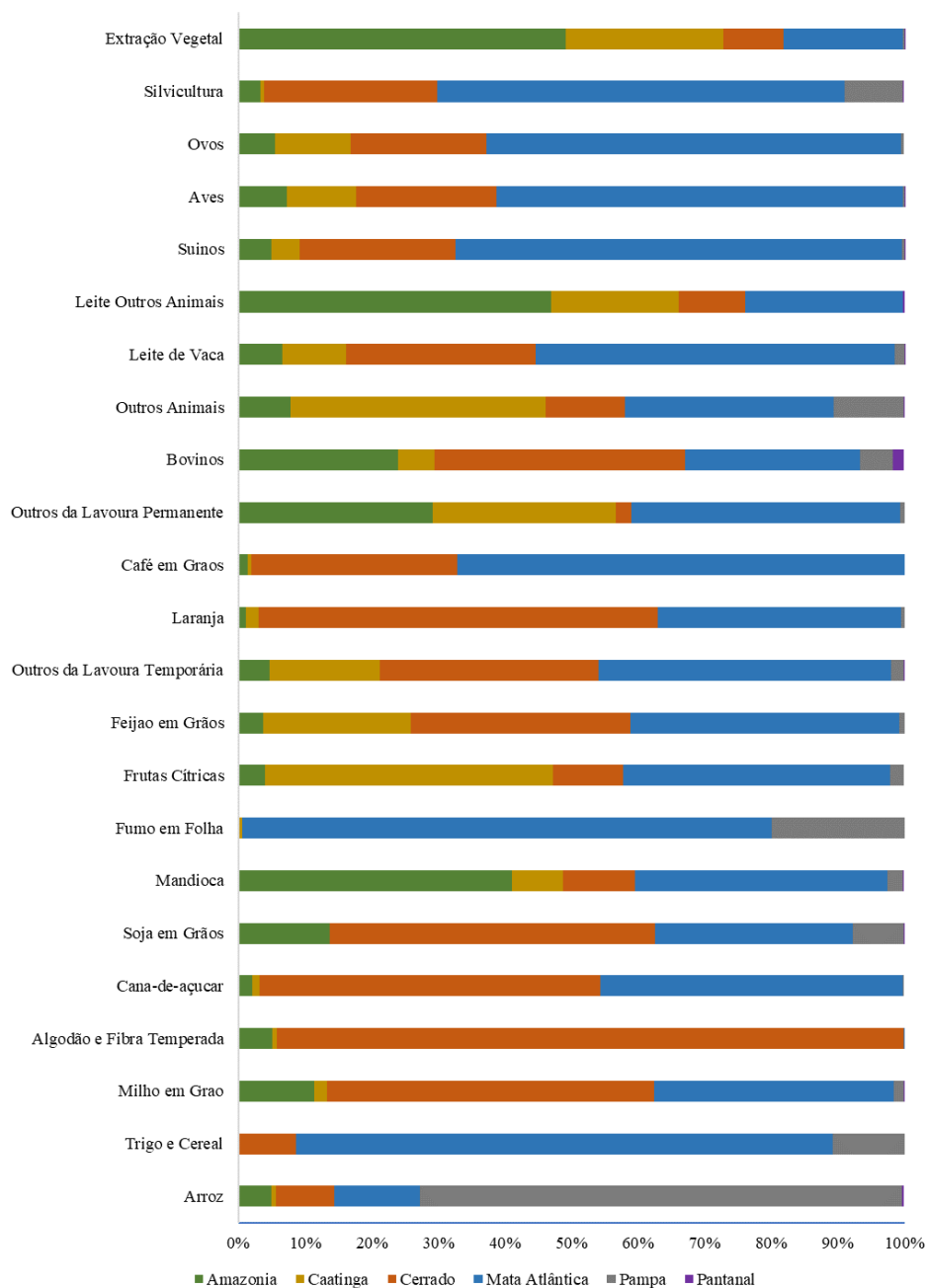
²³ Nesse setor estão as seguintes atividades: Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos. Eletricidade, gás e outras utilidades. Obras de infra-estrutura. Serviços especializados para construção. Comércio por atacado e a varejo. Transporte de carga. Transporte de passageiros. Transporte aéreo. Armazenamento e serviços auxiliares aos transportes. Correio e outros serviços de entrega. Serviços de alojamento em hotéis e similares. Serviços de alimentação. Livros, jornais e revistas. Serviços cinematográficos, música, rádio e televisão. Telecomunicações, TV por assinatura e outros serv. Relacionados. Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação. Intermediação financeira, seguros e previdência complementar. Aluguel efetivo e serviços imobiliários. Aluguel imputado. Serviços jurídicos, contabilidade e consultoria. Pesquisa e desenvolvimento. Serviços de arquitetura e engenharia. Publicidade e outros serviços técnicos. Aluguéis não-imob. e gestão de ativos de propriedade intelectual. Condomínios e serviços para edifícios. Outros serviços administrativos. Serviços de vigilância, segurança e investigação. Serviços coletivos da administração pública. Serviços de previdência e assistência social. Educação pública. Educação privada. Saúde pública. Saúde privada. Serviços de artes, cultura, esporte e recreação. Organizações patronais, sindicais e outros serviços associativos. Manutenção de computadores, telefones e objetos domésticos. Serviços pessoais. Serviços domésticos

Tabela 10: Participação dos biomas na produção dos setores do BLUME (%) (2015)

Setores	Amazônia	Caatinga	Cerrado	Mata	Pampa	Pantanal
Arroz	4,9%	0,8%	8,7%	12,8%	72,4%	0,3%
Trigo e Cereal	0,0%	0,0%	8,6%	80,7%	10,7%	0,0%
Milho em Grão	11,4%	1,9%	49,1%	36,0%	1,5%	0,1%
Algodão e Fibra Temperada	5,1%	0,7%	94,1%	0,1%	0,0%	0,0%
Cana-de-açúcar	2,1%	1,1%	51,2%	45,4%	0,1%	0,0%
Soja em Grãos	13,7%	0,0%	48,8%	29,7%	7,7%	0,1%
Mandioca	41,1%	7,6%	10,8%	38,0%	2,2%	0,2%
Fumo em Folha	0,0%	0,6%	0,0%	79,4%	20,0%	0,0%
Frutas Cítricas	4,0%	43,3%	10,5%	40,1%	2,0%	0,0%
Feijão em Grãos	3,7%	22,2%	32,9%	40,4%	0,8%	0,0%
Outros da Lavoura Temporária	4,7%	16,5%	32,9%	43,9%	1,9%	0,1%
Laranja	1,1%	2,0%	59,9%	36,5%	0,5%	0,0%
Café em Grãos	1,4%	0,6%	30,9%	67,1%	0,0%	0,0%
Outros da Lavoura Permanente	29,2%	27,5%	2,3%	40,3%	0,7%	0,0%
Bovinos	24,0%	5,5%	37,6%	26,2%	4,9%	1,7%
Outros Animais	7,8%	38,3%	11,9%	31,4%	10,5%	0,1%
Leite de Vaca	6,6%	9,6%	28,5%	53,8%	1,5%	0,1%
Leite Outros Animais	47,0%	19,1%	10,0%	23,7%	0,0%	0,2%
Suínos	4,9%	4,3%	23,4%	67,0%	0,4%	0,1%
Aves	7,3%	10,4%	21,1%	60,9%	0,3%	0,1%
Ovos	5,5%	11,4%	20,3%	62,3%	0,4%	0,0%
Silvicultura	3,3%	0,6%	26,0%	61,1%	8,7%	0,2%
Extração Vegetal	49,2%	23,6%	9,1%	17,9%	0,2%	0,1%

Fonte: Elaboração própria baseada na base de dados do modelo BLUME

Alguns biomas se destacam na produção de alguns setores, é o caso do bioma Pampa que concentra 72,4% da produção de Arroz, a Mata Atlântica com 79,4% da produção do Fumo em Folha e o Cerrado com 94% de Algodão e Fibra Temperada. O setor de Bovinos encontra-se distribuído principalmente entre os biomas Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia, com 37,6%, 26,2% e 24%, respectivamente. Os setores Suínos, Aves e Ovos concentram-se majoritariamente no bioma Mata Atlântica.

Gráfico 2: Participação dos biomas na produção setorial de 2015 (%)

Fonte: Elaboração própria baseada na base de dados do modelo BLUME

3.5.2 Composição dos Fatores Primários

O PIB regional do lado da oferta representa a soma das remunerações dos fatores primários (terra, capital e trabalho) e corresponde aos dados gerados pelo processo de regionalização e não a fontes secundárias. A participação dos fatores de produção sobre o PIB regional segue na Tabela 11.

Tabela 11: Participação dos fatores de produção sobre o PIB regional (%) (2015)

Bioma	Região	Terra	Trabalho	Capital
Amazônia	AC_Amazônia	0,5	68,7	30,7
	AP_Amazônia	0,4	68,0	31,6
	AM_Amazônia	0,3	65,7	34,0
	MA_Amazônia	0,3	60,9	38,8
	MT_Amazônia	5,8	48,5	45,7
	PA_Amazônia	0,9	59,3	39,8
	RO_Amazônia	1,0	64,9	34,1
	RR_Amazônia	0,5	67,1	32,4
	TO_Amazônia	6,7	62,0	31,3
	Amazônia	8,6	8,5	7,9
Caatinga	AL_Caatinga	1,1	63,5	35,4
	BA_Caatinga	1,5	61,5	37,1
	CE_Caatinga	0,3	59,1	40,5
	MA_Caatinga	1,2	69,1	29,7
	MG_Caatinga	3,7	60,5	35,8
	PB_Caatinga	0,7	69,2	30,1
	PE_Caatinga	1,1	65,0	34,0
	PI_Caatinga	1,8	64,5	33,7
	RN_Caatinga	0,8	58,0	41,2
	SE_Caatinga	2,3	65,3	32,4
	Caatinga	24,6	11,1	9,9
Cerrado	BA_Cerrado	5,8	47,5	46,7
	DF_Cerrado	0,0	64,3	35,7
	GO_Cerrado	1,3	60,2	38,5
	MA_Cerrado	1,7	57,9	40,4
	MT_Cerrado	2,9	57,4	39,7
	MS_Cerrado	2,0	62,1	35,9
	MG_Cerrado	1,6	58,6	39,8
	PR_Cerrado	3,4	53,8	42,7
	PI_Cerrado	0,6	61,4	37,9
	SP_Cerrado	0,6	58,5	40,9
	TO_Cerrado	1,3	64,2	34,5
	Cerrado	32,8	19,5	18,1
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	0,3	60,6	39,1
	BA_Mata Atlant.	0,2	57,7	42,1
	ES_Mata Atlant.	0,4	58,0	41,6
	GO_Mata Atlant.	5,5	56,8	37,7
	MS_Mata Atlant.	3,4	55,8	40,8
	MG_Mata Atlant.	0,3	59,5	40,1
	PB_Mata Atlant.	0,1	65,0	34,9
	PR_Mata Atlant.	0,7	59,0	40,3
	PE_Mata Atlant.	0,1	61,5	38,5
	RJ_Mata Atlant.	0,0	53,7	46,2
	RN_Mata Atlant.	0,0	61,8	38,1
	RS_Mata Atlant.	1,1	60,4	38,6
	SC_Mata Atlant.	0,4	60,2	39,3
	SP_Mata Atlant.	0,1	56,1	43,8
	SE_Mata Atlant.	0,1	58,2	41,7
	Mata Atlântica	32,4	59,8	63,1
Pampa	RS_Pampa	0,6	57,8	41,6
	Pampa	0,2	0,6	0,6
Pantanal	MT_Pantanal	2,2	74,0	23,8
	MS_Pantanal	1,7	58,4	39,9
	Pantanal	1,4	0,5	0,4
Brasil		0,4	58,1	41,5

Fonte: Elaboração própria baseada na base de dados do modelo BLUME

Segundo a base de dados, a participação da remuneração do fator terra representaria 3,4% do PIB nacional. Desse total, o Cerrado é responsável por 32,8%, a Mata Atlântica por 32,4%, a Caatinga por 24,6% e a Amazônia, 8,5%. Já a remuneração do fator trabalho seria responsável por 55,8% do PIB nacional, do qual o bioma Mata Atlântica teria a maior participação, 59,8%. O fator de produção capital é responsável por 41,5% do PIB nacional onde novamente o bioma Mata Atlântica possui a maior participação, 63,1%, condizente com a geografia produtiva do país.

Apesar do fator terra de o bioma Amazônia contribuir com apenas 8,5%, TO_Amazônia é a região do modelo que apresenta a maior participação do fator de produção terra sobre o PIB nacional, 6,7% do total, seguido das regiões BA_Cerrado e MT_Amazônia ambas com 5,8%. A remuneração do fator trabalho apresenta maior participação na região MT_Pantanal, com 74%. Em contrapartida, a região BA_Cerrado exhibe a menor participação, 47,5% do fator de produção trabalho, mas a maior participação do fator de produção capital, 46,7%. A região MT_Pantanal aponta a menor participação do capital sobre o PIB, 23,8%.

Como o objetivo dessa tese envolve simulações de restrições na oferta de terra, conhecer a composição dos fatores primários por região do modelo se torna útil para a compreensão dos resultados. Regiões que apresentam expressiva participação da remuneração da terra sobre o PIB e baixa substituição entre os fatores de produção, tendem a ser mais sensíveis às políticas que envolvam mudança no uso do solo. São exemplos desse tipo de política restrições na oferta de terra via controle do desmatamento ou ainda políticas de recuperação do solo e reflorestamento.

3.5.3 Análise das Relações de Comércio

A estrutura do comércio agropecuário (incluindo Extração Vegetal e Silvicultura) entre as regiões do modelo BLUME é calculada a partir do método de regionalização e segue detalhada na Tabela 12. As linhas da matriz apresentam as origens dos bens e as colunas representam os destinos, destacando-se em verde as regiões com maiores fluxos de comércio. Nota-se que existe um elevado fluxo de comércio entre as regiões, mas de um modo geral, não se observa um predomínio da intensidade dos fluxos, o que sugere um baixo grau de dependência das regiões em relação ao comércio dos bens agropecuários. A maior intensidade no fluxo de comércio ocorre entre PA_Amazônia e AP_Amazônia, com 51% de participação. A região de MG_Cerrado é a maior

fornecedora de bens agropecuários, seguida por GO_Cerrado e PR_Mata Atlântica. Consequentemente essas regiões possuem algum grau de dependência.

Dentre as regiões do bioma Amazônia se destaca o MT_Amazônia, que, segundo a matriz de comércio, comercializa de forma significativa com quase todas as demais regiões do bioma. Da mesma forma, a região MT_Cerrado é também um forte fornecedor de bens agropecuários das regiões do bioma Amazônia.

3.6 Parâmetros e elasticidades

Além dos dados apresentados até aqui, o modelo BLUME necessita de alguns parâmetros comportamentais e elasticidades em sua calibragem. Essas estimativas são, geralmente, retiradas de outros estudos na literatura, devido à escassez de dados para a estimação destes parâmetros e elasticidades. Os principais parâmetros se referem às elasticidades de substituição entre fatores primários, do tipo Armington, e elasticidade gasto-consumo das famílias. Ao adotar a elasticidade de substituição imperfeita de Armington, o modelo permite a substituição entre produtos domésticos e importados em direção ao produto relativamente mais barato. Podem-se substituir os fatores primários do modelo, terra, trabalho e capital, de acordo com uma função CES.

Os principais parâmetros do modelo são: elasticidade de substituição por ocupação (SIGMA1LAB), elasticidade de substituição CES para fatores primários (SIGMA1PRIM), elasticidade dos gastos das famílias (EPS), elasticidades de transformação CET (SIGMAOUT) e elasticidades da demanda por exportações (EXP_ELAST). Os parâmetros de dimensão IND valem para todas as regiões do modelo. Para a calibragem das elasticidades foram utilizadas as estimações de (FARIA e HADDAD, 2017), (KUME e PIANI, 2013), (TOURINHO, KUME e PEDROSO, 2007) e (HOFFMANN, 2010). Essas são as estimativas mais recentes encontradas na literatura, cujo os valores foram adaptados de acordo com a estrutura setorial do BLUME. Para isso, foi necessário ponderar as elasticidades a partir da participação de cada produto no valor total da produção do seu respectivo setor. Tal procedimento foi realizado para todas as elasticidades apresentadas na Tabela 13.

A estrutura de demanda das famílias utiliza um parâmetro de Frisch (FRISCH, 1959) em sua formulação. Este é um parâmetro de substituição que mede a sensibilidade da utilidade marginal da renda (ver DIXON et al., 1982). O Frisch é estimado com um valor negativo e que quanto maior (em módulo), menor o grau de consumo de luxo o maior o de subsistência. Assume-se que esse parâmetro é igual para todos os setores do modelo e o valor utilizado foi de $-2,48$ (DOMINGUES et al. 2009). Além disso, as elasticidades de substituição de margens (SIGMAMAR) são iguais a 0,2 para ambas as margens.

Tabela 13: Elasticidades do Modelo BLUME

Parâmetros	Descrição	Dimensão	Valor
DPRC	Taxa de depreciação	IND	0,05
QRATIO	Razão investimento/capital (máxima/tendência)	IND e DST	4
RNORMAL	Razão investimento/capital (máxima/tendência)	IND e DST	12,50%
GROTREND	Razão Investimento/Capital (tendência)	IND e DST	0,09 a 0,9
ALPHA	Elasticidade do investimento	IND e DST	5
SIGMA1LAB	Elasticidade do investimento	IND	0,04
SIGMA1PRIM	Elasticidade do investimento	IND	0,25 a 1
ARMSIGMA	Elasticidade do investimento	IND	0,27 a 1,56
SIGMADOMDOM	Elasticidade do investimento	IND	0,002 a 5,3
SIGMAMAR	Elasticidade do investimento	MAR	0,2
FRISCH	Elasticidade do investimento	DST	-2,48
EPS	Elasticidade do investimento	COM	0 a 1,85
SIGMAOUT	Elasticidade do investimento	IND	0,5
EXPLAST	Elasticidade da demanda por exportações	IND	0,8 a 4,3
α_{lnd}	Mobilidade da terra entre os usos agrícolas	TERRA	0,5
SLND	Elasticidade de oferta da terra	TERRA	0,5

Fonte: Construção própria com base nas estimativas da literatura

Já o parâmetro α_{lnd} mede a mobilidade da terra entre os usos agrícolas quando acontece uma mudança na remuneração de algum dos usos considerados no modelo (lavoura, pasto e floresta plantada) e SLND mede a elasticidade da oferta de terra, cujo valor indica a facilidade de conversão da terra entre os usos. Para essa tese, considerou-se a mesma elasticidade de oferta de terra em todas as regiões do modelo visto que as variações são marginais e pouco sensíveis aos resultados das simulações.

4 SIMULAÇÕES E RESULTADOS

A finalidade desse capítulo é descrever as simulações realizadas com o modelo BLUME e analisar os resultados encontrados. O objetivo principal dessa tese é projetar os impactos econômicos e ambientais de uma política de desmatamento zero aliado a investimentos setoriais tanto no bioma Amazônia quanto Cerrado, cenário que será chamado de “Crescimento Verde” uma vez que teríamos crescimento econômico e preservação florestal. O objetivo secundário é investigar os impactos da política de desmatamento zero ocorrendo juntamente com a recuperação de áreas degradadas, uma das metas brasileiras de mitigação. As simulações e os resultados são reportados em cinco subseções, em que a primeira apresenta as simulações e o fechamento do modelo. A segunda discute o cenário de referência. A terceira parte apresenta os impactos da simulação do Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia. A quarta seção mostra os resultados do Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado. E, finalmente, a última seção discute os resultados de uma simulação de desmatamento zero na Amazônia e Cerrado e reflorestamento nas áreas desmatadas da região do arco do desmatamento.

4.1 Simulações e Fechamento

4.1.1 Descrição das Simulações

O objetivo principal dessa tese é projetar os impactos econômicos e ambientais da política de desmatamento zero aliado a investimentos setoriais tanto no bioma Amazônia quanto Cerrado. As simulações de política de controle de desmatamento representam simulações que restringem a oferta de terra para uso produtivo, reduzindo assim as possibilidades de expansão da agropecuária. Os biomas da Amazônia e Cerrado são fortemente dependentes da agropecuária e possuem as regiões com maiores taxas de desmatamento e emissões provenientes das mudanças do uso do solo, como ressaltado nos indicadores da base de dados do modelo e nas seções do módulo de uso da terra e emissões. Além disso, as regiões dentro dos biomas são bastante heterogêneas em relação a produtividade e dependência agropecuária, logo é de importância indicar as regiões que poderiam ser mais afetadas por uma política de desmatamento zero.

Além de analisar os impactos econômicos e ambientais, o modelo BLUME permite mensurar os custos econômicos da política de desmatamento zero em termos de impacto sobre o PIB e produção setorial, desagregado regionalmente. Também é possível avaliar o

mecanismo de realocação da terra entre as diferentes categorias de uso, permitindo um melhor entendimento das dinâmicas de transição e mudanças diretas e indiretas do uso da terra (LUC e ILUC) no Brasil. Soma-se a isso, a mensuração dos ganhos/perdas ambientais em termos de emissões dos gases do efeito estufa.

No entanto, vale destacar que os resultados das simulações não representam previsões *strictu sensu* da economia, mas sim projeções sobre os impactos de cada um dos cenários considerados. Esta advertência faz-se necessária porque os modelos de equilíbrio geral computável não são modelos de previsão econômica e sim modelos de projeção parametrizados (DOMINGUES, 2002). Isso significa que embora sejam quantificados, os resultados devem ser interpretados do ponto de vista qualitativo, ou seja, em termos de direção e relações, do que propriamente do ponto de vista quantitativo exato.

Dado o objetivo dessa tese, foram realizadas seis simulações, sendo a primeira um cenário de referência que mostra a trajetória da economia, sem qualquer política de controle de desmatamento ao longo do período 2016 a 2040. Este cenário se divide em dois períodos distintos na qual o primeiro compreende os anos de 2016 a 2020, baseado em dados observados da economia nacional, taxas de desmatamento e exportação dos principais produtos. O segundo projeta a trajetória da economia no período de 2021 a 2040 considerando um crescimento hipotético da economia nacional de 2% a.a., projeções do crescimento das exportações setoriais e do crescimento populacional. Em todo cenário de referência, considera-se um crescimento da produtividade da terra de 1% a.a. e do trabalho de 0,8% a.a.

As demais simulações, descritas no Quadro 6, referem-se às simulações de política. As simulações dois e três referem-se ao cenário chamado de “Crescimento Verde” na Amazônia, aonde procura-se simular um crescimento econômico com preservação florestal, por meio de uma política de desmatamento zero aliada a investimentos nos setores agropecuários no bioma Amazônia. É necessário realizar as simulações de desmatamento zero e investimentos de forma separada uma vez que a partir das perdas econômicas resultantes da simulação de restrição de terra é calculado o investimento necessário para anular tais perdas.

Simulações	Cenário de Referência	“Crescimento Verde” na Amazônia		“Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado		Reflorestamento no Arco do Desmatamento
		Desmatamento zero na Amazônia	Investimento nos setores agropecuários na Amazônia	Desmatamento zero na Amazônia e Cerrado	Investimento nos setores agropecuários na Amazônia e Cerrado	
Simulação 1	x					
Simulação 2		x				
Simulação 3		x	x			
Simulação 4				x		
Simulação 5				x	x	
Simulação 6				x		x

Quadro 6: Simplificação das Simulações com o modelo BLUME

Fonte: Construção própria

Os resultados dessas primeiras simulações de políticas apontam impactos significativos nas regiões do bioma Cerrado devido ao mecanismo de realocação do modelo. O Cerrado é uma região importante economicamente e ambientalmente, é considerado o berço das águas, mas também o maior “celeiro” do país. É a savana com a maior biodiversidade do mundo, mas também o maior exportador de soja (MMA, 2016). Dessa forma, a terceira e quarta simulação pretendem simular um cenário com crescimento econômico e preservação florestal, tanto na Amazônia quanto Cerrado, que será chamado de cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado. Aqui a política de desmatamento zero ocorrerá em ambos os biomas assim como os investimentos nos setores agropecuários.

Por fim, a sexta e última simulação procura avaliar os impactos econômicos e ambientais de duas políticas ocorrendo de forma simultânea, o desmatamento produtivo zero e a recuperação de 12 Mha de áreas degradadas. A recuperação de áreas degradadas faz parte da Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa(Proveg) que surgiu em 2017 a partir da elaboração do Plano Nacional de Recuperação de Vegetação Nativa (PLANAVEG, 2017). O objetivo do plano é restaurar pelo menos 12 Mha de vegetação nativa a fim de contribuir para a recuperação da biodiversidade e do solo, geração e manutenção de recursos hídricos, redução e absorção de emissões de carbono e a geração de emprego e renda.

Algumas relações causais são esperadas a partir das simulações de restrição na oferta de terra. Pelos mecanismos do modelo, a restrição tende a aumentar a remuneração da terra, que conseqüentemente aumenta o custo de produção dos bens agropecuários, diminuindo o nível de atividades dos demais setores, gerando impactos econômicos negativos. Além disso,

a restrição na oferta de terra faz com que o fator de produção terra fique mais caro, incentivando a substituição entre os demais fatores primários (capital e trabalho). Mas essa substituição não implica necessariamente e um aumento do emprego e investimento; esse mecanismo dependerá do efeito atividade. Se a queda na produção for mais intensa que o efeito substituição entre os fatores primários, haverá diminuição do emprego e investimento. Conseqüentemente, com a queda de produção, haverá um aumento dos preços dos produtos que juntamente com a queda de emprego podem reduzir o consumo das famílias.

O fator de produção terra mais caro tende a afetar o custo na produção nas regiões com controle de desmatamento. Como o modelo é inter-regional, ocorre uma realocação da produção em direção às regiões sem restrição e com maior produtividade da terra, na margem. Vale destacar que esse tipo de política tende a provocar impactos mais intensos em regiões cujo a dependência agropecuária é maior e cujo a economia é voltada às atividades agroexportadoras. Isso ocorre porque o aumento dos preços dos produtos torna os produtos exportados relativamente mais caros que os produtos importados, prejudicando as exportações agropecuárias. Os efeitos líquidos dessas causalidades diretas e indiretas dependerá das interligações de comércio entre as regiões e da própria estrutura produtiva das regiões.

A própria restrição de oferta de terra provocará uma diminuição nas emissões da mudança do uso do solo nas regiões cuja política for implementada. Devido a realocação da produção entre as regiões, espera-se um aumento das emissões nas demais regiões. A política também provoca variações nas atividades dos setores agropecuários, podendo resultar em aumento das emissões nas regiões com aumento de atividade e diminuição das emissões nas regiões com queda das atividades. Por fim, nas regiões com diminuição das atividades setoriais espera-se uma redução nos empregos e conseqüentemente no consumo das famílias, impactando diretamente nas emissões do uso de combustíveis, que se encontram dentro de atividades.

4.1.2 Fechamento do Modelo

O fechamento do modelo define o ambiente macroeconômico, a partir do conjunto de variáveis endógenas e exógenas das simulações realizadas com o modelo BLUME. Esta escolha não é aleatória, ela deve representar as hipóteses sobre o funcionamento da economia e seus ajustamentos e choques (políticas). Dessa forma, irá depender da visão teórica que se deseja aplicar ao modelo e do horizonte temporal hipotético das simulações.

O BLUME é um modelo dinâmico e regional cujo fechamento utilizado de dinâmica recursiva permite a acumulação do capital ao longo do tempo e ajustes no mercado de terra de acordo com os mecanismos do módulo de uso da terra. Assume-se o emprego nacional exógeno e o salário real nacional endógeno. Dessa forma, há mobilidade inter-regional do fator trabalho, movido pelos diferenciais de salário real. O investimento nacional é endógeno, obtido pela soma dos investimentos setoriais. O investimento varia seguindo o estoque de capital agregado que pode mover-se em direção aos setores mais atraentes, com taxas de retorno fixas. O consumo real das famílias é endógeno e segue a variação do PIB em cada região (remuneração dos fatores). E por fim, o consumo do governo é exógeno.

No fechamento do cenário de referência, que compreende o período entre 2015 a 2020, são considerados exógenos os principais agregados macroeconômicos, PIB real, investimento, consumo das famílias, gastos do governo, volume de exportações e emprego agregado, além das taxas de desmatamento por região e taxas de exportação setorial. No segundo período do cenário de referência, de 2021 a 2040, as variáveis macroeconômicas como o PIB agregado, consumo das famílias e gastos do governo são mantidas exógenas, assim como as projeções das taxas de exportação setorial e projeções das taxas de crescimento populacional. Já as taxas de desmatamento passam a ser endógenas. No cenário de política, todas as variáveis macroeconômicas são endógenas com o emprego agregado definido exogenamente.

4.2 Cenário de Referência

O cenário de referência do BLUME simula uma trajetória tendencial de crescimento da economia brasileira. Esse cenário possibilita visualizar as diferentes trajetórias dos indicadores econômicos ao longo do tempo e o impacto dos choques de políticas nessa trajetória. A diferença entre o cenário de referência com o cenário de política representa, o efeito da imposição da política de desmatamento zero, por exemplo. Os resultados do modelo são normalmente apresentados como o desvio acumulado de determinada variável (indicador) em relação ao seu valor acumulado no cenário de referência.

O primeiro cenário de crescimento econômico atualiza os dados observados de 2015 a 2020, a saber os dados macroeconômicos nacionais, taxas de desmatamento e taxa de exportações setoriais. Na projeção, a partir de 2021, assume-se um crescimento da economia nacional de 2% a.a. (no PIB real, consumo das famílias, gastos do governo), crescimento das

exportações setoriais de acordo com as projeções do MAPA (2019) e OCDE-FAO (2015) e crescimento populacional. Em todo período, considera-se um crescimento da produtividade da terra de 1% a.a. e do trabalho de 0,8% a.a.. Nas projeções, o desmatamento passa a ser endógeno, determinado pelo crescimento da economia de acordo com os mecanismos de uso da terra do BLUME. Nessa seção, serão apresentados os resultados gerais, setoriais e regionais do cenário de referência.

4.2.1 Resultados Macroeconômicos

Na simulação do cenário de referência mimetiza-se o comportamento dos principais agregados macroeconômicos observados da economia, dentre outras taxas de crescimento observadas, atualizando o modelo até o período para o qual existem dados. Do período de 2015 a 2020 são utilizados indicadores macroeconômicos nacionais, assim como taxas de desmatamento regionais e taxas de exportações setoriais observadas. As variações observadas do PIB real, consumo das famílias, gastos do governo, investimento e exportação são retirados das contas nacionais (IBGE). Os dados observados do incremento do desmatamento foram retirados da plataforma TerraBrasilis do INPE (Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais)²⁴ e dos relatórios oficiais do Instituto SOS Mata Atlântica²⁵. Já as exportações setoriais seguem os dados do MAPA (2019) e OCDE-FAO (2015)²⁶ e se encontram na Tabela 30 do Anexo III. A taxa anual das exportações de Soja, cresceram 2,5% de 2015 a 2020 e a de Bovinos 5,6%. Na Tabela 14 encontra-se os dados dos indicadores macroeconômicos.

²⁴ http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates acessado em agosto de 2021

²⁵ <https://www.sosma.org.br/noticias/desmatamento-da-mata-atlantica-cresce-quase-60-em-um-ano/> acessado em agosto de 2021

²⁶ Banco de dados apresentado no Outlook Agrícola OCDE-FAO, publicado em julho de 2015, com projeções agrícolas até 2024. Para a maioria dos setores de commodities analisados no Outlook, estão disponíveis valores detalhados de oferta e uso, bem como preços domésticos e internacionais de commodities. Disponível em:

https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=HIGH_AGLINK_2015&lang=en

Tabela 14: Variáveis do Cenário Macroeconômico para o período 2015 a 2020 (Variação % anual)

Indicadores	2016	2017	2018	2019	2020
Consumo das famílias	-3,8%	2,0%	2,1%	1,8%	-5,5%
Investimento real	-12,1%	-2,6%	3,9%	2,2%	-0,8%
Consumo do governo	0,2%	-0,7%	0,4%	-0,4%	2,0%
Volume das Exportações	0,9%	4,9%	4,0%	-2,5%	-1,8%
PIB real	-3,3%	1,3%	1,3%	1,1%	-4,1%
Crescimento População	1%	1%	1%	1%	1%

Fonte: Elaboração própria

O módulo de uso da terra do modelo BLUME apresenta uma categoria de terra que engloba as áreas de Florestas Naturais e Demais Usos. Desse modo, a taxa de desmatamento incorporada no Cenário de Referência foi calculada como sendo o percentual de incremento do desmatamento divulgado pelo INPE sobre a categoria de floresta natural e demais usos do modelo BLUME. A Tabela 15 apresenta o percentual de área de Floresta Natural e Demais Usos perdidos em decorrência do processo de desmatamento, em cada região, entre 2015 a 2020. Os valores da tabela são negativos, pois representam uma redução de área. Essa redução é redistribuída pelo modelo entre lavoura, pasto e silvicultura de acordo com os mecanismos de transição discutidos na seção do módulo de uso da terra. Assim, possibilita-se a alocação endógena dos demais usos da terra pelo modelo entre os períodos de 2015 a 2020.

Tabela 15: Taxa de desmatamento aplicada sobre as áreas de Floresta Natural do modelo BLUME - 2016 a 2020 (em var.% do total da área de floresta natural e demais usos de cada região)

Bioma	Região	2016	2017	2018	2019	2020
Amazônia	AC_Amazônia	-0,25	-0,17	-0,32	-0,44	-0,39
	AP_Amazônia	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	0,00
	AM_Amazônia	-0,07	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09
	MA_Amazônia	-0,22	-0,25	-0,16	-0,26	-0,23
	MT_Amazônia	-0,36	-0,36	-0,38	-0,48	-0,46
	PA_Amazônia	-0,27	-0,25	-0,27	-0,44	-0,45
	RO_Amazônia	-0,82	-0,89	-0,86	-0,95	-0,88
	RR_Amazônia	-0,13	-0,07	-0,08	-0,29	-0,18
	TO_Amazônia	-0,42	-0,34	-0,20	-0,17	-0,09
Caatinga	AL_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	BA_Caatinga	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02
	CE_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	MA_Caatinga	-0,75	-1,18	-1,98	-3,12	-2,04
	MG_Caatinga	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,08
	PB_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PE_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PI_Caatinga	-0,09	-0,04	-0,02	-0,03	-0,01
	RN_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		SE_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00
Cerrado	BA_Cerrado	-1,35	-1,36	-1,23	-1,50	-1,64
	DF_Cerrado	-0,09	-0,20	-0,30	-0,09	-0,18
	GO_Cerrado	-0,57	-0,75	-0,64	-0,59	-0,66
	MA_Cerrado	-0,78	-0,95	-0,95	-0,84	-1,21
	MT_Cerrado	-0,58	-0,58	-0,50	-0,46	-0,37
	MS_Cerrado	-0,54	-0,46	-0,42	-0,47	-0,51
	MG_Cerrado	-0,25	-0,41	-0,38	-0,40	-0,51
	PR_Cerrado	-0,07	-0,01	-0,05	-0,01	-0,14
	PI_Cerrado	-0,68	-0,61	-0,49	-0,48	-0,64
		SP_Cerrado	-0,03	-0,04	-0,14	-0,06
	TO_Cerrado	-1,10	-1,19	-1,08	-1,07	-1,13
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	-0,01	-0,41	-0,08	0,00	0,00
	BA_Mata Atlant.	-0,31	-0,01	-0,05	-0,09	0,00
	ES_Mata Atlant.	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
	GO_Mata Atlant.	-0,15	-0,27	-0,28	-0,06	-0,06
	MS_Mata Atlant.	-0,07	-0,06	-0,04	-0,08	0,00
	MG_Mata Atlant.	-0,14	-0,09	-0,09	-0,10	0,00
	PB_Mata Atlant.	-0,03	-0,09	-0,05	-0,09	0,00
	PR_Mata Atlant.	-0,06	-0,04	-0,04	-0,05	0,00
	PE_Mata Atlant.	-0,01	-0,17	-0,06	-0,03	0,00
	RJ_Mata Atlant.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	RN_Mata Atlant.	0,00	-0,06	-0,03	0,00	0,00
	RS_Mata Atlant.	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00
	SC_Mata Atlant.	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	0,00
	SP_Mata Atlant.	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00
	SE_Mata Atlant.	-0,09	-0,28	-0,10	-0,08	0,00
Pampa	RS_Pampa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pantanal	MT_Pantanal	-0,12	-0,09	-0,11	-0,14	0,00
	MS_Pantanal	-0,06	-0,04	-0,05	-0,07	0,00

Fonte: Elaboração própria baseada nos dados do INPE e SOS Mata Atlântica.

As taxas acima são pequenas se comparadas as taxas de desmatamento divulgadas pelo INPE. Isso ocorre porque foram calculadas em relação a categoria Floresta Natural e Demais Usos do modelo BLUME, que é uma área muito maior que as áreas de florestas monitoradas pelo INPE. Mas o total de áreas perdidas são idênticas em ambos os casos. Abaixo encontra-se as áreas de Floresta Natural e Demais Usos que alimentam o modelo e após aplicada as taxas de desmatamento ao longo dos anos. Observa-se que de 2015 a 2020 o Brasil perdeu 7,4 Mha, o valor aproximado divulgado pelos órgãos oficiais INPE e SOS Mata Atlântica.

Tabela 16: Área de floresta natural na base de dados do modelo e no Cenário de Referência - 2015 a 2020 (Mha)

Bioma	Região	Floresta Natural Base de Dados (2015)	Floresta Natural (2016)	Floresta Natural (2017)	Floresta Natural (2018)	Floresta Natural (2019)	Floresta Natural (2020)
Amazônia	AC_Amazônia	14,54	14,50	14,48	14,43	14,37	14,31
	AP_Amazônia	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
	AM_Amazônia	151,70	151,60	151,50	151,39	151,26	151,13
	MA_Amazônia	5,93	5,92	5,90	5,89	5,88	5,87
	MT_Amazônia	33,75	33,63	33,51	33,38	33,22	33,06
	PA_Amazônia	101,14	100,87	100,61	100,34	99,90	99,45
	RO_Amazônia	14,48	14,36	14,23	14,11	13,98	13,85
	RR_Amazônia	17,05	17,03	17,01	17,00	16,95	16,92
	TO_Amazônia	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35
	Amazônia	351,45	350,76	350,10	349,41	348,41	347,45
Caatinga	AL_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	BA_Caatinga	16,79	16,79	16,79	16,79	16,79	16,78
	CE_Caatinga	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49	10,49
	MA_Caatinga	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
	MG_Caatinga	1,50	1,50	1,50	1,49	1,49	1,49
	PB_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PE_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	PI_Caatinga	9,56	9,55	9,55	9,54	9,54	9,54
	RN_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	SE_Caatinga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Caatinga	38,38	38,37	38,37	38,36	38,35	38,35
Cerrado	BA_Cerrado	5,71	5,64	5,56	5,49	5,41	5,32
	DF_Cerrado	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
	GO_Cerrado	11,27	11,20	11,12	11,04	10,98	10,91
	MA_Cerrado	15,45	15,33	15,18	15,04	14,91	14,73
	MT_Cerrado	16,59	16,49	16,40	16,32	16,24	16,18
	MS_Cerrado	5,81	5,78	5,75	5,73	5,70	5,67
	MG_Cerrado	12,07	12,04	11,99	11,95	11,90	11,84
	PR_Cerrado	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	PI_Cerrado	9,56	9,49	9,44	9,39	9,34	9,28
	SP_Cerrado	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	TO_Cerrado	14,34	14,19	14,02	13,86	13,72	13,56

	Cerrado	92,03	91,39	90,68	90,05	89,43	88,72
	AL_Mata Atlant.	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	BA_Mata Atlant.	4,01	4,00	4,00	4,00	3,99	3,99
	ES_Mata Atlant.	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
	GO_Mata Atlant.	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
	MS_Mata Atlant.	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
	MG_Mata Atlant.	5,96	5,95	5,94	5,94	5,93	5,93
	PB_Mata Atlant.	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Mata Atlântica	PR_Mata Atlant.	5,83	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82
	PE_Mata Atlant.	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	RJ_Mata Atlant.	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
	RN_Mata Atlant.	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	RS_Mata Atlant.	3,08	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07
	SC_Mata Atlant.	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36
	SP_Mata Atlant.	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49
	SE_Mata Atlant.	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
	Mata Atlântica	32,90	32,87	32,86	32,85	32,83	32,83
Pampa	RS_Pampa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Pampa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pantanal	MT_Pantanal	2,81	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
	MS_Pantanal	3,90	3,90	3,90	3,89	3,89	3,89
	Pantanal	6,71	6,70	6,70	6,69	6,69	6,69
Brasil		521,47	520,09	518,71	517,36	515,71	514,03

Fonte: Elaboração própria baseada na base de dados do modelo BLUME

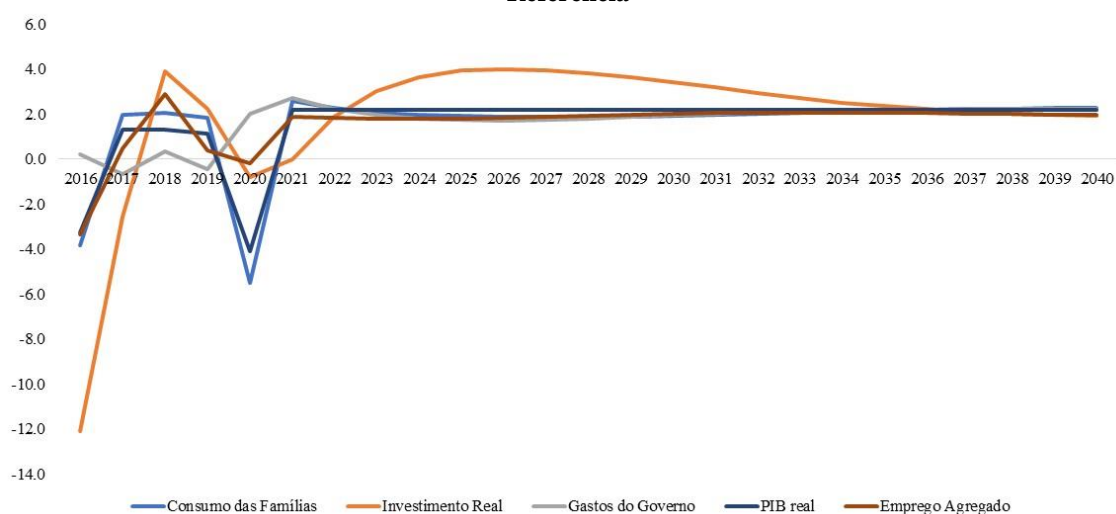
Do período de 2021 a 2040 considera-se as projeções de crescimento das variáveis macroeconômicas, das exportações setoriais e crescimento populacional, esses dois últimos variando por região do modelo. Os agregados macroeconômicos crescem 2% a.a., as exportações setoriais evoluem adicionalmente de acordo com as projeções do MAPA (2019) e OCDE-FAO (2015) e a população cresce de acordo com as estimativas de projeções do IBGE²⁷ (o cenário demográfico encontra-se na Tabela 29 do ANEXO III). É importante incorporar as projeções de crescimento das exportações visto que os produtos agropecuários são considerados um importante determinante do desmatamento nos biomas Amazônia e Cerrado, além de serem importantes na dinâmica da economia brasileira. Na Tabela 30 do ANEXO III, seguem as taxas de crescimento das exportações agrícolas (anual médio) observadas entre os períodos de 2015 a 2020 e projetadas para o período de 2021 a 2040. Os setores de Outros Animais e Mandioca são aqueles que mais crescem no período observado.

Nos Gráficos 3 e 4 encontra-se a trajetória das principais variáveis macroeconômicas ao longo do período de 2016 a 2040. Nota-se que entre 2016 a 2020 os indicadores econômicos apresentam uma maior volatilidade, pois ilustram o comportamento real observado na economia. Nesse período, observa-se uma queda do investimento de -9,3% e

²⁷ <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>

do PIB real de -3,6%, logo os níveis de estoque de capital também reduziram, elevando as taxas de retorno na economia. Com taxas de retorno mais altas, o investimento aumenta nos períodos subsequentes e promove uma nova pressão sobre a taxa de retorno do capital, que tende a cair e permanecer estável no longo prazo e oscilando em torno da taxa de crescimento do PIB. Resumindo, o investimento agregado passa por um período de crescimento entre 2021 e 2035, que se explica pelos mecanismos de acumulação de capital do modelo BLUME.

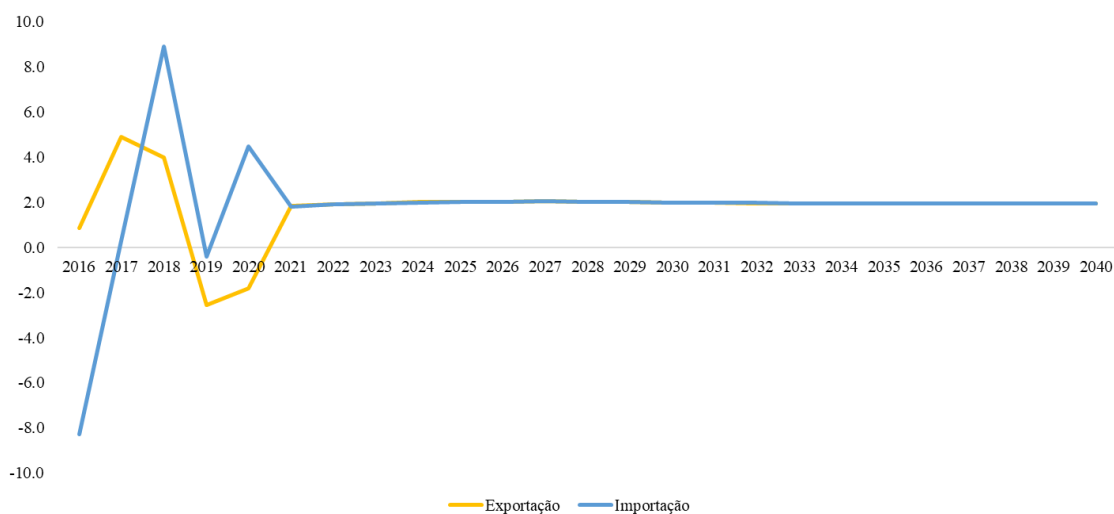
Gráfico 3: Trajetória das variáveis macroeconômicas nacionais entre 2016 a 2040 no Cenário de Referência



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo BLUME

Entre 2021 e 2040, o consumo das famílias, os gastos do governo, o emprego agregado e o PIB real apresentam trajetórias de crescimento de 2% a.a.. O emprego agregado segue a mesma trajetória de crescimento do PIB. Já o comportamento ao longo do tempo das exportações e importações depende dos preços relativos entre domésticos e importados e do saldo comercial. Nota-se pouca volatilidade dos índices de preços nacionais a partir de 2021 fazendo com que as importações e exportações oscilem em torno da taxa de crescimento do PIB.

Gráfico 4: Trajetória das exportações e importações agregadas entre 2016 a 2040 no Cenário de Referência



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo BLUME

4.2.2 Resultados Setoriais e Regionais

Dado o cenário histórico e de projeção apresentado na seção anterior, os resultados setoriais e regionais para o cenário de referência são determinados endogenamente no modelo BLUME e serão apresentados a seguir. O modelo possui 52 setores/produtos, sendo quatorze constituídos por atividades Agrícolas, sete por atividades da Pecuária e dois relacionados a Silvicultura e Extração Vegetal.

O crescimento desses setores depende de todo o mecanismo de causalidade discutido na seção 4.1.1. Ou seja, dependerá do preço do produto e do seu custo de produção, que por sua vez é formado pelo preço dos insumos intermediários e fatores de produção (capital, trabalho e terra). Por exemplo, a atividade será positivamente afetada quando ocorrer um aumento no preço do produto e/ou uma redução dos custos de produção, ou ainda será negativamente afetada quando o preço do produto diminuir e/ou os custos de produção aumentarem. O comportamento desses indicadores é importante para a compreensão dos resultados setoriais.

Na Tabela 17 abaixo encontra-se o resultado do crescimento dos setores do modelo no Cenário de Referência. Dado a natureza da pesquisa, somente os setores agropecuários são destacados. Os resultados são apresentados como a variação percentual do acumulado do período 2016 a 2040. Para a interpretação correta desses resultados é importante realizar um contraponto com a análise descritiva da base de dados, principalmente a seção 3.5.1 onde são apresentados a atividade produtiva das regiões do modelo. Isso ocorre porque o

crescimento de um setor só será significativo se o mesmo for relevante na estrutura produtiva.

Por exemplo, as regiões com maior crescimento da produção de arroz são PI_Cerrado e TO_Cerrado, com 82,8% e 80% de crescimento, respectivamente. No entanto, a região PI_Cerrado é responsável por somente 0,4% da produção nacional de arroz enquanto TO_Cerrado é responsável por 5,1%. Logo, o crescimento dessa atividade será mais significativo na região TO_Cerrado. As regiões com maior representatividade na produção de arroz são RS_Pampa e SC_Mata Atlântica. A primeira apresentou um crescimento do setor de 41,3% e a segunda região 39,5%, logo, o crescimento dessa atividade possui um impacto maior nessas regiões, devido a sua relevância na estrutura produtiva.

Na produção de Trigo e Outros Cereais destaca-se o crescimento das regiões PI_Cerrado, AM_Amazônia e MA_Cerrado com 99,5%, 94,8% e 94,3% de crescimento, respectivamente. No entanto, essas regiões juntas não representam 0,01% da produção nacional de Trigo e Outros Cereais, portanto, o impacto desse crescimento é pequeno. Já as regiões RS_Mata Atlântica e PR_Mata Atlântica são responsáveis por boa parte da produção nacional de Trigo e Outros Cereais, 36,9% e 36,5% respectivamente. Logo o crescimento de 47,5% e 46,4% tem um impacto significativo nessas regiões.

Tabela 17: Resultado do crescimento setorial do Cenário de Referência – Acumulado de 2016 a 2040 (Variação %)

Bioma	Região	Arroz	Trigo e outros cereais	Milho em grão	Algodão e outras fibras	Cana de açúcar	Soja em grão	Mandioca	Fumo em Folha	Frutas Cítricas	Feijão em Grão	Outros Temporária	Laranja	Café em grão	Outros Permanente	Bovinos	Outros Animais	Leite de Vaca	Leite de Outros Animais	Suínos	Silvicultura	Extração Vegetal
Amazônia	AC_AM	67.6	77.0	83.8	127.8	63.5	114.5	66.2	30.3	46.4	73.9	49.5	65.8	81.7	59.7	98.7	73.8	98.1	37.5	112.7	43.4	43.2
	AP_AM	72.3	87.7	97.3	111.8	76.0	129.3	75.4	41.8	51.7	83.4	48.7	68.1	86.2	61.7	119.0	80.0	112.8	41.8	125.7	35.6	38.1
	AM_AM	77.7	94.6	99.7	121.2	84.7	142.6	80.7	44.1	50.7	102.3	54.5	76.1	99.9	60.3	127.0	82.8	129.0	46.5	146.8	44.3	47.7
	MA_AM	49.3	52.8	64.6	71.4	52.9	79.0	43.1	31.6	39.4	40.0	33.5	45.5	48.9	45.9	64.8	57.3	57.4	27.4	76.9	45.1	42.3
	MT_AM	78.3	90.1	109.2	115.2	84.4	133.1	83.4	42.4	47.3	77.3	76.6	71.6	101.2	61.4	55.8	56.7	54.4	26.8	57.8	66.4	33.7
	PA_AM	71.7	85.0	102.8	109.2	71.4	129.9	73.3	40.6	48.7	83.0	45.7	70.0	86.4	65.2	78.2	63.3	78.1	34.4	95.5	59.9	48.5
	RO_AM	78.0	90.7	104.6	116.5	80.3	129.3	76.2	44.0	51.5	93.0	49.4	75.2	101.6	66.0	81.9	70.7	80.8	33.8	102.5	30.3	28.6
	RR_AM	69.2	81.1	95.3	104.2	71.0	118.3	67.4	44.2	46.0	69.3	55.2	68.3	79.3	61.2	133.7	87.4	130.1	41.1	145.0	46.2	49.0
	TO_AM	62.6	70.3	79.3	92.2	65.9	102.2	56.0	37.2	45.1	61.3	42.6	62.1	67.0	47.3	45.3	50.1	44.6	24.0	66.6	-0.3	10.9
Caatinga	AL_CA	-24.5	-24.2	-15.1	100.8	-20.1	-17.5	-22.4	-3.9	15.2	-44.4	-40.6	-21.5	-27.5	54.3	52.3	50.3	42.9	21.1	59.1	11.5	23.8
	BA_CA	38.6	32.8	40.5	118.4	26.4	51.9	26.2	24.1	35.6	16.9	31.3	35.3	28.3	32.8	68.1	60.5	57.4	27.7	76.7	29.5	33.9
	CE_CA	26.2	22.2	32.8	113.7	27.6	38.7	20.1	18.5	34.7	6.4	10.0	25.8	17.8	24.5	86.7	67.9	68.5	30.5	91.0	23.9	27.9
	MA_CA	69.5	88.8	88.2	112.1	85.9	133.6	72.5	40.1	45.0	95.7	80.6	76.8	88.3	57.7	163.9	97.7	165.9	48.2	175.2	48.6	32.5
	MG_CA	67.0	76.3	88.3	125.9	71.8	112.1	62.2	38.5	42.2	71.6	52.5	67.2	73.8	61.1	61.8	58.3	58.4	28.4	80.1	50.6	42.0
	PB_CA	22.5	9.1	23.8	97.5	7.5	21.7	5.3	13.2	30.6	-9.4	18.2	26.5	5.0	52.1	91.5	70.8	80.8	34.3	102.6	23.3	27.4
	PE_CA	29.4	14.8	29.5	93.2	11.6	29.0	9.9	16.4	31.1	-4.5	10.1	20.3	7.9	32.9	82.3	66.8	72.3	30.8	90.2	24.1	20.9
	PL_CA	41.3	36.0	45.1	120.1	39.4	56.6	28.8	25.2	37.3	20.5	13.0	28.3	31.6	36.8	77.8	64.8	66.0	30.5	88.7	20.5	25.9
	RN_CA	40.4	30.8	42.3	117.8	23.8	49.2	25.6	22.6	37.5	15.7	11.8	25.4	26.7	33.9	116.6	82.7	109.1	38.7	130.8	27.7	31.9
SE_CA	22.7	29.0	36.7	44.9	28.9	47.3	21.6	21.9	36.8	11.7	12.4	32.0	25.0	17.1	48.2	48.0	36.7	19.8	58.5	17.2	24.7	
Cerrado	BA_CE	70.0	82.9	99.1	106.4	66.2	121.1	71.9	30.9	46.0	71.4	81.7	74.6	75.2	83.7	99.8	75.7	94.5	36.0	111.5	55.5	45.7
	DF_CE	62.5	70.8	79.6	94.8	65.2	94.6	47.9	39.3	45.2	57.5	57.3	64.0	65.0	65.6	31.1	42.8	36.7	23.0	31.9	60.7	44.4
	GO_CE	71.0	81.5	93.1	101.5	73.4	111.9	61.0	36.3	44.8	65.5	44.5	72.4	73.2	80.7	40.5	48.4	42.6	24.7	46.4	68.9	35.9
	MA_CE	73.2	94.3	113.9	119.6	94.6	141.7	80.8	42.3	45.2	95.8	62.3	81.6	94.2	67.9	125.5	83.8	122.5	41.4	138.0	67.1	52.5
	MT_CE	59.1	68.5	79.5	90.0	63.1	97.9	56.8	37.7	42.1	56.5	51.0	60.9	72.0	62.5	51.3	55.7	53.2	26.8	55.5	60.0	32.8
	MS_CE	71.7	82.7	96.2	105.0	75.0	117.0	63.9	40.8	45.4	72.5	72.5	74.0	79.2	79.3	31.9	45.0	36.0	21.3	38.6	63.9	32.4
	MG_CE	64.2	71.6	81.1	95.0	65.6	97.3	53.6	32.8	41.3	58.8	47.7	63.7	67.3	62.3	44.7	49.5	46.8	24.9	48.2	58.3	44.2
	PR_CE	34.4	29.6	36.9	51.3	24.4	50.9	24.6	25.1	32.8	21.9	4.0	25.7	28.0	33.9	-23.3	2.8	-18.5	-9.5	-27.0	43.6	23.7
	PL_CE	82.8	99.5	120.3	124.3	99.6	150.8	80.1	42.2	44.6	99.4	101.3	85.6	100.7	62.4	142.3	90.0	135.4	40.0	153.0	55.2	37.5
SP_CE	47.4	53.3	59.4	77.8	50.0	74.7	35.8	32.8	38.1	42.5	34.6	48.5	49.8	48.7	-2.0	20.2	1.8	3.1	-0.7	49.5	24.9	
TO_CE	80.0	92.6	110.2	118.1	89.3	135.6	76.2	42.9	45.1	86.7	55.2	80.8	91.7	71.3	103.5	78.9	107.5	37.8	123.0	31.1	32.2	
Mata Atlântica	AL_MA	42.2	33.3	42.2	49.4	28.3	52.6	27.6	23.0	38.4	17.4	34.2	44.9	29.4	23.5	51.2	50.4	48.9	22.5	53.6	18.9	18.1
	BA_MA	53.7	62.9	71.6	83.8	53.6	93.5	51.6	31.0	43.5	54.0	40.0	56.7	58.2	52.7	42.7	46.8	40.7	19.9	48.1	48.8	35.8
	ES_MA	57.4	63.3	75.7	85.7	57.0	91.9	49.0	34.8	43.5	52.0	42.0	58.7	61.4	57.3	33.2	41.3	33.3	19.9	33.5	34.1	24.4
	GO_MA	59.1	68.4	77.1	91.1	63.0	95.1	56.5	37.5	41.3	53.0	55.5	60.7	64.9	67.4	31.6	43.0	36.3	19.8	50.2	43.4	37.9
	MS_MA	64.2	73.4	86.2	97.0	68.7	106.4	49.2	38.4	48.7	60.6	59.7	65.2	76.5	78.1	7.4	29.4	7.8	11.9	18.2	43.6	28.7
	MG_MA	52.1	52.6	58.7	80.6	48.4	76.2	41.2	28.6	39.9	42.1	37.7	50.4	51.6	57.0	40.0	44.3	38.3	22.4	40.0	47.0	38.4
	PB_MA	27.2	33.9	44.3	111.1	28.7	53.3	28.5	22.5	37.0	18.9	34.1	40.9	30.3	24.2	57.7	50.9	48.3	23.2	65.0	32.6	35.2
	PR_MA	41.2	46.4	58.9	65.4	41.8	76.7	36.2	30.7	40.8	33.9	32.1	41.2	42.6	43.1	9.5	29.8	8.9	9.0	16.6	55.0	31.3
	PE_MA	29.5	36.5	48.0	52.6	31.8	57.1	29.8	23.9	37.4	21.3	27.3	44.2	32.8	51.2	54.3	50.0	41.4	20.1	54.9	6.8	15.3
	RJ_MA	37.9	45.8	55.2	67.3	42.0	68.3	33.9	29.8	37.8	31.5	35.4	44.7	41.9	38.6	43.7	45.6	41.5	21.3	53.1	49.9	52.7
	RN_MA	30.6	37.6	47.9	53.7	31.4	58.2	29.5	24.3	41.3	23.5	21.8	31.8	33.7	32.1	94.4	68.0	85.4	35.6	101.9	28.1	21.7
	RS_MA	42.2	47.5	53.2	63.4	59.5	71.9	34.1	31.2	40.7	31.1	30.5	49.1	40.5	52.1	50.2	51.0	41.6	22.6	56.9	44.0	42.4
SC_MA	39.5	37.6	54.3	60.0	56.3	65.3	29.3	27.8	38.4	24.9	32.1	41.6	33.8	34.0	48.8	51.1	39.6	21.8	51.5	49.0	32.8	
SP_MA	42.1	48.7	60.4	50.7	47.9	76.6	35.5	31.7	36.8	38.3	35.4	46.0	46.6	45.3	25.1	36.7	25.5	16.7	25.1	45.9	30.7	
SE_MA	49.4	53.2	59.4	72.2	47.2	79.7	43.2	29.2	42.4	41.4	39.6	49.5	49.8	45.9	40.3	44.7	33.5	19.0	47.6	26.0	25.3	
Pampa	RS_PP	41.3	52.2	62.0	72.8	62.0	85.7	41.8	34.1	42.8	42.9	39.4	47.6	49.3	49.9	31.4	44.2	32.2	18.7	37.5	57.4	32.9
Pantanal	MT_PT	72.0	84.5	100.6	108.9	75.5	122.7	68.8	42.6	50.0	81.1	52.9	75.7	78.9	84.6	81.1	68.3	82.1	32.7	91.5	30.4	21.2
	MS_PT	61.4	73.4	86.8	96.7	66.7	105.5	59.2	39.1	40.2	66.0	48.5	65.3	70.0	76.7	63.0	60.6	67.0	30.1	86.7	28.6	20.9
Brasil		45	48	78	96	54	100	51	30	37	36	37	49	58	48	49	54	41	31	46	52	38

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

*Os valores negativos dessa tabela ocorrem em regiões cujo a produção setorial do respectivo bem é muito pequena

Em relação a produção de cana de açúcar, novamente, as regiões PI_Cerrado, MA_Cerrado e TO_Cerrado são as que apresentam maior crescimento, 99,6%, 94,6% e 89,3% respectivamente. Mas essas regiões juntas não possuem 1% de toda a produção nacional. A região de SP_Cerrado é a maior produtora de cana de açúcar nacional, cerca de 26% de toda a produção concentra-se nessa região, que apresentou crescimento no acumulado entre 2016 e 2040 de 50%. Esse resultado indica que a região de SP_Cerrado se destaca na produção de Cana-de-Açúcar.

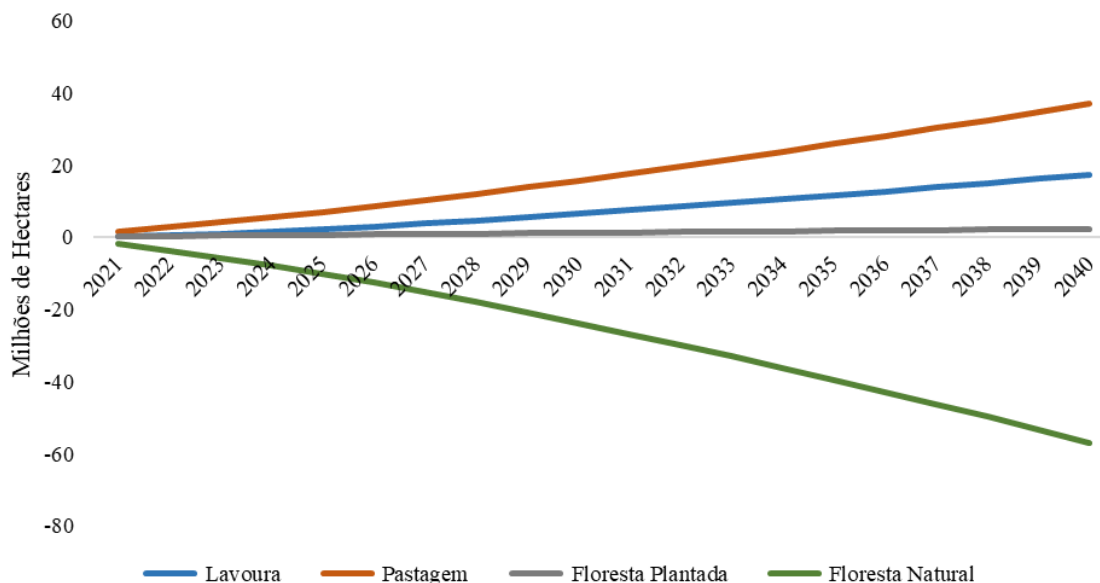
A terceira região com a maior produção de cana-de-açúcar é MG_Cerrado, com 9,7% da produção nacional. Essa região exibiu um crescimento de 71,6%, indicando que o setor de cana-de-açúcar é bastante significativo e relevante nessa região, principalmente por causa da disponibilidade de terra para o cultivo das commodities. A região AL_Caatinga apresentou decréscimo na produção da maioria dos setores agrícolas. Essa é uma região com pouca representatividade desses setores e pouco dependente da agricultura e pecuária, por tanto, o impacto dessa queda na produção é muito pequeno.

De forma geral, os biomas Amazônia e Cerrado apresentam crescimento na produção da maioria dos setores agrícolas e pecuários, enquanto a Caatinga e Mata Atlântica apresenta redução na produção. De fato, é nos biomas Amazônia e Cerrado onde se encontram a maior parte da produção dos setores agropecuários, com exceção de alguns setores específicos como Trigo e Cereais e Fumo em Folhas, que se concentram no bioma Mata Atlântica, e Arroz, que se concentra no Pampa.

4.2.3 Resultados de Uso da terra e Emissões no cenário de referência

O Gráfico 5 apresenta a trajetória ao longo do tempo da quantidade de terra utilizada em cada categoria de uso do modelo (Lavoura, Pastagem, Floresta Plantada e Floresta Natural) para o Brasil. A área total de terra deve se manter fixa, ou seja, a soma dos usos de cada categoria deve totalizar a área total do Brasil ou região do modelo. Logo, o crescimento de um determinado uso da terra implicaria na redução de um ou mais usos. No caso do Cenário de Referência, o crescimento das áreas de Lavoura, Pastagem e Floresta Plantada aconteceria em detrimento da redução de Floresta Natural.

Gráfico 5: Projeção do Uso da Terra no Cenário de Referência para o Brasil (Milhões de Hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

O Cenário de Referência do BLUME projeta um aumento de 37,1 Mha de Pastagem entre 2021 e 2040, essa seria a categoria de uso do solo com a trajetória mais ascendente de crescimento. A área de Lavoura apresentaria um aumento de 17,4 Mha e a Floresta Plantada exibiria um crescimento quase constante, totalizando 2,4 Mha até 2040. Já a área de Floresta Natural teria uma trajetória descendente em todo o período, porém de forma mais acentuada a partir de 2027, totalizando 57 Mha perdidos em 2040. Esse valor representaria o desmatamento em todo o Brasil no período em análise e equivaleria a uma média de 2,8 Mha desmatados anualmente.

Os resultados de desmatamento do Cenário de Referência são interessantes visto que o modelo projetou um desmatamento médio anual de 2,8 Mha, valor acima da média observada nos últimos 10 anos (1,5 Mha), porém de acordo com uma média mais longa de 33 anos (3,1 Mha) (SOUZA *et al.*, 2020). Esse resultado é explicado pelo fato de o modelo não limitar o uso de terra disponível para conversão, conforme determinado pela lei 12.652, art. 12. Segundo a lei, todo o imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, observando um percentual mínimo em relação a área do imóvel. Na região da Amazônia Legal, esse valor é de 80% do imóvel situado em áreas florestais, 35% situado em área do Cerrado e 20% no situado em áreas de campos gerais. (BRASIL, 2021). Optou-se por não incluir no modelo essas delimitações visto o afrouxamento recente da fiscalização brasileira referente ao desmatamento ilegal. Dessa

forma, estamos retratando um desmatamento econômico semelhante aos tempos com pouca ou nenhuma fiscalização.

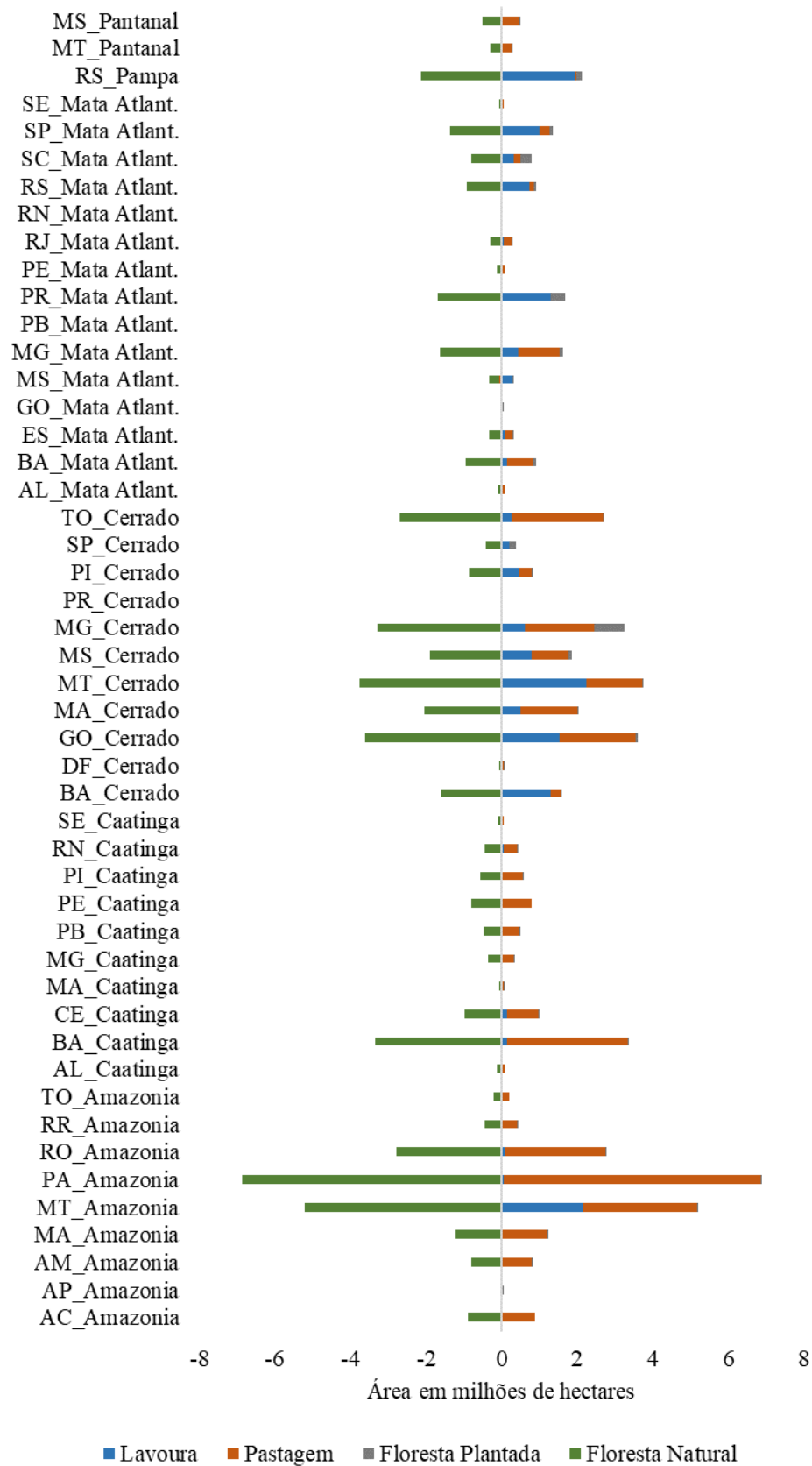
O crescimento da economia projetado no Cenário de Referência provocaria um aumento na utilização dos fatores de produção e conseqüentemente uma variação na remuneração desses fatores. Isso explicaria a maior utilização de Pastagem nos resultados de projeção do uso da terra. Um aumento da remuneração do pasto em relação à remuneração dos demais usos de terra, levaria a um processo de conversão, principalmente, de áreas de floresta natural para áreas de pastagem.

Outro fator determinante nos resultados são as projeções de aumento nas exportações estabelecidas no fechamento do modelo. Nessas projeções, o crescimento das exportações de bovinos, cana de açúcar, soja e os demais produtos agrícolas contribuiriam para tornar as áreas de pastagem e lavoura mais vantajosas, estimulando a conversão de floresta para usos agrícolas e pecuários.

Como visto na seção do módulo de uso da terra e emissões, a matriz de transição representaria as possibilidades de conversão entre os usos e a direção desta conversão ocorreria basicamente de Floresta Natural para a Pastagem e da Pastagem para Lavoura. As possibilidades de conversão de Floresta Plantada são mais limitadas, logo, para que houvesse uma grande conversão em direção a este tipo de uso seria necessário um significativo aumento da sua remuneração relativamente aos demais usos, o que claramente não acontece visto o crescimento quase linear dessa categoria.

A trajetória descendente da Floresta Natural ao longo do tempo pode ser interpretada como um aumento da remuneração dos demais usos relativamente à remuneração de floresta natural. As possibilidades dessa conversão são dadas pela matriz de transição e pelas elasticidades da oferta da terra regional pré-estabelecidas. Se uma região possui uma maior área disponível para conversão, maior a probabilidade de a conversão de terra ocorrer nessa região. Dessa forma, segue no Gráfico 6 os resultados de variação do uso da terra nas regiões do modelo no período de 2021 a 2040.

Gráfico 6: Variação das áreas de Lavoura, Pastagem, Floresta Plantada e Floresta Natural no Cenário de Referência e regiões do modelo BLUME - acumulado 2021 a 2040 - (Milhões de Hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

A região MT_Cerrado teria a maior ampliação das áreas de Lavoura, aproximadamente 2,2 Mha a mais em 2040, claramente em detrimento às áreas de Floresta Natural. O crescimento dos setores de Algodão e Fibras Temporárias e de Soja são os que mais contribuiriam para essa ampliação. De acordo com a análise descritiva dos dados, a região MT_Cerrado é responsável por 63,7% da produção nacional de Algodão e Fibras Temporárias e apresentaria um crescimento acumulado de 90% até 2040. A região também é a maior produtora de Soja, com 17% de toda a produção nacional e crescimento de 98% do setor no acumulado até 2040. Por tanto, os baixos custos de produção e o aumento da remuneração da terra, fazem com que se torne mais atrativo converter áreas florestais para o uso da Lavoura nessa região.

A região com maior ampliação de Pastagem seria PA_Amazônia, com 6,7 Mha a mais em 2040. Essa ampliação também se deu claramente as custas de áreas florestais e se justifica pelo crescimento dos setores de Bovinos e Leite, tanto de vaca quanto de outros tipos. A região é a sexta maior produtora de Bovinos e apresentaria um crescimento de 78% nesse setor. Além de ser a maior produtora nacional de Leite de vaca e Leite de Outros conjuntamente, cerca de 22% de toda a produção nacional. Em média, esses setores cresceriam 56% no acumulado até 2040.

A região GO_Cerrado é a maior produtora nacional de Bovinos e apresentaria aumento na pastagem de 2 Mha. Isso se justifica pela maior produtividade do setor nessa região e pela disponibilidade de terra para conversão, dada pela matriz de transição. Poucas regiões apresentariam decréscimo das áreas de pastagem, uma delas é SP_Cerrado, região com a maior produção nacional de cana-de-açúcar. O que justifica a baixa remuneração da terra de pastagem e, conseqüentemente, a conversão dessas áreas em Lavoura.

Em relação as áreas de Floresta Plantada, temos a região MG_Cerrado com o maior crescimento, 0,8 Mha de áreas a mais em 2040. Essa região é a terceira maior produtora da Silvicultura, setor esse que apresentaria crescimento de 58% no acumulado até 2040 na região. Já PR_Mata Atlântica, a região com a maior produção nacional de Silvicultura, apresentaria o segundo maior crescimento de área de Floresta Plantada, 0,4 Mha. De forma geral, o crescimento das áreas de Floresta Plantada seria menor do que os demais usos, uma vez que a remuneração deste tipo de uso é relativamente menor do que os demais. Além disso, no processo de transição, Floresta Plantada é a última categoria a ser convertida.

As regiões com as maiores áreas desmatadas seriam conseqüentemente aquelas com maior crescimento das áreas de Pastagem e Lavoura, essa última destinada principalmente a

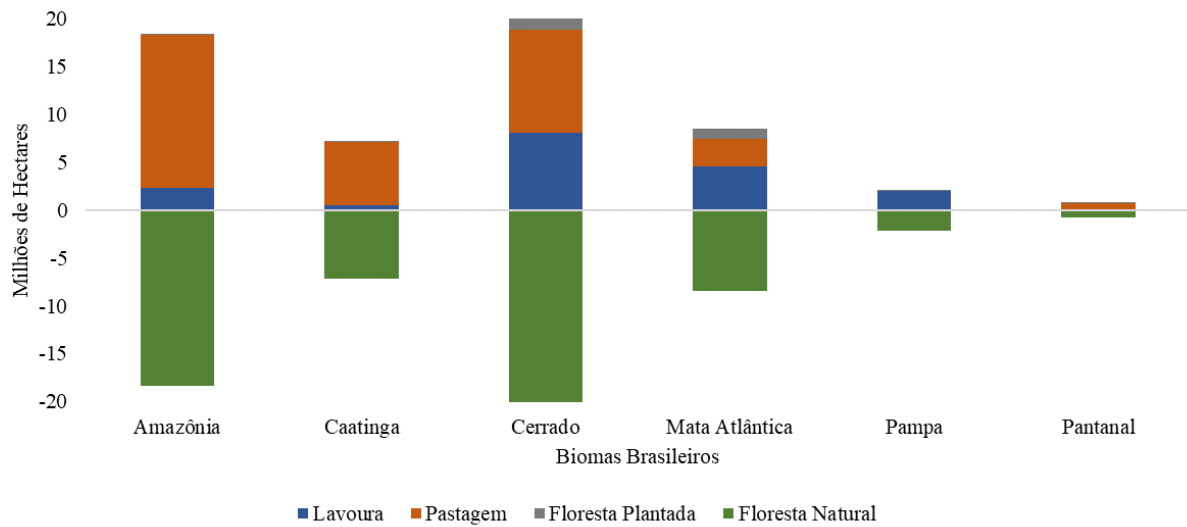
expansão da Soja. Somente a região do PA_Amazônia seria responsável por menos 6,7 Mha de Floresta Natural e MT_Amazônia por menos 5,2 Mha. Ambas as regiões apresentariam os maiores aumentos de área de pastagem visto que são importantes produtoras do setor de Bovinos. Além das áreas de Pastagem, a região MT_Amazônia também expandiria significativamente as áreas de Lavoura em detrimento da plantação de Soja, assim como a região MT_Cerrado, responsável por 3,7 Mha de área desmatada.

Essas duas regiões do estado de Mato Grosso são as principais produtoras de Soja no Brasil. Nestes casos, o cenário aponta que a expansão da pecuária e da produção de Soja avançaria sobre a floresta natural, sob a forma de desmatamento. No entanto, vale destacar que não é somente o crescimento desses dois setores que implica conversão de floresta no modelo BLUME. Outros mecanismos também são importantes como as relações intersetoriais e de comércio exterior, que também exerceriam influência na conversão de terra nas regiões.

Quanto aos resultados de variação do uso da terra por biomas, observa-se no Gráfico 7 que o aumento de áreas desmatadas segue a tendência histórica. O Cerrado lidera com 20 Mha perdidos até 2040. Essas áreas seriam convertidas em 10,8 Mha de Pastagem e 8 Mha de Lavoura, condizente com a estrutura produtiva do bioma que concentra boa parte da produção nacional agrícola e pecuária. De acordo com a análise descritiva da base de dados do modelo BLUME, em 2015 o Cerrado foi responsável por 37% da produção nacional de Bovinos, 49% da produção nacional de Soja, 51% da produção nacional de Cana-de-açúcar e 94% da produção de Algodão e Fibras. Além disso, a transformação entre Floresta Natural, Pastagem e Lavoura são as principais transições do bioma, que apresenta área disponível para conversão e alta remuneração do uso da terra.

No bioma Amazônia totalizaria uma perda de Floresta Natural de 18,4 Mha impulsionado, principalmente, pela expansão das áreas de Pastagem, que atingiria 16 Mha em 2040. Em resumo, a expansão da área de Pastagem seria maior na Amazônia, enquanto as áreas de Lavoura e Floresta Plantada, no Cerrado.

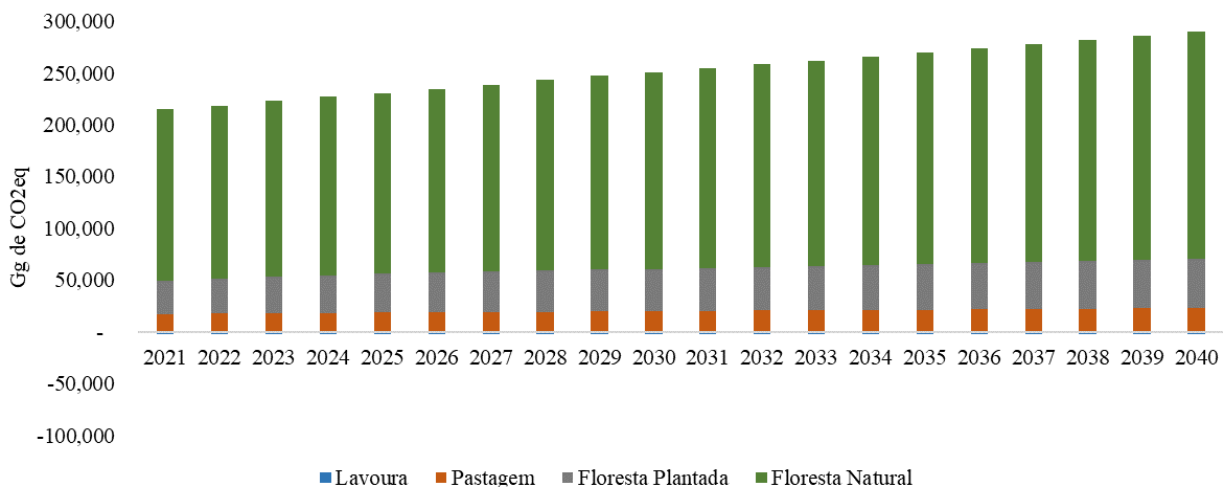
Gráfico 7: Variação das áreas de Lavoura, Pastagem, Floresta Plantada e Floresta Natural no Cenário de Referência e biomias brasileiros - acumulado 2021 a 2040 - (Milhões de Hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Em relação as emissões nacionais, no acumulado entre 2021 e 2040, somente a categoria de mudança do uso da terra emitiria 5.008.217 Gg de CO₂eq. O que equivaleria a uma média anual de 250.410 Gg de CO₂eq. As mudanças diretas e indiretas do uso do solo da Floresta Natural seriam as maiores emissoras, em especial a transição de Floresta Natural em Pastagem. Nota-se também uma constância anual nas emissões com uma pequena elevação ao longo dos anos, impulsionada pelo aumento de conversão de terras naturais, ou seja, aumento do desmatamento. No Gráfico 8 abaixo encontra-se as emissões nacionais por tipos de uso da terra.

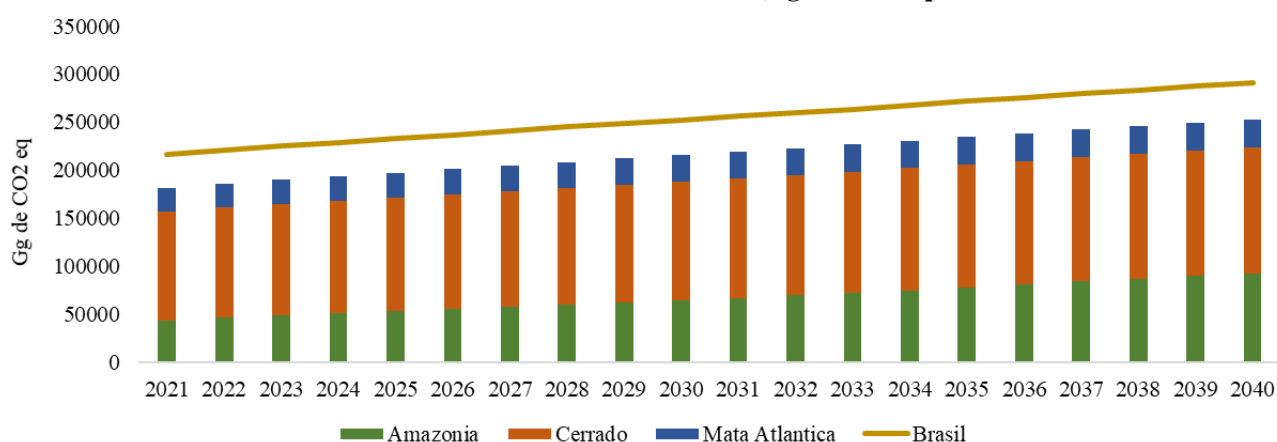
Gráfico 8: Projeção das Emissões de acordo com a categoria de uso da terra no Cenário de Referência para o Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO₂eq)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

O bioma Cerrado seria responsável por 40% das emissões nacionais do setor LULUCF. No acumulado até 2040, o bioma emitiria 2.465.693 Gg de CO₂eq enquanto o bioma Amazônia emitiria 1.345.365 Gg de CO₂eq. A Amazônia é o bioma com maior quantidade de área de Floresta Natural, categoria responsável por remover CO₂, compensando boa parte das emissões. No Gráfico 9 é possível observar as projeções das emissões da mudança do uso da terra no Cenário de Referência, para os três principais biomas brasileiros, os resultados reportados são anuais, de 2021 a 2040.

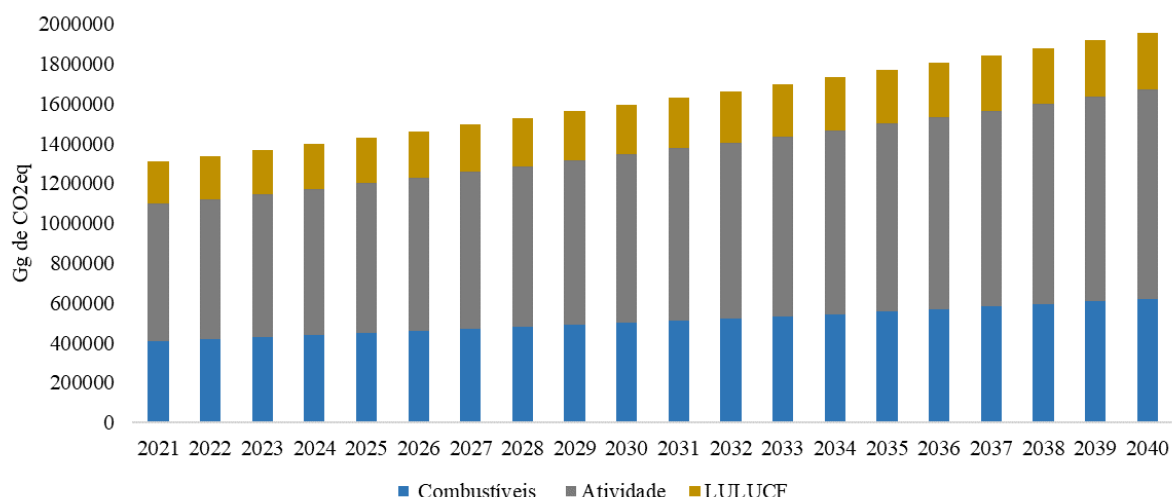
Gráfico 9: Projeção das Emissões da Mudança do Uso da Terra por biomas e Brasil no Cenário de Referência - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO₂ Eq)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Como visto acima, o setor LULUCF seria responsável por emitir 5.008.217 Gg de CO₂eq no acumulado entre 2021 a 2040, esse valor equivaleria a 15% de toda e emissão nacional, considerando os demais setores emissores, lembrando que se trata das emissões líquidas, aquelas já descontadas as remoções. No Gráfico 10 encontra-se a projeção das emissões nacionais de acordo com os setores de combustíveis, mudança do uso do solo e demais atividades, para o Cenário de Referência. Os setores intensivos em combustíveis emitiriam, no acumulado, 10.198.996 Gg de CO₂eq ou ainda 31% da emissão total nacional. As atividades seriam responsáveis pela maior quantidade de emissão, 17.165.401 Gg de CO₂eq, que equivaleria a 53% de toda a emissão nacional. No total, o Brasil emitiria 32.441.933 Gg de CO₂eq no acumulado de 2021 a 2040, o que equivaleria a uma média de 1.622.096 Gg de CO₂eq ao ano.

Gráfico 10: Projeção das Emissões nacionais de acordo com as diferentes fontes emissoras no Cenário de Referência - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO₂eq)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Em termos regionais, três das quarenta e oito regiões do modelo BLUME seriam responsáveis por removerem CO₂. São elas, AM_Amazônia, AP_Amazônia e RR_Amazônia. Essas regiões estão representadas pelos tons de azul no mapa da Figura 10 abaixo. Já as regiões emissoras estão representadas pelos tons de vermelho. Quanto mais intenso o vermelho maior a emissão da região. Portanto, observa-se no mapa que PA_Amazônia seria a região com maior quantidade de CO₂ emitida no acumulado do período, seguido por MT_Amazônia e MG_Cerrado. Todas as três regiões importantes produtoras dos setores de Bovinos, Soja e Cana-de-açúcar, três vetores do desmatamento. Esse resultado também condiz com o fato de PA_Amazônia e MT_Amazônia serem as regiões com os maiores aumentos de área de pastagem no Cenário de Referência.

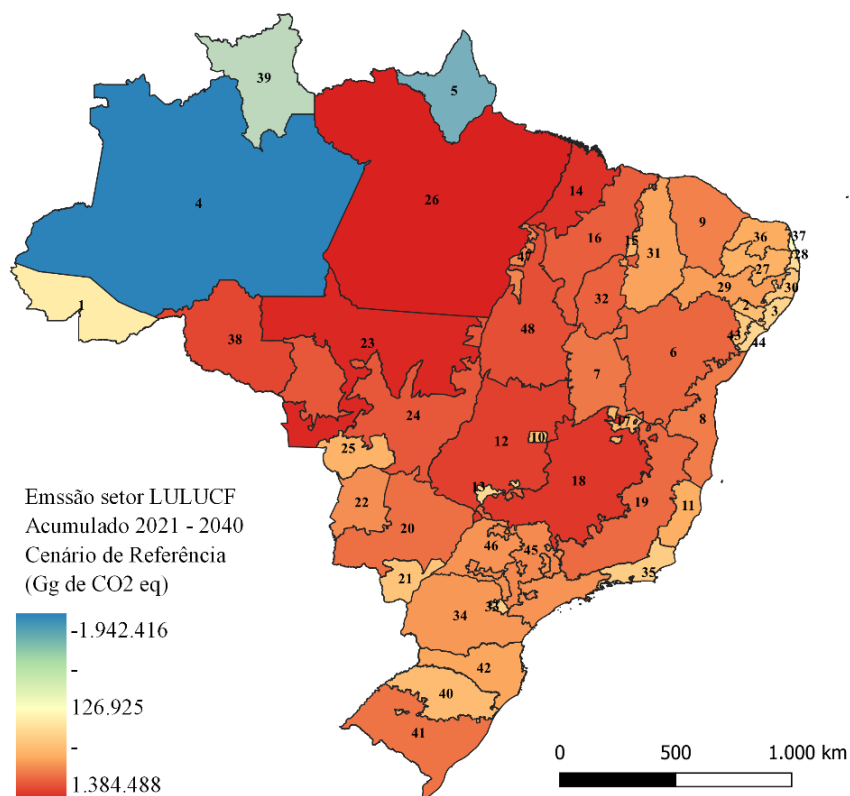


Figura 10: Projeção regional das Emissões da Mudança do Uso da Terra no Cenário de Referência - acumulado de 2021 a 2040 (Gg de CO₂ Eq)

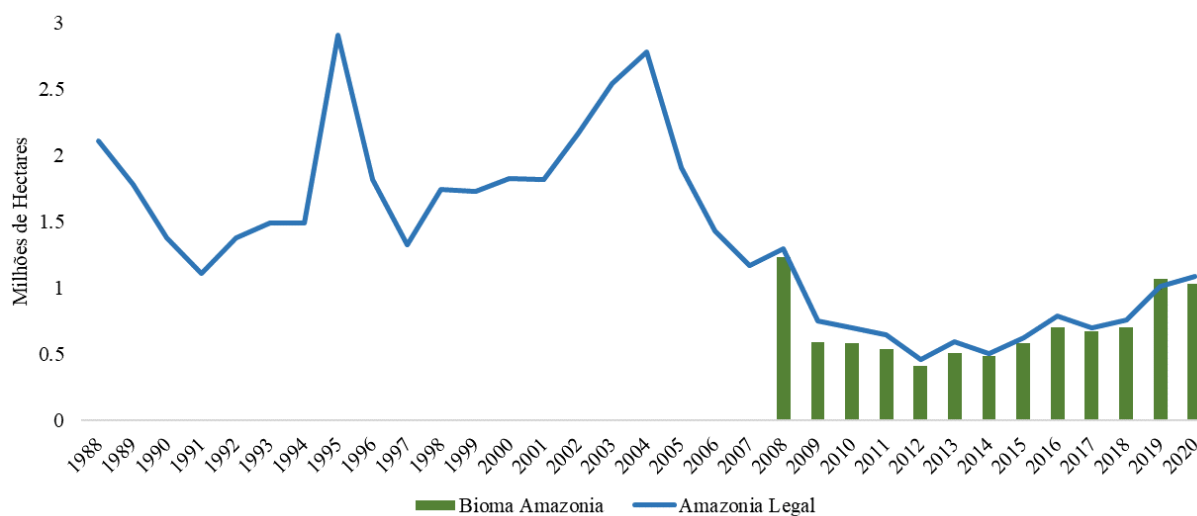
Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

4.3 Cenário de “Crescimento Verde” no Bioma Amazônia

O desmatamento acumulado na Amazônia Legal foi de 45 Mha desde 1988, ano que se iniciou o monitoramento por parte do INPE²⁸. As taxas anuais variam em ciclos de maior e menor intensidade ao longo dos anos, conforme observado no Gráfico 11 abaixo. De 2004 a 2014, observa-se um decréscimo das áreas desmatadas anualmente. No entanto, a partir de 2015 os valores vêm aumentando progressivamente. De 2015 a 2020, foram desmatados 4,9 Mha na Amazônia Legal, com destaque para o período entre agosto de 2019 e julho de 2020, com 1,1 Mha, recorde dos últimos 12 anos. Praticamente todo o desmatamento da Amazônia Legal ocorre no bioma Amazônia.

²⁸ <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>

Gráfico 11: Incremento do desmatamento na Amazônia Legal e no bioma Amazônia - 1988 a 2020 (Milhões de hectares)



Fonte: Elaborado com os dados da Plataforma TerraBrasilis do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE)²⁹

O uso da terra como fator produtivo é uma das fontes de desmatamento, pois se relaciona à expansão da produção agropecuária. Segundo o IBGE (2003), a substituição da cobertura natural por pastagem para a pecuária extensiva, com a extração prévia de madeiras nobres, seria o principal impulsionador do desmatamento na Amazônia. Além disso, há também o avanço dos plantios de soja que ocorrem nas florestas e pastagens existentes. A ocupação de pastagens por lavouras de soja acarreta a expansão das pastagens sobre a floresta, o que caracteriza um processo de ILUC, com impactos significativos na região, conforme observado em Arima *et al.* (2011).

Na 15ª edição da Conferência das Partes da Organização das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 15), em 2009, o Brasil se comprometeu a reduzir até 2020 o desmatamento em 80% em relação à média do período de 1996 a 2005 de acordo com o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº. 12.187/2009 e Decreto nº. 7.390/2010). No entanto, já é possível constatar que o objetivo não foi alcançado, muito pelo contrário, o desmatamento chegou a ser 2,8 vezes superior à meta fixada. O desafio brasileiro definido em Paris, durante a COP 21 em 2015, é zerar o desmatamento ilegal até 2030 e promover a recuperação de 12 Mha de vegetação nativa nos biomas. O objetivo é reduzir a emissão de gases do efeito estufa em 37%, até 2025 e 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005 (INDC, 2015).

²⁹ Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acessado em 20/09/2021

Muito se discute na literatura se é necessário desmatar para ter crescimento econômico e o quanto deve-se aumentar a produtividade da terra para compensar as perdas econômicas de uma política de restrição de terra. Tão relevante quanto essas questões é mensurar o investimento necessário para aumentar a produtividade (da terra e do capital) que compense a restrição à expansão do uso de terra. A contenção do desmatamento para uso produtivo e conseqüentemente a mitigação das emissões promoveriam um crescimento econômico com preservação florestal. Dessa forma, as simulações de política dessa seção pretendem avaliar os impactos do desmatamento zero no bioma Amazônia e os custos econômicos dessa política. A partir dos custos econômico, estimamos os investimentos necessários nos setores intensivos em terra que compense estes custos, tomando como meta anular a queda do PIB de todas as regiões no bioma. Adotamos um processo de testes interativos até que se encontra esse nível necessário de investimento. Assim, será possível analisar os impactos de um cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia, a partir da implementação de uma política de desmatamento zero aliada a investimentos setoriais.

4.3.1 Resultados Macroeconômicos

Primeiramente, analisar-se-á os resultados dos agregados regionais da política de desmatamento zero para o período entre 2021 a 2040, aqui trata-se de uma política de comando e controle efetiva. Estes resultados são reportados como o desvio percentual acumulado (2021-2040) em relação ao cenário de referência. Como descrito no mecanismo de causalidade do BLUME, essa política implica restrição à expansão da oferta de terra que seria utilizada para fins produtivos. Logo, é esperado que esse controle do desmatamento gere perdas econômicas. O tamanho desse impacto e as regiões mais afetadas seguem na Tabela 18 onde encontra-se os resultados dos principais indicadores macroeconômicos. A nível nacional, a política provocaria uma queda no PIB de -0,5% em relação ao Cenário de Referência. Em termos regionais, nota-se que o impacto da política de controle seria mais elevado nas regiões do bioma Amazônia, onde ocorreriam as maiores quedas do PIB.

Tabela 18: Resultados dos agregados regionais da Política de Desmatamento Zero na Amazônia –de 2021 a 2040 (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Bioma	Região	PIB regional	Consumo das Famílias	Gastos do Governo	Investimento	Emprego	Exportação	Importação
Amazônia	AC_Amazônia	-2,61	-2,10	-2,10	-3,71	-2,17	0,32	-2,67
	AP_Amazônia	-1,10	-1,04	-1,04	-1,96	-1,10	0,19	-1,23
	AM_Amazônia	-0,86	-0,84	-0,84	-1,59	-0,90	0,10	-0,93
	MA_Amazônia	-1,11	-0,94	-0,94	-1,80	-1,01	0,07	-1,26
	MT_Amazônia	-5,23	-3,99	-3,99	-7,15	-4,06	-0,07	-5,05
	PA_Amazônia	-1,95	-1,64	-1,64	-2,76	-1,71	-0,08	-1,85
	RO_Amazônia	-2,91	-2,35	-2,35	-4,02	-2,41	0,06	-2,84
	RR_Amazônia	-1,61	-1,30	-1,30	-2,64	-1,36	0,12	-1,83
	TO_Amazônia	-3,61	-1,81	-1,81	-3,70	-1,87	0,08	-2,61
Caatinga	AL_Caatinga	-0,35	-0,36	-0,36	-0,88	-0,42	0,11	-0,51
	BA_Caatinga	-0,09	-0,12	-0,12	-0,49	-0,19	0,20	-0,27
	CE_Caatinga	-0,53	-0,54	-0,54	-1,02	-0,60	-0,08	-0,71
	MA_Caatinga	-0,15	-0,24	-0,24	-0,66	-0,30	0,11	-0,32
	MG_Caatinga	-0,03	-0,14	-0,14	-0,41	-0,20	0,12	-0,21
	PB_Caatinga	-0,31	-0,32	-0,32	-0,78	-0,38	0,11	-0,45
	PE_Caatinga	-0,19	-0,20	-0,20	-0,61	-0,27	0,04	-0,35
	PI_Caatinga	-0,18	-0,24	-0,24	-0,48	-0,30	0,10	-0,31
	RN_Caatinga	-0,36	-0,40	-0,40	-0,87	-0,46	0,21	-0,54
SE_Caatinga	-0,23	-0,24	-0,24	-0,84	-0,31	0,20	-0,41	
Cerrado	BA_Cerrado	0,31	0,15	0,15	0,52	0,08	0,21	0,19
	DF_Cerrado	-0,51	-0,51	-0,51	-1,04	-0,57	0,21	-0,75
	GO_Cerrado	-0,21	-0,28	-0,28	-0,52	-0,34	0,16	-0,38
	MA_Cerrado	0,09	-0,05	-0,05	-0,05	-0,12	0,21	-0,07
	MT_Cerrado	-0,05	-0,20	-0,20	-0,10	-0,27	0,13	-0,18
	MS_Cerrado	-0,10	-0,18	-0,18	-0,30	-0,24	0,15	-0,24
	MG_Cerrado	-0,19	-0,25	-0,25	-0,54	-0,31	0,36	-0,39
	PR_Cerrado	-0,22	-0,31	-0,31	-0,53	-0,37	0,14	-0,45
	PI_Cerrado	-0,47	-0,55	-0,55	-0,82	-0,61	0,14	-0,61
	SP_Cerrado	-0,42	-0,44	-0,44	-0,91	-0,50	0,22	-0,59
TO_Cerrado	0,04	-0,10	-0,10	-0,12	-0,17	0,14	-0,07	
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	-0,53	-0,53	-0,53	-1,06	-0,59	0,37	-0,71
	BA_Mata	-0,47	-0,49	-0,49	-0,94	-0,55	0,07	-0,62
	ES_Mata Atlant.	-0,33	-0,34	-0,34	-0,71	-0,41	0,11	-0,46
	GO_Mata	-0,29	-0,34	-0,34	-0,76	-0,41	0,13	-0,48
	MS_Mata	-0,09	-0,21	-0,21	-0,21	-0,27	0,14	-0,22
	MG_Mata	-0,41	-0,43	-0,43	-0,89	-0,50	0,17	-0,59
	PB_Mata Atlant.	-0,59	-0,57	-0,57	-1,13	-0,63	0,20	-0,77
	PR_Mata Atlant.	-0,31	-0,34	-0,34	-0,70	-0,41	0,07	-0,48
	PE_Mata Atlant.	-0,58	-0,57	-0,57	-1,11	-0,64	0,29	-0,75
	RJ_Mata Atlant.	-0,46	-0,48	-0,48	-1,00	-0,54	0,24	-0,62
	RN_Mata	-0,54	-0,55	-0,55	-1,05	-0,61	-0,02	-0,71
	RS_Mata Atlant.	-0,21	-0,25	-0,25	-0,54	-0,32	0,20	-0,38
	SC_Mata Atlant.	-0,36	-0,38	-0,38	-0,81	-0,44	-0,07	-0,54
	SP_Mata Atlant.	-0,43	-0,44	-0,44	-0,95	-0,51	0,16	-0,61
SE_Mata Atlant.	-0,51	-0,53	-0,53	-1,03	-0,59	-0,35	-0,66	
Pampa	RS_Pampa	-0,26	-0,31	-0,31	-0,62	-0,37	0,07	-0,40
Pantanal	MT_Pantanal	0,28	-0,19	-0,19	0,30	-0,25	0,40	0,11
	MS_Pantanal	0,31	-0,04	-0,04	0,11	-0,11	0,26	-0,02

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

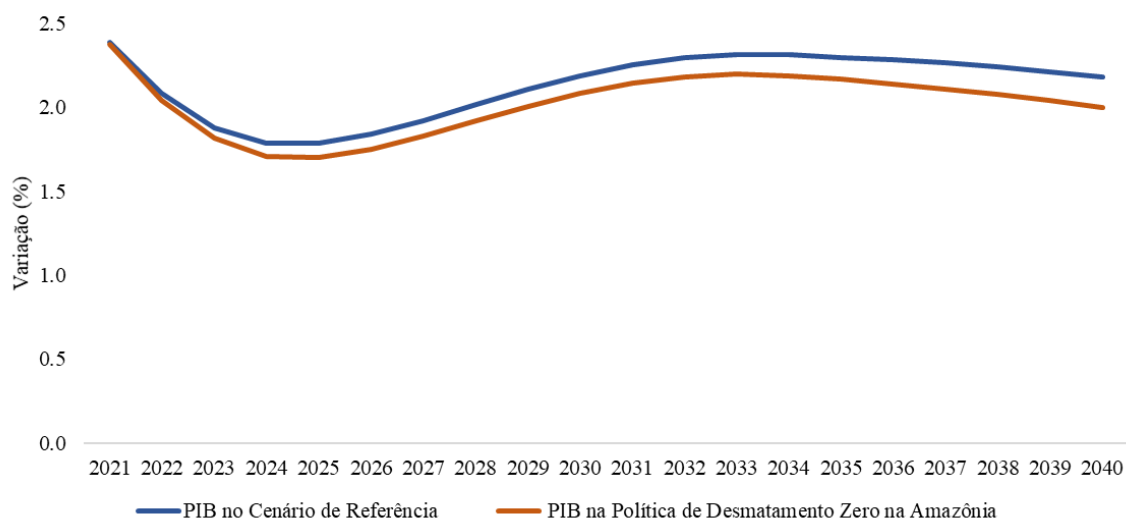
As regiões com maiores impactos negativos no PIB seriam o MT_Amazônia (-5,2%), TO_Amazônia (-3,6%) e RO_Amazônia (-2,9%). A região MT_Amazônia teria uma redução de -5,2% do PIB em relação ao cenário de referência, isso significa que a região obterá um crescimento acumulado 5,2% menor do que o obtido no cenário de Referência, onde não há controle de desmatamento. Em outras palavras, ao invés de obter um crescimento acumulado de 80% entre 2021 e 2040, a região MT_Amazônia teria um crescimento de 74,8% ao implementar o desmatamento zero na Amazônia.

Um dos motivos para essas três regiões serem as mais impactadas é o fato de possuírem as mais altas participações de setores intensivos em uso da terra. Em relação a MT_Amazônia, a agricultura representa mais de 30% de tudo o que é produzido nessa região, e a mesma possui participação significativa na produção nacional de Soja e Bovinos. Além disso, na projeção do cenário de referência, MT_Amazônia apresentou a segunda maior área desmatada no acumulado do período. Logo, em um cenário com restrição ao desmatamento, a região tenderia a sofrer maiores impactos devido a impossibilidade de ampliação das práticas agropecuárias extensivas.

Praticamente todas as regiões são impactadas negativamente pela política, com exceção a algumas regiões do bioma Cerrado, que devido ao mecanismo de realocação produtiva do modelo, são afetadas positivamente. Esse impacto positivo é conduzido principalmente pelo aumento das exportações. Destaca-se também, que a queda no investimento é o maior impulsionador da queda do PIB em todas as regiões do modelo.

A trajetória do PIB no bioma Amazônia entre 2021 e 2040, tanto no Cenário de Referência quanto no cenário de Política de Desmatamento zero na Amazônia, segue no Gráfico 12. Nota-se a mesma tendência de crescimento nos dois cenários, mas um PIB anual menor no cenário de restrição de terra, o que implica perda econômica para as regiões do bioma.

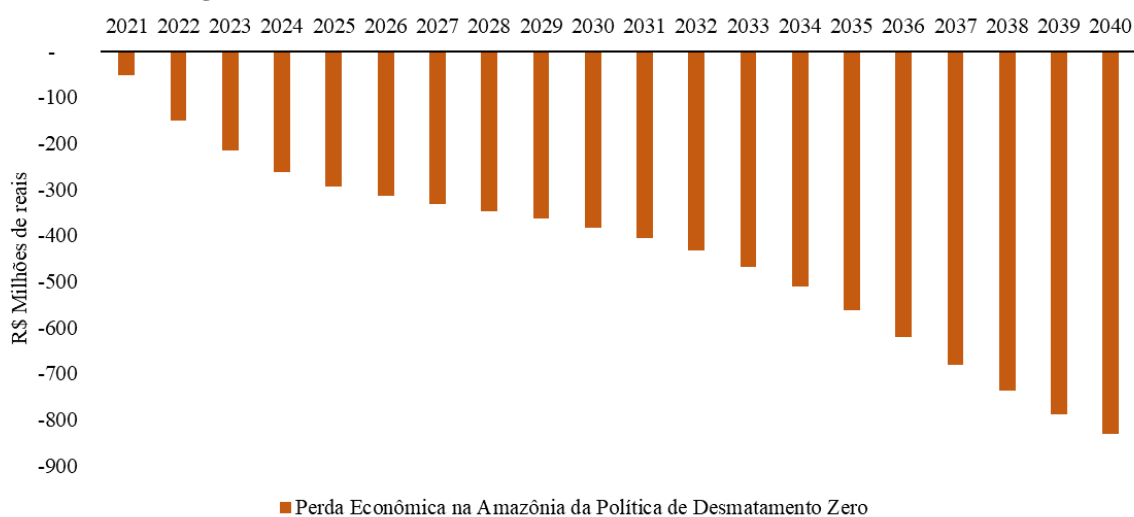
Gráfico 12: Trajetória do PIB no Cenário de Referência e Política de Desmatamento Zero na Amazônia – Amazônia - anual de 2021 a 2040 (variação %)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Essa perda econômica pode ser mensurada em termos do PIB, como segue no Gráfico 13. Os dados indicam que uma política de comando e controle de Desmatamento Zero na Amazônia, provoca uma perda econômica na ordem de 8,8 bilhões de reais somente no bioma Amazônia, no acumulado entre 2021 a 2040. Esse valor equivale a 0,11% do PIB total acumulada no período, na região.

Gráfico 13: Custo econômico da Política de Desmatamento Zero em termos de despesa do PIB da região – Amazônia - acumulado de 2021 a 2040 (R\$ milhões de reais)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Os custos econômicos de desmatamento zero estimados acima podem ser compensados, do ponto de vista da metodologia adotada, com investimento nas atividades agropecuárias que elevam a produtividade desses setores compensando a impossibilidade de expansão do uso do fator terra. Do ponto de vista de operação do modelo e das simulações, adotou-se um processo iterativo, selecionando setores de uso da terra no modelo e adotando choques de investimento a partir de valores baixos com elevações sucessivas, até que se observasse desvio nulo do PIB de todas as regiões em relação ao cenário de referência. Utilizando-se esse procedimento, encontrou-se um valor próximo de 2% para o choque de investimento.

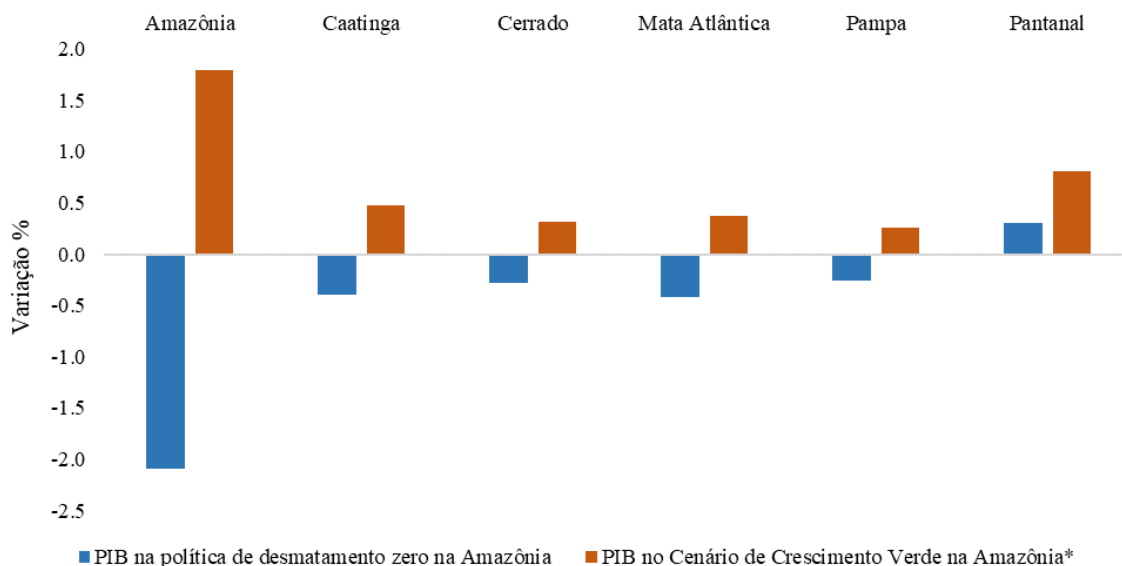
Esse investimento nos setores agropecuários seria suficiente para eliminar as perdas econômicas da política de desmatamento zero na Amazônia e ainda promover crescimento econômico. Em outras palavras, para eliminar o efeito econômico negativo da política, seria suficiente 2% a mais de investimentos nos setores intensivos em terra, por ano, até 2040. Isso equivale a R\$ 2,7 bilhões de reais em 20 anos ou R\$ 136,5 milhões de reais anualmente. Ou ainda 0,03% do PIB da Amazônia, por ano. Esses investimentos podem ser relacionados, embora sem uma correlação precisa a partir da metodologia utilizada, em melhorias tecnológicas como técnicas de biotecnologia, nanotecnologia e engenharia genética, abrindo espaço para a bioeconomia³⁰ no Brasil. Além dos investimentos em ativos fixos como máquinas, equipamentos e produtos agrícolas (tratores, colheitadeiras, pivôs de irrigação, fertilizantes e pesticidas) e sistemas de plantio (convencional, sistema de plantio direto, sistemas integrados).

Portanto, a próxima simulação pretende analisar o impacto de uma política de desmatamento zero na Amazônia associada a investimentos nos setores intensivos em terra, esse cenário será chamado de “Crescimento Verde” na Amazônia, uma vez que o crescimento econômico estaria ocorrendo com preservação florestal sem desmatamento para uso produtivo. Nesse cenário, o Brasil teria um diferencial de crescimento do PIB de 0,4% no acumulado do período, se comparado com o Cenário de Referência. Os biomas brasileiros também apresentariam variação positiva do PIB acumulado, como observado no Gráfico 14

³⁰ A bioeconomia das décadas de 1960 e 1970 baseou-se no conhecimento da revolução verde, ou seja, o uso do melhoramento genético convencional, o uso intensivo de insumos tecnológicos, como fertilizantes e agroquímicos, e a incorporação de maior racionalidade econômica e o uso ampliado de técnicas de gestão; a nova bioeconomia, por sua vez, utiliza um conjunto muito mais amplo e avançado de conhecimento científico e tecnológico. Compõem esse rol, além da biotecnologia, a bioinformática, a nanotecnologia, a tecnologia da informação, a biologia sintética, a modificação genética de organismos vivos, a clonagem e o sequenciamento de DNA (SANTANA et al., 2012).

onde é apresentado a variação do PIB na política de desmatamento zero e na política aonde os investimentos também são considerados. Portanto, a política elimina as perdas econômicas da restrição de terra e gerar crescimento econômico em todos os biomas.

Gráfico 14: Variação do PIB nas simulações de Desmatamento Zero e “Crescimento Verde” na Amazônia – biomas brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

Na Tabela 19 seguem os resultados dos agregados regionais do Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia. Diferentemente da simulação em que somente o desmatamento zero é praticado, aqui a maioria das variações do PIB são positivas, visto o próprio pressuposto do choque de investimento aplicado. Ou seja, além do ganho ambiental, a política também promove crescimento econômico na maioria das regiões do modelo. A região MT_Amazônia apresentaria a maior variação positiva do PIB, 6,45%. Isso quer dizer que a região cresceria 6,45% a mais, no acumulado, se comparado com o cenário sem política de restrição de terra ou investimento.

Tabela 19: Resultados dos agregados regionais do Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Bioma	Região	PIB regional	Consumo Famílias	Gastos Governo	Investimento	Emprego	Exportação	Importação
Amazônia	AC_Amazônia	0,31	0,50	0,50	2,97	0,58	-0,54	0,93
	AP_Amazônia	1,64	1,46	1,46	4,45	1,54	-0,39	1,96
	AM_Amazônia	1,54	1,34	1,34	4,21	1,41	-0,09	1,61
	MA_Amazônia	0,74	0,73	0,73	2,41	0,81	-0,07	1,21
	MT_Amazônia	6,45	3,99	3,99	28,71	4,07	0,23	11,08
	PA_Amazônia	1,68	1,52	1,52	5,94	1,59	-0,02	2,16
	RO_Amazônia	0,17	0,26	0,26	4,09	0,33	-0,39	1,17
	RR_Amazônia	1,15	1,07	1,07	3,97	1,15	-0,23	1,86
	TO_Amazônia	0,00	0,48	0,48	15,28	0,55	-0,16	1,94
Caatinga	AL_Caatinga	0,47	0,48	0,48	0,96	0,56	-0,26	0,74
	BA_Caatinga	0,28	0,35	0,35	0,30	0,43	-0,36	0,52
	CE_Caatinga	0,53	0,52	0,52	1,01	0,59	-0,44	0,83
	MA_Caatinga	0,72	0,71	0,71	0,93	0,79	-0,25	1,01
	MG_Caatinga	0,22	0,34	0,34	-0,14	0,41	-0,28	0,16
	PB_Caatinga	0,57	0,54	0,54	1,03	0,62	-0,27	0,81
	PE_Caatinga	0,44	0,45	0,45	0,81	0,53	-0,41	0,70
	PI_Caatinga	0,23	0,36	0,36	-0,44	0,43	-0,25	0,46
	RN_Caatinga	0,52	0,55	0,55	0,93	0,63	-0,39	0,77
SE_Caatinga	0,50	0,54	0,54	0,97	0,62	-0,38	0,78	
Cerrado	BA_Cerrado	-0,56	-0,17	-0,17	-1,56	-0,10	-0,38	-0,45
	DF_Cerrado	0,52	0,51	0,51	1,07	0,58	-0,42	0,91
	GO_Cerrado	0,30	0,38	0,38	0,46	0,46	-0,36	0,54
	MA_Cerrado	0,21	0,39	0,39	-0,04	0,46	-0,38	0,39
	MT_Cerrado	-0,10	0,17	0,17	-0,54	0,25	-0,32	0,05
	MS_Cerrado	0,14	0,27	0,27	0,04	0,34	-0,29	0,33
	MG_Cerrado	0,34	0,39	0,39	0,60	0,47	-0,72	0,60
	PR_Cerrado	0,19	0,32	0,32	0,25	0,40	-0,29	0,52
	PI_Cerrado	0,43	0,55	0,55	0,66	0,63	-0,33	0,67
	SP_Cerrado	0,38	0,39	0,39	0,82	0,47	-0,38	0,67
TO_Cerrado	0,52	0,63	0,63	0,62	0,70	-0,32	0,70	
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	0,51	0,49	0,49	1,08	0,57	-0,72	0,82
	BA_Mata Atlant.	0,47	0,50	0,50	0,91	0,58	-0,09	0,74
	ES_Mata Atlant.	0,27	0,29	0,29	0,58	0,36	-0,14	0,52
	GO_Mata Atlant.	0,15	0,26	0,26	0,17	0,34	-0,29	0,38
	MS_Mata Atlant.	-0,17	0,08	0,08	-0,63	0,15	-0,34	-0,03
	MG_Mata Atlant.	0,42	0,43	0,43	0,87	0,51	-0,33	0,71
	PB_Mata Atlant.	0,64	0,61	0,61	1,31	0,68	-0,38	0,98
	PR_Mata Atlant.	0,23	0,25	0,25	0,46	0,32	-0,16	0,50
	PE_Mata Atlant.	0,61	0,57	0,57	1,25	0,65	-0,64	0,92
	RJ_Mata Atlant.	0,41	0,41	0,41	0,92	0,49	-0,44	0,69
	RN_Mata Atlant.	0,57	0,56	0,56	1,16	0,63	-0,41	0,88
	RS_Mata Atlant.	0,18	0,23	0,23	0,34	0,30	-0,36	0,44
	SC_Mata Atlant.	0,34	0,34	0,34	0,72	0,42	-0,35	0,62
	SP_Mata Atlant.	0,38	0,38	0,38	0,85	0,45	-0,27	0,67
SE_Mata Atlant.	0,54	0,54	0,54	1,11	0,62	0,90	0,81	
Pampa	RS_Pampa	0,26	0,28	0,28	0,55	0,36	-0,25	0,48
Pantanal	MT_Pantanal	0,96	0,79	0,79	1,19	0,87	-0,74	1,08
	MS_Pantanal	0,69	0,51	0,51	0,78	0,59	-0,47	0,74

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Esse resultado se justifica pelo fato de a região ser uma importante produtora nacional de Soja e Bovinos. Além disso, essa variação positiva do PIB indica que graças ao aumento dos investimentos ocorreria uma elevação da produtividade da terra capaz de aumentar a produção setorial e anular as perdas econômicas da política de restrição de terra. Esse aumento de produtividade é importante para regiões com forte dependência da terra para a expansão agropecuária, como MT_Amazônia. Essa região, como visto nos resultados do cenário de referência, possui a segunda maior área desmatada no acumulado do período, demonstrando o quanto o crescimento das atividades está sujeito a abertura de novas áreas de floresta.

As exportações apresentariam variações negativas em todas as regiões e as importações cresceriam mais que as exportações em quase todas as regiões. Esse resultado seria reflexo do aumento do preço do capital que provocaria o aumento do preço doméstico.

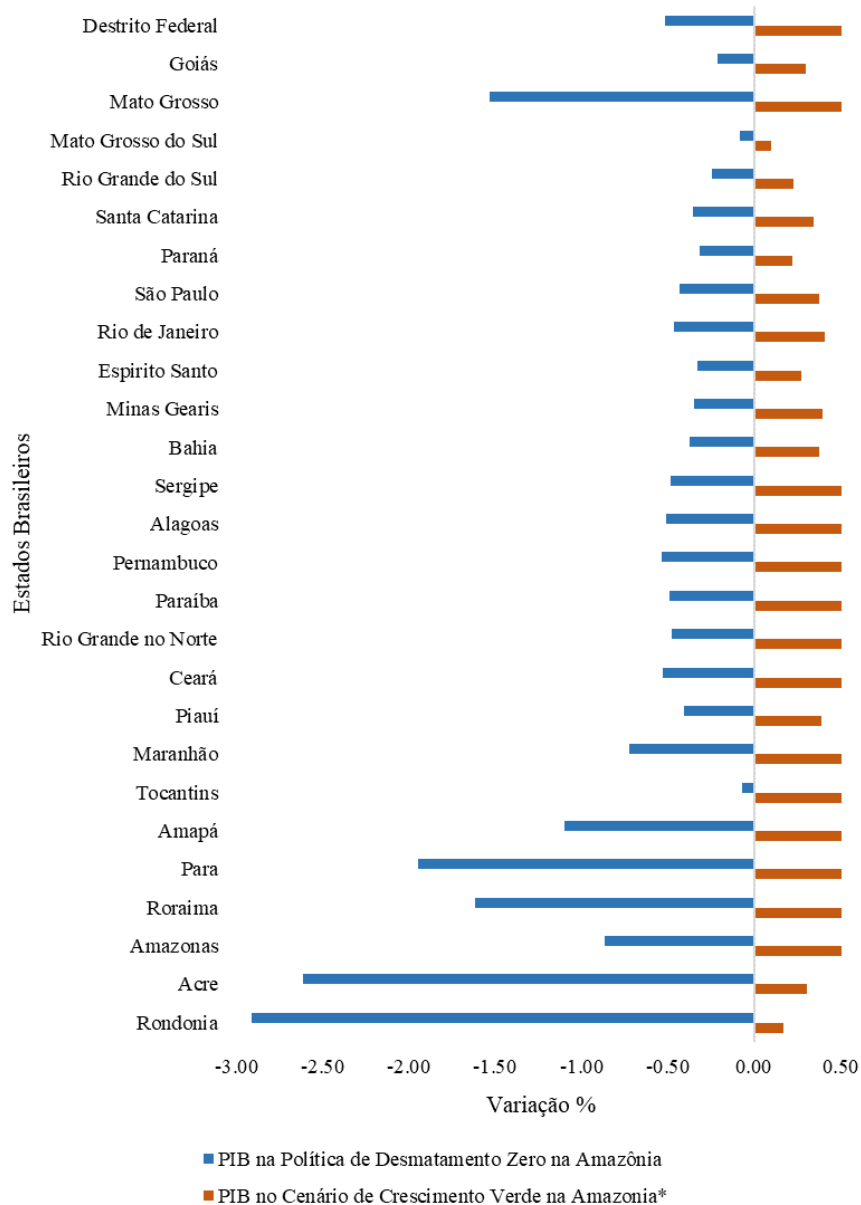
No Gráfico 34 do ANEXO V encontra-se as taxas anuais de crescimento da produtividade da terra dos setores agropecuários no bioma Amazônia, no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia. O ganho de produtividade é calculado pela diferença entre x_{tot} e x_{lnd} . Como na simulação considera-se que x_{lnd} é zero, então o ganho de produtividade da terra nada mais é que ao crescimento da produção. Nota-se que o setor de Soja apresentou a maior taxa de produtividade da terra por ano, 3,6%, justificando a variação positiva do PIB da região MT_Amazônia. Segundo Gasques *et al.* (2019), a produtividade da terra no Brasil cresceu 3,4% de 1975 a 2018 e de acordo com Silva (2018) a produtividade da terra utilizada para o cultivo de Soja cresceu em média 2,9% a.a entre 2011 e 2015. Logo, os resultados das taxas de crescimento da produtividade da simulação estão no âmbito de valores observados historicamente.

As variações negativas do PIB das regiões BA_Cerrado (-0,56%), MT_Cerrado (-0,1%) e MS_Mata Atlântica (-0,17%) foram impulsionadas pela queda dos investimentos e exportações. Devido às ligações intersetoriais e inter-regionais do modelo, é esperado a realocação dos fatores de produção, terra, capital e trabalho entre as regiões.

Nas Tabelas 33 e 34, no ANEXO V, encontra-se os resultados das variações macroeconômicas por estados brasileiros em ambas simulações. O Gráfico 15 abaixo exhibe a variação do PIB dos estados tanto na simulação de desmatamento zero na Amazônia quanto no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia. Em um cenário somente com desmatamento zero na Amazônia, todos os estados sofreriam perda econômica, com destaque para Rondônia e Acre, com queda no PIB de -2,9% e -2,6% respectivamente. Já

quando simulamos, de forma concomitante, o investimento nos setores agropecuários, todos os estados exibiriam variações positivas no PIB, representando um crescimento econômico com preservação florestal, ou seja, sem desmatamento para uso produtivo.

Gráfico 15: Variação do PIB na Política de Desmatamento Zero e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – estados brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

4.3.2 Resultados Setoriais

Esta seção analisa os impactos na produção dos setores agropecuários decorrentes da política de controle de desmatamento e investimento no bioma Amazônia, chamado nessa

tese de cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia. Primeiramente será analisado os resultados da política de desmatamento zero sem os investimentos, posteriormente os resultados da política com os investimentos nos setores agropecuários, dessa forma será possível comparar as duas simulações e avaliar o impacto dos investimentos sobre a produção dos setores.

A Tabela 20 abaixo mostra os resultados das variações do nível de atividade setorial, por região, na política de desmatamento zero na Amazônia. Observa-se que a política, ao restringir as possibilidades de conversão de florestas para uso produtivo na agropecuária, provoca um impacto negativo na atividade agrícola e pecuária de quase todas as regiões da Amazônia, com impacto maior na pecuária. Os setores agrícolas mais prejudicados seriam a produção de Feijão em Grãos, com até -18,8% a menos de produção, Café em Grãos com queda de -16,2% na produção e Soja em Grãos com menos -14,6%, todos na região AC_Amazônia. Essa região assim como RR_Amazônia são as mais impactadas em termos de queda geral de produção.

Em relação aos setores pecuários, observa-se um impacto negativo maior nas regiões da Amazônia. A produção de Leite de Vacas, Suínos e Bovinos são as que mais sofrem diminuição na produção. No entanto, dentre esses setores, somente Soja e Bovinos são representativas na Amazônia, correspondendo a 13,7% e 24% da produção nacional, respectivamente. Ambos os setores são considerados importantes vetores do desmatamento na Amazônia, logo, uma política de restrição de terra tende a provocar um maior impacto negativo em suas produções.

No cenário de Desmatamento Zero, o impacto positivo observado nas regiões dos demais biomas se devem ao fato de que essas regiões não enfrentariam o aumento dos custos de produção decorrente da restrição da terra, provocado pela política de desmatamento zero. Dessa forma, ocorreria um deslocamento relativo das atividades produtivas em direção a essas regiões. É interessante observar que as regiões do bioma Cerrado são as que apresentariam os maiores aumentos na produção de todos os setores, em especial Soja e Bovinos. Isso se justifica pela alta contribuição do fator terra sobre o PIB, assim como grande disponibilidade de terra para conversão.

Tabela 20: Variação da atividade setorial por região na Política de Desmatamento Zero na Amazônia – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Bioma	Região	Arroz	Trigo e outros cereais	Milho em grão	Algodão e outras fibras	Cana de açúcar	Soja em grão	Mandioca	Fumo em Folha	Frutas Cítricas	Feijão em Grão	Outros Temporária	Laranja	Café em grão	Outros Permanente	Bovinos	Outros Animais	Leite de Vaca	Leite de Outros Animais	Suínos	Silvicultura	Extração Vegetal	
Amazônia	AC_AM	-6,9	-12,8	-11,3	-0,3	-2,9	-14,6	-11,1	-0,7	-3,0	-18,8	-6,2	-7,4	-16,2	-1,7	-17,9	-10,8	-22,6	-5,0	-21,1	-12,6	-6,4	
	AP_AM	-2,6	-5,0	-3,6	-4,4	-2,9	-5,3	-2,4	-1,6	-1,3	-6,8	-1,3	-1,6	-4,9	-1,7	-10,3	-5,6	-11,1	-1,7	-11,5	-7,2	-3,9	
	AM_AM	-2,7	-4,6	-2,1	-4,1	-4,0	-4,8	-2,1	-1,5	-1,1	-7,6	-1,7	-3,0	-5,2	0,4	-6,8	-4,7	-11,3	-1,4	-10,4	-5,0	-3,2	
	MA_AM	-6,2	-10,1	-9,9	-9,5	-7,0	-11,1	-7,5	-4,0	-2,1	-13,6	-6,6	-9,9	-10,2	-6,9	-12,7	-8,2	-14,8	-4,1	-14,1	-5,9	-2,0	
	MT_AM	-4,6	-4,7	-5,4	-4,3	-4,6	-5,1	-3,2	-1,4	-1,2	-4,4	-5,8	-2,2	-2,2	-6,5	0,5	-17,5	-12,0	-21,9	-7,1	-21,7	-4,2	0,1
	PA_AM	-5,4	-7,2	-7,8	-6,7	-2,4	-8,4	-4,7	-2,3	-1,7	-11,6	-1,8	-3,6	-8,2	-5,3	-15,4	-9,2	-19,1	-5,3	-18,1	-7,1	-2,2	
	RO_AM	-5,5	-5,6	-6,8	-5,2	-4,4	-6,2	-3,4	-1,8	-1,7	-9,5	-2,0	-3,6	-7,7	-1,3	-13,7	-9,9	-18,7	-4,7	-16,2	-12,4	-4,2	
	RR_AM	-10,4	-10,4	-10,9	-10,1	-4,2	-12,2	-7,5	-4,7	-2,0	-12,0	-7,4	-5,3	-11,0	-0,5	-14,9	-7,7	-17,2	-2,0	-15,9	-10,4	-5,7	
	TO_AM	-2,7	-4,7	-5,0	-4,1	-2,7	-4,9	-1,6	-1,6	-1,1	-7,3	-0,8	-4,6	-4,5	-1,1	-7,5	-5,3	-9,6	-1,1	-8,0	-13,6	-3,9	
Catinga	AL_CA	-1,2	-1,5	-0,9	0,1	-1,3	-1,0	0,1	-0,8	-0,7	-1,5	-1,6	-1,4	-1,2	0,6	3,4	-0,1	0,5	2,1	0,4	-0,8	0,5	
	BA_CA	-0,1	-0,5	0,4	0,4	-0,4	0,3	1,4	-0,1	-0,3	-0,2	-0,2	-0,4	-0,1	0,2	4,3	0,3	1,2	2,4	1,1	-0,3	0,9	
	CE_CA	0,0	-0,3	0,5	0,4	-0,2	0,5	1,5	-0,1	-0,3	0,0	-0,2	-0,2	0,2	0,4	5,0	0,4	1,4	2,7	1,2	-0,1	1,0	
	MA_CA	0,1	-0,3	0,7	0,2	-0,2	0,8	2,2	-0,1	-0,3	0,3	-0,2	-0,2	0,3	0,6	6,9	0,6	2,5	3,0	2,0	-0,3	1,0	
	MG_CA	0,0	-0,4	0,4	0,5	-0,4	0,5	2,0	-0,2	-0,2	-0,1	-0,3	-0,3	0,1	0,7	3,5	0,2	0,8	2,3	0,8	-0,3	1,1	
	PB_CA	-0,1	-0,5	0,3	0,3	-0,4	0,2	1,2	-0,2	-0,4	-0,3	-0,2	-0,4	-0,1	0,6	4,9	0,4	1,4	2,6	1,3	-0,2	1,0	
	PE_CA	-0,1	-0,5	0,4	0,3	-0,4	0,2	1,3	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,1	0,3	4,6	0,4	1,4	2,5	1,2	-0,2	0,9	
	PL_CA	0,1	-0,2	0,6	0,4	-0,1	0,6	1,8	-0,1	-0,2	0,2	-0,1	-0,2	0,3	0,6	5,0	0,5	1,6	2,7	1,4	-0,2	1,0	
	RN_CA	0,0	-0,5	0,4	0,4	-0,4	0,3	1,5	-0,2	-0,3	-0,2	-0,4	-0,4	0,0	0,3	5,6	0,5	1,8	2,7	1,6	-0,2	1,0	
SE_CA	-0,8	-1,1	-0,3	-0,7	-0,9	-0,4	0,9	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	-0,9	-0,7	-1,0	3,1	-0,2	0,1	2,0	0,3	-0,9	0,6		
Cerrado	BA_CE	0,1	-0,3	0,6	0,2	-0,1	0,7	2,3	0,0	-0,1	0,2	-0,2	-0,2	0,3	0,4	5,0	0,7	1,8	2,8	1,7	-0,1	1,2	
	DF_CE	0,1	-0,2	0,5	0,2	-0,2	0,6	2,1	-0,1	-0,2	0,2	-0,2	-0,2	0,3	0,5	3,3	0,4	1,4	2,5	0,7	-0,2	1,2	
	GO_CE	-0,1	-0,4	0,4	0,1	-0,4	0,5	2,2	-0,1	-0,2	0,1	-0,1	-0,3	0,2	0,2	2,7	0,2	0,7	2,3	0,5	-0,1	1,1	
	MA_CE	0,1	-0,4	0,7	0,2	-0,2	0,8	2,3	-0,2	-0,2	0,3	-0,1	-0,2	0,3	0,7	5,8	0,7	2,5	3,0	1,9	-0,1	1,2	
	MT_CE	-0,1	-0,5	0,3	0,0	-0,3	0,4	2,1	-0,3	-0,3	0,1	-0,3	-0,3	0,1	0,7	3,5	0,4	1,4	2,5	1,0	-0,2	1,0	
	MS_CE	-0,2	-0,5	0,3	0,0	-0,4	0,4	2,0	-0,2	-0,3	0,0	-0,5	-0,4	0,1	0,1	2,2	0,0	0,4	2,1	0,0	-0,2	1,0	
	MG_CE	0,0	-0,3	0,5	0,1	-0,3	0,5	2,1	-0,1	-0,2	0,1	-0,2	-0,3	0,2	0,5	3,2	0,4	1,0	2,4	0,6	-0,1	1,2	
	PR_CE	0,0	-0,2	0,4	0,1	-0,2	0,5	1,7	-0,1	-0,2	0,1	-0,3	-0,2	0,2	0,6	2,7	0,3	0,9	1,9	0,5	-0,1	0,9	
	PL_CE	0,1	-0,3	0,7	0,3	-0,2	0,9	2,5	-0,1	-0,3	0,3	-0,2	-0,2	0,4	0,6	6,0	0,5	2,4	3,0	1,9	-0,2	1,1	
SP_CE	0,0	-0,3	0,4	0,2	-0,2	0,5	2,0	-0,1	-0,2	0,1	0,0	-0,2	0,2	0,1	2,8	0,3	1,0	2,1	0,7	-0,1	0,9		
TO_CE	0,1	-0,3	0,7	0,2	-0,2	0,8	2,3	-0,2	-0,2	0,3	-0,1	-0,2	0,3	0,7	4,7	0,6	2,0	2,9	1,7	-0,3	1,0		
Mata Atlântica	AL_MA	-0,2	-0,8	0,0	-0,4	-0,7	0,0	1,2	-0,3	-0,4	-0,6	-0,2	-0,5	-0,3	-0,5	3,5	0,1	1,1	2,4	0,4	-0,5	0,8	
	BA_MA	-0,2	-0,5	0,3	0,0	-0,4	0,4	1,5	-0,1	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	0,0	0,6	2,9	0,1	0,8	2,3	0,5	-0,2	1,0	
	ES_MA	-0,1	-0,5	0,5	0,0	-0,4	0,3	1,8	-0,2	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	0,0	0,1	2,8	0,1	0,6	2,2	0,2	-0,3	0,9	
	GO_MA	-0,2	-0,6	0,1	-0,1	-0,5	0,2	1,7	-0,2	-0,2	-0,1	-0,9	-0,5	-0,1	-0,2	2,5	0,0	0,5	2,1	0,5	-0,3	1,1	
	MS_MA	-0,1	-0,4	0,3	0,0	-0,4	0,4	2,0	-0,2	-0,3	0,1	-0,5	-0,4	0,0	0,0	2,1	-0,1	0,3	2,0	0,2	-0,3	1,0	
	MG_MA	-0,1	-0,5	0,3	0,0	-0,3	0,3	1,8	0,0	-0,3	-0,2	-0,3	-0,4	0,0	0,5	3,0	0,2	0,6	2,2	0,2	-0,2	1,1	
	PB_MA	-0,4	-0,6	0,2	0,3	-0,6	0,1	1,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,1	-0,4	-0,2	-0,4	3,6	0,0	1,0	2,3	0,8	-0,3	1,0	
	PR_MA	-0,1	-0,3	0,3	0,1	-0,3	0,4	1,7	-0,1	-0,2	0,0	-0,2	-0,3	0,1	0,2	2,7	0,2	0,6	2,1	0,3	-0,2	0,9	
	PE_MA	-0,3	-0,6	0,3	-0,2	-0,6	0,1	1,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,4	-0,2	0,4	3,6	0,0	1,0	2,3	0,7	-0,4	0,8	
	RJ_MA	-0,3	-0,5	0,2	-0,1	-0,4	0,2	1,7	-0,2	-0,3	-0,3	-0,1	-0,4	-0,1	0,0	3,1	0,0	0,7	2,3	0,6	-0,2	1,3	
	RN_MA	-0,1	-0,3	0,5	0,1	-0,3	0,5	1,7	-0,2	-0,4	0,0	-0,3	-0,3	0,1	0,1	4,8	0,3	1,8	2,7	1,5	-0,2	0,9	
	RS_MA	0,0	-0,3	0,5	0,1	-0,1	0,5	1,7	-0,2	-0,3	0,0	-0,2	-0,2	0,2	0,5	3,8	0,4	1,0	2,5	0,9	-0,2	1,2	
	SC_MA	0,0	-0,2	0,5	0,2	-0,1	0,5	1,6	-0,1	-0,2	0,0	-0,2	-0,2	0,2	0,3	3,7	0,4	0,9	2,5	0,7	-0,2	1,0	
SP_MA	-0,1	-0,4	0,3	-0,1	-0,3	0,4	1,9	-0,2	-0,2	0,0	-0,1	-0,3	0,1	0,0	3,0	0,2	0,9	2,2	0,5	-0,2	1,0		
SE_MA	-0,3	-0,7	0,0	-0,3	-0,7	0,1	1,4	-0,2	-0,4	-0,6	-0,2	-0,5	-0,2	-0,5	3,0	-0,1	0,5	2,1	0,3	-0,4	0,8		
Pampa	RS_PP	0,1	-0,2	0,6	0,2	-0,1	0,6	1,9	-0,1	-0,2	0,2	-0,1	-0,2	0,3	0,5	3,4	0,5	1,4	2,5	1,2	-0,1	1,0	
Pantanal	MT_PT	0,2	-0,2	0,8	0,3	0,0	0,8	2,4	-0,1	-0,3	0,3	-0,1	-0,2	0,4	0,5	4,5	0,6	1,9	2,8	1,6	-0,1	0,9	
	MS_PT	0,1	-0,2	0,7	0,2	-0,1	0,7	2,2	-0,1	-0,2	0,3	-0,1	-0,2	0,3	0,4	3,9	0,5	1,7	2,7	1,7	-0,3	0,9	

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME

*Os valores negativos dessa tabela ocorrem em regiões cujo a produção setorial do respectivo bem é muito pequena

Ao considerarmos o cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia (Tabela 21), ou seja, o cenário com a política de desmatamento zero aliada a investimento nos setores agropecuários, observa-se uma inversão no impacto da produção da maioria dos setores da Amazônia. Os setores agrícolas exibem aumentos de produção ao invés de redução, mas os setores pecuários continuam apresentando reduções em suas atividades. A queda nos setores da pecuária indica que o aumento de produtividade da terra desses setores não seria suficiente para gerar crescimento das atividades. Seria necessário investimentos maiores para compensar a restrição do uso de terra. Isso ocorre porque os setores pecuários são mais dependentes do uso do fator terra. Como visto nos resultados do Cenário de Referência, a abertura de novas áreas na Amazônia se deve principalmente ao crescimento da pecuária. Logo, a restrição desse fator impactaria de forma mais significativa esses setores. Além disso, a produtividade da terra destinada aos produtos agrícolas seria maior que a produtividade da terra da pecuária, o que incentiva a migração das atividades em um cenário com incentivo financeiro para tal.

Os setores com maiores aumentos gerais na produção seriam Frutas Cítricas, Fumo em Folha e Silvicultura. Nesses setores o investimento seria suficiente para compensar a restrição de terra visto a sua maior produtividade. Esses resultados são coerentes com os investimentos sustentáveis e a recuperação da produtividade da floresta amazônica sugeridas em Sales *et al.* (2021). A região MT_Amazônia exibiu a maior expansão na produção dos setores agrícolas e AC_Amazônia a maior redução nos setores pecuários.

As demais regiões, dos demais biomas, teriam diminuição na produção dos setores agrícolas uma vez que, com o aumento dos investimentos na Amazônia, haveria um processo competitivo entre as regiões. A região com maior impacto negativo seria AL_Caatinga. Já os setores da pecuária aumentariam sua produção nessas demais regiões, com destaque para MA_Caatinga. Essa região, apesar de apresentar aumento na produção dos setores pecuários, não é representativa na estrutura produtiva nacional. As regiões que realmente são significativas e que, portanto, o aumento da produção pecuária seria relevante, são GO_Cerrado, MT_Cerrado, MS_Cerrado e MG_Cerrado.

Tabela 21: Variação da atividade setorial por região no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

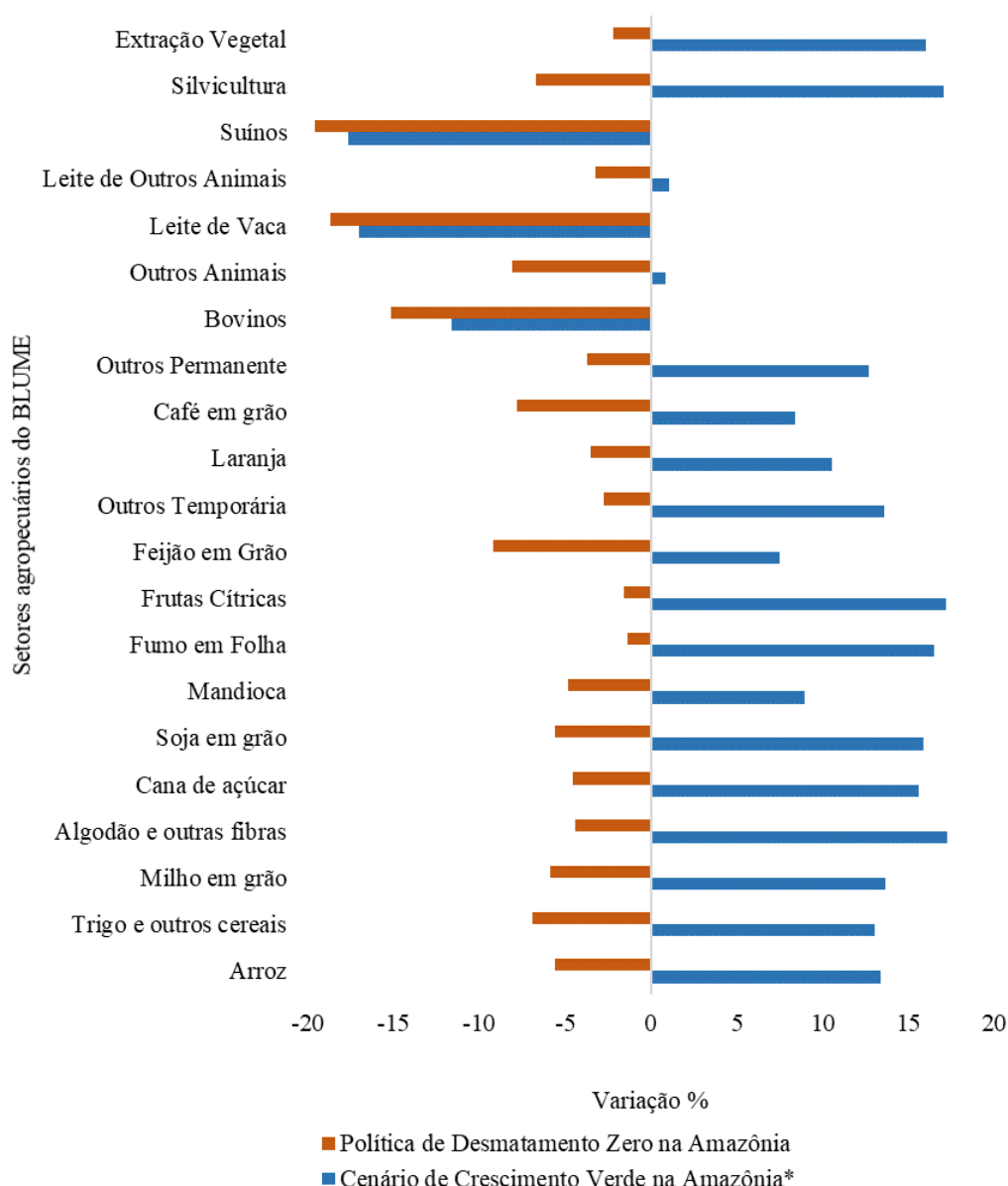
Bioma	Região	Arroz	Trigo e outros cereais	Milho em grão	Algodão e outras fibras	Cana de açúcar	Soja em grão	Mandioca	Fumo em Folha	Frutas Cítricas	Feijão em Grão	Outros Temporária	Laranja	Café em grão	Outros Permanente	Bovinos	Outros Animais	Leite de Vaca	Leite de Outros Animais	Suínos	Silvicultura	Extração Vegetal	
Amazônia	AC_AM	7,3	8,5	5,4	13,4	10,7	8,7	2,7	18,2	16,8	-5,4	9,2	5,6	0,8	13,9	-13,4	-0,8	-19,9	3,2	-17,9	13,6	13,2	
	AP_AM	12,1	14,4	12,0	16,8	14,8	15,6	10,6	14,7	16,4	9,1	13,9	8,9	14,3	14,0	-5,5	5,6	-4,4	3,1	-9,0	14,9	14,2	
	AM_AM	13,3	15,5	10,9	17,9	16,0	16,9	11,3	15,1	16,9	7,5	13,5	12,6	13,7	16,3	-1,1	4,5	-6,2	2,1	-6,4	17,3	15,0	
	MA_AM	7,5	8,5	6,1	11,1	9,8	8,9	5,8	12,2	17,7	-2,5	12,0	6,2	8,7	12,4	-8,8	-1,0	-11,4	-0,1	-12,2	16,7	15,7	
	MT_AM	14,9	15,0	14,3	17,4	15,7	16,2	14,0	15,0	18,9	16,5	14,4	10,4	8,8	14,8	-15,7	-5,2	-23,2	-3,2	-20,1	18,8	18,7	
	PA_AM	12,2	13,1	11,5	15,6	13,3	14,0	9,2	14,2	17,3	3,0	14,2	9,8	11,5	11,3	-10,8	-0,4	-16,1	-0,4	-15,4	16,9	15,9	
	RO_AM	14,6	14,8	13,6	17,2	15,2	15,9	11,0	15,0	16,9	5,1	14,9	11,8	8,5	15,8	-9,7	0,1	-17,1	1,5	-14,2	12,8	16,4	
	RR_AM	10,1	10,0	7,4	12,7	11,7	10,4	6,8	9,6	17,7	6,6	7,8	7,0	10,0	13,7	-9,1	0,4	-11,8	7,7	-13,0	14,3	12,5	
	TO_AM	11,7	13,8	12,7	16,1	14,1	14,8	13,3	14,5	17,8	4,8	14,8	12,5	13,8	15,8	-3,3	3,1	-7,9	7,7	-6,9	10,2	16,3	
Caatinga	AL_CA	-1,6	-1,2	-2,1	-1,2	-1,1	-2,4	-3,8	-0,6	-0,7	-1,5	-1,5	-1,1	-1,4	-3,9	3,2	-0,1	0,6	-0,9	0,6	-0,9	-10,0	
	BA_CA	-0,9	-0,2	-1,5	-1,0	-0,2	-1,9	-3,7	-0,1	-0,4	-0,3	-0,4	0,0	-0,6	-3,0	4,0	0,3	1,4	-0,6	1,2	-0,3	-9,2	
	CE_CA	-0,8	-0,1	-1,5	-1,1	-0,1	-1,7	-3,5	0,1	-0,3	-0,2	-0,5	0,0	-0,4	-2,7	4,8	0,5	1,6	-0,6	1,5	-0,6	-8,8	
	MA_CA	-0,8	0,3	-1,6	-0,7	0,3	-2,0	-4,5	0,1	-0,4	0,4	-0,1	0,4	-0,2	-2,7	6,5	0,6	2,9	-0,6	2,4	-0,3	-8,4	
	MG_CA	-0,9	-0,1	-1,7	-1,1	-0,1	-2,2	-4,7	0,0	-0,4	-0,3	-0,5	0,0	-0,5	-4,0	3,1	0,1	0,9	-0,8	0,9	-0,3	-9,6	
	PB_CA	-0,8	-0,2	-1,5	-1,1	-0,2	-1,7	-3,4	-0,1	-0,4	-0,3	-0,5	0,0	-0,5	-3,8	4,5	0,4	1,6	-0,6	1,5	-0,5	-9,4	
	PE_CA	-0,9	-0,2	-1,5	-1,0	-0,3	-1,8	-3,4	-0,1	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,1	-0,6	-3,0	4,3	0,3	1,5	-0,6	1,4	-0,5	-8,0
	PI_CA	-0,7	0,1	-1,5	-1,1	0,0	-1,7	-3,8	0,0	-0,3	0,0	-0,4	0,1	-0,3	-2,9	4,6	0,4	1,8	-0,5	1,6	-0,2	-8,7	
	RN_CA	-0,8	-0,1	-1,5	-1,1	-0,2	-1,8	-3,7	-0,1	-0,3	-0,2	-0,5	-0,1	-0,5	-2,9	5,3	0,5	2,1	-0,6	1,9	-0,5	-9,3	
	SE_CA	-1,3	-0,7	-2,0	-1,4	-0,7	-2,4	-4,3	-0,3	-0,5	-1,1	-1,1	-0,4	-1,1	-3,3	2,9	-0,2	0,3	-0,9	0,5	-1,0	-9,6	
Cerrado	BA_CE	-0,7	0,2	-1,4	-0,7	0,1	-1,9	-4,7	0,0	-0,4	0,1	-0,2	0,3	-0,2	-3,0	4,8	0,6	2,1	-0,5	2,1	-0,1	-9,7	
	DF_CE	-0,5	0,2	-1,2	-0,7	0,2	-1,7	-4,3	0,1	-0,3	0,2	-0,1	0,3	-0,2	-3,1	3,3	0,5	1,7	-0,5	1,1	-0,2	-9,3	
	GO_CE	-0,8	0,0	-1,5	-0,9	0,0	-2,0	-4,7	0,0	-0,3	0,0	-0,4	0,1	-0,4	-3,3	2,6	0,2	1,0	-0,7	0,8	-0,2	-8,2	
	MA_CE	-0,8	0,2	-1,6	-0,8	0,1	-2,1	-4,8	0,1	-0,4	0,1	-0,4	0,3	-0,3	-3,8	5,3	0,5	2,6	-0,6	2,1	-0,5	-10,5	
	MT_CE	-0,7	0,1	-1,4	-0,8	0,0	-1,8	-4,6	0,2	-0,4	0,0	-0,4	0,2	-0,3	-4,0	3,5	0,4	1,9	-0,5	1,4	-0,3	-7,9	
	MS_CE	-0,8	-0,1	-1,6	-1,0	-0,1	-2,1	-4,6	0,0	-0,4	-0,2	-0,6	0,0	-0,5	-3,3	2,2	0,0	0,7	-0,8	0,3	-0,3	-7,7	
	MG_CE	-0,8	-0,1	-1,4	-0,9	0,0	-1,9	-4,6	0,0	-0,3	0,0	-0,4	0,1	-0,4	-3,6	2,0	0,3	1,1	-0,6	0,7	-0,2	-9,4	
	PR_CE	-0,4	0,3	-0,9	-0,4	0,3	-1,2	-3,5	0,1	-0,3	0,3	0,2	0,4	0,0	-3,0	3,0	0,6	1,5	-0,1	1,2	-0,2	-7,0	
	PI_CE	-0,7	0,2	-1,7	-0,8	0,2	-2,2	-5,0	0,1	-0,4	0,1	-0,5	0,3	-0,3	-2,7	5,6	0,5	2,7	-0,6	2,2	-0,3	-9,1	
	SP_CE	-0,7	0,0	-1,3	-0,8	0,0	-1,7	-4,1	0,0	-0,3	0,0	-0,3	0,1	-0,3	-2,7	2,6	0,3	1,1	-0,5	0,8	-0,1	-7,2	
TO_CE	-0,7	0,1	-1,5	-0,8	0,1	-2,1	-4,6	0,1	-0,4	0,1	-0,4	0,2	-0,3	-3,4	4,4	0,5	2,2	-0,6	2,0	-0,3	-9,1		
Mata Atlântica	AL_MA	-1,0	-0,4	-1,8	-1,1	-0,5	-2,1	-4,0	-0,2	-0,4	-0,7	-0,5	0,0	-0,8	-2,8	3,3	0,1	1,2	-0,8	0,6	-0,7	-7,5	
	BA_MA	-0,8	-0,1	-1,7	-1,0	-0,2	-2,1	-3,8	0,0	-0,2	-0,3	-0,2	0,2	-0,5	-3,7	3,0	0,3	1,2	-0,6	0,9	-0,3	-9,1	
	ES_MA	-0,8	-0,1	-1,7	-1,0	-0,1	-2,0	-4,4	0,0	-0,3	-0,4	-0,4	0,2	-0,6	-3,1	2,7	0,1	0,9	-0,7	0,5	-0,3	-7,2	
	GO_MA	-0,9	-0,2	-1,7	-1,1	-0,2	-2,1	-4,7	-0,1	-0,4	-0,2	-0,9	-0,1	-0,6	-3,4	2,3	-0,1	0,6	-0,9	0,6	-0,4	-9,2	
	MS_MA	-0,7	-0,1	-1,5	-0,9	-0,1	-1,9	-4,3	0,0	-0,4	-0,1	-0,5	0,1	-0,5	-3,3	2,5	0,2	1,1	-0,6	1,0	-0,3	-7,8	
	MG_MA	-0,9	-0,2	-1,5	-1,0	-0,2	-2,0	-4,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,5	0,0	-0,6	-3,6	2,9	0,2	0,8	-0,7	0,4	-0,3	-9,1	
	PB_MA	-1,0	-0,3	-1,7	-1,1	-0,3	-2,0	-3,9	-0,2	-0,4	-0,5	-0,5	0,0	-0,7	-2,6	3,5	0,2	1,2	-0,8	1,0	-0,5	-9,7	
	PR_MA	-0,5	0,2	-1,0	-0,6	0,2	-1,4	-3,6	0,1	-0,2	0,1	-0,2	0,3	-0,1	-2,6	3,1	0,5	1,3	-0,3	1,0	-0,1	-7,6	
	PE_MA	-1,0	-0,3	-1,8	-1,1	-0,3	-2,1	-4,0	-0,2	-0,4	-0,5	-0,5	0,0	-0,7	-3,5	3,5	0,2	1,1	-0,8	0,9	-0,6	-7,9	
	RJ_MA	-0,9	-0,3	-1,7	-1,1	-0,2	-2,0	-4,3	-0,1	-0,4	-0,5	-0,4	0,0	-0,7	-3,2	2,9	0,1	0,9	-0,8	0,7	-0,3	-10,6	
	RN_MA	-0,6	0,0	-1,5	-0,7	0,1	-1,7	-3,9	0,0	-0,3	0,0	-0,3	0,1	-0,3	-2,2	4,7	0,5	2,1	-0,6	1,8	-0,3	-7,3	
	RS_MA	-0,4	0,2	-1,1	-0,5	0,2	-1,4	-3,6	0,1	-0,2	0,2	-0,1	0,3	-0,1	-3,3	3,9	0,6	1,7	-0,3	1,5	-0,2	-9,4	
	SC_MA	-0,5	0,1	-1,3	-0,7	0,1	-1,5	-3,6	0,0	-0,2	0,0	-0,3	0,2	-0,2	-2,6	3,6	0,4	1,3	-0,5	1,0	-0,1	-8,0	
SP_MA	-0,7	-0,1	-1,5	-0,7	-0,1	-1,8	-4,1	0,0	-0,4	-0,1	-0,3	0,0	-0,5	-2,8	2,9	0,2	1,0	-0,6	0,7	-0,2	-7,9		
SE_MA	-1,0	-0,4	-1,9	-1,2	-0,4	-2,3	-4,2	-0,1	-0,4	-0,6	-0,4	-0,1	-0,8	-2,9	2,9	0,0	0,7	-0,9	0,5	-0,5	-9,1		
Pampa	RS_PP	-0,4	0,2	-1,1	-0,5	0,2	-1,4	-3,8	0,1	-0,2	0,2	-0,1	0,4	-0,1	-3,0	3,5	0,7	1,9	-0,3	1,8	-0,2	-8,0	
Pantanal	MT_PT	-0,8	0,1	-1,4	-0,8	0,1	-1,9	-4,6	0,1	-0,4	0,1	-0,4	0,2	-0,3	-3,2	4,1	0,4	1,9	-0,6	1,7	-0,3	-7,1	
	MS_PT	-0,6	0,1	-1,4	-0,8	0,2	-1,8	-4,4	0,1	-0,4	0,1	-0,4	0,2	-0,3	-3,1	3,6	0,4	1,8	-0,6	1,8	-0,3	-7,0	

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

*Os valores negativos dessa tabela ocorrem em regiões cujo a produção setorial do respectivo bem é muito pequena

No Gráfico 16 abaixo, encontra-se a variação do nível de atividade setorial na Amazônia, em ambas as simulações, a primeira considerando somente o desmatamento zero na Amazônia, a segunda associando o investimento nos setores agropecuários. Os setores de Frutas Cítricas, Algodão e Silvicultura seriam os mais beneficiados no desvio acumulado, ou seja, se comparado ao cenário de referência. Já a queda nos setores de Bovinos, Leite de Vaca e Suínos, em todas as regiões da Amazônia, indicaria que os efeitos diretos e indiretos dos investimentos nesses setores não seriam suficientes para compensar a restrição do uso de terra. Isso ocorre porque os setores pecuários são mais dependentes do uso do fator terra, possuem uma menor produtividade, e em parte, são extensivos na Amazônia. Como visto nos resultados do Cenário de Referência, a abertura de novas áreas na Amazônia se deve principalmente ao crescimento da pecuária. Logo, a restrição desse fator impactaria de forma mais significativa esses setores. A produção de Bovinos migraria para as regiões do bioma Cerrado e Caatinga, aonde não há restrição de uso da terra.

Gráfico 16: Resultados da variação do nível de atividade setorial - Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – Amazônia - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

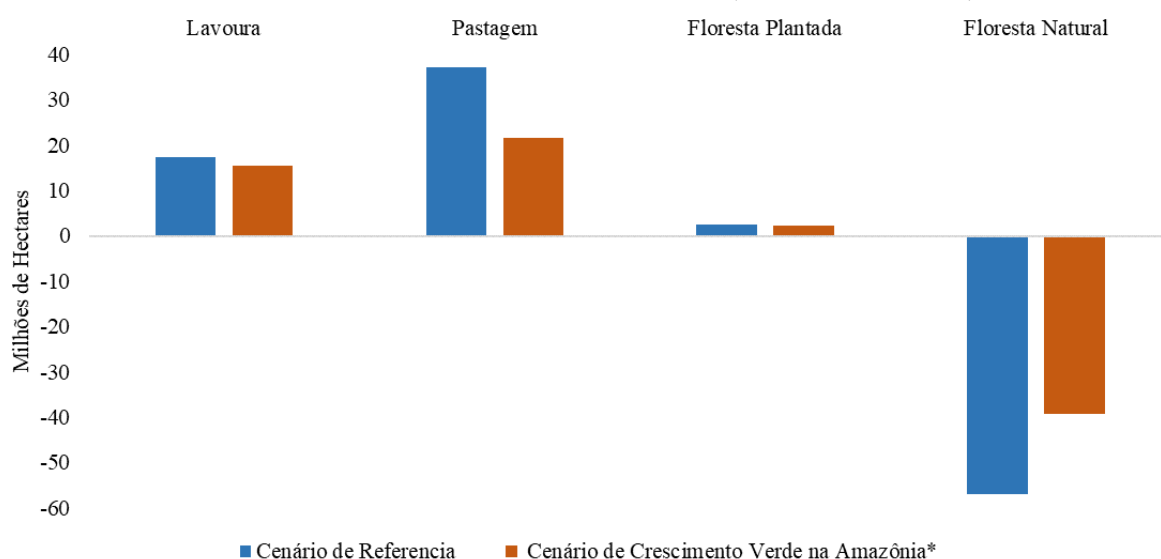
* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

4.3.3 Resultados da Mudança do Uso da Terra e Emissões

No cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia, as áreas de Floresta Natural são fixadas exogenamente e os demais usos de terra (Lavoura, Pastagem e Floresta Plantada) se ajustam endogenamente de forma que a área total de terra se mantenha fixa. Assim, a soma dos usos de cada categoria totaliza a área total do Brasil ou região do modelo e o crescimento de um determinado uso da terra implica redução de um ou mais usos.

No Gráfico 17 abaixo encontra-se a variação do uso da terra no Brasil no Cenário de Referência e no cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia. Ao zerar o desmatamento com investimento na Amazônia temos uma queda significativa do desmatamento nacional de 31% no acumulado de 2021 a 2040, se comparado com o Cenário de Referência, onde não há nenhuma restrição ao uso da Floresta Natural. Nesse caso, o desmatamento acumulado chegaria a 57 Mha em 2040, já no cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia, a projeção seria de 39 Mha a menos de Floresta Natural, em todo o Brasil.

Gráfico 17: Variação do uso da terra no Cenário de Referência e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia - Brasil - acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

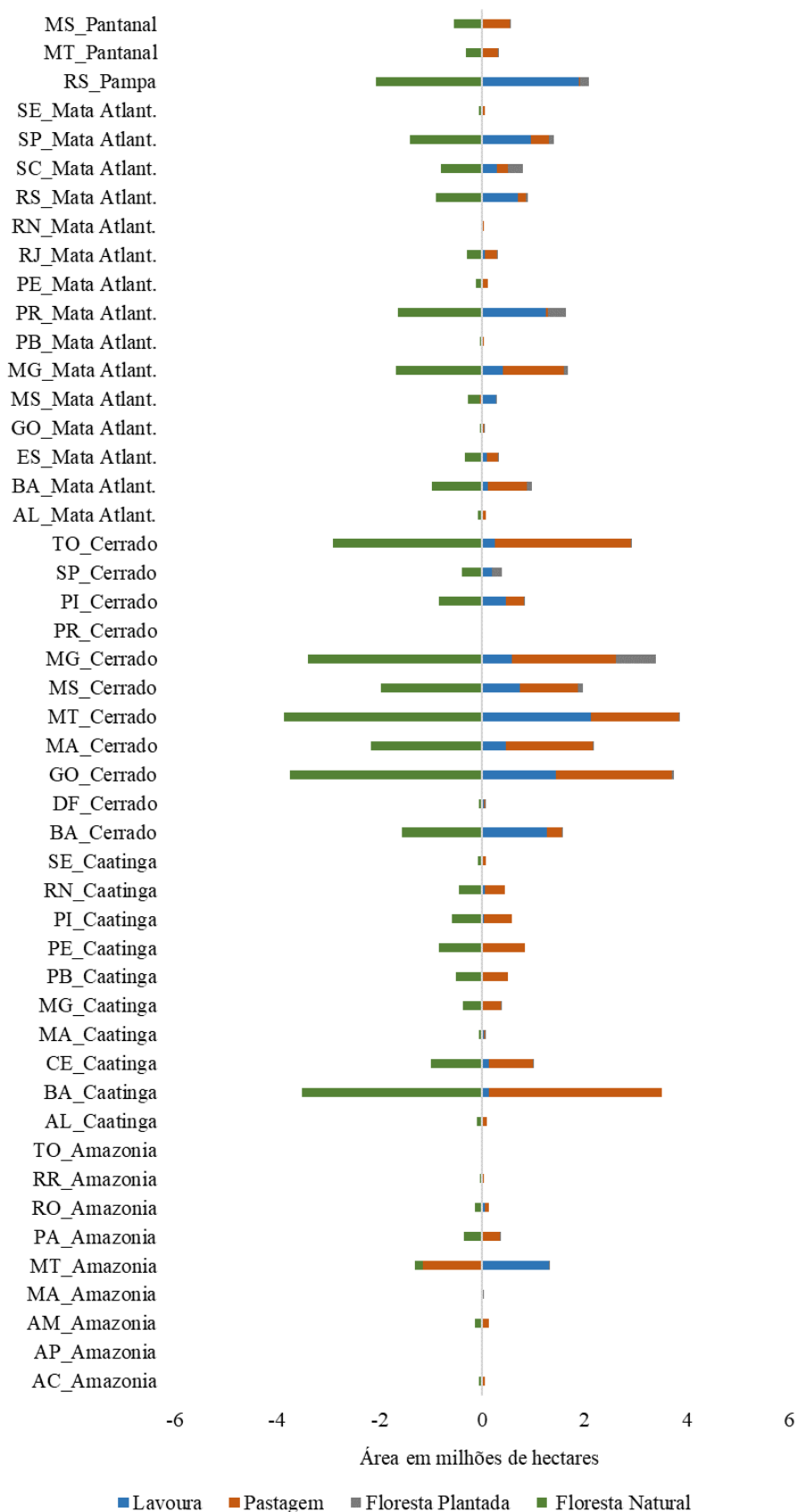
* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

No cenário de referência, a redução da área de Floresta Natural implica no aumento das áreas de Lavoura, Pastagem e Floresta Plantada. Devido ao mecanismo de transição da terra do modelo BLUME, as áreas de Pastagem seriam mais impactadas uma vez que se pressupõe que as áreas de Floresta Natural são primeiramente convertidas em pastagem e posteriormente em Lavouras. No cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia, cerca de 21 Mha de Pastagem seriam abertas no acumulado até 2040, 15,5 Mha a menos que no Cenário de Referência. Já as áreas de Lavoura aumentariam 15,5 Mha, 11% a menos que no cenário sem restrição de terra.

A Tabela 35 (ANEXO V) e Gráfico 18, abaixo, apresentam os resultados da variação dos diferentes tipos de usos da terra (em Mha) por regiões do modelo BLUME. Observa-se que no cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia ocorre um aumento do desmatamento

em todas as regiões dos demais biomas com destaque para a região MT_Cerrado que teria a maior quantidade de área perdida de Floresta Natural. Essa região também exibiria a maior variação nas áreas de Lavoura no acumulado do período, condizente com o aumento da produção de Soja no acumulado e ao fato da região ser a principal produtora nacional dessa *commoditie*. Além disso, essa região é a que possui a maior quantidade de área disponível para conversão.

Gráfico 18: Variação do uso da terra de acordo com categoria de uso e região no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)

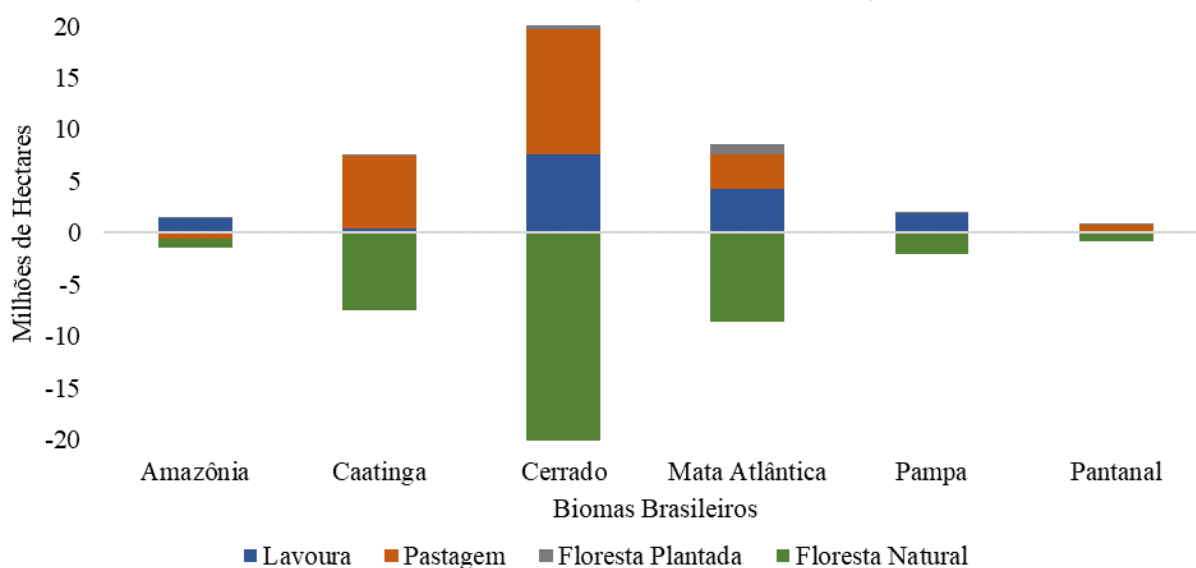


Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

No Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia a região com a maior expansão das áreas de Pastagem seria BA_Caatinga. Essa região é a principal produtora nacional do setor de Outros Animais e apresenta uma das menores variações no preço da terra dos setores pecuários, incentivando o aumento do uso produtivo dessas áreas. Além disso, a região BA_Caatinga é a terceira com a maior quantidade de área disponível para conversão, o que também explica o impacto da política. A região com a maior redução das áreas de Pastagem seria MT_Amazônia. Devido a restrição ao uso de novas terras no bioma, e aos investimentos nos setores agropecuários, essa região realocaria as terras da pecuária para o uso agrícola, em especial para a produção de Soja, principal setor da região.

Em termos de biomas, como observado no Gráfico 19 abaixo, o Cerrado apresentaria a maior variação negativa de Floresta Natural no acumulado, totalizando 20,9 Mha desmatados, seguido pela Mata Atlântica, com 8,6 Mha. Somente o Cerrado seria responsável por 53% do desmatamento de todo o Brasil. A abertura de novas áreas florestais se daria em detrimento, principalmente, do aumento de Pastagem, que no Cerrado totalizaria 12 Mha, e na Caatinga, 7 Mha

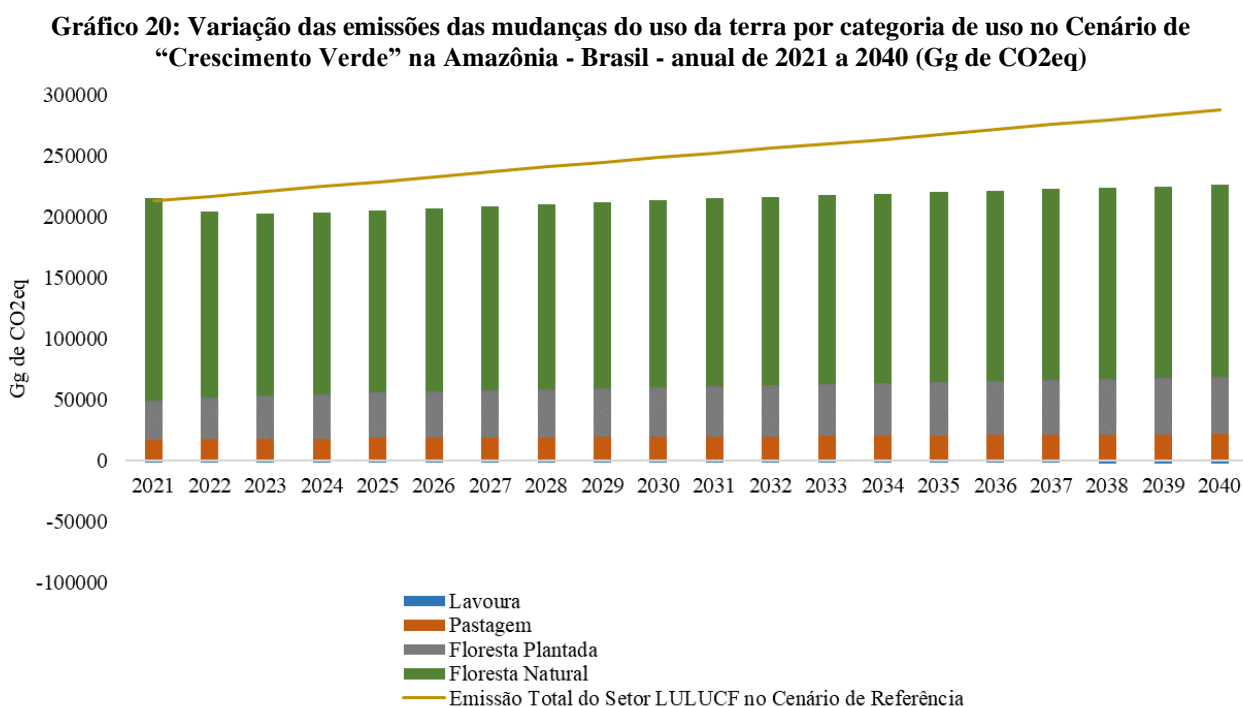
Gráfico 19: Variação do uso da terra por biomas no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

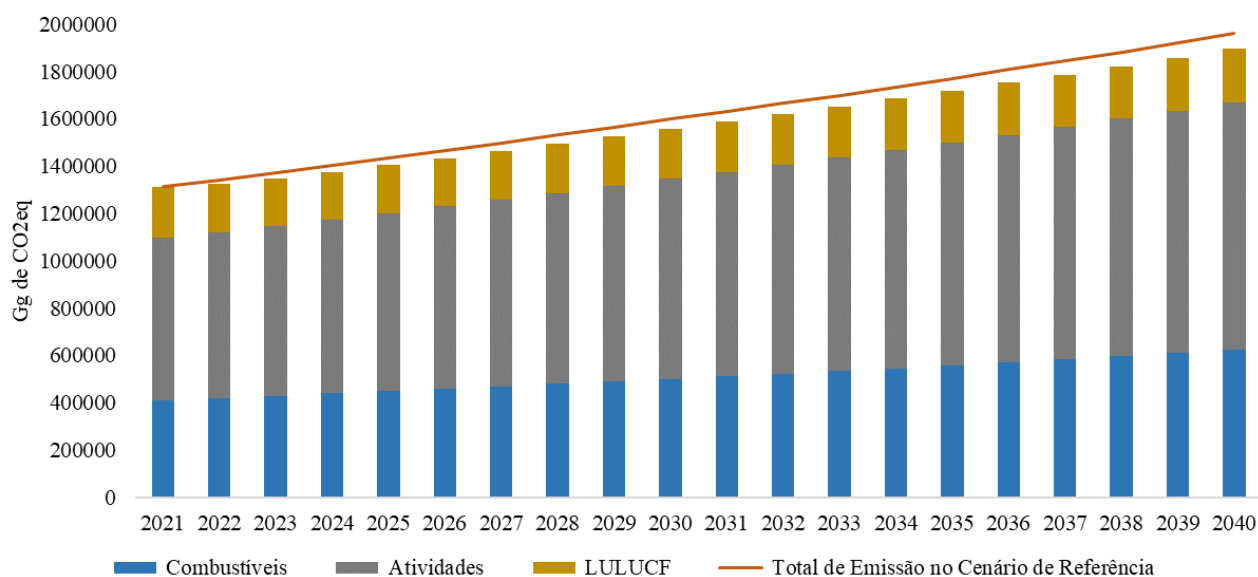
Em termos de emissões, a política de restrição de terra na Amazônia diminuiria consideravelmente as emissões do setor LULUCF. No total, o setor emitiria 4.250.388 Gg de CO₂eq no acumulado de 2021 a 2040, uma redução de 15% em relação ao Cenário de Referência. As transições da Floresta Natural é a que mais reduziria as emissões, totalizando 739.890 Gg de CO₂eq a menos na atmosfera, no acumulado. Isso quer dizer, que a política

evitaria que 739.890 Gg de CO₂eq seja emitido no acumulado do período. Isso equivaleria a quase o triplo do total líquido emitido pelo setor no ano de 2015 e representaria 51% da meta de emissão do INDC (2015) para 2030. No Gráfico 20 abaixo encontra-se as emissões do setor LULUCF por categoria de uso do solo.



Em relação as emissões totais, considerando os demais setores emissores, as projeções indicam uma emissão acumulada de 31.688.505 Gg de CO₂eq, o que equivale a uma média anual de 1.584.425 Gg de CO₂eq. O total das emissões anuais por setor segue no Gráfico 21. Observa-se uma queda das emissões se comparado com o Cenário de Referência. Essa queda seria impulsionada principalmente pela diminuição das emissões do setor LULUCF visto que os demais setores apresentariam ligeiro aumento das emissões. O setor de combustíveis, por exemplo, passaria a emitir 0,11% a mais no acumulado do período, se comparado com o Cenário de Referência. Além disso, as projeções indicam um total de 1.433.153 Gg de CO₂eq emitidos em 2025 e 1.598.210 Gg de CO₂eq em 2030. Dessa forma, o Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia seria suficiente para que o Brasil cumprisse a meta de emissões para o ano de 2025 que é reduzir as emissões para um total de 1.650.648 Gg de CO₂eq, porém não atingiria a meta para 2030 (1.493.443 Gg de CO₂eq) determinada em INDC (2015).

Gráfico 21: Variação das emissões por setor emissor no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia - Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO2eq)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Em termos regionais, observaria-se um aumento das emissões do setor LULUCF nas regiões que não fazem parte do bioma Amazônia, em especial nas regiões do Cerrado. No mapa da Figura 11 abaixo encontra-se as emissões regionais no desvio acumulado do período de 2021 a 2040, ou seja a variação das emissões da política em relação ao Cenário de Referência. As regiões em azul seriam responsáveis por diminuir as emissões. Quanto mais intenso o azul maior a contribuição da região para a queda das emissões do setor LULUCF. As regiões em vermelho indicariam aumento das emissões, quanto mais intenso o vermelho maiores as emissões. Dessa forma, a região de MG_Cerrado apresentaria as maiores emissões se comparado com o Cenário de Referência. Esse resultado é condizente com as projeções de mudança do uso da terra que indicam grande conversão de áreas de Floresta Natutal em Pastagens nessa região.

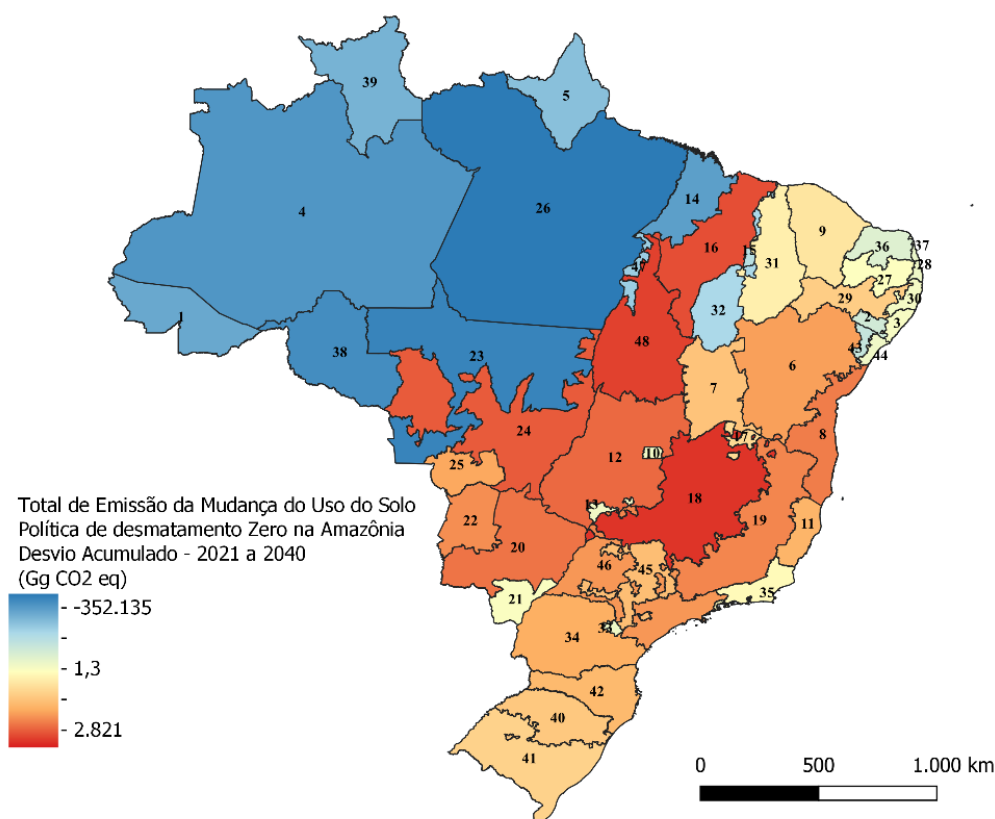


Figura 11: Variação das emissões regionais do setor LULUCF no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência) (Gg de CO2eq)

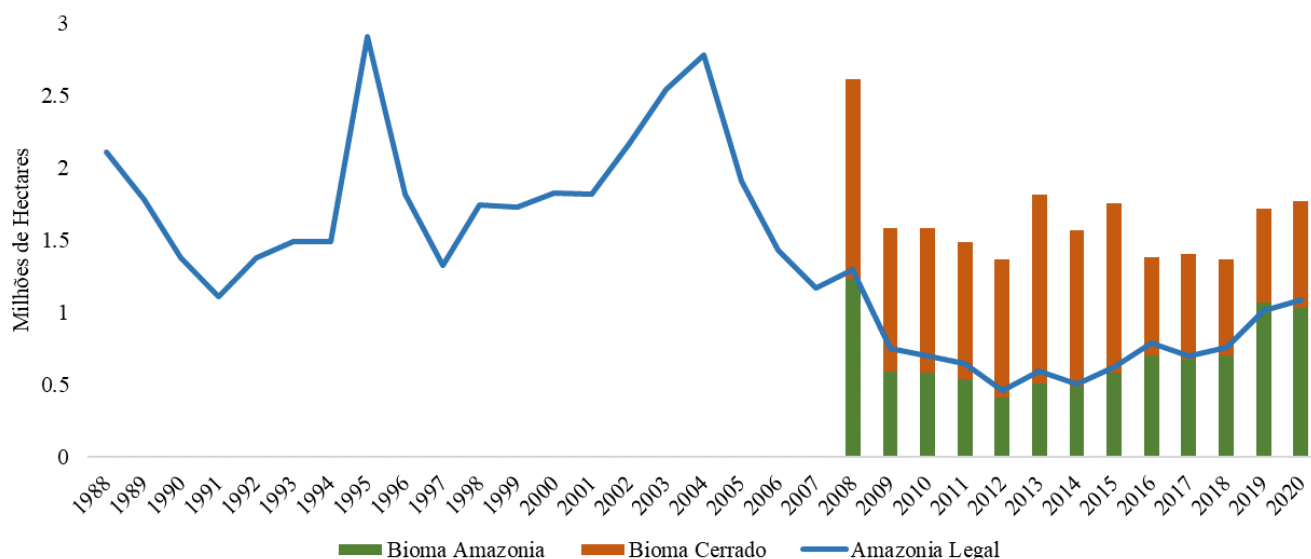
Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

4.4 Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado

O bioma Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e representa quase 24% de todo o território brasileiro. De 2008 a 2020, o desmatamento nesse bioma ultrapassou as áreas perdidas do bioma Amazônia, somando mais de 12 Mha. O desflorestamento ocorre de forma cíclica. Nota-se que nos anos em que a taxa na Amazônia diminui, ocorre um aumento nas áreas perdidas do Cerrado. O acelerado desmatamento no bioma aliado a grande ocorrência de queimadas antrópicas, faz com que o Cerrado seja o bioma com maior volume de emissões líquidas³¹ por mudança de uso da terra, no Brasil (MCTI, 2020).

³¹ Em termos de emissões brutas, sem descontar as remoções, o bioma Amazonia segue como principal emissor

Gráfico 22: Incremento do desmatamento na Amazônia Legal, bioma Amazônia e Cerrado - 1988 a 2020 (Milhões de Hectares)



Fonte: Elaborado com os dados da Plataforma TerraBrasilis do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE)³²

De acordo com o IV Inventário Nacional (MCTI, 2020), a contribuição relativa para as emissões líquidas de CO₂ por mudança do uso e cobertura da terra indicou que, entre 2010 e 2016, as alterações da terra no Cerrado responderam por 49% das emissões nacionais de CO₂, enquanto as contribuições relativas das alterações no bioma Amazônia representaram 34%. Esses dois biomas são os direcionadores de tendência de emissões nacionais do setor LULUCF, pois juntos representam cerca de 73% do território brasileiro, possuindo estoques significativos de carbono.

Na 15^a Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês) o Brasil se comprometeu a reduzir o desmatamento na Amazônia e no Cerrado, a fim de diminuir as emissões brasileiras. No que diz respeito ao bioma Cerrado, a meta fixada é de reduzir em 40% os índices anuais de desmatamento em relação à média verificada entre os anos de 1999 a 2008. Para tanto, foi criado o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado) que tem como objetivo promover o controle do desmatamento e o monitoramento das áreas remanescentes do bioma e aprimorar a fiscalização ambiental. No entanto, o PPCerrado foi extinto em 2019 juntamente com o Prevenção e Controle do

³² Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acessado em 20/09/2021

Desmatamento na Amazônia (PPCDAm) e substituídos por um documento de 19 páginas, sem metas, prazos ou indicação de atribuições ou financiamento.

O desmatamento no Cerrado é mais intenso devido as características ambientais que tornam a região propícia à agricultura e à pecuária, além da demanda por carvão vegetal, destinado a indústria siderúrgica. O desafio de conciliar o crescimento da produção com a proteção ambiental é uma problemática eminente no bioma, tendo em vista a grande demanda por ocupação de terras destinadas ao agronegócio.

Conforme observado nos resultados das simulações anteriores, políticas de restrição ao desmatamento na Amazônia desloca a produção agropecuária para o Cerrado, bioma que já possui uma demanda histórica por terras para a agropecuária. Esse incentivo a abertura de novas áreas provoca um aumento das emissões líquidas. Dessa forma, o objetivo dessa seção é analisar os impactos de um cenário de “Crescimento Verde” tanto na Amazônia quanto no Cerrado, simulando uma política de desmatamento zero e investimentos setoriais em ambos os biomas. Assim como na seção anterior, primeiramente será analisado os impactos somente da política de desmatamento zero. Posteriormente os investimentos serão inseridos afim de anular as perdas econômicas da política de restrição de terra.

4.4.1 Resultados Macroeconômicos

Assim como na seção anterior, parte-se dos resultados dos agregados regionais da política de desmatamento zero e, posteriormente, para análise da política aliada aos investimentos setoriais. É esperado que a política de restrição de terra gere perdas econômicas, principalmente nos biomas Amazônia e Cerrado, a dimensão desse impacto irá balizar o tamanho dos investimentos setoriais. Na Tabela 22, encontra-se os resultados dos principais indicadores macroeconômicos na política de desmatamento zero no bioma Amazônia e Cerrado. Estes resultados são reportados como o desvio percentual acumulado (2021-2040) em relação ao cenário de referência. Em termos nacionais, a política provocaria uma queda de -1,7% do PIB no acumulado do período, se comparado com o Cenário de Referência.

Tabela 22: Resultados dos agregados regionais da Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Bioma	Região	PIB regional	Consumo das Famílias	Gastos do Governo	Investimento	Emprego	Exportação	Importação
Amazônia	AC_Amazônia	-3,65	-3,14	-3,14	-6,12	-3,37	1,27	-4,25
	AP_Amazônia	-2,20	-2,12	-2,12	-4,40	-2,35	0,87	-2,82
	AM_Amazônia	-1,96	-1,95	-1,95	-3,97	-2,18	0,36	-2,55
	MA_Amazônia	-2,28	-2,13	-2,13	-4,28	-2,36	0,17	-2,95
	MT_Amazônia	-4,26	-3,37	-3,37	-4,92	-3,59	0,33	-4,13
	PA_Amazônia	-2,76	-2,53	-2,53	-4,53	-2,76	-0,24	-3,06
	RO_Amazônia	-3,38	-2,86	-2,86	-5,43	-3,09	0,35	-3,75
	RR_Amazônia	-2,66	-2,37	-2,37	-5,07	-2,60	0,40	-3,45
	TO_Amazônia	-3,44	-1,85	-1,85	-4,06	-2,08	0,31	-2,96
Caatinga	AL_Caatinga	-1,27	-1,30	-1,30	-3,17	-1,53	0,33	-1,90
	BA_Caatinga	-0,38	-0,50	-0,50	-1,73	-0,74	0,82	-1,05
	CE_Caatinga	-2,56	-2,46	-2,46	-4,52	-2,69	-0,22	-3,24
	MA_Caatinga	-0,65	-0,91	-0,91	-2,43	-1,14	0,34	-1,28
	MG_Caatinga	-0,04	-0,56	-0,56	-0,88	-0,80	0,37	-0,69
	PB_Caatinga	-1,17	-1,22	-1,22	-2,93	-1,45	0,36	-1,75
	PE_Caatinga	-0,68	-0,75	-0,75	-2,21	-0,98	-0,31	-1,33
	PI_Caatinga	-0,56	-0,74	-0,74	-1,71	-0,97	0,35	-1,11
	RN_Caatinga	-1,30	-1,44	-1,44	-3,12	-1,67	0,86	-2,00
SE_Caatinga	-0,85	-0,91	-0,91	-2,92	-1,14	0,86	-1,53	
Cerrado	BA_Cerrado	-6,93	-4,72	-4,72	-10,51	-4,94	0,89	-7,29
	DF_Cerrado	-2,23	-2,25	-2,25	-4,48	-2,48	0,84	-3,27
	GO_Cerrado	-2,52	-2,37	-2,37	-4,46	-2,60	0,39	-3,07
	MA_Cerrado	-2,73	-2,35	-2,35	-4,54	-2,58	0,87	-3,02
	MT_Cerrado	-4,62	-3,61	-3,61	-8,02	-3,84	0,19	-5,37
	MS_Cerrado	-1,80	-1,58	-1,58	-2,88	-1,81	0,56	-2,11
	MG_Cerrado	-2,94	-2,56	-2,56	-5,16	-2,79	1,52	-3,34
	PR_Cerrado	-3,07	-2,05	-2,05	-5,03	-2,28	0,36	-2,90
	PI_Cerrado	-2,23	-2,22	-2,22	-4,15	-2,45	0,34	-2,98
	SP_Cerrado	-2,14	-2,10	-2,10	-4,34	-2,33	0,90	-2,78
TO_Cerrado	-3,31	-2,79	-2,79	-5,57	-3,02	0,26	-4,04	
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	-1,89	-1,91	-1,91	-3,79	-2,14	1,56	-2,57
	BA_Mata	-1,71	-1,79	-1,79	-3,52	-2,02	0,11	-2,32
	ES_Mata Atlant.	-1,10	-1,18	-1,18	-2,43	-1,41	0,32	-1,65
	GO_Mata	-0,63	-1,16	-1,16	-1,25	-1,39	0,39	-1,29
	MS_Mata	0,02	-0,54	-0,54	0,29	-0,78	0,51	-0,35
	MG_Mata	-1,51	-1,63	-1,63	-3,30	-1,86	0,64	-2,22
	PB_Mata Atlant.	-2,03	-1,97	-1,97	-3,97	-2,20	0,81	-2,74
	PR_Mata Atlant.	-0,98	-1,10	-1,10	-2,24	-1,33	0,10	-1,63
	PE_Mata Atlant.	-2,00	-1,96	-1,96	-3,91	-2,19	1,21	-2,66
	RJ_Mata Atlant.	-1,67	-1,77	-1,77	-3,74	-2,00	0,99	-2,33
	RN_Mata	-1,86	-1,89	-1,89	-3,68	-2,12	-0,26	-2,52
	RS_Mata Atlant.	-0,50	-0,64	-0,64	-1,43	-0,88	0,83	-1,16
	SC_Mata Atlant.	-1,14	-1,22	-1,22	-2,70	-1,45	-0,21	-1,84
SP_Mata Atlant.	-1,53	-1,60	-1,60	-3,44	-1,83	0,46	-2,25	
SE_Mata Atlant.	-1,80	-1,89	-1,89	-3,72	-2,12	-2,13	-2,41	
Pampa	RS_Pampa	-0,76	-0,92	-0,92	-1,89	-1,15	0,25	-1,31
Pantanal	MT_Pantanal	0,76	-0,60	-0,60	1,01	-0,83	1,69	0,17
	MS_Pantanal	0,70	-0,30	-0,30	0,18	-0,53	1,07	-0,34

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Como era de se esperar, o impacto da política de controle seria mais elevado nas regiões do bioma Amazônia e Cerrado. Nessas regiões ocorreriam as maiores quedas do PIB, com destaque para BA_Cerrado (-6,9%), MT_Cerrado (-4,6%) e MT_Amazônia (-4,3%). A região BA_Cerrado teria uma redução de -6,9% em relação ao cenário base, o que significa que ao invés de obter um crescimento acumulado de 82% entre 2021 e 2040, a região teria um crescimento de 75,1% ao implementar o desmatamento zero na Amazônia e Cerrado. Essa região é uma importante produtora de Algodão e Fibras, com 24% de toda produção nacional, além de ser altamente dependente da agropecuária. Cerca de 48% de toda a produção da região é proveniente dos setores agrícolas e pecuários, com destaque para a produção de Soja, que representa 27% da produção da região.

Já MT_Cerrado e MT_Amazônia, além de serem importantes produtoras dos setores de Soja e Bovinos, estão entre as três regiões com maior área desmatada na projeção do Cenário de Referência, indicando uma forte dependência das regiões do fator de produção terra. Logo, em um cenário com restrição ao desmatamento, essas regiões tenderiam a sofrer maiores impactos devido a impossibilidade de ampliação das atividades.

Praticamente todas as regiões seriam impactadas negativamente pela política, com exceção a três regiões, MS_Mata Atlântica, MT_Pantanal e MS_Pantanal. Devido ao mecanismo de realocação produtiva do modelo, essas regiões apresentariam impacto positivo do PIB, conduzido principalmente pelo aumento das exportações e investimentos. Destaca-se também, que a queda no investimento seria o maior impulsionador da queda do PIB em todas as regiões do modelo.

A trajetória do PIB no bioma Amazônia e Cerrado entre 2021 e 2040, tanto no Cenário de Referência quanto na simulação de desmatamento zero na Amazônia e Cerrado, segue na Figura 12. Em ambos os biomas, o crescimento do PIB segue a mesma tendência, no entanto, nota-se um PIB anual menor no cenário de restrição de terra, o que implica em diminuição das atividades e retração econômica.

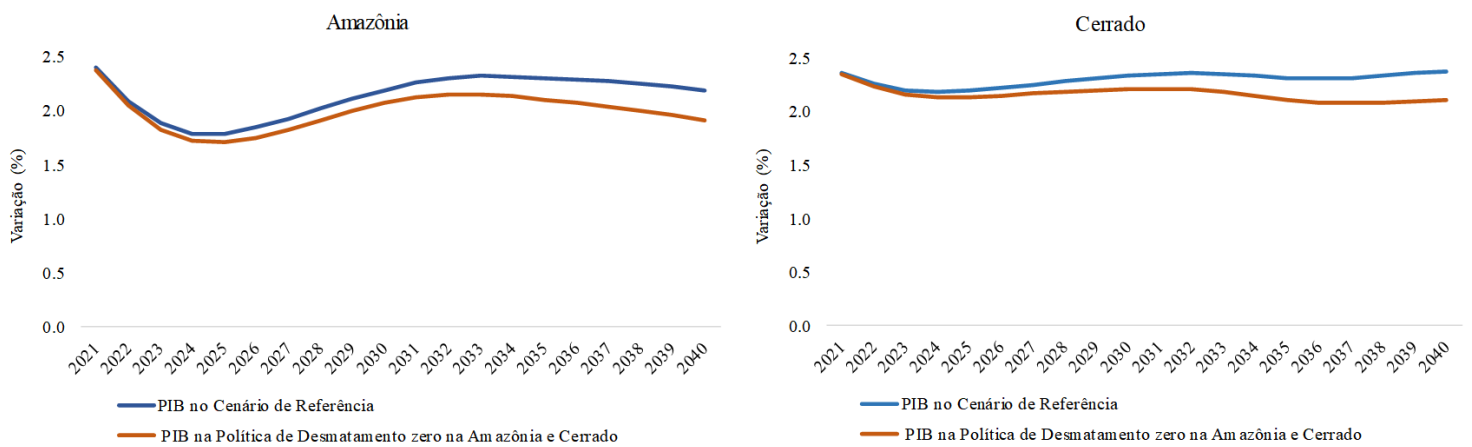


Figura 12: Trajetória do PIB no Cenário de Referência e Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cerrado - Amazônia e Cerrado - anual de 2021 a 2040 (variação %)

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Essa perda econômica pode ser mensurada em termos de despesa do PIB, como segue na Figura 13. Os dados indicam que a política de desmatamento zero na Amazônia e Cerrado provocaria uma retração econômica maior no bioma Cerrado, na ordem de R\$35 bilhões de reais no acumulado entre 2021 e 2040. Esse valor equivaleria a 0,15% do PIB projetado para esse bioma. Já a Amazônia teria uma perda de R\$12 bilhões de reais no acumulado do período, que também equivaleria a 0,15% do PIB projetado para o bioma.

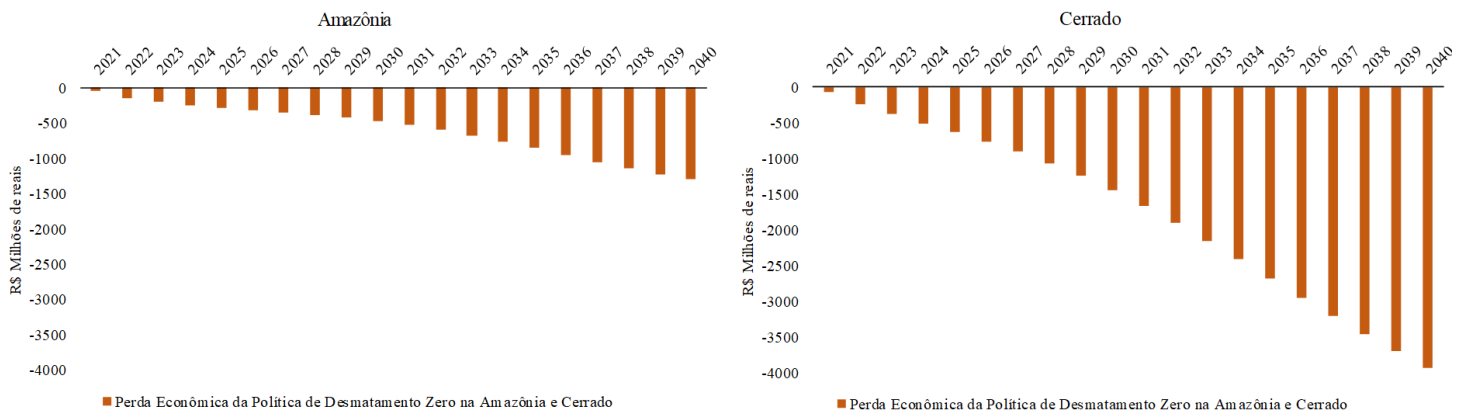


Figura 13: Custo econômico da Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cerrado em termos de despesa do PIB da região – Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (R\$ milhões de reais)

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

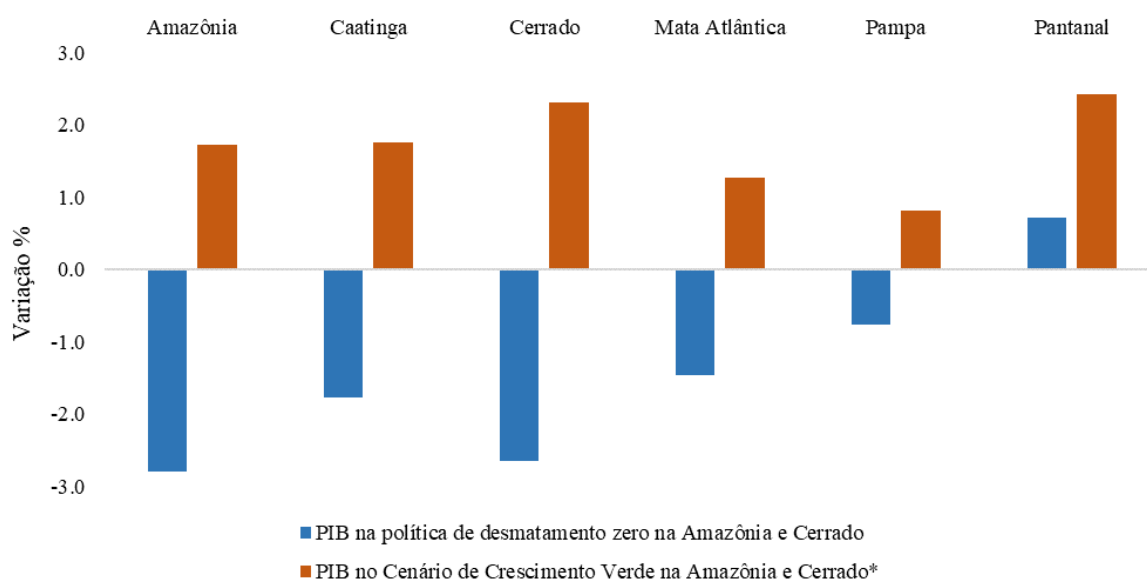
Os custos econômicos de desmatamento zero estimados acima podem ser compensados, do ponto de vista da metodologia adotada, com investimento nas atividades agropecuárias que elevam a produtividade desses setores compensando a impossibilidade de expansão do uso do fator terra. Do ponto de vista de operação do modelo e das simulações, adotou-se um processo interativo, selecionado setores de uso da terra no modelo e adotando

choques de investimento a partir de valores baixos com elevações sucessivas, até que se observasse desvio nulo do PIB de todas as regiões em relação ao cenário de referência. Utilizando-se esse procedimento, encontrou-se um valor próximo de 1,3% para o choque de investimento

Um aumento de investimento na ordem de 1,3% anualmente, até 2040, seria suficiente para não somente zerar a perda econômica, mas também gerar crescimento econômico com menores consequências ao meio ambiente. O montante investido seria de R\$ 89 milhões de reais anualmente na Amazônia, o que corresponde a 0,02% do PIB do bioma. Já no Cerrado, o investimento seria de R\$ 311 milhões de reais por ano, o que também equivale a 0,02% do PIB do bioma.

Por tanto, o próximo passo é analisar o impacto do cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, aonde será simulado a política de desmatamento zero aliado a 1,3% de investimento nos setores agropecuários. Em termos nacionais, a política geraria um aumento do PIB de 1,5% no acumulado do período, se comparado com o Cenário de Referência. Em relação aos biomas, também se nota uma variação positiva do PIB. No Gráfico 23 segue a variação do PIB no cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado e somente com a política de desmatamento zero, sem investimentos, em ambos os biomas. Nota-se que no cenário somente com a política de restrição de terra, há um impacto negativo no PIB de quase todos os biomas, com exceção ao Pantanal. Ao investir 1,3% a mais nos setores agropecuários, além do PIB se tornar positivo, haveria um crescimento econômico nos biomas. Com destaque para o Cerrado que passaria a ter um crescimento de 2,3% a mais no PIB, se comparado com o Cenário de Referência, aonde política nenhuma é adotada.

Gráfico 23: Variação do PIB na simulação de Política de Desmatamento Zero e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – biomas brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

Na Tabela 23 seguem os resultados dos agregados regionais do cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado. Diferentemente do cenário em que somente o desmatamento zero é praticado, aqui a maioria das variações do PIB são positivas, ou seja, além do ganho ambiental, a política também promoveria crescimento econômico na maioria das regiões do modelo. As regiões PI_Cerrado, MT_Amazônia e MS_Cerrado apresentariam as maiores variações positiva do PIB, todas na ordem de 3%. Ou seja, essas regiões cresceriam 3% a mais, no acumulado, se comparado com o cenário sem política de restrição de terra ou investimento.

Tabela 23: Resultados dos agregados regionais do Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Bioma	Região	PIB regional	Consumo Famílias	Gastos Governo	Investimento	Emprego	Exportação	Importação
Amazônia	AC_Amazônia	0,99	1,26	1,26	3,96	1,46	-1,55	2,27
	AP_Amazônia	2,15	2,00	2,00	5,17	2,20	-1,36	3,12
	AM_Amazônia	2,12	1,96	1,96	5,06	2,16	-0,69	2,89
	MA_Amazônia	1,61	1,63	1,63	4,02	1,83	-0,30	2,71
	MT_Amazônia	2,97	2,00	2,00	17,68	2,21	-0,63	6,76
	PA_Amazônia	1,64	1,66	1,66	5,23	1,86	-0,43	2,66
	RO_Amazônia	0,63	0,89	0,89	4,23	1,09	-1,22	2,16
	RR_Amazônia	1,68	1,71	1,71	4,78	1,91	-0,64	2,94
	TO_Amazônia	0,10	1,35	1,35	10,87	1,55	-0,71	2,47
Caatinga	AL_Caatinga	1,65	1,69	1,69	3,38	1,90	-0,78	2,56
	BA_Caatinga	1,36	1,49	1,49	2,07	1,69	-1,13	2,05
	CE_Caatinga	1,84	1,75	1,75	3,56	1,95	-1,35	2,79
	MA_Caatinga	2,51	2,30	2,30	3,93	2,51	-0,76	3,34
	MG_Caatinga	0,90	1,39	1,39	0,38	1,60	-0,80	1,34
	PB_Caatinga	2,04	1,92	1,92	3,84	2,12	-0,80	2,88
	PE_Caatinga	1,72	1,71	1,71	3,26	1,92	-0,39	2,59
	PI_Caatinga	1,71	1,77	1,77	2,57	1,97	-0,78	2,58
	RN_Caatinga	1,84	1,89	1,89	3,48	2,10	-1,20	2,62
SE_Caatinga	1,57	1,72	1,72	2,96	1,93	-1,19	2,39	
Cerrado	BA_Cerrado	1,84	1,34	1,34	18,90	1,54	-1,18	4,33
	DF_Cerrado	1,94	1,93	1,93	3,89	2,14	-1,23	3,24
	GO_Cerrado	2,66	2,43	2,43	8,25	2,63	-0,65	4,27
	MA_Cerrado	2,51	2,15	2,15	8,95	2,35	-1,19	3,75
	MT_Cerrado	2,43	2,23	2,23	13,00	2,44	-0,78	4,72
	MS_Cerrado	2,96	2,45	2,45	9,90	2,66	-0,84	4,68
	MG_Cerrado	2,10	1,92	1,92	7,67	2,13	-2,26	3,47
	PR_Cerrado	1,48	0,96	0,96	11,02	1,16	-0,82	2,69
	PI_Cerrado	3,01	2,63	2,63	7,67	2,84	-0,62	4,58
	SP_Cerrado	2,26	2,11	2,11	5,72	2,32	-1,11	3,31
TO_Cerrado	2,27	2,14	2,14	8,45	2,35	-0,67	4,18	
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	1,73	1,72	1,72	3,47	1,93	-2,23	2,65
	BA_Mata Atlant.	1,61	1,63	1,63	3,25	1,84	-0,29	2,43
	ES_Mata Atlant.	0,88	0,95	0,95	1,94	1,16	-0,48	1,65
	GO_Mata Atlant.	-0,08	0,76	0,76	-1,15	0,96	-0,82	0,57
	MS_Mata Atlant.	-0,55	0,30	0,30	-1,70	0,50	-1,02	-0,15
	MG_Mata Atlant.	1,43	1,50	1,50	2,93	1,71	-0,99	2,33
	PB_Mata Atlant.	1,94	1,85	1,85	3,84	2,05	-1,17	2,95
	PR_Mata Atlant.	0,80	0,91	0,91	1,78	1,11	-0,50	1,66
	PE_Mata Atlant.	1,86	1,75	1,75	3,69	1,95	-1,96	2,79
	RJ_Mata Atlant.	1,42	1,46	1,46	3,16	1,67	-1,42	2,31
	RN_Mata Atlant.	1,75	1,70	1,70	3,54	1,91	-0,84	2,70
	RS_Mata Atlant.	0,73	0,82	0,82	1,48	1,03	-1,16	1,52
	SC_Mata Atlant.	1,13	1,14	1,14	2,42	1,34	-1,01	2,00
	SP_Mata Atlant.	1,28	1,30	1,30	2,86	1,51	-0,71	2,20
SE_Mata Atlant.	1,70	1,72	1,72	3,48	1,92	2,71	2,55	
Pampa	RS_Pampa	0,82	0,91	0,91	1,94	1,11	-0,84	1,54
Pantanal	MT_Pantanal	2,81	2,21	2,21	3,69	2,41	-2,30	3,21
	MS_Pantanal	2,11	1,54	1,54	2,51	1,75	-1,46	2,26

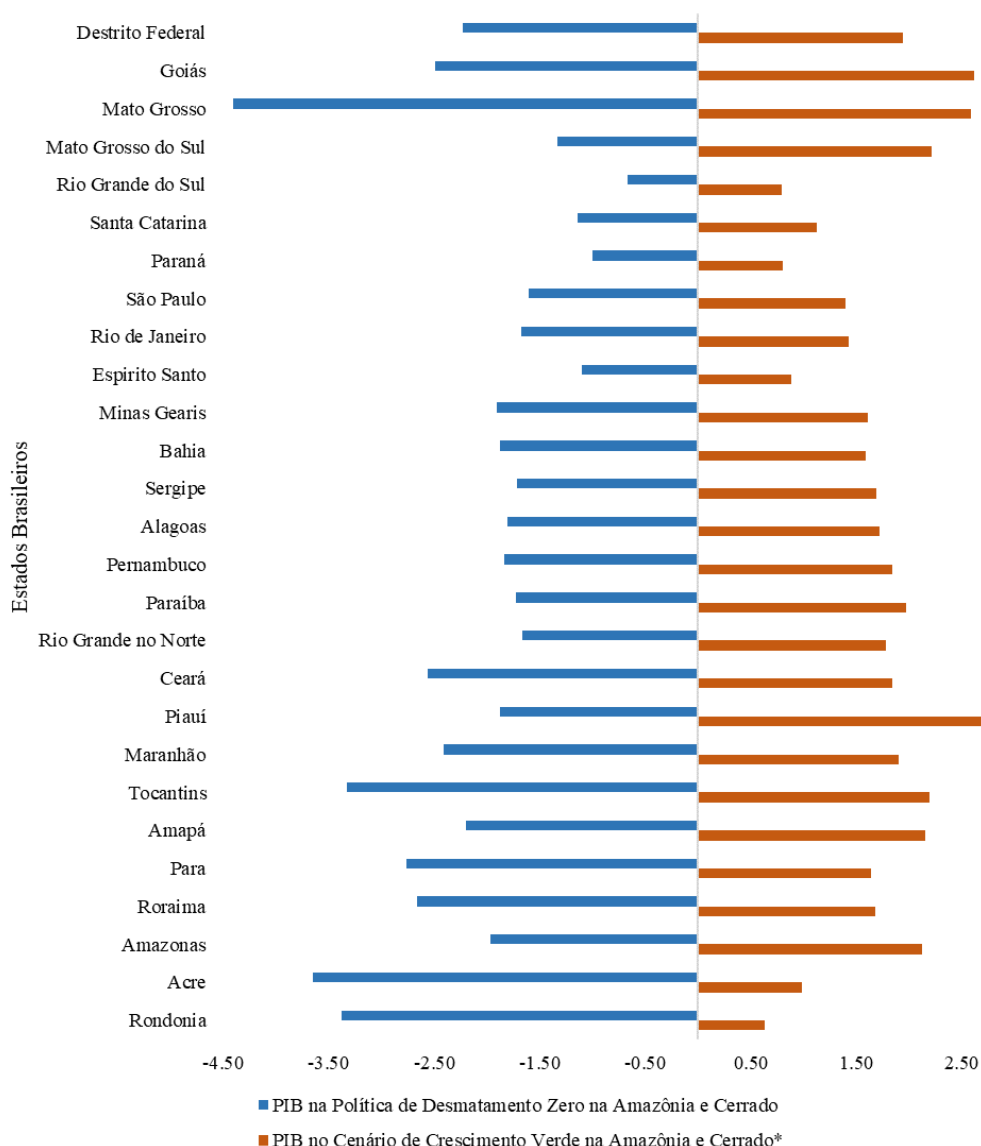
Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

A região PI_Cerrado é uma região do modelo relativamente pequena, mas com bastante área disponível para conversão e a soja é um setor importante na região, representando 4,2% de tudo o que é produzido. Neste caso, o crescimento do PI_Cerrado se justifica pelo crescimento da Soja e pelo aumento do emprego agregado e conseqüentemente do consumo das famílias. Já MT_Amazônia e MS_Cerrado são regiões fortemente dependentes da agropecuária, sendo grandes produtoras nacionais de Bovinos e Soja. Particularmente, MT_Amazônia é a terceira região com maior área disponível para conversão e possui a segunda maior área desmatada no acumulado do período, no Cenário de Referência. Logo o impacto positivo da política indica que graças ao aumento dos investimentos ocorreria uma elevação da produtividade da terra capaz de aumentar a produção setorial sem expandir a produção sobre novas áreas de terra

Assim como na seção anterior, as taxas anuais de produtividade da terra tanto da Amazônia quanto do Cerrado seguem no ANEXO V, Gráfico 38. De forma geral, na Amazônia, os setores apresentariam maior produtividade da terra, se comparado com o Cerrado. O setor de Soja apresentaria a maior taxa de produtividade em ambos os biomas, com 3,4% de crescimento anual na Amazônia e 3,1% no Cerrado.

O Gráfico 24 abaixo exhibe a variação do PIB dos estados tanto na simulação de desmatamento zero quanto no cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado. Ao implementar somente o desmatamento zero todos os estados sofreriam perda econômica, com destaque para Mato Grosso, Acre e Rondônia, com queda no PIB de -4,1%, -3,6% e -3,4% respectivamente. O Mato Grosso é o principal estado responsável pela produção de Soja e Bovinos, com 28% da produção nacional de Soja e 13,5% de Bovinos. Dessa forma, uma política de restrição de terra tenderia a impactar mais os estados com maior dependência da agropecuária. Já quando simulamos o cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, todos os estados exibiriam variações positivas no PIB, com destaque ao Piauí, que também obteria o maior aumento do emprego agregado no acumulado.

Gráfico 24: Variação do PIB na Política de Desmatamento Zero e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado– estados brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.
 * Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

4.4.2 Resultados Setoriais

Primeiramente, analisar-se-á os resultados da política de desmatamento zero no bioma Amazônia e Cerrado sem os investimentos, para em seguida, reportar os resultados do cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, aonde são considerados os investimentos de 1,3% nos setores agropecuários. Por fim, realizar-se-á uma comparação entre os dois cenários nos biomas Amazônia e Cerrado. Dado a natureza e escopo da tese, serão enfatizados os resultados dos setores agropecuários. Na Tabela 24 abaixo, encontra-se os resultados das variações do nível de atividade dos setores agropecuários, por região, somente na política de desmatamento zero na Amazônia e Cerrado.

Tabela 24: Variação da atividade setorial por região na Política de Desmatamento Zero na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Bioma	Região	Arroz	Trigo e outros cereais	Milho em grão	Algodão e outras fibras	Cana de açúcar	Soja em grão	Mandioca	Fumo em Folha	Frutas Cítricas	Feijão em Grão	Outros Temporária	Laranja	Café em grão	Outros Permanente	Bovinos	Outros Animais	Leite de Vaca	Leite de Outros Animais	Suínos	Silvicultura	Extração Vegetal
Amazônia	AC_AM	-7.6	-14.3	-10.1	6.6	-0.8	-14.3	-13.1	-0.6	-3.9	-19.1	-6.6	-6.0	-17.0	-1.2	-15.6	-11.2	-21.5	-5.5	-19.9	-14.3	-7.3
	AP_AM	-2.4	-5.1	-0.4	0.8	-1.0	-2.6	-2.8	-1.9	-2.0	-3.9	-0.6	1.4	-3.3	-1.4	-4.5	-4.6	-6.1	-1.1	-7.1	-7.7	-3.9
	AM_AM	-2.9	-5.1	1.1	0.8	-2.6	-2.6	-3.1	-2.0	-1.9	-5.7	-1.4	-0.7	-4.2	1.2	-1.5	-4.4	-7.8	-1.3	-6.4	-5.9	-3.7
	MA_AM	-7.1	-11.6	-9.3	-7.0	-6.6	-10.8	-9.3	-4.9	-3.0	-13.7	-7.3	-9.8	-10.5	-7.4	-10.4	-8.8	-13.4	-4.7	-12.6	-7.0	-2.4
	MT_AM	-4.9	-5.2	-3.2	0.5	-3.7	-3.0	-3.3	-2.0	-1.7	-1.7	-5.6	0.5	-5.5	1.5	-15.9	-12.5	-21.0	-7.7	-21.5	-4.7	0.3
	PA_AM	-5.8	-8.0	-5.9	-2.6	-0.5	-6.8	-5.9	-2.9	-2.5	-10.4	-1.3	-1.3	-7.6	-5.9	-13.2	-9.5	-17.6	-5.8	-16.4	-8.0	-2.5
	RO_AM	-6.1	-6.3	-5.0	-0.7	-3.1	-4.4	-4.3	-2.4	-2.4	-8.1	-1.5	-1.4	-7.2	-0.8	-11.4	-10.3	-17.8	-5.2	-14.2	-14.3	-4.8
	RR_AM	-11.7	-11.9	-9.8	-7.1	-2.8	-11.7	-9.2	-5.8	-2.8	-11.3	-8.1	-3.5	-11.2	0.1	-11.6	-7.8	-14.9	-2.0	-13.6	-12.1	-6.7
	TO_AM	-3.1	-5.8	-3.7	-0.4	-1.4	-3.7	-2.7	-2.3	-1.9	-6.5	-0.2	-3.6	-4.1	-1.4	-5.7	-5.9	-8.5	-1.5	-6.3	-16.3	-4.5
Caatinga	AL_CA	-3.7	-4.1	-1.5	6.0	-2.9	-2.2	-2.5	-2.4	-2.3	-3.4	-4.5	-2.7	-2.8	1.5	8.4	0.0	3.3	2.0	3.3	-2.4	-0.6
	BA_CA	-0.2	-0.9	3.0	7.4	0.5	2.1	0.8	-0.4	-0.9	1.4	0.3	1.6	0.9	0.4	11.2	1.2	5.8	2.8	5.6	-0.6	0.9
	CE_CA	-12.3	-15.9	-10.5	6.3	-11.7	-15.3	-12.7	-7.8	-5.5	-18.3	-15.4	-11.7	-15.2	-10.6	-4.2	-6.8	-9.4	-2.8	-9.7	-5.9	-4.4
	MA_CA	0.4	-0.2	4.5	6.1	1.4	4.1	2.0	-0.4	-0.8	4.0	0.1	2.4	2.3	1.6	19.0	2.1	11.7	4.0	10.1	-0.7	1.3
	MG_CA	0.2	-0.6	3.1	7.8	0.9	3.1	1.5	-0.5	-0.7	2.3	-0.2	2.0	1.6	1.7	9.0	0.8	4.7	2.7	5.0	-0.8	1.3
	PB_CA	-0.3	-1.1	2.6	6.5	0.1	1.6	0.5	-0.7	-1.2	0.9	0.0	1.6	0.6	1.5	12.8	1.4	6.9	3.2	6.8	-0.6	1.0
	PE_CA	-0.2	-1.1	2.9	6.3	0.2	1.7	0.5	-0.7	-0.9	0.9	-0.4	1.1	0.5	0.7	12.3	1.4	6.5	3.0	6.3	-0.5	1.0
	PI_CA	0.4	-0.1	3.8	7.6	1.8	3.3	1.8	-0.3	-0.8	2.8	0.2	1.8	1.9	1.6	13.4	1.8	7.4	3.4	7.1	-0.4	1.3
	RN_CA	0.0	-0.9	3.1	7.4	0.2	2.1	1.0	-0.6	-1.1	1.6	-0.6	1.0	1.0	0.8	14.7	1.7	8.6	3.3	8.1	-0.4	1.1
SE_CA	-2.4	-2.7	0.7	1.9	-1.1	-0.1	-0.9	-1.4	-1.6	-1.3	-2.8	-0.1	-1.1	-3.2	7.6	-0.4	2.4	1.7	3.0	-2.6	-0.1	
Cerrado	BA_CE	-6.3	-10.8	-10.5	-5.7	-0.9	-10.2	-8.8	-1.0	-2.8	-8.5	-18.8	-9.2	-8.2	-14.0	-22.7	-15.2	-26.8	-8.2	-25.9	-6.8	-2.4
	DF_CE	-6.4	-7.5	-5.3	-1.7	-4.9	-4.8	-1.8	-2.7	-2.0	-3.2	-9.0	-2.6	-4.4	-5.8	-17.7	-13.3	-18.1	-7.5	-21.8	-4.7	-0.3
	GO_CE	-4.1	-4.8	-2.1	1.2	-3.3	-1.7	-1.3	-1.0	-1.4	-0.8	-1.2	-2.0	-1.9	-5.4	-9.7	-8.4	-11.1	-3.7	-13.2	-2.0	1.0
	MA_CE	-2.7	-5.7	-3.4	0.2	-4.9	-3.6	-3.4	-2.1	-1.5	-5.3	-3.5	-2.6	-4.0	-0.4	-10.9	-8.3	-16.9	-3.3	-14.3	-11.0	-4.3
	MT_CE	-8.8	-8.8	-7.9	-4.0	-8.4	-7.5	-6.4	-3.4	-2.1	-6.1	-8.8	-4.4	-10.1	-0.2	-16.1	-11.9	-19.2	-7.8	-20.4	-8.4	-0.5
	MS_CE	-2.9	-3.6	-0.7	2.4	-2.1	-0.4	-0.5	-1.4	-1.3	-0.3	-4.7	-1.0	-1.2	-3.5	-6.1	-5.9	-7.9	-2.2	-9.2	-4.2	0.6
	MG_CE	-4.9	-7.0	-4.5	-0.9	-5.1	-4.1	-3.0	-1.1	-1.7	-3.7	-4.5	-4.4	-4.3	-2.3	-10.0	-8.9	-12.4	-4.1	-15.2	-2.3	0.4
	PR_CE	-6.0	-8.0	-6.4	-3.3	-7.1	-6.0	-5.3	-3.5	-1.9	-5.0	-11.6	-6.5	-6.3	-4.6	-15.3	-14.3	-16.9	-11.1	-19.4	-2.6	0.8
	PI_CE	-3.3	-4.4	-1.9	1.9	-3.3	-1.8	-1.2	-1.5	-1.2	-3.1	-7.9	-1.1	-2.6	0.1	-11.1	-8.2	-17.4	-2.1	-14.4	-12.6	-3.2
SP_CE	-5.1	-5.8	-3.5	-0.7	-4.4	-3.2	-0.1	-2.3	-1.5	-2.8	-0.1	-3.6	-3.5	-7.3	-7.8	-7.8	-9.4	-5.4	-11.1	-1.7	1.1	
TO_CE	-6.5	-6.8	-5.3	-1.1	-6.0	-5.1	-4.0	-2.4	-1.6	-5.7	-2.8	-3.6	-5.4	-3.7	-12.1	-8.9	-16.8	-2.8	-14.0	-15.4	-6.5	
Mata Atlântica	AL_MA	-0.6	-1.7	1.8	3.1	-0.9	1.2	0.0	-0.8	-1.4	0.3	0.2	1.7	0.1	-1.6	8.4	0.3	5.2	2.6	3.0	-1.3	0.9
	BA_MA	-0.4	-0.8	2.8	4.7	0.6	2.6	0.7	-0.3	-1.1	1.9	0.3	2.3	1.2	1.0	7.1	0.3	4.6	2.5	3.6	-0.5	1.2
	ES_MA	-0.3	-0.9	3.3	4.5	0.4	2.4	1.1	-0.6	-1.0	1.5	0.4	2.5	1.0	-0.2	6.8	0.4	3.6	2.3	2.1	-0.7	1.2
	GO_MA	-0.7	-1.1	2.2	4.5	0.2	2.3	0.8	-0.7	-0.8	2.7	-1.9	1.3	1.1	-0.9	6.1	0.0	3.6	2.1	3.6	-0.9	1.2
	MS_MA	-0.4	-0.8	2.5	5.0	0.5	2.7	1.8	-0.6	-1.0	3.0	-0.6	1.6	1.2	-0.5	4.6	-0.2	2.2	1.8	2.0	-0.7	1.3
	MG_MA	-0.4	-1.0	2.4	4.4	0.6	2.2	1.1	0.1	-0.9	1.2	-0.4	1.5	1.0	1.0	7.5	0.6	3.5	2.4	1.9	-0.6	1.3
	PB_MA	-1.0	-1.4	2.4	7.1	-0.5	1.6	0.2	-0.8	-1.2	0.7	0.6	1.6	0.4	-1.2	9.1	0.2	5.1	2.4	4.8	-0.8	1.1
	PR_MA	-0.4	-0.7	2.1	4.4	0.4	2.2	1.4	-0.5	-0.8	1.6	0.0	1.3	1.2	0.2	6.6	0.6	2.8	2.3	1.8	-0.4	1.2
	PE_MA	-1.0	-1.4	2.7	3.5	-0.4	1.6	0.2	-0.7	-1.2	0.7	-0.1	1.8	0.5	1.1	9.0	0.0	4.8	2.5	4.2	-1.2	0.9
	RJ_MA	-0.8	-1.1	2.2	3.9	0.5	1.9	1.0	-0.6	-0.8	1.1	0.5	1.6	0.7	-0.5	7.6	0.2	4.1	2.6	3.7	-0.4	1.6
	RN_MA	-0.2	-0.6	3.1	4.4	0.4	2.6	1.2	-0.5	-1.3	2.1	-0.3	1.4	1.3	0.1	12.7	1.1	7.8	3.3	7.2	-0.6	1.2
	RS_MA	-0.1	-0.5	2.8	4.5	2.0	2.6	1.2	-0.6	-0.9	1.9	-0.1	2.4	1.4	1.1	9.7	1.4	4.6	3.1	4.3	-0.3	1.5
	SC_MA	0.1	-0.4	3.0	4.5	1.9	2.7	1.2	-0.3	-0.8	1.8	0.2	2.0	1.5	0.4	9.9	1.5	4.6	3.1	3.7	-0.4	1.3
SP_MA	-0.6	-0.9	2.3	4.5	0.3	2.3	1.7	-0.6	-0.5	2.1	0.5	1.2	1.2	-0.5	7.2	0.6	4.3	2.5	2.7	-0.4	1.4	
SE_MA	-0.7	-1.5	1.8	3.8	-0.4	1.7	0.3	-0.6	-1.2	0.7	0.3	1.4	0.5	-1.4	7.2	-0.2	3.4	2.0	2.9	-1.0	0.6	
Pampa	RS_PP	0.2	-0.2	3.3	5.1	2.1	2.9	1.7	-0.4	-0.8	2.6	0.2	2.0	1.8	1.4	8.4	1.5	5.8	3.2	5.1	-0.3	1.3
Pantanal	MT_PT	0.5	0.0	4.3	6.2	2.2	4.1	2.4	-0.4	-0.9	3.8	0.8	2.5	2.5	0.8	12.0	1.9	8.1	3.7	7.3	-0.1	1.3
	MS_PT	0.3	-0.1	3.9	5.8	2.5	3.7	2.2	-0.4	-0.6	3.3	0.7	2.3	2.2	0.8	10.4	1.9	7.5	3.6	7.8	-0.5	1.3

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

*Os valores negativos dessa tabela ocorrem em regiões cujo a produção setorial do respectivo bem é muito pequena

Observa-se que a política, ao restringir as possibilidades de conversão de florestas para uso produtivo na agropecuária, provoca um impacto negativo na atividade agrícola das regiões do bioma Amazônia e Cerrado. Esse impacto seria mais intenso nos setores agrícolas das regiões do bioma Amazônia e mais intensos nos setores da Pecuária nas regiões do bioma Cerrado. Os setores de Soja e Bovinos, importantes vetores do desmatamento, chegariam a reduções de -14% na região AC_Amazônia, no caso da Soja e -23% em BA_Cerrado, no caso de Bovinos. Ambos os setores são representativos nos biomas. A Amazônia por exemplo é responsável por 14% da produção nacional de Soja e 24% da produção nacional de Bovinos. Já o Cerrado, detém 49% de toda a produção de Soja e 38% da produção de Bovinos. Logo, uma política de restrição de terra provocaria um maior impacto negativo nas regiões intensivas na agricultura e pecuária, principalmente nos setores de Soja e Bovinos.

O impacto positivo observado nas regiões dos demais biomas se devem ao fato de que essas regiões não enfrentariam o aumento dos custos de produção decorrente da restrição da terra, provocado pela política de Desmatamento Zero. Dessa forma, ocorreria um deslocamento relativo das atividades produtivas em direção a essas regiões. É interessante observar que as regiões do bioma Caatinga apresentariam os maiores aumentos na produção dos setores, no entanto, muitos desses setores não são representativos na região. O setor mais importante no bioma Caatinga é o de Frutas Cítricas, cujo o bioma é responsável por 43% da produção nacional. Vale lembrar que o processo de transição do modelo não consegue capturar a qualidade de terras disponíveis para conversão, ele se baseia na quantidade de terra disponível, na estrutura produtiva e relações intersetoriais e inter-regionais.

Ao considerarmos o cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, observa-se uma inversão no impacto da produção dos setores agrícolas tanto no bioma Amazônia quanto Cerrado. Os setores agrícolas exibiriam aumentos de produção enquanto os setores pecuários apresentariam reduções em suas atividades. Os resultados das variações do nível de atividade setorial, por região, no cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado seguem na Tabelas 25 abaixo.

Tabela 25: Variação da atividade setorial por região no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Bioma	Região	Arroz	Trigo e outros cereais	Milho em grão	Algodão e outras fibras	Cana de açúcar	Soja em grão	Mandioca	Fumo em Folha	Frutas Cítricas	Feijão em Grão	Outros Temporária	Laranja	Café em grão	Outros Permanente	Bovinos	Outros Animais	Leite de Vaca	Leite de Outros Animais	Suínos	Silvicultura	Extração Vegetal
Amazônia	AC_AM	2.4	2.1	-1.3	3.4	3.8	0.9	-1.4	11.2	9.9	-10.6	3.0	-0.4	-5.2	8.7	-12.0	-3.3	-19.7	0.6	-17.6	6.1	6.9
	AP_AM	7.0	8.3	5.4	8.5	7.8	8.2	6.6	9.1	10.2	4.0	7.6	3.6	7.8	8.7	-1.7	3.3	-2.7	2.3	-5.6	8.2	8.3
	AM_AM	7.6	8.7	4.1	8.9	8.4	8.6	6.7	9.2	10.5	1.9	7.3	6.1	6.8	10.6	2.0	2.6	-4.9	1.4	-3.9	9.6	8.6
	MA_AM	2.6	2.6	-0.3	3.0	3.2	1.8	1.5	6.7	10.6	-7.1	5.5	0.1	2.4	6.2	-7.4	-3.0	-11.3	-1.5	-11.4	9.2	9.2
	MT_AM	8.3	8.5	7.0	8.7	8.4	8.4	8.2	9.2	11.6	9.3	7.4	4.6	3.1	9.9	-13.3	-6.3	-21.0	-3.9	-19.1	11.0	11.5
	PA_AM	6.2	6.6	4.3	6.9	6.3	6.1	4.7	8.5	10.6	-2.3	7.8	3.8	4.8	6.0	-9.6	-2.6	-15.7	-1.9	-14.5	9.3	9.4
	RO_AM	7.7	7.9	6.1	8.1	7.6	7.7	6.2	9.1	10.4	-0.5	8.1	5.2	2.2	9.8	-8.2	-2.5	-16.8	-0.4	-12.9	5.5	9.4
	RR_AM	3.6	3.6	0.5	4.0	4.7	2.7	2.3	4.8	10.7	0.3	1.6	1.2	3.1	8.9	-7.3	-1.3	-11.5	4.4	-11.5	6.8	6.5
	TO_AM	6.3	7.3	5.5	7.5	6.9	7.1	7.7	8.7	10.9	-0.4	8.2	5.7	6.9	9.4	-2.9	0.4	-7.7	4.3	-5.8	2.9	9.3
	Cauatinga	AL_CA	-4.7	-4.3	-7.1	-10.7	-5.7	-7.7	-4.6	-2.2	-1.8	-5.8	-6.3	-5.7	-5.7	-1.4	9.3	0.5	3.0	0.3	3.2	-4.2
BA_CA		-1.8	-1.3	-5.0	-10.8	-3.6	-6.0	-2.0	-0.2	-0.5	-2.4	-3.1	-3.3	-3.2	-1.7	12.2	1.9	5.6	1.3	5.7	-2.8	-6.7
CE_CA		-1.5	-0.7	-4.9	-10.8	-3.3	-5.2	-1.3	-0.1	-0.1	-1.5	-2.6	-2.9	-2.6	-1.4	14.9	2.6	6.9	1.7	6.7	-3.0	-6.4
MA_CA		-1.2	0.0	-5.7	-9.6	-3.1	-6.2	-1.3	0.3	-0.4	-1.0	-2.7	-2.8	-2.6	-1.2	21.2	3.0	11.7	2.0	10.6	-2.7	-6.3
MG_CA		-1.7	-1.1	-5.9	-11.1	-4.0	-6.8	-2.3	0.0	-0.7	-2.7	-3.5	-3.5	-3.4	-1.3	9.6	1.2	4.3	0.7	4.8	-2.8	-7.1
PB_CA		-1.8	-1.3	-5.0	-10.2	-3.3	-5.5	-2.0	-0.4	-0.4	-2.2	-3.1	-3.2	-3.0	-1.3	14.2	2.2	6.7	1.5	7.0	-3.0	-7.0
PE_CA		-1.9	-1.4	-5.0	-10.1	-3.6	-5.7	-2.0	-0.4	-0.7	-2.4	-3.1	-3.3	-3.4	-1.4	13.5	2.0	6.3	1.4	6.4	-3.1	-5.9
PI_CA		-1.2	-0.4	-4.7	-10.9	-3.5	-5.2	-1.3	0.1	-0.2	-1.2	-2.3	-2.4	-2.4	-1.3	14.6	2.4	7.2	1.7	7.3	-2.4	-6.3
RN_CA		-1.6	-1.1	-5.2	-10.8	-3.3	-5.7	-1.7	-0.2	-0.2	-2.1	-2.9	-3.1	-3.0	-1.5	16.6	2.6	8.4	1.7	8.5	-2.9	-6.7
SE_CA		-3.6	-3.0	-6.7	-10.0	-5.1	-7.7	-3.7	-1.0	-0.8	-5.0	-5.3	-4.6	-4.9	-4.4	8.4	0.1	2.0	0.1	2.9	-4.5	-7.9
Cerrado	BA_CE	3.9	4.0	1.3	4.4	4.7	3.2	3.7	10.8	11.5	3.2	-2.7	1.6	6.0	1.0	-21.3	-9.7	-26.7	-2.5	-26.2	9.6	9.8
	DF_CE	6.0	6.3	4.2	6.3	5.9	5.8	9.7	8.3	10.9	6.9	2.7	3.3	7.5	5.9	-16.2	-7.2	-15.9	-1.5	-21.0	10.6	10.8
	GO_CE	8.4	8.7	7.1	8.6	8.4	8.3	9.4	10.5	11.7	8.9	10.9	6.9	9.5	6.6	-7.3	-2.0	-9.5	1.7	-11.6	12.2	11.8
	MA_CE	6.8	8.3	6.7	8.6	8.4	8.3	7.0	9.1	11.7	2.3	7.2	6.6	7.9	10.3	-7.4	-1.3	-13.9	1.7	-12.5	8.0	8.0
	MT_CE	4.8	4.7	2.4	5.0	4.6	4.2	5.4	7.8	11.3	5.2	4.3	2.0	-2.6	8.2	-13.7	-5.2	-19.0	-5.9	-18.8	9.4	11.3
	MS_CE	9.1	9.4	8.1	9.3	9.1	9.2	9.6	9.4	11.4	8.3	6.6	7.9	8.7	8.6	-4.0	0.3	-6.9	2.3	-7.8	11.0	11.6
	MG_CE	6.5	7.0	5.0	7.0	6.6	6.6	8.1	10.5	11.6	6.3	7.8	5.0	7.3	8.2	-8.0	-3.0	-10.5	1.1	-13.5	11.6	11.1
	PR_CE	2.6	2.9	0.4	2.9	2.5	2.1	3.2	6.6	10.7	3.3	-4.2	0.4	2.1	5.2	-18.1	-15.4	-18.5	-10.8	-22.4	10.4	11.4
	PI_CE	8.9	9.3	8.2	9.5	9.4	9.4	9.3	9.4	11.9	5.0	5.4	7.9	8.8	12.2	-7.4	-1.9	-15.1	4.4	-12.9	6.8	9.7
	SP_CE	5.9	6.0	4.0	6.0	5.6	5.6	10.9	8.1	11.2	6.0	11.0	3.9	6.7	1.2	-8.7	-3.9	-10.5	-5.9	-12.6	11.3	11.6
TO_CE	7.5	7.6	5.8	7.9	7.7	7.4	7.2	8.9	11.6	4.6	8.7	6.0	7.1	10.3	-8.3	-1.2	-14.5	3.8	-12.5	4.5	7.7	
Mata Atlântica	AL_MA	-2.0	-1.6	-5.8	-9.0	-3.5	-6.4	-2.2	-0.4	-0.5	-3.0	-3.4	-3.5	-3.6	-2.3	10.4	1.6	5.6	1.1	3.8	-3.2	-5.7
	BA_MA	-1.9	-1.1	-5.8	-9.5	-3.9	-6.5	-1.5	-0.1	-0.1	-2.6	-3.2	-3.3	-3.1	-1.8	8.5	1.5	4.5	1.0	3.7	-2.4	-6.7
	ES_MA	-1.7	-1.1	-6.0	-9.5	-3.7	-6.4	-2.3	0.0	-0.4	-2.7	-3.4	-3.4	-3.4	-1.9	8.1	1.1	4.0	0.8	2.7	-2.6	-5.5
	GO_MA	-2.0	-1.3	-5.9	-9.8	-3.8	-6.7	-2.6	-0.1	-0.8	-2.3	-4.3	-3.6	-3.5	-2.2	7.4	0.7	4.0	0.6	4.3	-2.9	-6.9
	MS_MA	-1.4	-0.6	-5.2	-9.4	-3.2	-6.0	-2.0	0.2	-0.6	-2.1	-3.5	-3.0	-3.1	-1.5	8.0	1.6	5.0	1.3	4.7	-2.8	-5.9
	MG_MA	-1.9	-1.4	-5.3	-9.4	-3.7	-6.3	-2.2	-0.2	-0.4	-2.2	-3.5	-3.5	-3.4	-1.4	8.8	1.4	3.8	0.9	2.5	-2.3	-6.8
	PB_MA	-2.2	-1.5	-5.8	-10.7	-3.4	-6.2	-2.0	-0.4	-0.4	-2.7	-3.2	-3.5	-3.4	-1.9	10.9	1.6	5.2	0.9	5.3	-2.7	-7.1
	PR_MA	-0.7	0.1	-3.7	-8.0	-2.1	-4.3	-1.3	0.3	-0.3	-0.9	-2.5	-2.1	-1.9	-0.6	9.9	2.4	5.4	2.1	4.4	-1.8	-5.6
	PE_MA	-2.2	-1.4	-5.9	-8.9	-3.4	-6.3	-2.2	-0.4	-0.4	-2.7	-3.0	-3.5	-3.4	-1.1	11.1	1.7	5.3	1.1	4.9	-2.8	-6.0
	RJ_MA	-2.2	-1.6	-5.9	-9.3	-4.0	-6.4	-2.5	-0.3	-0.8	-3.1	-3.4	-3.5	-3.7	-2.5	8.7	1.2	4.0	0.8	3.8	-2.7	-7.8
RN_MA	-1.1	-0.3	-5.0	-8.1	-2.5	-5.1	-1.4	0.1	-0.1	-1.2	-2.4	-2.5	-2.3	-0.7	15.2	2.7	8.6	1.9	8.3	-2.3	-5.5	
RS_MA	-0.6	0.2	-3.8	-7.8	-3.9	-4.6	-1.1	0.4	-0.2	-1.1	-2.3	-2.6	-1.9	-0.7	12.3	2.7	6.6	2.1	6.2	-2.4	-6.7	
SC_MA	-1.0	-0.2	-4.5	-7.9	-3.7	-4.8	-1.4	0.1	-0.3	-1.2	-3.0	-2.6	-2.2	-0.8	11.3	2.2	5.4	1.8	4.6	-1.7	-5.8	
SP_MA	-1.3	-0.8	-5.0	-8.9	-2.7	-5.6	-1.9	0.2	-0.9	-1.8	-3.1	-2.7	-2.7	-1.4	9.6	1.9	5.4	1.4	4.2	-2.6	-5.9	
SE_MA	-2.2	-1.7	-6.2	-9.7	-4.1	-7.0	-2.3	-0.3	-0.5	-3.5	-3.5	-3.7	-3.9	-2.3	8.7	0.8	3.5	0.5	3.3	-3.2	-7.0	
Pampa	RS_PP	-0.5	0.3	-4.0	-8.1	-3.9	-4.3	-1.2	0.4	-0.2	-1.0	-2.4	-2.1	-1.8	-0.7	10.8	2.8	7.4	2.3	7.0	-2.0	-5.8
Pantanal	MT_PT	-1.2	-0.2	-4.9	-9.5	-3.9	-6.0	-1.5	0.3	-0.4	-1.5	-3.3	-2.8	-2.6	-0.7	12.7	2.3	7.8	1.7	7.3	-2.4	-5.4
	MS_PT	-1.0	-0.2	-4.7	-9.1	-4.3	-5.7	-1.4	0.3	-0.6	-1.5	-3.2	-2.7	-2.5	-0.8	11.1	2.3	7.4	1.7	8.0	-2.5	-5.3

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

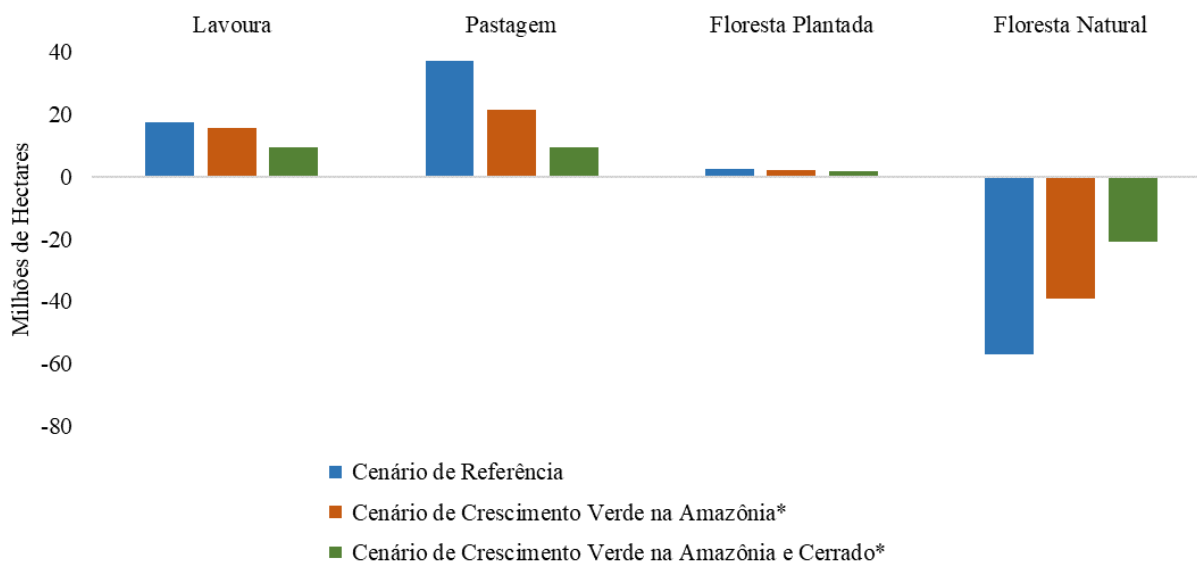
*Os valores negativos dessa tabela ocorrem em regiões cujo a produção setorial do respectivo bem é muito pequena

A queda nos setores da pecuária indica que o aumento de produtividade da terra desses setores não seria suficiente para gerar crescimento das atividades. Seria necessário investimentos maiores que 1,3% para compensar a restrição do uso de terra. Isso ocorre porque os setores pecuários são mais dependentes do uso do fator terra. Como visto nos resultados do Cenário de Referência, a abertura de novas áreas na Amazônia se deve principalmente ao crescimento da pecuária. Logo, a restrição desse fator impactaria de forma mais significativa esses setores. Além disso, a produtividade da terra destinada aos produtos agrícolas seria maior que a produtividade da terra da pecuária, o que incentiva a migração das atividades em um cenário com incentivo financeiro para tal.

4.4.3 Resultados da Mudança do Uso da Terra e Emissões

No Gráfico 25 abaixo encontra-se a variação do uso da terra no Brasil no Cenário de Referência e nos cenários de política analisados nessa tese até então: cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado. Ao zerar o desmatamento na Amazônia teríamos uma queda significativa do desmatamento nacional de 31% no acumulado de 2021 a 2040, se comparado com o Cenário de Referência. No entanto, ao zerar o desmatamento também no bioma Cerrado, a queda do desflorestamento seria ainda maior, 64%. No cenário de Referência, onde não há nenhuma restrição ao uso da Floresta Natural, o desmatamento acumulado chegaria a 57 Mha em 2040; já com o cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, a projeção seria de 21 Mha perdidos.

Gráfico 25: Variação do uso da terra no Cenário de Referência, Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado - Brasil - acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)



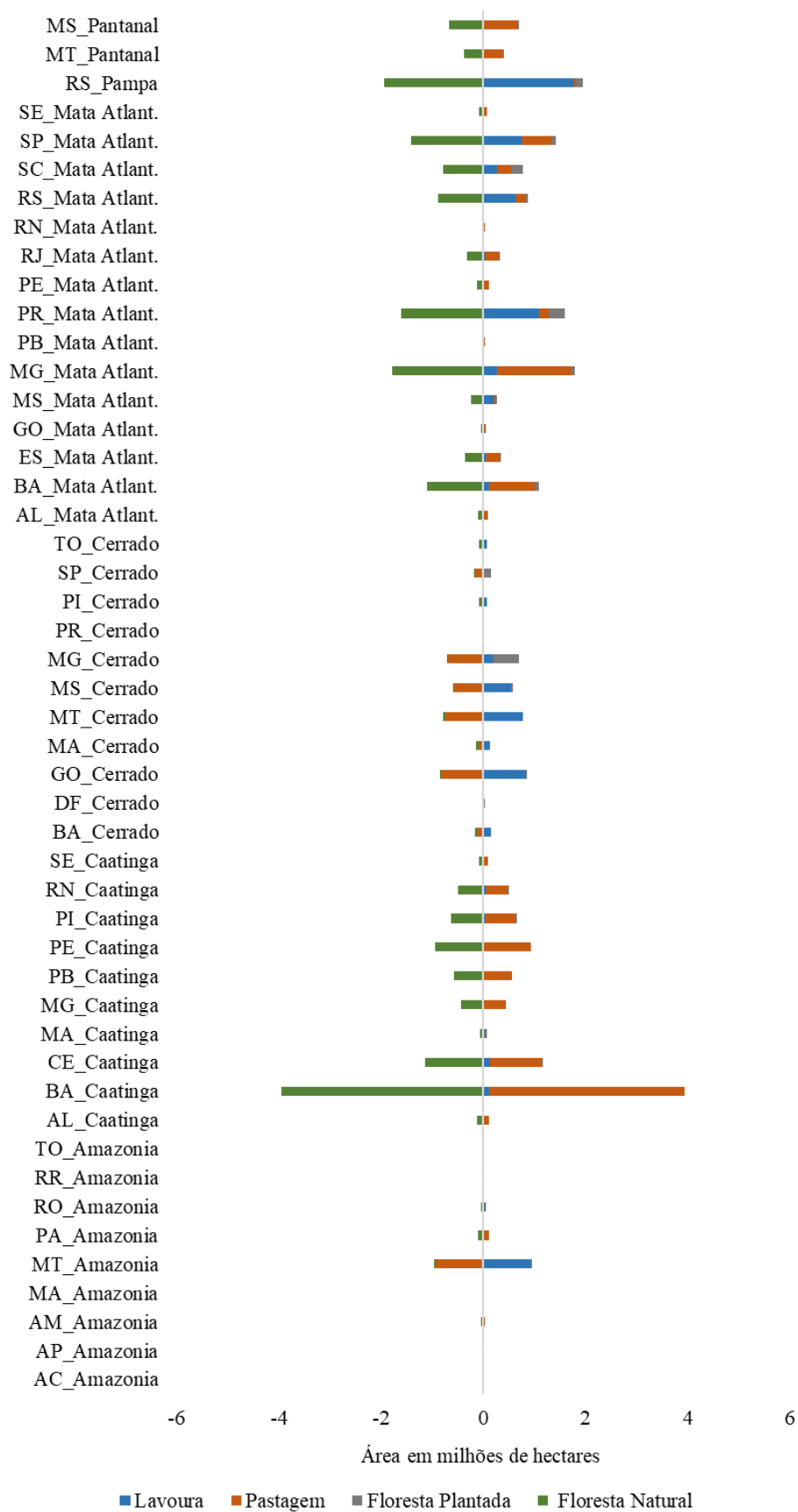
Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

A redução da área de Floresta Natural implica no aumento das áreas de Lavoura, Pastagem e Floresta Plantada. Devido ao mecanismo de transição da terra do modelo BLUME, é de se esperar que as áreas de Pastagem sejam mais impactadas uma vez que se pressupõe que as áreas de Floresta Natural são primeiramente convertidas em pastagem e posteriormente em Lavouras. No cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, cerca de 9,5 Mha de Pastagem seriam abertas no acumulado até 2040, 27 Mha a menos que no Cenário de Referência e 12 Mha a menos se comparado com a política de contenção de terra somente no bioma Amazônia. Já as áreas de Lavoura aumentariam 9,5 Mha, 8 Mha a menos que no cenário sem restrição de terra.

O cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado provocaria um aumento do desmatamento em todas as regiões dos demais biomas com destaque para a região BA_Caatinga que apresentaria a maior quantidade de área perdida de Floresta Natural, claramente em detrimento a Pastagem. Essa região é a maior produtora do setor de Outros Animais, com 12% da produção nacional, além de ser uma região cuja estrutura produtiva é dependente da agricultura e pecuária. Além disso, BA_Caatinga apresenta uma das menores variações no preço da terra dos setores pecuários, incentivando o aumento do uso produtivo dessas áreas. A região, ainda, é a terceira com a maior quantidade de área disponível para conversão, o que também explica o impacto da política. No Gráfico 26, abaixo, encontra-se os resultados da variação dos diferentes tipos de usos da terra (em Mha) por regiões

Gráfico 26: Variação do uso da terra de acordo com categoria de uso e região no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)

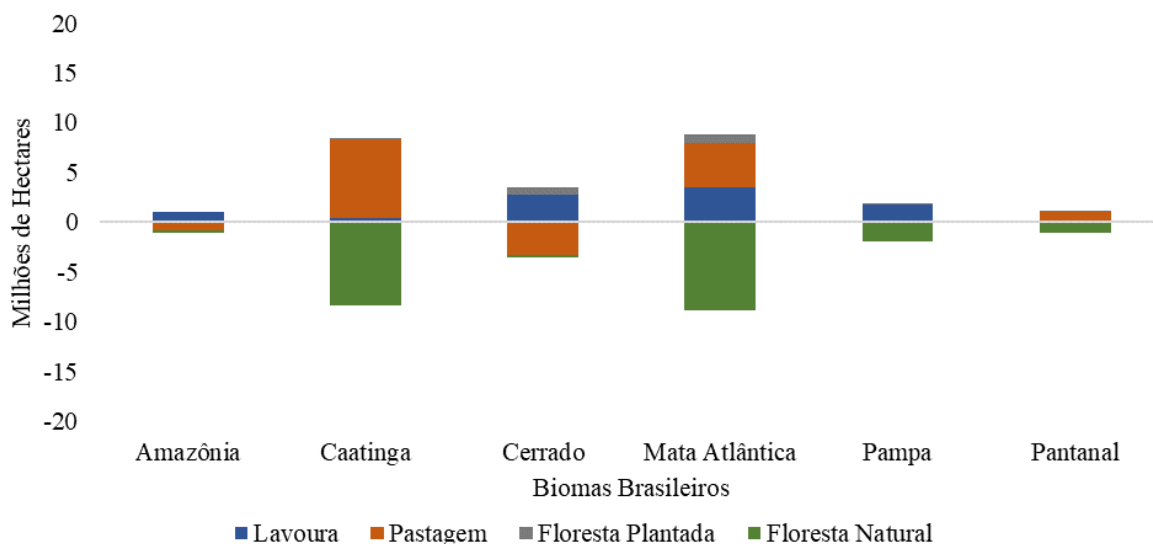


Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

De forma geral, a queda da Pastagem na maioria das regiões, principalmente no Cerrado, seria em detrimento ao aumento da Lavoura. A região que apresentaria a maior redução das áreas de Pastagem seria MT_Amazônia. Devido a restrição ao uso de novas terras nos biomas, e aos investimentos nos setores agropecuários, essas regiões realocariam as terras da pecuária para o uso agrícola, em especial para a produção de Soja, setor mais significativo do Cerrado. A região MG_Cerrado apresentaria a maior expansão de terras destinada a Floresta Plantada. Essa região é uma importante produtora nacional do setor de Silvicultura, com 9,6% da produção nacional.

A variação no uso da terra nos biomas pode ser observada no Gráfico 27 abaixo. A variação da área de Pastagem no Cerrado seria claramente em detrimento a expansão das áreas de Lavouras. Já o bioma Mata Atlântica apresentaria a maior variação de Floresta Natural no acumulado, totalizando 9 Mha desmatados, seguido pela Caatinga, com 8,4 Mha. O desmatamento da Mata Atlântica ocorreria tanto para a expansão de Pastagem quanto de Lavoura visto que o bioma é um importante produtor da maioria dos setores agrícolas e pecuários. Por exemplo, 80% da produção de Trigo ocorre no bioma, 67% da produção de Suínos, dentre outros.

Gráfico 27: Variação do uso da terra por biomas no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Nos mapas da Figura 14 abaixo encontra-se as áreas desmatadas em cada região do modelo BLUME, no acumulado até 2040, nos três cenários simulados até aqui: Cenário de Referência, aonde nenhuma política de contensão é implementada; cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado. Quanto

mais intenso o verde do mapa, maior a área perdida no acumulado. Dessa forma, nota-se que em um cenário sem política a região mais desmatada seria PA_Amazônia (26), com 6,9 Mha perdidos, seguido pelas regiões que fazem parte do chamado Arco do Desmatamento, que no modelo BLUME compreendem AC_Amazônia (1), RO_Amazônia (38), MT_Amazônia (23), MT_Cerrado (24), TO_Amazônia (47), PA_Amazônia (26), MA_Amazônia (14) MA_Cerrado (16) e parte da AM_Amazônia (4).

No cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia, a região com maior área desflorestada seria MT_Cerrado, com 3,9 Mha a menos, seguido pelas demais regiões do bioma Cerrado, principalmente na porção norte, onde estão concentradas as maiores áreas de vegetação natural remanescentes. Já no cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, a região BA_Caatinga passa a liderar em termos de área desmatada, com 3,9 Mha perdidos.

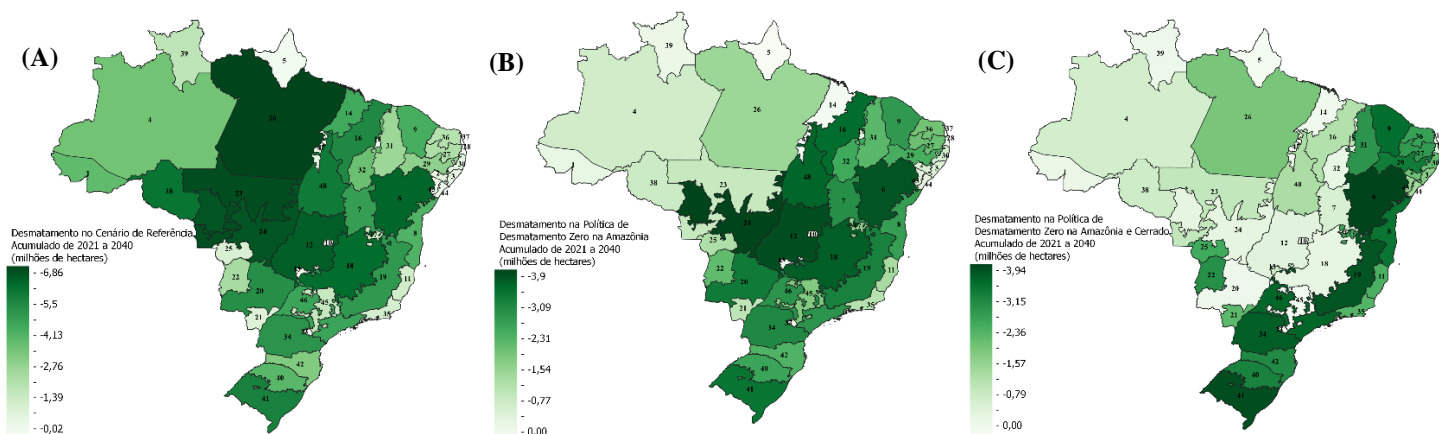


Figura 14: Desmatamento regional no (A) Cenário de Referência, (B) Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e (C) Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (Mha)

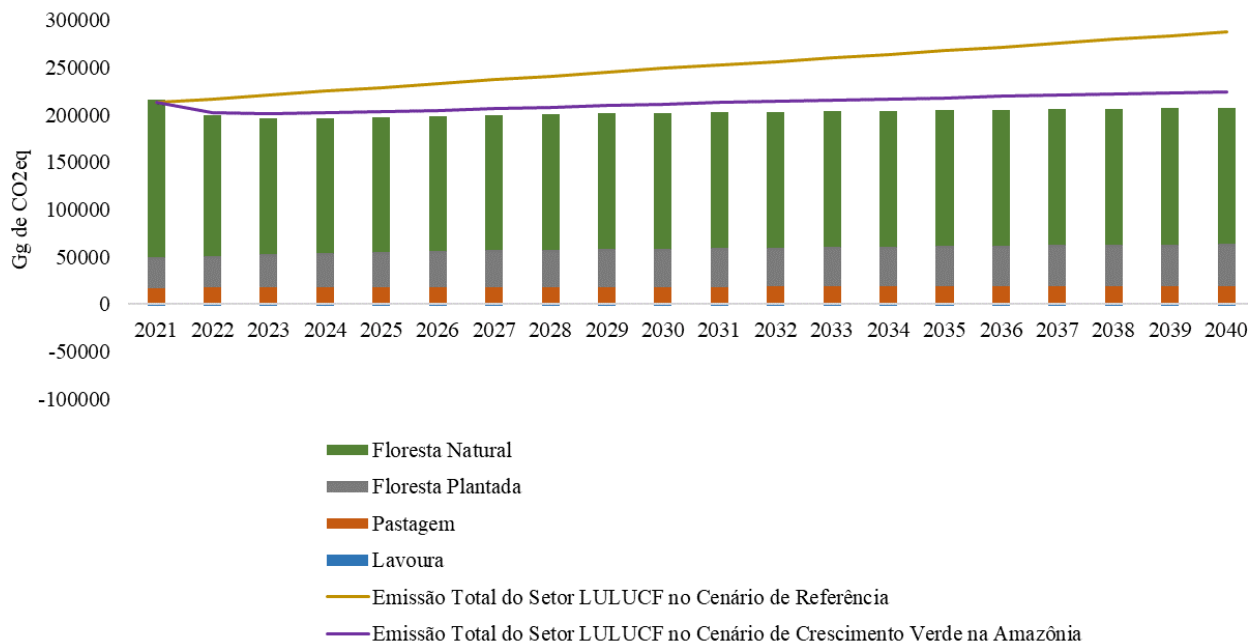
Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

Em relação as emissões, o cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado provocaria uma queda considerável das emissões do setor LULUCF, se comparado com o Cenário de Referência. Já em relação ao cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia, a queda das emissões não seria tão expressiva, porem significativa. Como observado no Gráfico 28 abaixo, no acumulado de 2021 a 2040 o setor emitiria 4.024.585 Gg de CO₂eq, apresentando uma redução de 20% das emissões em relação ao Cenário de Referência e 5% em relação ao cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia. As transições da Floresta Natural apresentariam as maiores quedas nas emissões, totalizando 935.617 Gg de CO₂eq a menos na atmosfera, no acumulado, em relação ao Cenário de Referência. Isso quer dizer,

que a política evitaria que 935.617 Gg de CO₂eq fosse emitido no acumulado do período. Isso equivaleria a mais que o triplo do total líquido emitido pelo setor no ano de 2015.

Gráfico 28: Variação das emissões das mudanças do uso da terra por categoria de uso no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado- Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO₂eq)

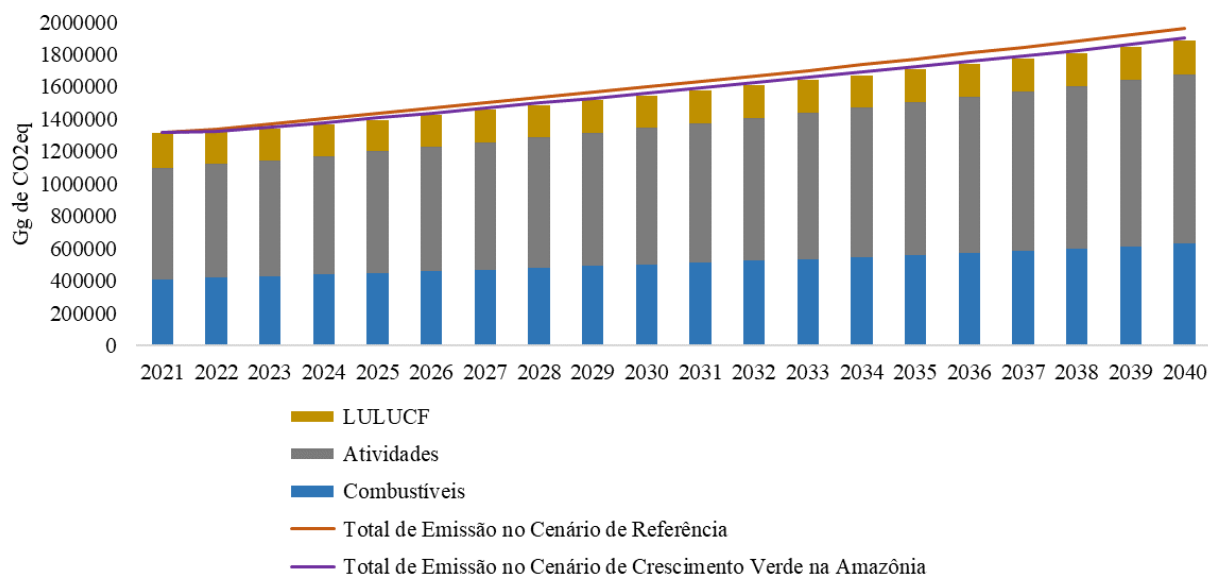


Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

Em relação as emissões totais, considerando os demais setores emissores, as projeções indicariam uma emissão acumulada de 31.485.251 Gg de CO₂eq, o que equivaleria a uma média anual de 1.574.262 Gg de CO₂eq. O total das emissões anuais por setor segue no Gráfico 29. Observa-se uma queda de -20% das emissões se comparado com o Cenário de Referência e de -1% em relação ao cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia. Essa queda seria impulsionada principalmente pela diminuição das emissões do setor LULUCF visto que os demais setores apresentariam ligeiro aumento das emissões. O setor de combustíveis, por exemplo, passaria a emitir 0,37% a mais no acumulado do período, se comparado com o Cenário de Referência. Além disso, as projeções indicariam um total de 1.407.290 Gg de CO₂eq emitidos em 2025 e 1.560.635 Gg de CO₂eq em 2030. Dessa forma, o Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado também não fez com que o Brasil cumprisse a meta de emissões do INDC (2015) para o ano 2030 que é 1.493.443 Gg de CO₂eq. Porém a meta de 2025 que é reduzir as emissões para um total de 1.650.648 Gg de CO₂eq seria alcançada.

Gráfico 29: Variação das emissões por setor emissor no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado - Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO₂eq)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.
 * Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

Em termos regionais, observa-se um aumento das emissões do setor LULUCF nas regiões que não fazem parte do bioma Amazônia e Cerrado, em especial nas regiões da Mata Atlântica. No mapa da Figura 15 abaixo encontra-se as emissões regionais no desvio acumulado do período de 2021 a 2040, ou seja a variação das emissões do cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado em relação ao Cenário de Referência. As regiões em azul seriam responsáveis por diminuir as emissões, quanto mais intenso o azul maior a contribuição da região para a queda das emissões do setor LULUCF. As regiões em vermelho indicariam aumento das emissões, quanto mais intenso o vermelho maiores as emissões. Dessa forma, as regiões BA_Mata Atlântica e MG_Mata Atlântica apresentariam os maiores aumentos emissões se comparado com o Cenário de Referência e a região PA_Amazônia apresentaria a maior queda de emissões.

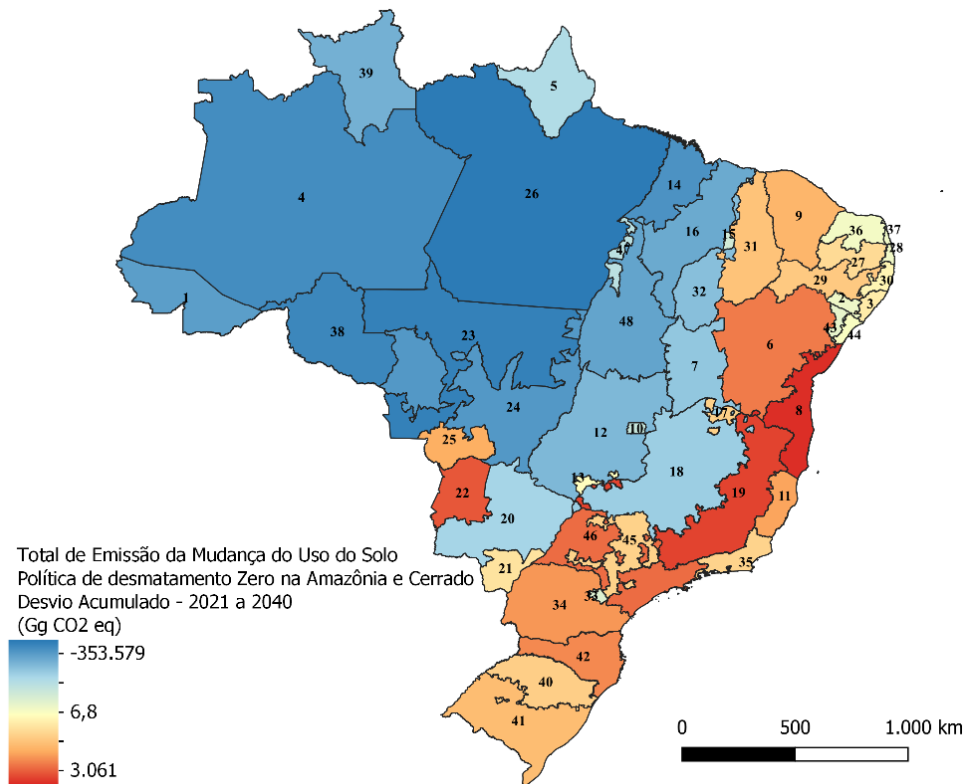


Figura 15: Variação das emissões regionais do setor LULUCF no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência) (Gg de CO2eq)

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

4.5 Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento

A meta brasileira definida durante a COP 21 em 2015, é reduzir a emissão de gases do efeito estufa em 37%, até 2025 e 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005, zerando o desmatamento ilegal e promovendo a recuperação de 12 Mha de vegetação nativa, até 2030 (INDC, 2015). Dado as metas ambiciosas, foi elaborado o Plano Nacional de Recuperação de Vegetação Nativa (PLANAVEG, 2017). O plano visa ampliar e fortalecer políticas públicas, incentivos financeiros, mercados, tecnologias de recuperação, boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa, principalmente em áreas de preservação permanente - APP e reserva legal - RL, mas também em áreas degradadas com baixa produtividade agrícola. O plano foi elaborado para atender essas demandas, assim como para expandir e fortalecer as políticas públicas, incentivos financeiros, mercados públicos e privados, práticas agrícolas, e outras medidas que permitirão a recuperação da vegetação nativa em um mínimo de 12 milhões de hectares até 2030.

Por tanto, propõe-se nessa tese avaliar os impactos econômicos e ambientais de uma política que além de zerar o desmatamento produtivo promova o reflorestamento de 12 Mha, em conformidade com o PLANAVEG (2017). Dado os mecanismos de alocação de terra discutidos na seção 3.4.1, um choque de aumento de área de Floresta Natural tende primeiro a diminuir as áreas de Pastagens para posteriormente converter as áreas agrícolas e de Floresta Plantada. Mas não podemos inferir que o modelo projeta um cenário de recuperação de pastagem, podemos dizer somente que novas áreas de Floresta Natural estão crescendo em áreas de Pastagens. Para ser capaz de analisar os impactos da recuperação de pastagem, o modelo precisaria diferenciar as pastagens em diferentes graus de degradação, como em Lima (2017).

O choque de desmatamento zero ocorre em todas as regiões dos biomas Amazônia e Cerrado e o choque de reflorestamento somente nas regiões que fazem parte do Arco do Desmatamento. Esse termo é utilizado para se referir as áreas aonde historicamente ocorrem as maiores taxas de desmatamento e alteração do solo, possuindo, por tanto, áreas aptas a serem recuperadas. No modelo BLUME, as regiões pertencentes ao Arco do Desmatamento são as seguintes: AC_Amazônia (1), RO_Amazônia (38), MT_Amazônia (23), MT_Cerrado (24), TO_Amazônia (47), PA_Amazônia (26), MA_Amazônia (14) MA_Cerrado (16) e parte da AM_Amazônia (4).

4.4.1 Resultados Macroeconômicos

É esperado que a política de restrição de terra e aumento de áreas florestais gere perdas econômicas regionais, principalmente nos biomas Amazônia e Cerrado. A trajetória do PIB em ambos os biomas entre 2021 e 2040, tanto no Cenário de Referência quanto na simulação de desmatamento zero e reflorestamento, segue na Figura 15. Observa-se uma queda do PIB anual no cenário de restrição de terra e reflorestamento, se comparado com o Cenário de Referência, em ambos os biomas, o que implica em diminuição das atividades e retração econômica.

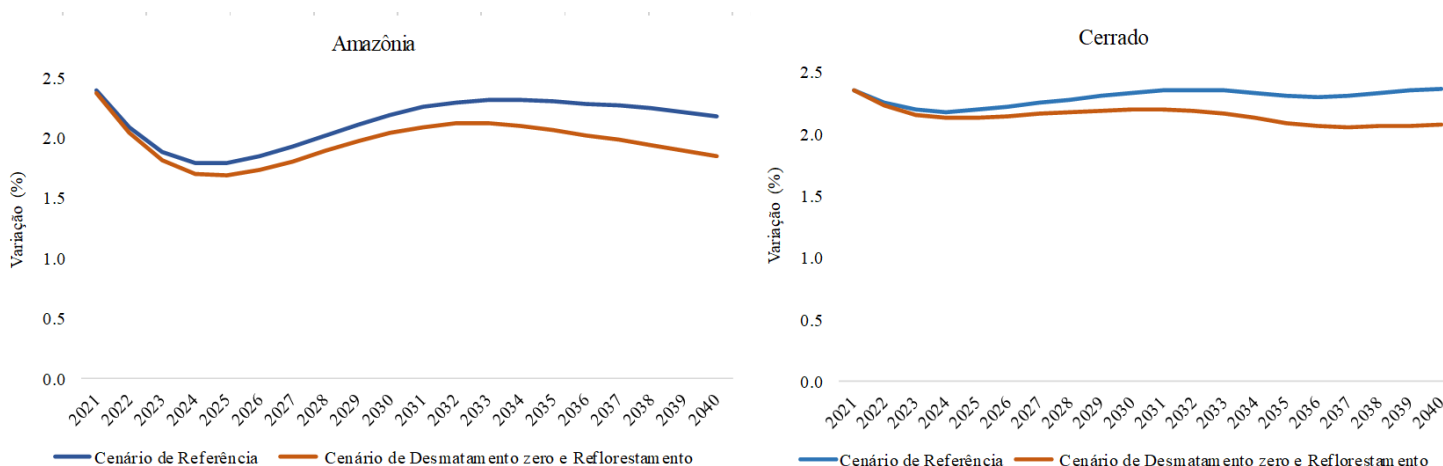


Figura 15: Trajetória do PIB anual no Cenário de Referência e Cenário de Desmatamento Zero e Reforestamento – Amazônia e Cerrado - anual de 2021 a 2040 (variação %)

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Na Tabela 26, encontra-se os resultados regionais dos principais indicadores macroeconômicos no cenário de desmatamento zero e reflorestamento. Estes resultados são reportados como o desvio percentual acumulado (2021-2040) em relação ao cenário de referência. Em termos nacionais, a política provocaria uma queda no PIB de -1,9% no acumulado do período. Em termos regionais, observa-se uma possível queda do PIB em praticamente todas as regiões do modelo, com impacto maior nos biomas Amazônia e Cerrado e nas regiões que fazem parte do arco do desmatamento, em especial MT_Cerrado (-5,7%) e MT_Amazônia (-5,5%). A região BA_Cerrado seria a mais impactada negativamente pelas políticas, com queda de -6,8%. o que significa que ao invés de obter um crescimento acumulado de 82% entre 2021 e 2040, a região teria um crescimento de 75,2%. Essas três regiões também seriam as mais impactadas pela política de desmatamento zero na Amazônia e Cerrado discutida na seção anterior. Isso se justifica pelo fato da região BA_Cerrado ser altamente dependente da agropecuária e as regiões MT_Cerrado e MT_Amazônia, serem importantes produtoras de Soja e Bovinos e altamente dependentes do fator de produção terra.

Tabela 26: Resultados dos agregados regionais da Política de Desmatamento Zero e Reflorestamento – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

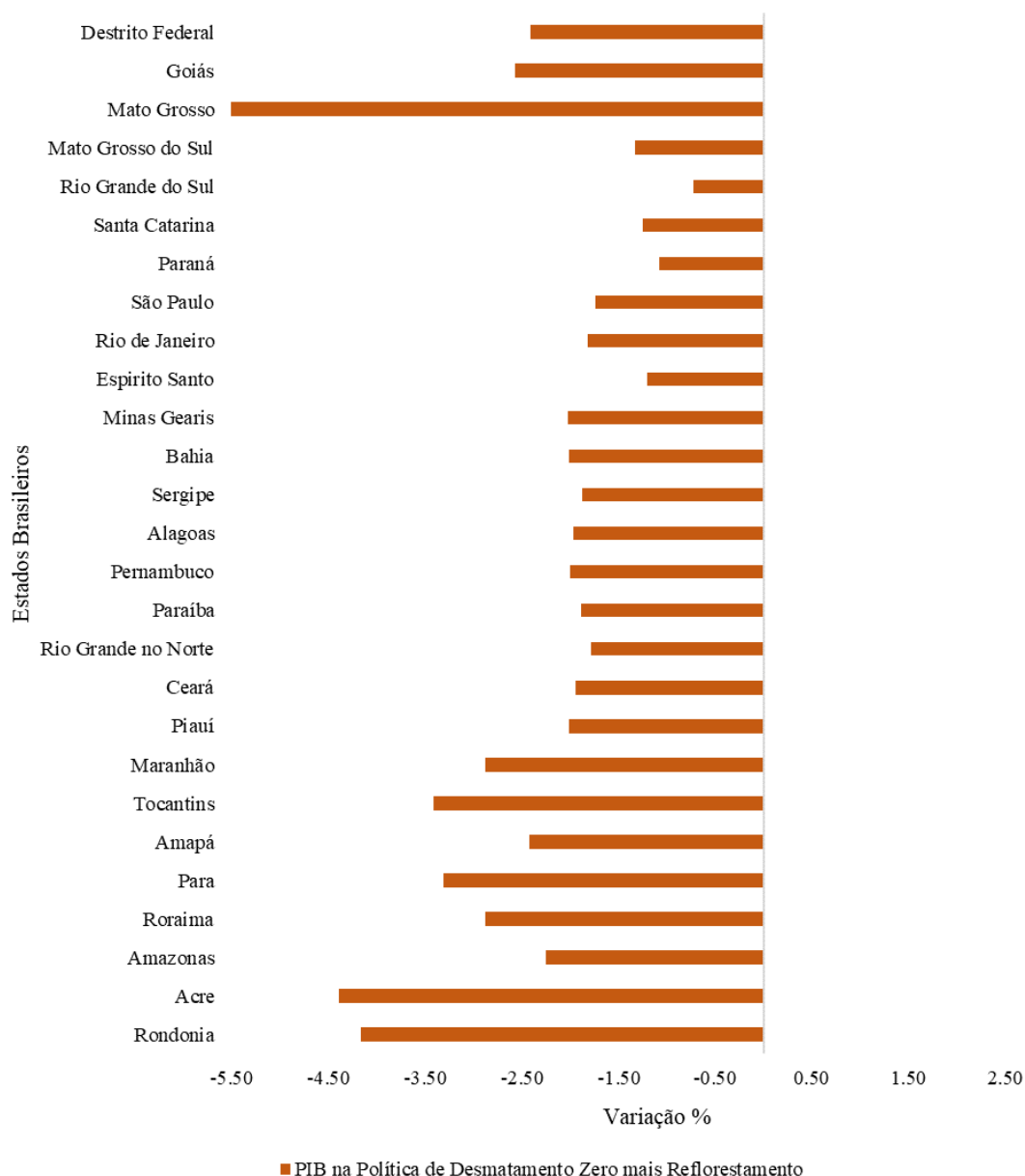
Bioma	Região	PIB regional	Consumo das Famílias	Gastos do Governo	Investimento	Emprego	Exportação	Importação
Amazônia	AC_Amazônia	-4,40	-3,77	-3,77	-7,30	-4,01	1,46	-5,06
	AP_Amazônia	-2,43	-2,37	-2,37	-4,87	-2,62	0,99	-3,12
	AM_Amazônia	-2,26	-2,24	-2,24	-4,59	-2,49	0,39	-2,88
	MA_Amazônia	-2,60	-2,42	-2,42	-4,90	-2,67	0,18	-3,37
	MT_Amazônia	-5,50	-4,33	-4,33	-6,68	-4,58	0,34	-5,35
	PA_Amazônia	-3,31	-3,01	-3,01	-5,40	-3,26	-0,28	-3,63
	RO_Amazônia	-4,16	-3,51	-3,51	-6,63	-3,76	0,42	-4,56
	RR_Amazônia	-2,87	-2,60	-2,60	-5,54	-2,85	0,47	-3,77
	TO_Amazônia	-4,37	-2,34	-2,34	-5,13	-2,59	0,35	-3,68
Caatinga	AL_Caatinga	-1,40	-1,44	-1,44	-3,53	-1,69	0,39	-2,13
	BA_Caatinga	-0,49	-0,62	-0,62	-2,04	-0,87	0,94	-1,26
	CE_Caatinga	-1,95	-1,97	-1,97	-3,95	-2,22	-0,19	-2,72
	MA_Caatinga	-0,74	-1,02	-1,02	-2,81	-1,27	0,39	-1,47
	MG_Caatinga	-0,14	-0,68	-0,68	-1,27	-0,93	0,43	-0,96
	PB_Caatinga	-1,30	-1,35	-1,35	-3,32	-1,60	0,41	-1,98
	PE_Caatinga	-0,80	-0,87	-0,87	-2,56	-1,13	-0,26	-1,55
	PI_Caatinga	-0,75	-0,93	-0,93	-2,28	-1,18	0,40	-1,41
	RN_Caatinga	-1,39	-1,54	-1,54	-3,44	-1,79	0,98	-2,17
SE_Caatinga	-0,94	-1,01	-1,01	-3,24	-1,26	0,98	-1,71	
Cerrado	BA_Cerrado	-6,76	-4,61	-4,61	-10,00	-4,86	1,01	-7,16
	DF_Cerrado	-2,41	-2,44	-2,44	-4,87	-2,69	0,97	-3,57
	GO_Cerrado	-2,60	-2,48	-2,48	-4,61	-2,73	0,46	-3,22
	MA_Cerrado	-3,49	-2,96	-2,96	-5,83	-3,21	1,00	-3,80
	MT_Cerrado	-5,71	-4,43	-4,43	-10,07	-4,67	0,19	-6,62
	MS_Cerrado	-1,81	-1,62	-1,62	-2,86	-1,87	0,64	-2,18
	MG_Cerrado	-3,03	-2,67	-2,67	-5,37	-2,92	1,73	-3,52
	PR_Cerrado	-3,14	-2,15	-2,15	-5,18	-2,40	0,42	-3,07
	PI_Cerrado	-2,36	-2,38	-2,38	-4,39	-2,64	0,42	-3,18
	SP_Cerrado	-2,28	-2,25	-2,25	-4,66	-2,50	1,03	-3,01
TO_Cerrado	-3,38	-2,89	-2,89	-5,70	-3,14	0,32	-4,18	
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	-2,05	-2,08	-2,08	-4,20	-2,33	1,78	-2,83
	BA_Mata	-1,88	-1,97	-1,97	-3,91	-2,23	0,13	-2,57
	ES_Mata Atlant.	-1,20	-1,28	-1,28	-2,64	-1,53	0,35	-1,82
	GO_Mata	-0,69	-1,25	-1,25	-1,40	-1,50	0,44	-1,44
	MS_Mata	0,07	-0,56	-0,56	0,48	-0,82	0,58	-0,35
	MG_Mata	-1,64	-1,77	-1,77	-3,59	-2,02	0,73	-2,43
	PB_Mata Atlant.	-2,22	-2,16	-2,16	-4,44	-2,41	0,93	-3,03
	PR_Mata Atlant.	-1,07	-1,20	-1,20	-2,43	-1,45	0,11	-1,79
	PE_Mata Atlant.	-2,19	-2,15	-2,15	-4,38	-2,40	1,39	-2,94
	RJ_Mata Atlant.	-1,82	-1,93	-1,93	-4,08	-2,19	1,14	-2,56
	RN_Mata	-2,01	-2,04	-2,04	-4,06	-2,29	-0,21	-2,76
	RS_Mata Atlant.	-0,57	-0,71	-0,71	-1,56	-0,96	0,94	-1,30
	SC_Mata Atlant.	-1,25	-1,33	-1,33	-2,96	-1,59	-0,22	-2,03
	SP_Mata Atlant.	-1,66	-1,74	-1,74	-3,75	-2,00	0,52	-2,47
SE_Mata Atlant.	-1,96	-2,07	-2,07	-4,10	-2,32	-2,43	-2,65	
Pampa	RS_Pampa	-0,83	-1,00	-1,00	-2,03	-1,25	0,28	-1,44
Pantanal	MT_Pantanal	0,87	-0,68	-0,68	1,25	-0,93	1,92	0,20
	MS_Pantanal	0,84	-0,29	-0,29	0,33	-0,55	1,22	-0,34

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Somente as regiões MS_Mata Atlântica, MT_Pantanal e MS_Pantanal seriam impactadas positivamente pela política. As variações positivas do PIB seriam conduzidas principalmente pelo aumento das exportações e investimentos. Destaca-se também, que a queda no investimento seria o maior impulsionador da queda do PIB em todas as regiões do modelo com destaque para as quedas de -10% nas regiões BA_Cerrado e MT_Cerrado.

Em relação ao PIB dos biomas, a Amazônia apresentaria a maior queda, -3,5% em relação ao Cenário de Referência, enquanto o Cerrado apresentaria queda de -2,8%. Vale destacar que sete das nove regiões consideradas como pertencentes ao Arco do Desmatamento fazem parte do bioma Amazônia, logo o choque de reflorestamento impactaria mais esse bioma. Em termos estaduais, Mato Grosso, Acre e Rondônia, são os estados que sofreriam maior perda econômica com a política, com quedas no PIB de -5,5%, -4,4% e -4,2% respectivamente, em relação ao Cenário de Referência. O Mato Grosso é o principal estado produtor de Soja e Bovinos, com 28% da produção nacional de Soja e 13,5% de Bovinos. Dessa forma, uma política de alteração no uso da terra tende a impactar mais os estados com maior dependência da agropecuária e do fator de produção terra, como no caso do Mato Grosso. O Gráfico 31 abaixo exibe a variação do PIB dos estados na simulação de desmatamento zero e reflorestamento no acumulado de 2021 a 2040.

Gráfico 30: Variação do PIB no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento – estados brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

A queda do PIB discutida acima viria acompanhada de retração econômica, essa perda pode ser mensurada em termos de despesa do PIB. A nível nacional, os dados indicam uma diminuição do PIB de -1,8% em 2040 em relação ao Cenário de Referência. Isso significa que ao invés do Brasil ter um crescimento de 2,2% em 2040, esse crescimento seria de 2% com a implementação da política. Em termos monetários, os custos econômicos em termos do PIB chegariam a R\$147 bilhões de reais no acumulado de 2021 a 2040 para o Brasil, isso equivaleria a 0,1% das despesas totais projetadas para o período.

Em relação aos biomas, como pode ser observado na Figura 16, os custos econômicos da implementação da política seriam maiores no bioma Cerrado, na ordem de R\$38 bilhões de reais no acumulado entre 2021 e 2040. Esse valor equivaleria a 0,16% da despesa total do PIB projetada para o bioma. Já a Amazônia teria uma perda de R\$14,5 bilhões de reais no acumulado do período, que equivaleria a 0,2% da despesa total do PIB projetada para o bioma.

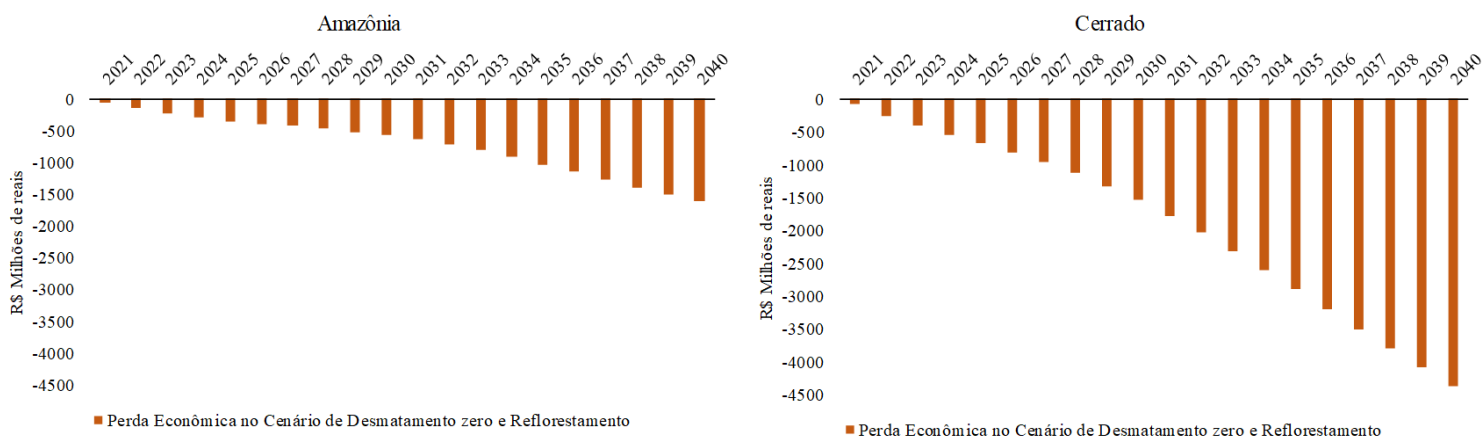


Figura 16: Custo econômico do Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento em termos de despesa do PIB da região – Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (R\$ milhões de reais)

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Uma forma de compensar esses custos da política seria aumentando os investimentos nos setores agropecuários. Um aumento de investimento na ordem de 1,5% anualmente, até 2040, seria suficiente para não somente zerar a perda econômica, mas também gerar crescimento econômico com menores consequências ao meio ambiente. O montante investido seria de R\$ 9,2 bilhões de reais nos biomas Amazônia e Cerrado de 2021 a 2040, isso equivale a uma média de R\$ 461 milhões de reais anualmente, o que por sua vez corresponde a 0,02% do PIB projetado para ambos os biomas. Esse valor é 13% maior que o investimento necessário para a implementação do cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, cujo os resultados estimaram R\$ 400 milhões de reais. Ou seja, para promover o reflorestamento de 12 Mha no Arco do Desmatamento, é necessário somente R\$61 milhões de reais a mais de investimento.

4.4.2 Resultados Setoriais

Na Tabela 27 abaixo, encontra-se os resultados das variações do nível de atividade dos setores agropecuários, por região, no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento. Os resultados devem ser entendidos como a variação em relação ao Cenário de Referência.

Observa-se que a política, ao restringir as possibilidades de conversão de florestas para uso produtivo na agropecuária, provoca um impacto negativo na atividade agrícola principalmente das regiões do bioma Amazônia e Cerrado. Esse impacto é mais intenso nos setores da pecuária em ambos os biomas. Isso ocorre porque os setores de Soja e Bovinos são altamente intensivos em terra. Ao impedir a abertura de novas áreas florestais, os setores tendem a diminuir a produção. Além disso, o processo de reflorestamento ocorreria primeiro sobre as áreas de pastagens, impactando negativamente na produção dos setores. O setor de Bovinos apresentaria uma queda de -22% na região BA_Cerrado e -20% em MT_Cerrado, se comparado com o Cenário de Referência. MT_Cerrado, por sua vez, apresentaria a maior queda na produção de Soja, -10% a menos, ou seja, ao invés de crescer 98% no acumulado do período, o setor de Soja cresceria 88% com a implementação da política.

O impacto positivo observado nas regiões dos demais biomas se deve ao fato de que essas regiões não enfrentariam o aumento dos custos de produção decorrente da restrição da terra. Dessa forma, ocorreria um deslocamento relativo das atividades produtivas em direção a essas regiões. É interessante observar que as regiões do bioma Caatinga e Pantanal são as que apresentariam os maiores aumentos na produção dos setores, no entanto, muitos desses setores não são representativos na região. O setor mais importante no bioma Caatinga é o de Frutas Cítricas, cujo o bioma é responsável por 43% da produção nacional. Vale lembrar que o processo de transição do modelo não consegue capturar a qualidade de terras disponíveis para conversão, ele se baseia na quantidade de terra disponível, na estrutura produtiva e relações intersetoriais e inter-regionais.

Tabela 27: Variação da atividade setorial por região no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento – Brasil - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Bioma	Região	Arroz	Trigo e outros cereais	Milho em grão	Algodão e outras fibras	Cana de açúcar	Soja em grão	Mandioca	Fumo em Folha	Frutas Cítricas	Feijão em Grão	Outros Temporária	Laranja	Café em grão	Outros Permanente	Bovinos	Outros Animais	Leite de Vaca	Leite de Outros Animais	Suínos	Silvicultura	Extração Vegetal
Amazônia	AC_AM	-9.5	-17.5	-12.9	7.6	-1.7	-17.8	-16.2	-0.8	-4.8	-24.3	-8.5	-8.2	-20.9	-2.9	-19.8	-14.4	-26.7	-7.2	-24.7	-17.3	-9.4
	AP_AM	-2.3	-5.1	0.1	1.7	-1.0	-2.2	-2.5	-2.0	-2.2	-5.1	-0.8	1.4	-3.2	-1.5	-3.3	-5.0	-6.0	-0.6	-6.8	-7.8	-4.1
	AM_AM	-3.5	-6.2	0.9	0.5	-3.6	-3.5	-3.8	-2.4	-2.3	-8.7	-1.9	-1.5	-5.4	0.1	-3.2	-6.0	-11.1	-1.8	-9.1	-7.1	-4.8
	MA_AM	-8.6	-13.9	-11.4	-8.8	-8.3	-13.2	-11.2	-5.9	-3.6	-17.6	-9.0	-12.2	-12.8	-10.0	-13.3	-11.2	-17.2	-6.0	-16.0	-8.3	-3.3
	MT_AM	-6.2	-6.4	-4.5	0.0	-4.9	-4.1	-4.2	-2.4	-2.0	-4.0	-7.2	-0.1	-7.2	0.3	-19.8	-15.9	-25.9	-9.8	-26.2	-5.8	0.1
	PA_AM	-7.2	-9.7	-7.7	-3.7	-1.0	-8.6	-7.4	-3.6	-3.1	-14.3	-2.0	-2.3	-9.6	-7.9	-16.6	-12.1	-22.0	-7.3	-20.5	-9.7	-3.4
	RO_AM	-7.5	-7.8	-6.6	-1.5	-4.3	-5.8	-5.4	-2.9	-2.9	-11.6	-2.1	-2.4	-9.2	-2.3	-14.7	-13.2	-22.3	-6.7	-18.2	-17.1	-6.1
	RR_AM	-12.0	-12.2	-9.7	-6.7	-2.9	-11.7	-9.1	-6.0	-3.0	-12.6	-8.4	-3.6	-11.4	-0.9	-10.7	-8.4	-15.3	-1.6	-13.7	-12.4	-7.0
	TO_AM	-3.8	-6.9	-4.7	-0.7	-2.1	-4.6	-3.3	-2.7	-2.2	-9.3	-0.6	-4.8	-5.2	-2.3	-7.5	-7.7	-11.2	-2.0	-8.4	-19.2	-5.7
	Catinga	AL_CA	-3.9	-4.4	-1.5	7.1	-3.2	-2.2	-2.5	-2.6	-2.5	-4.3	-4.9	-3.0	-3.0	0.3	9.7	-0.5	3.1	2.4	3.3	-2.6
BA_CA		-0.2	-1.0	3.3	8.7	0.4	2.5	1.0	-0.4	-1.0	0.3	0.2	1.5	0.9	-0.6	12.8	0.9	5.8	3.4	5.9	-0.6	0.8
CE_CA		0.2	-0.5	3.7	8.7	1.2	3.0	1.3	-0.4	-1.2	0.9	-0.3	1.8	1.5	0.2	14.9	1.1	6.6	3.9	6.5	-0.3	1.1
MA_CA		0.6	-0.1	5.2	7.2	1.5	4.8	2.4	-0.3	-0.9	2.5	0.0	2.5	2.6	0.7	21.8	1.8	11.7	4.7	10.7	-0.7	1.2
MG_CA		0.3	-0.7	3.4	9.2	0.8	3.5	1.9	-0.5	-0.8	1.1	-0.4	1.9	1.7	0.6	10.1	0.4	4.5	3.1	5.2	-0.9	1.2
PB_CA		-0.3	-1.1	3.0	7.6	0.1	1.9	0.7	-0.7	-1.3	-0.1	-0.2	1.6	0.6	0.4	14.7	1.1	6.7	3.7	7.2	-0.6	0.9
PE_CA		-0.2	-1.1	3.3	7.3	0.2	2.0	0.7	-0.7	-1.0	0.0	-0.6	1.1	0.5	-0.4	14.0	1.0	6.5	3.6	6.6	-0.5	1.0
PI_CA		0.5	-0.1	4.3	8.9	1.8	3.7	2.1	-0.3	-0.9	1.7	0.1	1.8	2.0	0.6	15.2	1.5	7.3	4.0	7.5	-0.4	1.2
RN_CA		0.1	-0.9	3.5	8.7	0.2	2.6	1.2	-0.6	-1.3	0.3	-0.8	1.0	1.1	-0.1	16.8	1.4	8.4	4.0	8.5	-0.4	1.0
SE_CA		-2.5	-3.0	0.9	2.4	-1.2	0.1	-0.8	-1.5	-1.7	-2.5	-3.1	-0.2	-1.2	-4.2	8.7	-0.9	2.1	2.1	3.0	-2.7	-0.3
Cerrado	BA_CE	-6.3	-10.9	-10.3	-5.0	-0.8	-10.0	-8.5	-1.0	-2.9	-9.7	-19.1	-9.4	-8.2	-14.9	-22.0	-15.6	-27.0	-7.8	-25.9	-6.9	-2.4
	DF_CE	-6.4	-7.6	-5.0	-0.9	-4.9	-4.4	-1.4	-2.7	-2.1	-4.3	-9.1	-2.7	-4.3	-6.7	-17.0	-13.6	-18.1	-7.1	-21.8	-4.7	-0.3
	GO_CE	-4.2	-5.0	-1.8	2.0	-3.5	-1.4	-1.0	-1.0	-1.5	-2.0	-1.4	-2.2	-1.9	-6.4	-9.2	-8.9	-11.4	-3.4	-13.4	-2.0	0.9
	MA_CE	-3.4	-7.1	-4.8	-0.4	-6.5	-5.0	-4.4	-2.5	-1.8	-8.7	-4.7	-3.9	-5.4	-2.1	-15.1	-11.2	-22.3	-4.7	-18.9	-13.4	-5.8
	MT_CE	-10.7	-10.7	-9.9	-5.2	-10.5	-9.4	-7.9	-4.1	-2.5	-8.9	-10.9	-6.0	-12.5	-1.6	-20.2	-15.2	-24.1	-10.1	-25.2	-10.3	-1.0
	MS_CE	-3.0	-3.7	-0.4	3.2	-2.3	-0.1	-0.2	-1.5	-1.4	-1.5	-5.0	-1.2	-1.3	-4.6	-5.7	-6.5	-8.3	-2.0	-9.5	-4.3	0.5
	MG_CE	-4.9	-7.1	-4.3	-0.2	-5.2	-3.8	-2.7	-1.1	-1.8	-4.7	-4.7	-4.5	-4.3	-3.3	-9.4	-9.2	-12.5	-3.7	-15.4	-2.3	0.4
	PR_CE	-6.1	-8.1	-6.1	-2.7	-7.2	-5.7	-5.0	-3.6	-2.0	-5.9	-11.7	-6.6	-6.3	-5.3	-14.8	-14.5	-17.0	-10.8	-19.4	-2.7	0.8
	PI_CE	-3.3	-4.4	-1.4	2.8	-3.3	-1.3	-0.8	-1.5	-1.3	-4.5	-8.1	-1.1	-2.4	-0.9	-10.0	-8.7	-17.6	-1.6	-14.4	-12.7	-3.3
	SP_CE	-5.1	-5.9	-3.1	0.0	-4.5	-2.8	0.2	-2.3	-1.6	-3.7	-0.2	-3.6	-3.4	-8.1	-7.1	-8.1	-9.4	-5.0	-11.0	-1.7	1.1
TO_CE	-6.6	-7.1	-5.1	-0.4	-6.2	-4.8	-3.8	-2.5	-1.8	-7.0	-3.0	-3.8	-5.5	-4.6	-11.4	-9.5	-17.3	-2.5	-14.2	-15.7	-6.8	
Mata Atlântica	AL_MA	-0.6	-1.9	2.1	3.7	-1.0	1.4	0.2	-0.9	-1.6	-0.9	0.0	1.6	0.0	-2.6	9.5	-0.1	5.1	3.1	3.0	-1.4	0.8
	BA_MA	-0.4	-0.9	3.2	5.5	0.6	3.0	1.0	-0.3	-1.2	0.7	0.2	2.3	1.3	0.1	8.1	-0.1	4.5	3.0	3.7	-0.5	1.1
	ES_MA	-0.3	-1.0	3.7	5.3	0.4	2.8	1.4	-0.7	-1.1	0.6	0.2	2.4	1.1	-1.2	7.8	0.0	3.5	2.8	2.1	-0.8	1.2
	GO_MA	-0.8	-1.2	2.5	5.3	0.0	2.6	1.1	-0.8	-0.9	1.4	-2.2	1.2	1.1	-1.9	6.9	-0.4	3.4	2.4	3.7	-0.9	1.1
	MS_MA	-0.4	-0.9	2.9	5.8	0.3	3.0	2.2	-0.7	-1.1	1.8	-0.8	1.5	1.2	-1.6	5.2	-0.7	1.9	2.2	1.9	-0.8	1.3
	MG_MA	-0.4	-1.1	2.7	5.2	0.5	2.6	1.4	0.1	-1.0	0.3	-0.6	1.4	1.0	-0.1	8.5	0.2	3.4	2.8	1.9	-0.6	1.3
	PB_MA	-1.0	-1.5	2.8	8.3	-0.6	1.9	0.4	-0.8	-1.4	-0.5	0.4	1.5	0.5	-2.1	10.4	-0.2	5.0	2.9	5.0	-0.8	1.0
	PR_MA	-0.4	-0.8	2.4	5.1	0.3	2.5	1.7	-0.6	-1.0	0.7	-0.2	1.2	1.2	-0.8	7.4	0.3	2.7	2.7	1.8	-0.4	1.2
	PE_MA	-1.0	-1.5	3.2	4.2	-0.4	2.0	0.4	-0.8	-1.4	-0.4	-0.2	1.8	0.5	-0.1	10.2	-0.4	4.7	3.0	4.3	-1.2	0.8
	RJ_MA	-0.8	-1.1	2.5	4.6	0.4	2.3	1.3	-0.6	-1.0	0.2	0.4	1.6	0.8	-1.4	8.6	-0.2	4.1	3.1	3.9	-0.4	1.5
	RN_MA	-0.1	-0.6	3.6	5.2	0.5	3.1	1.6	-0.5	-1.4	1.0	-0.4	1.4	1.5	-0.7	14.5	0.7	8.0	4.0	7.6	-0.5	1.2
	RS_MA	-0.1	-0.6	3.1	5.2	2.0	3.0	1.5	-0.6	-1.0	1.2	-0.2	2.4	1.5	0.0	11.0	1.1	4.6	3.6	4.5	-0.4	1.4
	SC_MA	0.1	-0.4	3.4	5.2	1.9	3.1	1.5	-0.4	-0.9	1.1	0.1	2.0	1.5	-0.5	11.2	1.2	4.6	3.6	3.9	-0.4	1.2
SP_MA	-0.6	-1.0	2.7	5.3	0.2	2.7	2.1	-0.7	-0.6	1.1	0.4	1.1	1.3	-1.4	8.2	0.2	4.3	3.0	2.8	-0.5	1.4	
SE_MA	-0.7	-1.6	2.1	4.5	-0.5	2.0	0.5	-0.6	-1.4	-0.5	0.1	1.3	0.5	-2.5	8.2	-0.6	3.2	2.4	3.0	-1.0	0.5	
Pampa	RS_PP	0.2	-0.2	3.7	5.9	2.1	3.3	2.1	-0.5	-1.0	1.9	0.1	2.0	1.9	0.3	9.5	1.2	5.9	3.7	5.4	-0.3	1.3
	MT_PT	0.6	0.0	4.9	7.2	2.2	4.7	2.8	-0.5	-1.0	2.7	0.6	2.5	2.6	-0.1	13.6	1.6	8.2	4.3	7.8	-0.2	1.3
Pantanal	MS_PT	0.4	-0.1	4.4	6.7	2.5	4.2	2.6	-0.4	-0.7	2.3	0.5	2.2	2.4	-0.2	11.7	1.6	7.7	4.2	8.3	-0.6	1.3

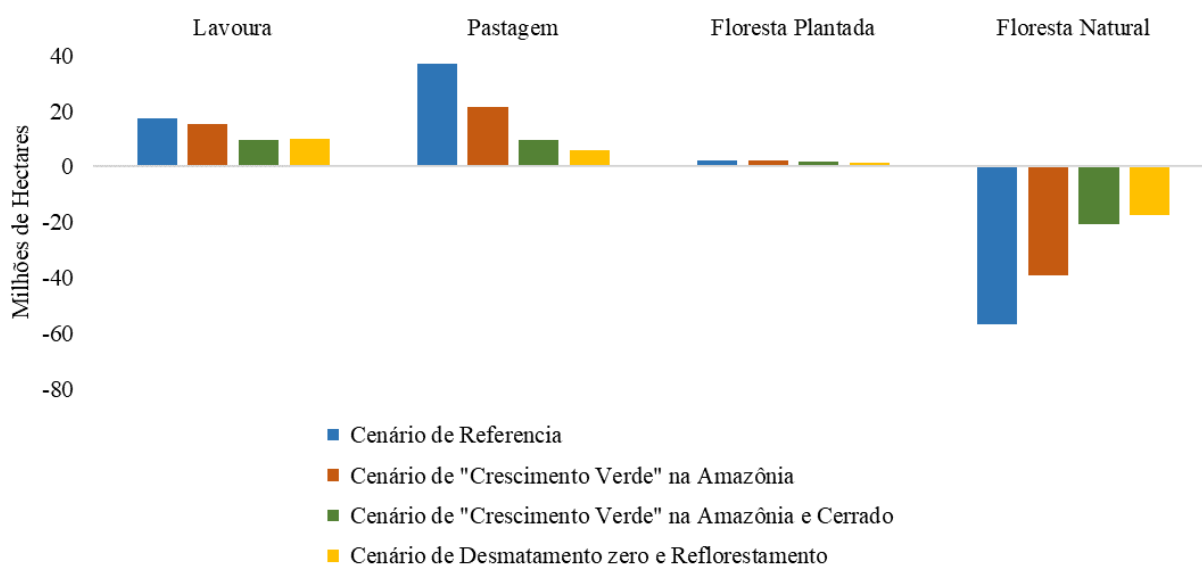
Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

*Os valores negativos dessa tabela ocorrem em regiões cujo a produção setorial do respectivo bem é muito pequena

4.4.3 Resultados da Mudança do Uso da Terra e Emissões

No Gráfico 32 abaixo encontra-se a variação do uso da terra no Brasil em todos os cenários analisados nessa tese: Cenário de Referência, cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia, cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado e cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento. Observa-se que dentre todas as simulações, a última é a que geraria a menor quantidade de área desmatada, 17 Mha no acumulado, uma queda de 39 Mha ou 69% em relação ao Cenário de Referência. No cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, por exemplo, a queda do desflorestamento é 64% menor que no Cenário de Referência. Por tanto, o reflorestamento se mostrou importante para a manutenção e aumento das áreas florestais.

Gráfico 31: Variação do uso da terra de acordo a com categoria de uso em todos os cenários analisados nessa pesquisa - Brasil - acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

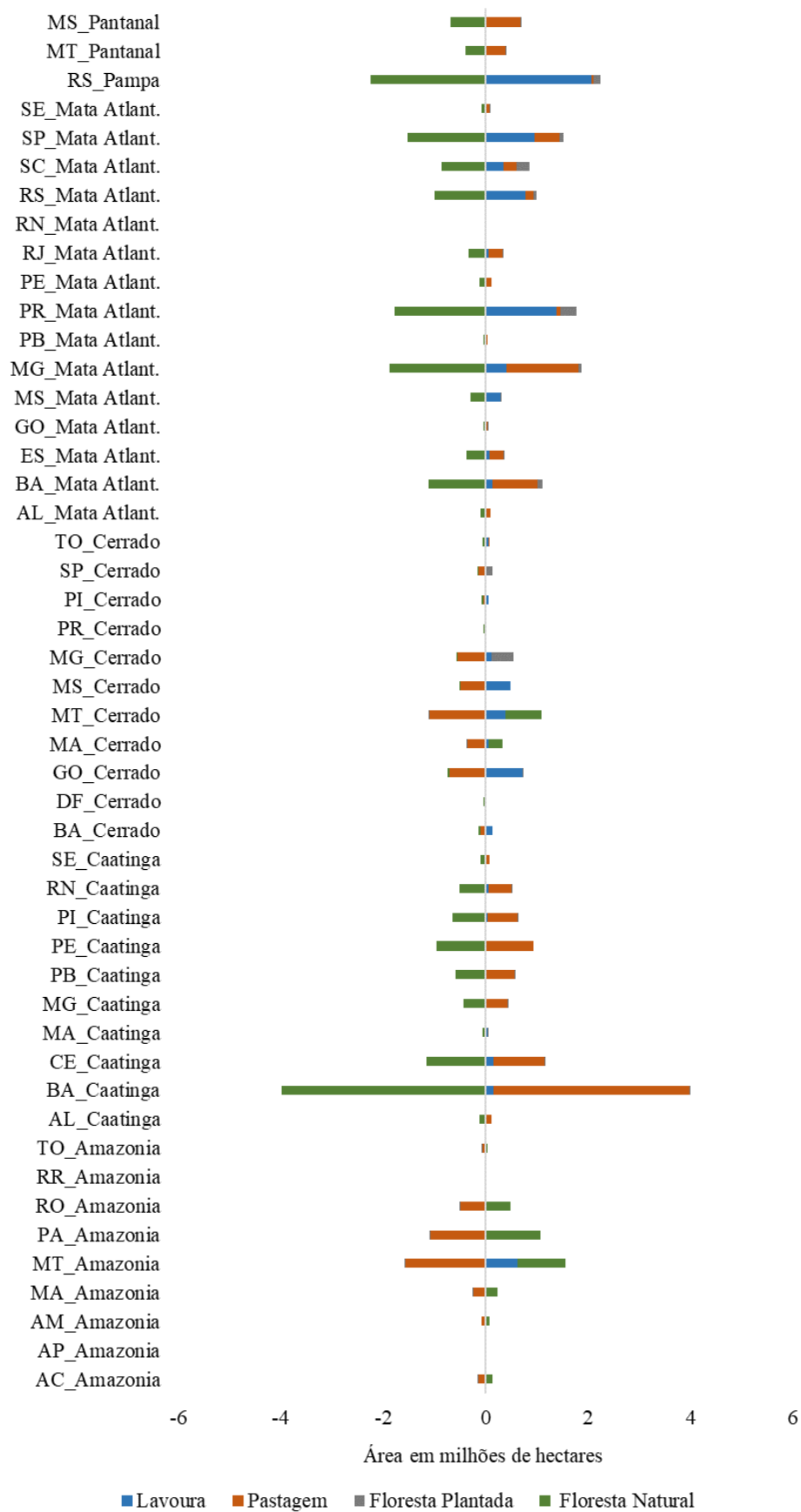
Por maior que seja a redução do desmatamento, vale destacar que ainda haveriam terras desmatadas nas regiões do modelo sem a política de restrição de terra. Essas áreas perdidas de Floresta Natural abrem espaço principalmente para as Pastagem e Lavoura. Devido ao mecanismo de transição da terra do modelo BLUME, é de se esperar que as áreas de Pastagem sejam primeiramente convertidas e conseqüentemente mais impactadas. Logo, a política de desmatamento zero impediria o aumento das Pastagens e a política de reflorestamento converteria terras de Pastagem em Floresta natural. Logo, ambas as políticas combinadas diminuiriam significativamente as áreas de Pastagem, como pode ser visto nos resultados acima, aonde a pastagem chegaria a 6 Mha no acumulado, queda de 84% em

relação ao Cenário de Referência. Já as áreas de Lavoura chegariam a 9,9 Mha no acumulado de 2021 a 2040, 7,6 Mha a menos que no Cenário de Referência e 0,3 Mha a mais que no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado.

Em termos regionais o cenário de desmatamento zero e reflorestamento geraria um aumento do desmatamento em algumas regiões do bioma Caatinga e Mata Atlântica, com destaque para a região BA_Caatinga que apresentaria a maior quantidade de área perdida de Floresta Natural, claramente em detrimento a Pastagem. Essa região é a maior produtora do setor de Outros Animais, com 12% da produção nacional, além de ser uma região cuja estrutura produtiva é dependente da agricultura e pecuária. Além disso, BA_Caatinga apresenta uma das menores variações no preço da terra dos setores pecuários, incentivando o aumento do uso produtivo dessas áreas. A região, ainda, é a terceira com a maior quantidade de área disponível para conversão, o que também explica o impacto da política. No Gráfico 33, abaixo, encontra-se os resultados da variação dos diferentes tipos de usos da terra (em Mha) por regiões do modelo BLUME.

A região RS_Pampa exibiria o maior aumento de áreas de Lavoura, 2 Mha no acumulado do período, essa região é a maior produtora nacional de Arroz e possui importante participação nacional na produção de Fumo em Folhas, Trigo e Outros Animais. A região MG_Cerrado apresentaria a maior expansão de terras destinada a Floresta Plantada. Essa região é uma importante produtora nacional do setor de Silvicultura, com 9,6% da produção nacional. Todas as regiões do Arco do Desmatamento (AC_Amazônia, RO_Amazônia, MT_Amazônia, MT_Cerrado, TO_Amazônia, PA_Amazônia, MA_Amazônia, MA_Cerrado, AM_Amazônia) apresentariam queda da Pastagem e aumento praticamente proporcional de Floresta Natural. Somente em MT_Amazônia e MT_Cerrado que a queda da pastagem seria em detrimento também ao aumento da Lavoura, justificado pela expressiva produção de Soja nas regiões. A região MT_Cerrado apresentaria a maior queda da Pastagem, 1,6 Mha no acumulado de 2021 a 2040.

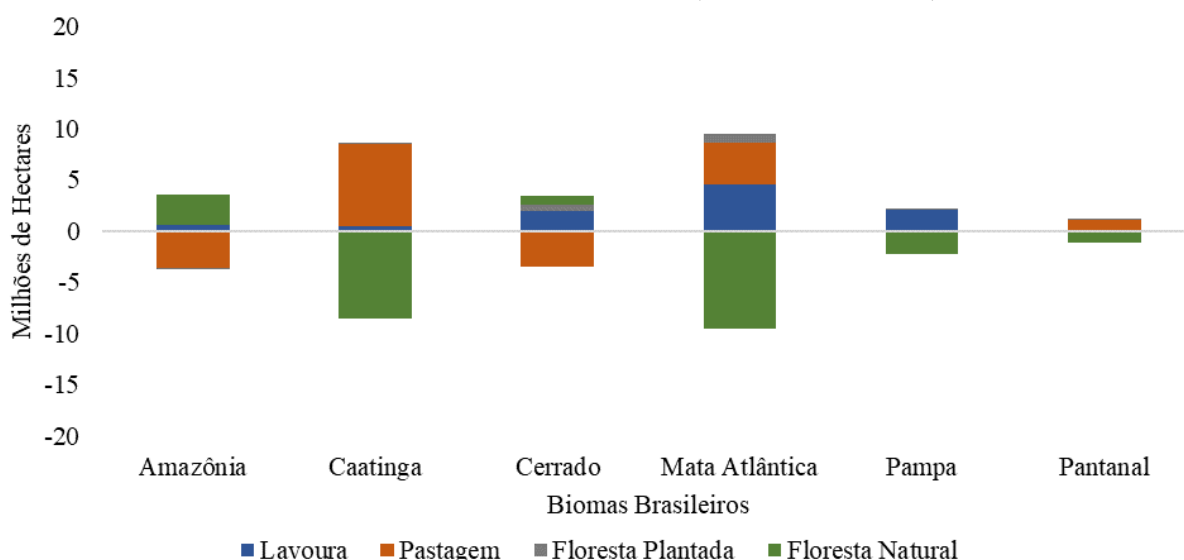
Gráfico 32: Variação do uso da terra de acordo com categoria de uso e região no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento – acumulado de 2021 a 2040 (Milhão de hectares)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

A variação no uso da terra nos biomas pode ser observada no Gráfico 34 abaixo. A variação da área de Pastagem na Amazônia seria claramente em detrimento ao reflorestamento das áreas de Floresta Natural. O mesmo não se observa no bioma Cerrado, aonde a queda da pastagem também abriria lugar para a expansão da Lavoura. Vale destacar que sete das nove regiões consideradas como pertencentes ao Arco do Desmatamento fazem parte do bioma Amazônia, logo o choque de reflorestamento tende a impactar mais esse bioma. Já o bioma Mata Atlântica apresentaria a maior variação de Floresta Natural no acumulado, totalizando 9,5 Mha desmatados, seguido pela Caatinga, com 8,5 Mha. O desmatamento da Mata Atlântica ocorreria tanto para a expansão de Pastagem quanto de Lavoura visto que o bioma é um importante produtor da maioria dos setores agrícolas e pecuários. Por exemplo, 80% da produção de Trigo e 67% da produção de Suínos, ocorrem nesse bioma, dentre outros.

Gráfico 33: Variação do uso da terra por biomas no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado – acumulado de 2021 a 2040 (Milhões de Hectares)

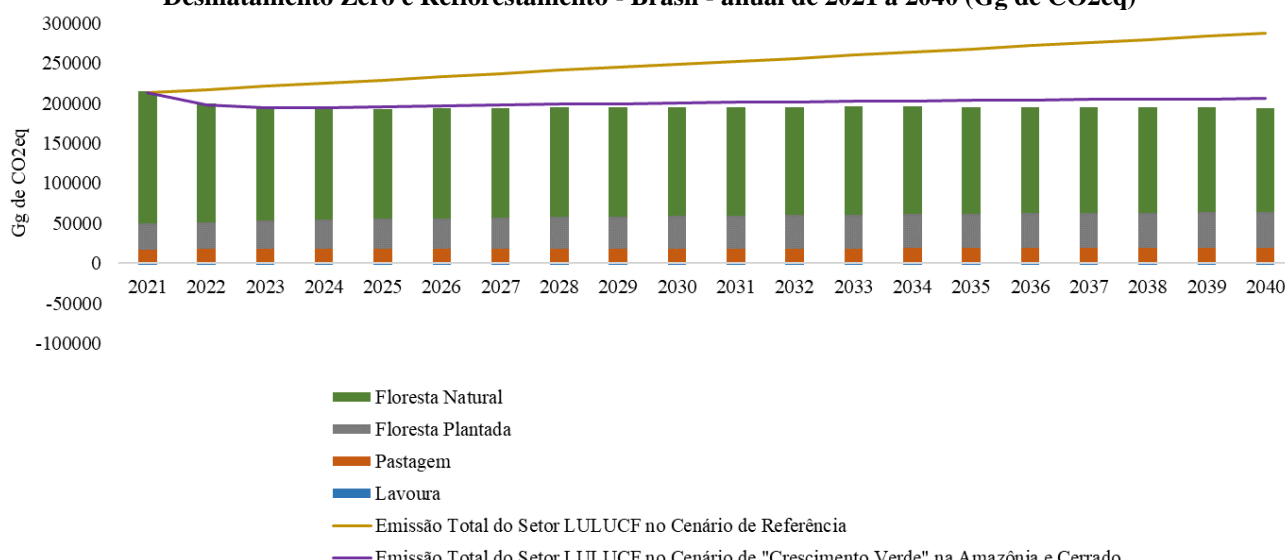


Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Em relação as emissões, o cenário de desmatamento zero e reflorestamento provocaria uma queda considerável das emissões do setor LULUCF, se comparado com o Cenário de Referência. Já em relação ao cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, a diferença da queda das emissões não seria tão expressiva, porem significativa. Como observado no Gráfico 35 abaixo, no acumulado de 2021 a 2040 as emissões totais chegariam a 3.884.725 Gg de CO₂eq, uma redução de 22% das emissões em relação ao Cenário de Referência e 3,5% em relação ao cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia

e Cerrado. As transições da Floresta Natural apresentariam as maiores quedas nas emissões, totalizando 1.078.707 Gg de CO₂eq a menos na atmosfera, no acumulado, em relação ao Cenário de Referência, no setor LULUCF. Isso quer dizer, que a política evitaria que 1.078.707 Gg de CO₂eq fosse emitido no acumulado do período. Isso equivaleria a quase quatro vezes o total líquido emitido pelo setor no ano de 2015.

Gráfico 34: Variação das emissões das mudanças do uso da terra por categoria de uso no Cenário de Desmatamento Zero e Reforestamento - Brasil - anual de 2021 a 2040 (Gg de CO₂eq)

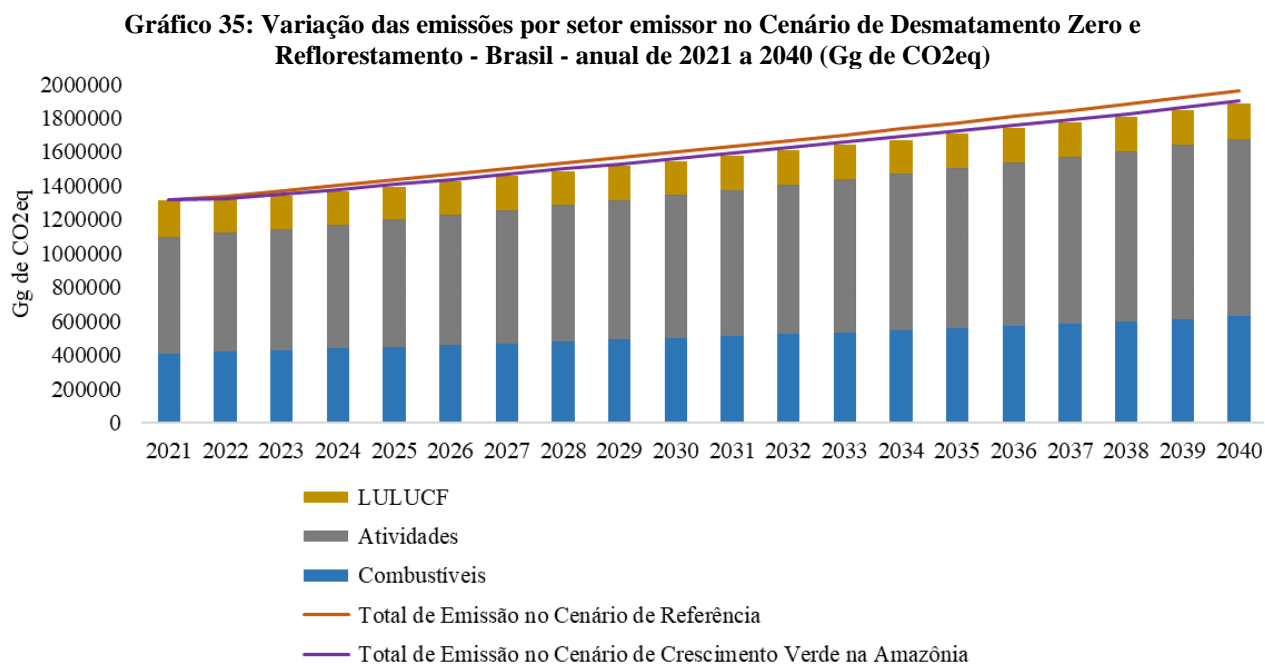


Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.
* Crescimento Verde = desmatamento zero mais investimentos setoriais

Em relação as emissões totais, considerando os demais setores emissores, as projeções indicam uma emissão acumulada de 31.074.433 Gg de CO₂eq, o que equivaleria a uma média anual de 1.553.721 Gg de CO₂eq. O total das emissões anuais por setor segue no Gráfico 36. Observa-se uma queda de 21% das emissões se comparado com o Cenário de Referência e de 1,3% em relação ao cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado. Essa queda seria impulsionada principalmente pela diminuição das emissões do setor LULUCF visto que os demais setores apresentariam ligeiro aumento das emissões. O setor de combustíveis, por exemplo, passaria a emitir 0,46% a mais no acumulado do período, se comparado com o Cenário de Referência.

Além disso, as projeções indicam um total de 1.393.690 Gg de CO₂eq emitidos em 2025 e 1.535.372 Gg de CO₂eq em 2030. Dessa forma, assim como nos outros cenários, o desmatamento zero com reforestamento não faria com que o Brasil cumprisse a meta de emissões para o ano 2030 que é 1.493.443 Gg de CO₂eq. Já a meta de 2025 que é reduzir as emissões para um total de 1.650.648 Gg de CO₂eq seria alcançada. Porém, vale destacar que com essa política o Brasil chegaria muito mais perto de alcançar a meta, principalmente se

aliado com as políticas de mitigação dos demais setores, como o Plano ABC+ do setor agropecuário.



As emissões regionais seguiriam a mesma tendência do cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado (Figura 17), com as regiões MG_Mata Atlântica e BA_Mata Atlântica como as principais emissoras no acumulado de 2021 a 2040, se comparado com o cenário de Referência e a região PA_Amazônia como a que mais reduziria as emissões. Porém, a quantidade das emissões seriam distintas nos dois cenários, a região PA_Amazônia deixaria de emitir 353.579 Gg de CO2eq no cenário de “Crescimento Verde”, enquanto no cenário em que o reflorestamento é incluído, a região deixaria de emitir 418.801 Gg de CO2eq, ou seja, 15% a menos de CO2 na atmosfera. As emissões das regiões BA_Mata Atlântica e MG_Mata Atlântica também seriam menores nesse cenário, as regiões juntas seriam responsáveis por 5.438 Gg de CO2eq a mais na atmosfera, se comparado com o Cenário de Referência. As regiões do Arco do Desmatamento³³, seriam responsáveis juntas por evitar a emissão de 1.056.674 Gg de CO2 eq no acumulado. A nível de comparação, no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia essas mesmas regiões evitariam 798.819 Gg

³³ AC_Amazônia (1), RO_Amazônia (38), MT_Amazônia (23), MT_Cerrado (24), TO_Amazônia (47), PA_Amazônia (26), MA_Amazônia (14) MA_Cerrado (16) e parte da AM_Amazônia (4).

de CO₂ eq na atmosfera, e no cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, 887.891 Gg de CO₂eq. Por tanto, é notório o ganho ambiental da política de reflorestamento.

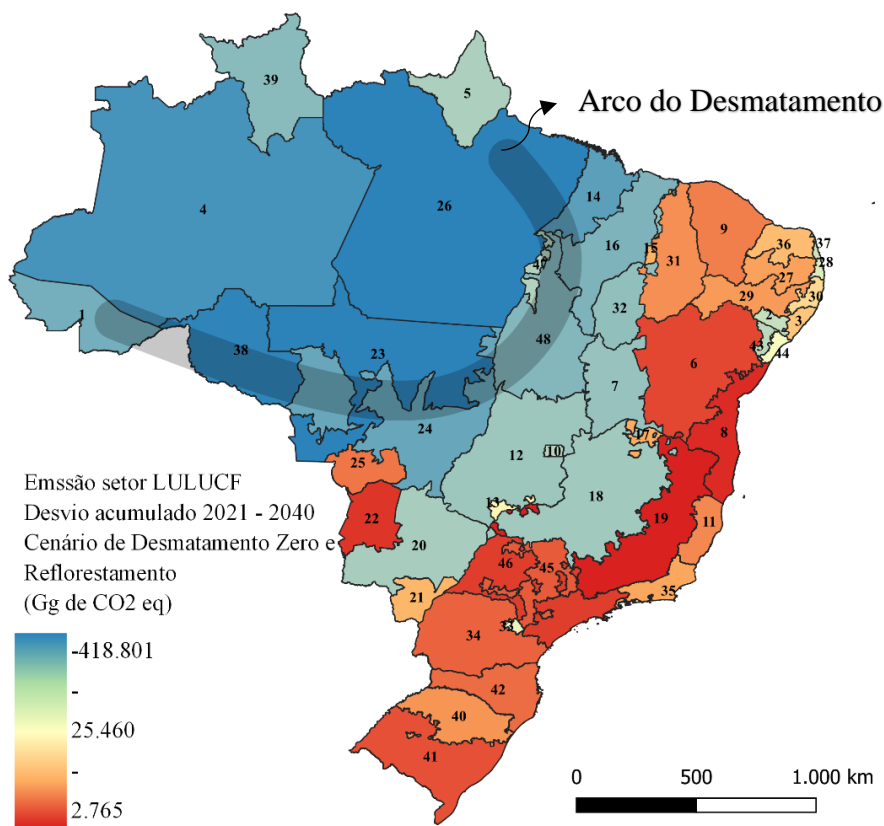


Figura 17: Variação das emissões regionais do setor LULUCF no Cenário de Desmatamento Zero e Reflorestamento – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência) (Gg de CO₂eq)
Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

5 CONCLUSÃO

O principal objetivo desta tese foi analisar os impactos econômicos e ambientais de cenários de “Crescimento Verde” nos principais biomas brasileiros. Nesses cenários, além de zerar o desmatamento para fins produtivos, investimentos nos setores da agricultura e pecuária foram incorporados afim de simular um crescimento econômico com preservação florestal. Por tanto, essa tese procura contribuir com a pauta dos impactos das políticas de mitigação adotadas pelo Brasil. Para tanto, foi construído um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) dinâmico inter-regional denominado BLUME. Esse modelo incorpora um módulo de uso da terra e emissões integrados, capazes de capturar os processos de mudanças diretas e indiretas do uso do solo (LUC e ILUC) e de projetar as emissões não somente das mudanças do uso do solo, mas também dos demais setores emissores. Desse modo, essa tese contribui metodologicamente ao integrar as mudanças do uso do solo com as emissões totais da economia por bioma brasileiro, considerando assim, a heterogeneidade regional a nível ambiental e de uso do solo

O primeiro cenário simulado nessa tese, chamado de Cenário de Referência, projeta o crescimento da economia em uma situação *business-as-usual*, sem políticas de restrição ao uso da terra ou mitigação das emissões. Nesse cenário, os resultados apontaram que as regiões BA_Cerrado e MT_Amazônia teriam os maiores crescimentos do PIB no acumulado do período, impulsionado principalmente pelo crescimento da produção de Soja e Bovinos. Nesse caso projeta-se um desmatamento de 57 Mha de 2021 a 2040 com o maior crescimento das áreas de pastagem. O desmatamento no bioma Amazônia seria de 18 Mha, com maior área perdida na região PA_Amazônia, e no bioma Cerrado seria de 20 Mha, com destaque para a região MT_Cerrado.

Por tanto, os resultados parecem indicar um efeito indireto da soja e pecuária sobre o desmatamento por meio de um processo LUC e ILUC de transição do solo. A produção de soja estaria pressionando o deslocamento da produção de bovinos para novas áreas de floresta. As emissões do setor de mudança e alteração do uso do solo (LULUCF) chegariam a 5.008.217 Gg de CO₂ eq no acumulado do período e as emissões totais, considerando os demais setores emissores, seria 32.441.933 Gg de CO₂eq.

Em relação aos cenários de políticas, para facilitar a comparação dos resultados encontrados nessa tese, foi elaborada a Tabela 28 com os principais resultados dos três cenários de políticas simulados.

Tabela 28: Resumo dos principais resultados

Variáveis	"Crescimento Verde" na Amazônia	"Crescimento Verde" na Amazônia e Cerrado	Desmatamento Zero e Reflorestamento
Impacto PIB Nacional*	0,4%	1,5%	-1,9%
Região com maior impacto no PIB*	MT_Amazônia (6,4%)	PI_Cerrado (3%)	MT_Pantanal (0,9%)
Região com menor impacto no PIB*	BA_Cerrado (-0,6%)	MS_Mata Atlant (-0,5%)	MT_Cerrado (-5,7%)
Variação da área Desmatada (Mha)**	39	21	17
Variação da área de Pastagem (Mha)**	21	10	6
Variação da área de Lavoura (Mha)**	15	10	10
Emissões setor LULUC (Gg de CO ₂ eq)**	4.250.388	4.024.585	3.884.725
Emissões Totais (Gg de CO ₂ eq)**	31.688.505	31.485.251	31.074.433
Custo anual (R\$ milhões de reais)	136	400	461

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados das simulações com o modelo BLUME.

* Resultado em desvio acumulado de 2021 a 2040 em relação ao Cenário de Referência

** Resultado da variação acumulada absoluta de 2021 a 2040

O cenário, chamado de “Crescimento Verde” na Amazônia simula uma política de desmatamento zero no bioma aliado investimentos nos setores agropecuários. O investimento na ordem de R\$136 milhões de reais anualmente seria suficiente para anular as perdas econômicas da política de restrição de terra e promover crescimento econômico nacional e regional, principalmente nas regiões MT_Amazônia, importante produtora de Soja e Bovinos. O desmatamento nos demais biomas resultaria em um total de 39 Mha perdidos no acumulado do período, dos quais 20 Mha ocorreriam no bioma Cerrado. Quase todos os setores agrícolas da Amazônia seriam beneficiados, com exceção aos setores pecuários. Por tanto, seria necessário investimentos maiores nos setores pecuários da Amazônia para compensar a política de restrição de terra. Com a diminuição do desmatamento e a diminuição da atividade da pecuária, observa-se um ganho ambiental em termos de emissões. O setor LULUCF emitiria no acumulado 4.250.388 Gg de CO₂ eq, valor 15% menor que no Cenário de Referência.

Dado o impacto da simulação anterior sobre o bioma Cerrado, o próximo cenário procura avaliar os impactos de um “Crescimento Verde” tanto na Amazônia quanto Cerrado. Aqui a política de desmatamento zero ocorreria em ambos os biomas e 1,3% a mais seriam investidos nos setores agropecuários, o que equivale a um montante de R\$ 400 milhões de reais anualmente. Esse valor seria suficiente para anular os impactos negativos da política nos biomas e ainda promover crescimento econômico, principalmente em PI_Cerrado,

região com forte dependência da Soja. O desmatamento acumulado no país seria de 21 Mha, 63% a menos que no Cenário de Referência. O aumento de áreas de pastagem seria de 10 Mha, 41% a menos que no Cenário de Referência. Mesmo com a diminuição significativa de áreas produtivas, os setores agrícolas ainda apresentariam crescimento das suas atividades, com exceção, mais uma vez, dos setores da pecuária. Esses precisariam de investimentos maiores para compensar as perdas da política de restrição de terra. Em termos ambientais, a política reduziria as emissões em 20% em relação ao cenário de referência.

Por fim, a última simulação procura avaliar um cenário em que a política do Plano Nacional de Recuperação de Vegetação Nativa (PLANA-VEG, 2017) ocorreria de forma concomitante ao desmatamento zero na Amazônia e Cerrado. Para isso, simulou-se o reflorestamento de 12 Mha nas regiões do Arco do Desmatamento até 2040. Ambas as políticas teriam um custo anual de R\$461 milhões de reais, esse valor seria equivalente a 1,5% a mais de investimentos nos setores agropecuários e seria suficiente para anular as perdas econômicas da política. Por tanto, se comparado com os gastos da política de “Crescimento Verde” na Amazônia e Cerrado, seria necessário somente R\$61 milhões de reais a mais, anualmente, para promover o reflorestamento de 12 Mha. Esse reflorestamento traria um ganho ambiental considerável visto que as emissões do setor LULUCF seriam 22% menores se comparado com o cenário de referência (3.884.725 Gg de CO₂eq). É interessante observar que ao promover o reflorestamento o desmatamento nos demais biomas diminuiria, chegando a 17 Mha, 70% a menos que no cenário de referência. Isso ocorreria devido a diminuição ao incentivo de abertura de novas áreas de pastagens.

É importante destacar que os resultados de desmatamento aqui apresentados podem estar superestimados, a depender da fiscalização adotada nos próximos anos e décadas. Isso ocorre porque o modelo não limita o uso de terra disponível para conversão, conforme determinado pela lei 12.652, art. 12. Optou-se por não incluir no modelo essas delimitações visto o afrouxamento recente da fiscalização brasileira referente ao desmatamento ilegal. Dessa forma, estamos retratando um desmatamento econômico semelhante aos tempos com pouca ou nenhuma fiscalização. Em cenários com fiscalizações eficientes, com controle sobre o processo de grilagem, extração ilegal de madeira, especulação fundiária e mineração é esperado um desmatamento menor que o apresentado nessa tese.

De forma geral, os resultados indicam que as políticas simuladas nessa tese seriam capazes de evitar parte do desmatamento e das emissões nacionais mantendo o crescimento econômico do país a um custo relativamente pequeno frente ao PIB nacional. E claramente, políticas de restrição de terra nos dois maiores biomas brasileiros são mais eficientes do

ponto de vista ambiental. Com a implementação dos investimentos, os setores agrícolas não somente compensariam a perda econômica da política de restrição de terra, mas também apresentariam crescimento produtivo, com exceção aos setores da pecuária.

Os setores da pecuária se mostraram altamente sensíveis às políticas de controle ao desmatamento. Isso ocorre porque quanto maior a dependência do setor ou região ao fator de produção terra e quanto maior a participação da remuneração da terra sobre o PIB, maior o impacto de políticas que envolvam mudanças no uso do solo. Por tanto, essas regiões e setores precisariam de investimentos e estímulos econômicos diferenciados para conseguir conciliar crescimento econômico e conservação ambiental. Segundo *Stabile et al.* (2020), investimentos direcionados com o objetivo de aumentar a produtividade em propriedades de médio e grande porte, principalmente na pecuária, seria suficiente para alcançar as metas de desenvolvimento agrícola do Brasil, sem novos desmatamentos. Os benefícios econômicos da intensificação da produção de carne em fazendas de médio e grande porte superam os investimentos necessários para tal. A assistência técnica para melhorar os resultados econômicos, sociais e ambientais da pequena agricultura familiar também se faz importante visto que os pequenos agricultores ocupam uma grande área da Amazônia.

Além disso, os resultados dessa tese apontam que com políticas de desmatamento zero na Amazônia e Cerrado e o reflorestamento de 12 Mha da política do PLANAVEG o Brasil alcançaria a meta de emissões definida durante a COP21 para 2025, e chegaria muito perto de alcançar as metas para 2030. Essas últimas seriam facilmente alcançadas com as políticas de mitigação dos demais setores, como os programas do Plano ABC+ para o setor agropecuário. Para alcançar tais metas é importante que as políticas contenham o desmatamento ilegal eliminando a grilagem e a especulação de terras, além de reduzir o desmatamento legal em propriedades privadas. Estima-se que cerca de 28 Mha de florestas amazônicas em propriedades privadas poderiam ser legalmente desmatadas de acordo com a legislação existente (*STABILE et al.*, 2020). Uma forma de evitar esse desmatamento seria por meio de compensações ambientais e pagamento por serviços ambientais como os REDDs³⁴.

Vale destacar que os custos mensurados nessa tese são baseados na perda que a política de desmatamento zero provocaria sobre o PIB das regiões, por tanto, não considera

³⁴ REDD+ é um incentivo desenvolvido no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) para recompensar financeiramente países em desenvolvimento por seus resultados de Redução de Emissões de gases de efeito estufa provenientes do Desmatamento e da Degradação florestal, considerando o papel da conservação de estoques de carbono florestal, manejo sustentável de florestas e aumento de estoques de carbono florestal

os gastos institucionais para a implementação das políticas dentre outros valores administrativos. Por tanto, os custos apresentados aqui não devem ser interpretados como o montante final necessário para a implementação das políticas, mas sim uma estimativa do investimento direto necessário para promover o crescimento econômico com menores impactos ambientais. Investimentos esses que poderiam ser financiados por programas como o fundo Amazônia, Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), Plano ABC+ ou até mesmo uma parte dos investimentos públicos do “Plano Safra” poderia ser redirecionada para aumentar a produtividade agrícola e pecuária, como recomendado em Stabile *et al.* (2020).

Essa tese se enquadra na vertente de estudos que considera que existe sim um *trade off* entre crescimento econômico e desmatamento, porém esse *trade off* é pequeno e seria facilmente revertido com investimentos direcionados nos setores agropecuários em regiões altamente produtivas, priorizando o crescimento da bioeconomia e da tecnologia sustentável, além de investimentos na formação bruta de capital fixo como máquinas, equipamentos e produtos agrícolas (tratores, colheitadeiras, pivôs de irrigação, fertilizantes e pesticidas) e sistemas de plantio (convencional, sistema de plantio direto, sistemas integrados).

Os resultados também indicam que o aumento da produtividade agrícola na Amazônia e Cerrado desloca a produção e expansão das áreas produtivas para os demais biomas, principalmente no que diz respeito aos setores da pecuária. Esse deslocamento aumenta o desmatamento nessas regiões. Com isso, é importante que as políticas de controle ao desmatamento no bioma Amazônia e Cerrado ocorra de forma concomitante com políticas de fiscalização e conservação ambiental nos demais biomas.

Por fim, é importante destacar algumas deficiências do modelo. Devido à natureza interdisciplinar do tema, a harmonização de bases de dados econômicas e ambientais ainda é uma limitação. Isso torna o modelo incapaz de detalhar o sistema terrestre com grande precisão e refinamento, diferenciando os tipos de solo e suas transições de acordo com suas características geomorfológicas e pedológicas, capturando de forma mais precisa a heterogeneidade da terra. Refletindo, obviamente, na qualidade dos dados de emissões do setor LULUCF. Além disso, existe a dificuldade em atribuir valores as terras devolutas, o que melhoraria a precisão da renda da terra florestal e dos impactos das simulações.

REFERÊNCIA

ALBUQUERQUE *et al.* “Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019 (SEEG 8)”. Disponível em: https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_A NALITI- CO_SINTESE_1990-2019.pdf

AMBRIZZI, T. *et al.* Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria de Conservação da Biodiversidade – Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade. Subprojeto: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas, v. 3, p. 112, 2007.

ARIMA, E. Y.; RICHARDS, P.; WALKER, R.; CALDAS, M. M. *Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. Environmental Research Letters*, vol. 6, p. 1-7, 2011.

ARMINGTON, P. S. *A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. International Monetary Fund Staff Papers*, v.16, p.159-178, 1969.

ARAÚJO, C.; BONJEAN, C. A.; COMBES, J. L.; MOTEL, P. C.; REIS, J. E. *Property Rights and Deforestation in the Brazilian Amazon. Ecological Economics*, vol. 68, 2009.

ASSUNÇÃO, J., FERES, F. C.. *Climate change, agricultural productivity and poverty. Technical report, Working paper.* 2009.

ASSAD, E. D., PINTO, H. S. *Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil.* CEPAGRI – Unicamp / EMBRAPA. 2008.

AZEVEDO-RAMOS, C., MOUTINHO, P.. *No man’s land in the Brazilian Amazon: could undesignated public forests slow Amazon deforestation?. Land Use Policy* 73, 125–127. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.01.005>.

AZEVEDO-RAMOS, C., MOUTINHO, P., ARRUDA, V. L. D. S., STABILE, M. C., ALENCAR, A., CASTRO, I., & RIBEIRO, J. P.. *Lawless land in no man’s land: The undesignated public forests in the Brazilian Amazon. Land Use Policy*, 99. 2020.

BANCO MUNDIAL. *World Development Report 2010: Development and Climate Change.* Washington, DC: The World Bank, 2009a.

BARBIERI, A. F.; DOMINGUES, E. P.; QUEIROZ, B. L.; RUIZ, R. M.; RIGOTTI, J. I.; CARVALHO, J. A. M.; RESENDE, M. F. C.. *Climate change and population migration in Brazil s Northeast: scenarios for 2025 2050. Population and Environment* v. 31, p. 344-370, 2010.

BATEMAN, I. J., *et al.* *Bringing ecosystem services into economic decision-making: Land use in the United Kingdom. Science* 341: 45–50. 2013.

BRICKMAN, C., UNGERMAN, D.. *Climate change and supply chain management. The McKinsey Quarterly*, 7. 2008.

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-quecimento-global>

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura : plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Projeções do Agronegócio : Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo. Secretaria de Política Agrícola. – 126 p. Brasília, 2019.

CAMPOS, R. F. A.. Crédito e produtividade rural no brasil: uma análise por bioma e por setores familiares e patronais, 215p. (Tese de Doutorado). Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

CATTANEO, A. *Deforestation in the Brazilian Amazon: Comparing the impacts of Macroeconomics Shocks, Land Tenure, and Technological Change. Land Economics*, vol. 77, n.2, p. 219-140, 2001.

CARVALHO, T. S. Uso do Solo e Desmatamento nas Regiões da Amazônia Legal Brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas, 219 p. [s.l.] (Tese de Doutorado). Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

CARVALHO, T. S., MAGALHÃES, A. S., DOMINGUES, E. P. Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 46, 499-531. 2016.

CARVALHO, T. S., DOMINGUES, E. P.. Projeção de um cenário econômico e de desmatamento para a Amazônia Legal brasileira entre 2006 e 2030. *Nova Economia*, 26, 585-621. 2016.

LE GALLO, J.; CHAKIR, R.. *Predicting land use allocation in France: A spatial panel data analysis. Ecological Economics* 92: 114–125, 2013

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

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.; BETARELLI A. A. J.; MAGALHÃES, A. S.; OLIVEIRA, H. C.; VALLADARES, L. M.. Calibragem do Modelo ORANIG para os Dados da Matriz Insumo Produto Nacional. Relatório Técnico de Pesquisa. CEDEPLAR/UFMG, 33 p. 2005.

DOMINGUES, E. P.; BETARELLI JUNIOR, A. A.; MAGALHÃES, A. S.; CARVALHO, T. S.; SANTIAGO, F. S. Repercussões setoriais e regionais da crise econômica de 2009 no Brasil: simulações em um modelo de equilíbrio geral computável de dinâmica recursiva. 32p. Texto para Discussão – Centro de Planejamento e Desenvolvimento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte. 2010.

FARIA, W. R. Modelagem e Avaliação de Fenômenos Relacionados ao Uso da Terra no Brasil, 2012, 275 p. (Tese de Doutorado). São Paulo: 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.

FAO, 2018. FAOSTAT. FAO, Rome, Italy.

FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, J. M. *Climate change impacts on agricultural and internal migrations in Brazil. In: 13th Annual Conference on Global Economic Analysis, Penang, Malaysia, 2010.*

FERREIRA FILHO, J. B. S.; HORRIDGE, J. M. *Endogenous land use and supply, and food security in Brazil. In: 15th Annual Conference on Global Economic Analysis, Switzerland. Conference Papers. 2012*

FERREIRA FILHO, J. B. S.; HORRIDGE, J. M. *Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. Land Use Policy*, Amsterdam, v. 36, p. 595-604, 2014

FERREIRA-FILHO, J. B., PINTO, L. F. G., FARIA, V. G., & SPAROVEK, G.. *Environmental and welfare impacts of deforestation reduction in Brazil. 2018.*

FRISCH, R. *A complete scheme for computing all direct and cross demand elasticities in a model with many sectors. Econometrica*, vol. 27, p. 177-196, 1959.

GARCIA, E., RAMOS FILHO, F., MALLMANN, G., FONSECA, F.. *Costs, benefits and challenges of sustainable livestock intensification in a major deforestation frontier in the brazilian amazon. Sustainability*, 158 p. 2017.

Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su9010158>.

GASQUES, J.G. *et al.*. Produtividade da Agricultura Brasileira – uma nota. 2019. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/produtividadeda-agropecuaria-cresce-3-36-ao-ano>

GAZZONI, D.L. O impacto do uso da terra na sustentabilidade dos biocombustíveis. Documentos. Embrapa Soja. N. 347. 2014.

GOUVELLO, C. D., BRITALDO, S. S. F., NASSAR, A., SCHAEFFER, R., ALVES, F. J., ALVES, J. W. S.. Estudo de baixo carbono para o Brasil. Brasília: Banco Mundial. 2010.

GURGEL, A. C.; PALTSEV, S. . *Costs of reducing GHG emissions in Brazil. Climate Policy*, v. 14, p. 209-223, 2014.

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).

HAVLÍK, P.; SCHNEIDER, U. A.; SCHMID, E.; BÖTTCHER, H.; FRITZ, S.; SKALSKÝ, L.; AOKI, K.; CARA, S. de; KINDERMANN, G.; KRAXNER, F.; LEDUC, S.; McCALLUM, I.; MOSNIER, A.; SAUER, T.; OBERSTEINER, M. *Global land -use implications of first and second generation biofuel targets. Energy Policy. Oxford*, v. 39, p. 5690-5702, 2011.

HERTEL, T. W.; LEE, H-L; ROSE, S.; SOHNGEN, B. *Modeling land-use related greenhouse gas sources and sinks and their mitigation potential. Global Trade Analysis Project*. 2008. (GTAP Working Paper, 44)

HERTEL, T.W.. *Implications of agricultural productivity for global cropland use and GHG emissions: Borlaug vs. Jevons. West Lafayette: Center of Global Trade Analysis, Department of Agricultural Economics, Purdue University*. 2012.

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.. *The impact of the 2002–2003 drought on Australia. Journal of Policy Modeling*, vol. 27, no. 3, pp. 285-308. 2005.

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. *GEMPACK Manual*. GEMPACK Software. 2018.

IGLIORI, D.C. *Deforestation, Growth and Agglomeration Effects: Evidence from Agriculture in the Brazilian Amazon. University of Cambridge, Department of Land Economy*. Texto para Discussão, 28, 2008.

- INDC. Brazilian Government. Intended Nationally Determined Contribution for Brazil, 2015. Disponível em:
<https://www4.unfccc.int/sites/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx>.
Acessado em novembro de 2021.
- 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), 2020. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>
- IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. In Press. 2021
- JEAN-SAUVEUR, A. Y.; CHAKIR, R.; LE GALLO, J.. *Individual vs. aggregate models of land use changes: Using spatial econometrics to improve predictive accuracy?*. 2014.
- KERR, S.; LIU S.; PFAFF, A. S. P.; HUGHES, R. F. *Carbon dynamics and land-use choices: building a regional-scale multidisciplinary model. Journal of Environmental Management. London*, v. 69, n. 1, p. 25-37, 2003.
- LAPOLA, D. M., SCHALDACH, R., ALCAMO, J., BONDEAU, A., KOCH, J., KOELKING, C., PRIESS, J. A.. *Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. Proceedings of the national Academy of Sciences*, 107(8). 2010.
- LEE, H-L. *Incorporating Agro-Ecologically Zoned Land Use Data and Land-based Greenhouse Gas Emissions into the GTAP Framework. In: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS, 7.*, Washington. Conference Paper. 2004.
- LIMA, C. Z. D.. *Impacts of low carbon agriculture in Brazil: a CGE application*. Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Tese de Doutorado. Viçosa, p. 127. 2017.
- MARTINS, G. Diagnóstico sobre sistemas de dados agrícolas do Brasil para um sistema nacional de avaliação de danos e perdas por desastres na agricultura. Brasília, FAO 2021. <https://doi.org/10.4060/cb6527pt>
- MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. (Ed.). *Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica. 81 p. 1; il. Coordenação geral: Jacques Marcovitch. 2010.
- MACEDO, M.N., DEFRIES, R.S., MORTON, D.C., STICKLER, C.M., GALFORD, G.L., SHIMABUKURO, Y.E.. *Decoupling of deforestation and soy production in the southern*

Amazon during the late 2000s. Proc. Natl. Acad. Sci. 109, 1341–1346. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1111374109>.

MAGALHÃES, A. S. *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.

MARENGO, J. A.; SCARANO, F. R. Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), p. 184, 2016.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. 513 p. 2020

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030). 28 p. Brasília, 2021.

MILIEU EN NATUUR PLANBUREAU (MNP). *Integrated modelling of global environmental change: an overview of IMAGE 2.4*. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency, 228 p. 2006.

MOTTA, R. S. D., HARGRAVE, J., LUEDEMANN, G., GUTIERREZ, S., PEREIRA, M. B. G. Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios. 2011

MORAES, G. I. Efeitos econômicos de cenários de mudança climática na agricultura brasileira: um exercício a partir de um modelo geral computável. Piracicaba, 267 p. (Tese de Doutorado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo, 2010.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF). 314 p. Brasília, 2020.

NEPSTAD, D., *et al.*. *Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains*. Science 344, 1118–1123. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1248525>.

OBSERVATÓRIO ABC. Análise dos Recursos do Programa ABC Safra 2016 / 17 Observatório do Plano ABC (Contribuição para a NDC e Capacita ABC). p. 1–36, 2017a.

OBSERVATÓRIO ABC. Impactos econômicos e ambientais do Plano ABC. p. 1–28, 2017b.

OCDE-FAO. *Agricultural Outlook 2015-2024*. OECD Publishing, 2015.

PALTSEV, S.; REILLY, J.; JACOBY, H.; ECKAUS, R.; MCFARLAND, J.; SAROFIM, M.; ASADOORIAN, M.; BABIKER, M. *The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Cambridge: MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, 2005. (Joint Program Report Series,125).*

PEREDA, P. C., MENEZES, T., ALVES, D. C. *Climate change impacts on birth outcomes in Brazil* (No. IDB-WP-495). IDB Working Paper Series. 2014.

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.*

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.

PLANTINGA, A.; MAULDIN, T. *A method for estimating the cost of CO2 mitigation through afforestation. Climatic Change. Dordrecht, v. 49, n. 20, p. 21-40, 2001.*

PLANAVEG, Brasil. "Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa." *Ministério do Meio Ambiente: Brasília, Brasil 76* (2017).

ROSENBERG, E. *et al. Health, climate and development in Brazil: a cross-section analysis. Inter- -American Development Bank, Research Network. Working Paper, R-386. 2020.*

ROCHA, A., GONÇALVES, E. ALMEIDA, E.. *Agricultural technology adoption and land use: evidence for Brazilian municipalities, Journal of Land Use Science, v.14, n. 4-6, pp. 320- 346. 2020.*

SANTANA *et al.* Bioeconomia: um paradigma revolucionário para a agricultura!? In *Perspectiva, nº 4, maio, Brasília, DF. 2012.*

SANDS R. D.; KIM, M. K. *Modeling the Competition for Land: Methods and Application to Climate Policy. Global Trade Analysis Project. GTAP Working Paper, 45. 34 p. 2008.*

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, J. G. D. *Essays on land-use change and greenhouse gas emissions in Brazil (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).*

SOUZA, C. M., Z SHIMBO, J., ROSA, M. R., PARENTE, L. L., A ALENCAR, A., RUDORFF, B. F., AZEVEDO, T.. *Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. Remote Sensing, 12(17), 2735. 2020.*

SOUZA, E. C. D., COELHO, A. B., LIMA, J. E. D., CUNHA, D. A. D., FÉRES, J. G.. Impactos das mudanças climáticas sobre o bem-estar relacionado à saúde no Brasil. 2013.

SOUZA, B. S.. Mudanças climáticas no Brasil: efeitos sistêmicos sobre a economia brasileira provenientes de alterações na produtividade agrícola. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2018.

SOUZA, G. C. P., DOMINGUES, E. P., MAGALHAES, A. S.. *Regional economic impacts of greenhouse gas emission mitigation policies in brazilian agriculture: the role of the degraded pasture recovery program. 23rd Annual Conference on Global Economic Analysis. 2020.*

SOARES-FILHO, B. S., NEPSTAD, D. C., CURRAN, L., CERQUEIRA, G. C., GARCIA, R. A., RAMOS, C. A., MCGRATH, D. Cenários de desmatamento para a Amazônia. *Estudos Avançados, 19, 137-152. 2005.*

SCHULTZ, M. G., DIEHL, T., BRASSEUR, G. P., ZITTEL, W.. Air pollution and climate-forcing impacts of a global hydrogen economy. *Science, 302(5645), 624-627. 2003.*

STAVINS, R. *The costs of carbon sequestration: a revealed-preference approach. American Economic Review. Nashville, v. 89, p. 994-1009, 1999.*

STABILE, M. C., GUIMARÃES, A. L., SILVA, D. S., RIBEIRO, V., MACEDO, M. N., COE, M. T., ALENCAR, A. *Solving Brazil's land use puzzle: Increasing production and slowing Amazon deforestation. Land Use Policy, 91, 104362. 2020.*

STERN, N.. "Stern Review: The economics of climate change." (2006).

TANURE, T. M.. Mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos regionais e por cultivo familiar e patronal. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Tese de Doutorado. Belo Horizonte, p. 258. 2020.

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.*

TURNER, B. L., LAMBIN, E. F. AND REENBERG, A. *The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 20666–20671, 2007

WALKER, R., MORAN, E., ANSELIN, L.. Deforestation and cattle ranching in the Brazilian amazon: external capital and household processes. *World Dev.* 28 (4), 683–699. 2000.

WORLD BANK. *Group Climate Change Action Plan 2021–2025: Supporting Green, Resilient, and Inclusive Development.* World Bank, Washington, DC. © World Bank. 2021. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35799> License: CC BY 3.0 IGO.

WONG, G. Y.; ALAVALAPATI, R. R. *The land-use effects of a forest carbon policy in the US. Forest Policy and Economics.* Amsterdam, v. 5, p. 249-263, 2003

ANEXO I – Descrição das variáveis do modelo BLUME

Variáveis	Descrição
acap, aint_d, alnd, aprimtot, aprim_i, atot, atradmar_cs, bint_scd, blab_o, blab_oid	Variáveis de descolamento tecnológico
delPTXRATE	Variável de mudança na tributação
delUnity	Variável dummy = 1 para ativar a equação de acumulação de capital
fgovgen	Deslocamento da demanda do governo (nacional)
fgovtot	Deslocamento da demanda do governo (regional)
fgov_s	Deslocamento da demanda do governo por produto (regional)
finv1	Mudança do investimento
flab_io	Deslocamento do salário regional
flab_iod	Deslocamento do salário nacional
fpexp	Deslocamento dos preços das exportações
fqexp	Deslocamento da quantidade exportada
fqexp_cs	Deslocamento geral da quantidade exportada
frnorm	Deslocamento da taxa de retorno normal bruta (regional)
frnorm_id	Deslocamento da taxa de retorno normal bruta (nacional)
gtrend	Razão tendencial do investimento sobre o capital (regional)
houslack	Variável que permite o ajuste no consumo
invslack	Variável que permite exogeneizar o investimento nacional
labslack	Variável que permite o ajuste do emprego agregado
nhou	Número de famílias
pfimp	Preço dos importados em moeda estrangeira
phi	Taxa de câmbio
xcap	Quantidade do uso do capital
xhoutot	Consumo total real de famílias
xlnd	Uso da terra

Quadro 7: Variáveis exógenas do fechamento histórico e de política

ANEXO II - Compatibilização dos dados de uso da terra do MapBiomias e IV Inventário Nacional (MCTI, 2021)

MapBiomias	4º Inventário Nacional	Modelo BLUME
Classe 2	Classes	Classes
Floresta Natural	FMN, FM, Fsec	Floresta Natural e Outros Usos
Floresta Natural	FMN, FM, Fsec	Floresta Natural e Outros Usos
Floresta Natural	FMN, FM, Fsec	Floresta Natural e Outros Usos
Floresta Plantada	Ref, CS	Floresta Plantada
Área Úmida Natural Não Florestal	GNM, GM, Gsec	Floresta Natural e Outros Usos
Formação Campestre (Campo)	GNM, GM, GSec	Floresta Natural e Outros Usos
Apicum	GNM, GM, Gsec	Floresta Natural e Outros Usos
Afloramento rochoso	GNM, GM, GSec	Floresta Natural e Outros Usos
Outra Formação Natural não Florestal	GNM, GM, GSec, FMN, FM	Floresta Natural e Outros Usos
Pastagem	Ap, APD, OFLM, OFLNM, OFLSec	Pastagem
Agricultura	Ac, PER, CANA	Lavoura
Agricultura	Ac, PER, CANA	Lavoura
Mosaico de agricultura e pastagem	Ac, Ap	Lavoura
Praia e Duna	S	Floresta Natural e Outros Usos
Infraestrutura Urbana	S	Floresta Natural e Outros Usos
Mineração	O	Floresta Natural e Outros Usos
Outra Área não vegetada	S	Floresta Natural e Outros Usos
Rio, Lago e Oceano	A, Res	Floresta Natural e Outros Usos
Aquicultura	A, Res	Floresta Natural e Outros Usos
Não Observado	NO	Floresta Natural e Outros Usos

Quadro 8: Compatibilização das classes de solo do MapBiomias com o IV Inventário Nacional e o modelo BLUME

Fonte: Construção própria com base em Souza et al. (2020) e IV Inventário Nacional (MCTI, 2021)

Dos quais

- i) Floresta Manejada (**FM**) (formação natural protegida): Refere-se à floresta natural, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características originais de estrutura e composição. Essas florestas encontram-se em áreas protegidas (UCs ou Tis)
- ii) Floresta Não Manejada (**FNM**) (formação natural não protegida): Refere-se à floresta natural em área não manejada, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características originais de estrutura e composição. Nessas áreas, as emissões ou remoções de gases de efeito estufa não são quantificadas, visto que não há intervenção antrópica.

- iii) Floresta Secundária (**FSec**): As florestas secundárias são aquelas resultantes de um processo de regeneração natural associado a um uso antrópico prévio, por exemplo, cultivo agrícola ou pastagem.
- iv) Corte Seletivo (**CS**): Refere-se à uma prática de manejo florestal sustentável que consiste na retirada programada de árvores com valor comercial em florestas nativas. Nesta prática de manejo são adotadas técnicas de rotatividade das áreas em função dos ciclos de crescimento das árvores. O corte seletivo foi avaliado apenas para o bioma Amazônia.
- v) Reflorestamento (**Ref**): Florestas plantadas, em monocultura, em sua grande maioria compostas por espécies exóticas. No caso do Brasil, há predomínio de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp.
- vi) Agricultura Anual (**Aa**): Inclui as áreas destinadas às culturas que possuem um ciclo anual de produção, que culmina na morte da planta após a colheita da safra. São consideradas nesta categoria as áreas para horticultura e cultivo de soja, arroz, feijão, milho, algodão, tubérculos, etc.
- vii) Agricultura Perene (**PER**): Inclui as áreas destinadas às culturas que produzem ao longo de vários anos, sem a necessidade de novo plantio após as colheitas. As culturas perenes incluem árvores e arbustos, representados principalmente por frutíferas, como os citrus, banana, coco, café, entre outras.
- viii) Agricultura Semi-Perene (**CANA**): No caso do Brasil, esse tipo de cultivo representado pela cana-de-açúcar, que é colhida várias vezes antes de haver um novo plantio. Diferentemente das culturas anuais, que produzem uma única safra, ou das perenes, que permanecem produtivas por longos anos, os cultivos semi-perenes podem produzir durante um período que varia de cinco a seis anos, dependendo do manejo de cortes
- ix) Campo Manejado (**GM**) (formação natural protegida): Refere-se às fitofisionomias de campos naturais localizados em UCs ou Tis.
- x) Campo Não Manejado (**GNM**) (formação natural não protegida): Refere-se ao campo natural em área não manejada, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características originais de estrutura e composição. Nessas áreas, as emissões ou remoções de gases de efeito estufa não são quantificadas, visto que não há intervenção antrópica.

- xi) Campo Secundário (**GSec**): São áreas de campo com vegetação nativa que passaram por algum processo de conversão do uso, e estão em fase de regeneração natural.
- xii) Pastagem (**Ap**): As áreas de pastagem são aquelas destinadas ao pastoreio, podendo ser compostas tanto por campos pastejáveis de origem nativa (pastagens naturais) quanto plantada (em sua maioria de espécies de gramíneas exóticas). A junção dessas classes (natural e plantada) ocorreu, principalmente, devido à semelhança espectral observada nas imagens de satélite, sobretudo em áreas de pastagens degradadas ou com grande variação sazonal. Adicionalmente, em biomas como Pampa e Pantanal há extenso uso de pastagens naturais. Já em biomas como a Amazônia e Cerrado, há predomínio de pastagens cultivadas
- xiii) Pastagem Degradada (**APD**): São áreas de pastagens com degradação biológica avançada, caracterizada principalmente pela presença de solo exposto e de baixa produtividade.
- xiv) Outras Formações Lenhosas Manejadas (**OFLM**) (formações naturais protegidas): Referem-se às fitofisionomias com características intermediárias entre florestas e campo, que não são classificadas nem como florestas e nem como campo, localizadas em UCs ou Tis
- xv) Outras Formações Lenhosas Não Manejadas (**OFLNM**) (formações naturais não protegidas): Refere-se às fitofisionomias com características intermediárias entre florestas e campo, que não são classificadas nem como florestas e nem como campo, localizadas em área não manejada, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características originais de estrutura e composição. Nessas áreas, as emissões ou remoções de gases de efeito estufa não são quantificadas.
- xvi) Outras Formações Lenhosas Secundárias (**OFLSec**): Refere-se às fitofisionomias com características intermediárias entre florestas e campo, que não são classificadas nem como florestas e nem como campo, localizadas em áreas que passaram por algum processo de conversão do uso da terra, e estão em fase de regeneração natural.
- xvii) Água (**A**): Representam os corpos d'água naturais lênticos (lagos) e lóticos (rios), desde as áreas de nascentes onde os cursos d'água apresentam pequenas

dimensões, até os grandes rios, como o Amazonas e São Francisco. Essas áreas não fazem parte das “terras manejadas”, uma vez que não sofrem interferência antrópica.

- xviii) Reservatórios (**Res**): Inclui os corpos d’água criados pela ação humana, como os lagos artificiais e as áreas inundadas para a construção de hidrelétricas e abastecimento humano
- xix) Dunas manejadas (**DnM**) (formações naturais protegidas): Refere-se às áreas compostas somente por areia, sem cobertura vegetal, localizadas em UCs ou TIs
- xx) Dunas não manejadas (**DnNM**) (formações naturais não protegidas): Refere-se às áreas compostas somente por areia, sem cobertura vegetal, localizadas em área não manejada.
- xxi) Afloramento rochoso manejado (**ArM**) (formações naturais protegidas): Refere-se às áreas em que ocorre a exposição de rochas na superfície do solo, sem cobertura vegetal, localizadas em UCs ou Tis
- xxii) Afloramento rochoso não manejado (**ArNM**) (formações naturais não protegidas): Refere-se às áreas em que ocorre a exposição de rochas na superfície do solo, sem cobertura vegetal, localizadas área não manejada.
- xxiii) Mineração (Min): São áreas destinadas à extração de minérios para o uso comercial, caracterizadas principalmente pela remoção total da vegetação nativa.
- xxiv) Solo exposto (**SE**): Refere-se às áreas desprovidas de cobertura vegetal nativa ou exótica, sujeitas à erosão e perda da fertilidade dos solos em função da atuação de agentes abióticos (como lixiviação). Os solos expostos normalmente são originados a partir de atividades como desmatamento e queimadas.
- xxv) Áreas não observadas (**NO**): São as áreas que não puderam ser classificadas nas categorias e subcategorias acima descritas, devido à presença de nuvens e suas sombras que comprometeram a análise das imagens de satélites disponíveis.

ANEXO III – Demais dados do Cenário de Referência

Tabela 29: Projeção do Crescimento Populacional por região do modelo (variação %)

Bioma	Região	2021 a 2023	2024 a 2040
Amazônia	AC_Amazônia	1,3	1,2
	AP_Amazônia	1,7	1,5
	AM_Amazônia	1,3	1,1
	MA_Amazônia	0,5	0,3
	MT_Amazônia	1,0	0,8
	PA_Amazônia	0,9	0,8
	RO_Amazônia	0,9	0,7
	RR_Amazônia	1,4	1,2
	TO_Amazônia	1,0	0,8
Caatinga	AL_Caatinga	0,4	0,3
	BA_Caatinga	0,3	0,2
	CE_Caatinga	0,5	0,4
	MA_Caatinga	0,5	0,3
	MG_Caatinga	0,5	0,3
	PB_Caatinga	0,5	0,4
	PE_Caatinga	0,6	0,5
	PI_Caatinga	0,1	0,0
	RN_Caatinga	0,8	0,7
SE_Caatinga	0,9	0,7	
Cerrado	BA_Cerrado	0,3	0,2
	DF_Cerrado	1,8	1,6
	GO_Cerrado	1,1	0,9
	MA_Cerrado	0,5	0,3
	MT_Cerrado	1,0	0,8
	MS_Cerrado	0,9	0,8
	MG_Cerrado	0,5	0,3
	PR_Cerrado	0,6	0,4
	PI_Cerrado	0,1	0,0
SP_Cerrado	0,6	0,5	
TO_Cerrado	1,0	0,8	
Mata Atlântica	AL_Mata Atlant.	0,4	0,3
	BA_Mata Atlant.	0,3	0,2
	ES_Mata Atlant.	0,9	0,8
	GO_Mata Atlant.	1,1	0,9
	MS_Mata Atlant.	0,9	0,8
	MG_Mata Atlant.	0,5	0,3
	PB_Mata Atlant.	0,5	0,4
	PR_Mata Atlant.	0,6	0,4
	PE_Mata Atlant.	0,6	0,5
	RJ_Mata Atlant.	0,4	0,3
	RN_Mata Atlant.	0,8	0,7
	RS_Mata Atlant.	0,2	0,1
	SC_Mata Atlant.	1,2	1,0
SP_Mata Atlant.	0,6	0,5	
SE_Mata Atlant.	0,9	0,7	
Pampa	RS_Pampa	0,2	0,1
Pantanal	MT_Pantanal	1,0	0,8
	MS_Pantanal	0,9	0,8

Fonte: IBGE com regionalização própria

Tabela 30: Exportações setoriais observadas e projetadas (%)

Setores	Taxa de crescimento anual observado de 2015 a 2020	Projeção da taxa de crescimento anual 2021 a 2040
Arroz	-1,29	0
Trigo e outros cereais	-7,29	0
Milho em grão	0,99	2,92
Algodão e outras fibras	0	3,67
Cana de açúcar	0	0
Soja em grão	2,45	3,55
Mandioca	27,8	0,65
Fumo em Folha	0	0
Frutas Cítricas	-3,47	0
Feijão em Grão	0	0
Outros Temporária	-31,72	0
Laranja	-49,59	0
Café em grão	-5,88	1,57
Outros Permanente	-10,52	3,23
Bovinos	5,56	0
Outros Animais	42,65	0
Leite de Vaca	15,22	0,98
Leite de Outros Animais	0	0
Suínos	19,2	0
Aves	-2,28	0
Ovos	-6,15	0
Silvicultura	-3,76	0
Extração Vegetal	-17,93	0
Pesca Agrícola	-8,25	0,86
Indústria Extrativa	0	0
Carne Bovina e Outros Animais	-4,29	2,84
Carne Suíno	-10,55	2,99
Carne Aves	-10,83	2,85
Pesca Industrial	0	0
Leite Resfriado/Pasteurizado	0	0
Outros Laticínios	-31,73	3,66
Rações Animais	-3,95	0
Alimentos e Bebidas	-3,1	2,88
Vestuário e Têxteis	0	0
Calçado e Couro	-11,12	0
Produto de Madeira	9,95	0
Celulose	-6,54	3,2
Indústria Diversa	0	0,96
Etanol e Biocombustível	0	2,48
Produto Químico	0	0
Adubo e Fertilizante	0	0

Fonte: MAPA (2019) e OCDE-FAO (2015)

ANEXO IV - Demais resultados da Análise Descritiva da Base de Dados

Tabela 31: Participação da produção setorial em cada região (matriz MAKE) (%)

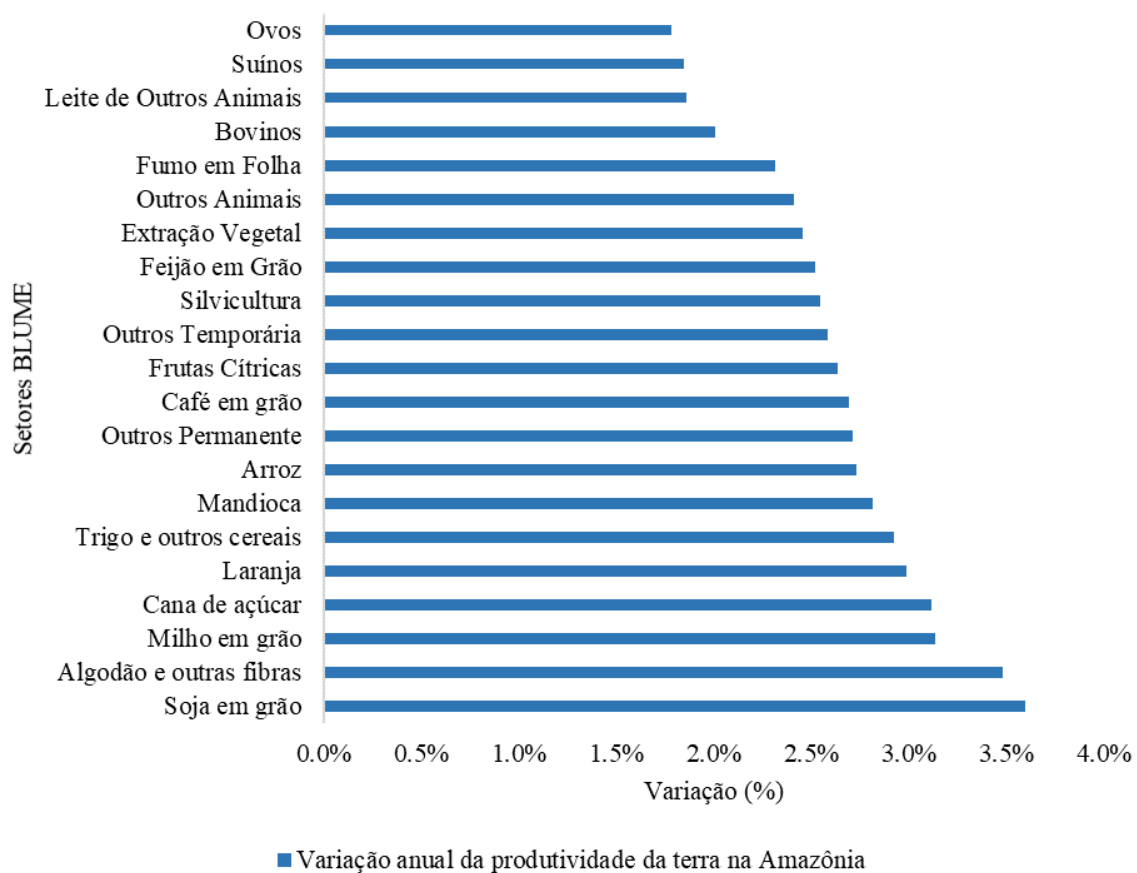
Biom	Região	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	Total
Amazônia	AC_AM	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.0%	0.0%	0.1%	2.8%	0.3%	0.2%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.4%	0.6%	0.0%	3.2%	0.2%	0.2%	0.0%	0.3%	0.3%	0.1%	1.3%	0.1%	0.1%	0.4%	0.0%	1.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	43.3%	18.0%	7.6%	12.7%	1.0%	0.9%	4.0%	8.3%	100%
	AP_AM	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	1.8%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.2%	2.6%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.8%	0.1%	0.0%	0.7%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	46.6%	12.7%	6.7%	12.4%	1.5%	0.9%	3.2%	4.2%	100%	
	AM_AM	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	1.0%	0.2%	0.1%	0.1%	0.7%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.3%	0.2%	2.4%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	2.9%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	12.2%	0.0%	0.1%	0.0%	13.5%	6.7%	29.5%	3.7%	4.6%	8.4%	3.3%	1.4%	2.7%	3.9%	100%		
	MA_AM	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.4%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	0.5%	0.2%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	2.3%	0.1%	0.0%	0.0%	15.9%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	40.2%	4.4%	13.7%	12.1%	6.2%	1.0%	3.9%	5.0%	100%		
	MT_AM	0.4%	0.0%	4.8%	0.7%	1.6%	22.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.3%	0.0%	0.1%	0.2%	7.0%	0.2%	0.5%	0.0%	0.5%	0.2%	0.2%	0.1%	0.6%	0.3%	0.3%	20.4%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	1.2%	0.5%	0.6%	0.1%	0.1%	2.1%	0.0%	1.1%	2.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	12.7%	1.0%	3.7%	8.9%	1.0%	0.2%	1.8%	0.8%	100%	
	PA_AM	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.7%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	1.7%	1.8%	0.3%	0.2%	0.6%	0.0%	0.3%	0.1%	0.2%	0.9%	0.2%	8.7%	4.2%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.3%	0.1%	4.2%	0.1%	0.1%	0.8%	0.5%	15.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	31.3%	3.6%	9.3%	10.3%	2.3%	0.9%	3.8%	4.4%	100%
	RO_AM	0.1%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	1.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.4%	0.2%	4.4%	0.1%	0.8%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	1.2%	0.4%	14.6%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%	2.0%	0.6%	2.1%	0.1%	0.2%	1.1%	0.0%	1.9%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	28.9%	8.7%	6.0%	18.0%	2.0%	0.6%	3.2%	3.7%	100%	
	RR_AM	0.3%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.8%	0.5%	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	0.0%	0.0%	0.4%	1.1%	0.3%	0.2%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	3.2%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	1.0%	0.1%	0.0%	0.6%	0.0%	0.8%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	44.3%	15.1%	6.1%	11.4%	0.5%	0.6%	3.1%	7.0%	100%	
	TO_AM	0.1%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	1.6%	0.9%	0.0%	0.0%	0.2%	2.8%	0.0%	0.0%	0.1%	30.8%	0.5%	2.9%	0.1%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	0.3%	0.6%	0.1%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	4.6%	0.3%	0.4%	0.0%	0.0%	15.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	16.0%	2.4%	0.8%	7.4%	2.7%	0.1%	4.3%	0.3%	100%		
	Caucang	AL_CA	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.2%	0.0%	0.3%	0.5%	0.0%	0.8%	1.1%	0.0%	0.0%	0.6%	1.7%	2.3%	1.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.7%	0.0%	0.1%	0.3%	0.6%	0.6%	0.0%	0.0%	0.4%	1.5%	0.5%	13.2%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%	4.4%	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	26.3%	6.3%	3.7%	20.0%	0.5%	0.2%	4.8%	3.9%	100%
BA_CA		0.0%	0.0%	0.3%	0.1%	0.5%	0.0%	0.3%	0.0%	0.5%	0.7%	6.9%	0.2%	0.3%	1.6%	2.0%	4.9%	0.7%	0.7%	0.2%	0.1%	0.2%	0.1%	1.0%	0.8%	16.4%	1.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.2%	2.0%	0.8%	2.8%	0.1%	0.0%	1.0%	0.3%	0.6%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	26.6%	6.7%	4.0%	15.2%	1.6%	0.5%	4.8%	2.1%	100%	
CE_CA		0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	1.0%	0.2%	0.6%	0.2%	0.0%	0.1%	0.4%	0.2%	0.0%	0.2%	0.7%	0.6%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%	0.4%	4.5%	3.0%	2.4%	0.1%	0.0%	7.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.8%	0.5%	39.6%	2.3%	9.7%	10.1%	1.6%	1.0%	6.1%	5.6%	100%
MA_CA		0.8%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.9%	0.8%	0.0%	0.0%	1.0%	2.4%	3.5%	0.5%	0.0%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%	0.3%	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	36.6%	0.0%	12.4%	26.2%	2.3%	0.2%	2.4%	0.9%	100%		
MG_CA		0.0%	0.0%	0.9%	0.2%	8.3%	0.0%	0.5%	0.0%	0.6%	0.6%	8.2%	0.0%	0.0%	6.3%	5.6%	1.5%	1.5%	0.0%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.2%	0.0%	6.9%	4.4%	0.0%	0.0%	1.9%	8.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.6%	0.0%	3.5%	12.5%	0.2%	0.2%	5.0%	1.3%	100%	
PB_CA		0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%	0.4%	1.7%	0.0%	0.0%	0.7%	1.2%	2.4%	0.6%	1.1%	0.1%	0.4%	0.3%	0.0%	0.4%	0.1%	0.5%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.6%	0.9%	0.1%	2.1%	2.4%	4.8%	0.0%	0.0%	3.4%	1.9%	0.0%	0.2%	0.1%	32.4%	1.9%	10.0%	13.2%	0.7%	0.5%	4.9%	10.6%	100%			
PE_CA		0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	1.6%	0.4%	1.7%	0.0%	0.0%	1.2%	1.1%	3.3%	1.2%	0.5%	0.1%	0.4%	1.6%	0.0%	0.1%	1.3%	0.2%	0.1%	0.0%	0.9%	0.0%	0.7%	1.0%	0.5%	4.1%	2.8%	0.2%	0.1%	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	1.7%	0.1%	36.1%	2.7%	5.0%	13.8%	1.3%	0.4%	4.4%	4.7%	100%
PI_CA		0.3%	0.0%	0.6%	0.0%	0.1%	0.0%	0.4%	0.0%	0.1%	1.5%	0.5%	0.0%	0.0%	4.4%	1.0%	0.9%	0.8%	0.7%	0.3%	0.9%	0.3%	0.0%	1.7%	3.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.6%	0.1%	0.4%	3.6%	0.6%	0.2%	0.1%	0.0%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	32.6%	1.0%	6.5%	15.8%	1.0%	0.4%	5.7%	2.4%	100%
RN_CA		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.6%	1.5%	0.5%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	0.1%	1.9%	16.1%	0.6%	0.0%	0.0%	0.4%	0.3%	0.1%	1.4%	8.1%	0.8%	0.9%	0.1%	0.0%	19.5%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%	22.4%	1.4%	8.1%	8.9%	2.0%	0.7%	2.3%	3.6%	100%	
SE_CA		0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.1%	0.4%	3.9%	0.3%	0.0%	0.0%	4.6%	3.7%	2.6%	0.2%	0.3%	0.9%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	10.8%	1.9%	6.4%	0.1%	0.0%	7.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	22.6%	3.8%	5.1%	10.4%	2.5%	0.7%	4.8%	1.4%	100%
Cerrado	BA_CE	0.0%	0.0%	3.5%	9.6%	0.1%	27.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.7%	1.5%	0.0%	1.0%	0.1%	1.9%	0.5%	0.4%	0.0%	0.1%	0.7%	0.2%	0.0%	0.3%	0.2%	0.0%	1.9%	0.0%	0.8%	0.1%	0.1%	0.4%	7.2%	0.2%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	17.9%	2.4%	2.5%	31.1%	1.7%	0.5%	2.4%	1.5%	100%		
	DF_CE	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	56.4%	4.3%	7.3%	6.3%	0.6%	1.4%	11.4%	6.2%	100%	
	GO_CE	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	1.4%	3.9%	0.0%	0.0%	0.2%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.1%	0.6%	0.0%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	1.5%	4.2%	0.4%	0.9%	0.0%	0.3%	1.4%	0.6%	16.8%	0.9%	0.2%	0.1%	0.0%	15.5%	4.1%	0.4%	0.1%	0.0%	0.2%	1.2%	30.3%	2.6%	6.5%	10.3%	2.2%	0.6%	3.8%	3.8%	100%
	MA_CE	0.4%	0.0%	2.0%	0.0%	0.6%	6.5%	0.7%	0.0%	0.3%	0.7%	0.0%	0.0%	0.4%	0.4%	2.5%	0.7%	0.2%	0.0%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.7%	1.1%	0.3%	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.5%	2.2%	0.1%	0.3%	0.0%	6.1%	3.5%	2.6%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	32.6%	6.0%	17.4%	1.5%	0.4%	4.4%	1.4%	1.9%	100%	
	MT_CE	0.1%	0.0%	3.3%	3.8%	0.2%	13.5%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%	0.3%	0.4%	8.6%	0.8%	0.7%	0.0%	0.2%	0.7%	5.5%	0.3%	0.1%	0.2%	0.0%	2.6%	1.5%	0.5%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	22.7%	3.3%	4.6%	11.2%	0.5%	0.2%	2.8%	3.1%	100%	
	MS_CE	0.0%	0.0%	1.8%	0.3%	2.3%	5.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	0.2%	0.2%	0.0%	0.3%	0.1%	0.1%	1.0%	0.0%	0.2%	0.1%	10.8%	0.3%	0.7%	0.0%	0.0%	0.2%	0.6%	3.1%	0.6%	0.4%	0.2%	2.0%	2.8%	5.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.3%	27.7%	2.5%	4.7%	9.9%	2.8%	0.6%	3.1%	5.0%	100%	
	MG_CE	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	1.8%	1.9%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%	1.7%	0.2%	2.3%	0.0%	1.5%	0.2%	1.3%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.6%	0.0%	0.2%	1.8%	1.9%	0.5%	0.6%	0.0%	0.9%	2.3%	0.9%	6.0%	1.3%	1.3%	0.3%	0.0%	9.4%	2.4%	1.1%	0.0%	0.5%	0.4%	1.8%	24.5%	0.5%	4.5%	11.2%	2.9%	1.3%	3.7%	4.5%	100%
	PR_CE	0.0%	0.7%	1.3%	0.0%	0.0%	6.0%	0.0%	0.1%	0.7%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.8%	1.2%	0.0%	2.1%	0.1%	0.0%	8.6%	0.1%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.1%	0.0%	0.7%	0.0%	15.9%	0.0%	85.1%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	8.9%	0.6%	0.7%	7.6%	3.7%	0.3%	1.8%	0.6%	100%
	PI_CE	0.1%	0.0%	1.3%	0.0%																																																	

Tabela 32: Participação das regiões na produção setorial (matriz MAKE) (%)

Biotoma	Região	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
Amazônia	AC_AM	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.1%	1.0%	0.2%	0.2%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	1.1%	0.8%	0.0%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.5%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.3%		
	AP_AM	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	1.7%	0.0%	8.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	0.2%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%			
	AM_AM	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	3.9%	0.0%	1.1%	0.1%	1.1%	0.4%	0.0%	6.9%	0.5%	0.6%	0.3%	15.2%	0.1%	0.2%	1.5%	0.0%	5.6%	1.4%	1.1%	0.3%	0.0%	0.1%	0.7%	0.0%	0.2%	0.1%	0.9%	0.1%	0.0%	0.8%	0.1%	1.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	9.7%	1.9%	0.9%	0.9%	1.5%	1.2%	0.5%	0.9%			
	MA_AM	0.3%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%	2.8%	0.0%	0.0%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	1.5%	1.3%	0.4%	1.6%	0.3%	0.5%	0.0%	0.5%	2.5%	2.8%	1.1%	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.4%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	1.1%	1.6%	0.8%	1.6%	0.5%	0.5%	0.7%			
	MT_AM	2.5%	0.0%	9.1%	5.0%	1.9%	11.5%	0.7%	0.0%	0.1%	1.5%	0.4%	0.0%	0.2%	0.7%	7.8%	0.5%	1.4%	0.0%	3.3%	0.9%	0.9%	0.3%	6.1%	1.4%	0.1%	5.3%	0.2%	0.6%	0.0%	0.6%	1.5%	0.8%	0.1%	0.1%	0.2%	4.3%	0.0%	0.0%	2.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.4%	0.5%	0.2%	0.1%	0.2%	0.1%		
	PA_AM	0.7%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	1.2%	22.6%	0.0%	1.9%	1.0%	1.9%	0.5%	0.0%	20.0%	6.9%	2.9%	1.7%	20.9%	0.6%	5.2%	2.2%	2.4%	30.1%	2.8%	6.9%	6.6%	0.4%	0.1%	3.3%	0.2%	1.3%	0.6%	2.3%	0.2%	0.4%	5.6%	4.8%	0.9%	0.6%	0.8%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	1.7%	2.7%	3.2%	1.9%	1.8%	1.3%	1.8%		
	RA_AM	0.9%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.7%	0.8%	0.0%	0.3%	0.3%	0.4%	0.0%	1.2%	0.6%	5.3%	0.3%	2.3%	0.4%	0.2%	0.3%	0.5%	0.0%	0.9%	5.7%	0.1%	7.3%	0.0%	0.3%	0.1%	0.9%	2.7%	1.1%	0.4%	0.1%	0.2%	2.5%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	2.1%	0.7%	0.8%	0.5%	0.3%	0.3%	0.5%			
	RR_AM	0.5%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.9%	0.0%	0.3%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	0.3%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%	0.0%	0.5%	3.5%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.8%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%				
TO_AM	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
Catinga	AL_CA	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.5%	0.0%	1.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%	0.3%	1.0%	0.5%	0.3%	0.1%	0.1%	0.5%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.3%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%				
	BA_CA	0.0%	0.0%	0.5%	0.4%	0.5%	0.0%	2.0%	0.0%	13.8%	5.2%	9.6%	1.6%	0.6%	4.5%	1.9%	2.3%	1.6%	6.3%	1.0%	0.5%	0.8%	0.2%	8.3%	3.1%	1.3%	0.4%	0.0%	0.0%	0.1%	0.5%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	3.3%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	1.3%	0.4%	0.6%	0.3%	0.2%	0.4%	0.2%		
	CE_CA	0.2%	0.0%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%	1.8%	0.0%	1.7%	7.5%	1.0%	0.0%	0.0%	2.7%	0.7%	6.2%	2.5%	1.1%	1.5%	6.4%	4.1%	0.2%	8.5%	4.0%	0.5%	0.0%	0.0%	0.2%	2.3%	0.5%	1.2%	2.3%	2.6%	5.6%	12.6%	0.4%	0.0%	1.2%	0.0%	0.5%	0.0%	0.1%	1.1%	0.3%	2.3%	1.9%	3.5%	2.0%	1.3%	1.6%	2.3%	2.5%	
	MA_CA	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	MG_CA	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.5%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%	0.6%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	PB_CA	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.4%	0.0%	0.3%	1.6%	1.3%	0.0%	0.0%	1.1%	0.6%	3.5%	0.9%	5.8%	0.4%	0.8%	1.7%	0.0%	1.6%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.5%	0.3%	0.9%	0.5%	0.1%	0.2%	0.6%	3.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.2%	0.5%	0.4%	0.1%	0.1%	0.2%	0.6%				
	PR_CA	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	25.4%	2.1%	1.4%	0.0%	0.0%	2.2%	0.7%	5.2%	1.7%	3.1%	0.5%	1.0%	4.2%	0.0%	0.6%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	0.2%	1.1%	0.6%	0.5%	0.3%	0.7%	0.2%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%	0.3%	0.3%	0.4%	0.2%	0.1%	0.2%	0.3%			
	PI_CA	0.4%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.9%	3.0%	0.2%	0.0%	0.0%	3.3%	0.3%	5.9%	0.5%	1.6%	0.5%	0.9%	0.3%	0.0%	3.7%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.4%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%			
RN_CA	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.9%	0.0%	0.4%	1.5%	1.8%	0.0%	0.0%	2.8%	0.4%	3.0%	0.9%	0.9%	0.2%	0.4%	0.8%	0.0%	0.7%	5.6%	2.5%	0.2%	0.0%	0.1%	0.8%	0.3%	0.2%	0.2%	0.6%	0.0%	0.1%	0.0%	0.6%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.5%	0.3%	0.3%	0.2%	0.2%	0.3%				
SE_CA	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.3%	0.3%	0.6%	0.3%	0.0%	0.0%	0.5%	1.1%	0.7%	0.2%	0.2%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%			
Cerrado	DF_CE	0.0%	0.0%	2.5%	24.0%	0.1%	5.2%	0.3%	0.0%	0.4%	2.3%	0.9%	0.1%	0.9%	0.2%	0.8%	0.5%	0.4%	0.0%	0.2%	1.1%	0.4%	0.1%	0.9%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.9%	0.0%	0.2%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%				
	BA_CE	0.0%	0.2%	0.4%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.3%	1.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.1%	0.4%	0.6%	0.7%	0.5%	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.2%	0.5%	0.9%	1.9%	3.3%	0.0%	0.9%	0.7%	0.1%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%	0.7%	4.2%	1.7%	1.8%	0.7%	3.0%	7.4%	3.9%	
	GO_CE	0.9%	0.5%	11.5%	1.5%	3.4%	10.1%	1.4%	0.0%	1.2%	6.8%	9.3%	0.8%	0.1%	0.1%	10.8%	1.9%	8.1%	0.9%	4.5%	6.8%	5.3%	1.6%	0.5%	2.3%	1.7%	9.6%	7.8%	5.0%	1.2%	3.6%	8.3%	4.9%	5.3%	2.2%	1.5%	0.5%	0.0%	1.3%	18.4%	3.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.9%	2.4%	2.8%	3.3%	2.8%	2.5%	1.4%	1.9%	2.3%	
	MA_CE	1.3%	0.0%	1.9%	0.0%	0.4%	1.6%	2.6%	0.0%	0.1%	1.2%	0.5%	0.0%	0.0%	0.6%	1.4%	0.9%	0.3%	0.1%	0.3%	0.6%	0.3%	0.5%	3.2%	2.4%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.4%	0.2%	0.0%	0.2%	0.0%	0.8%	0.1%	1.1%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.6%	0.3%	0.5%	0.2%	0.1%	0.2%	0.1%			
	MT_CE	0.9%	0.0%	15.2%	63.7%	0.6%	16.9%	0.7%	0.0%	0.2%	4.1%	0.4%	0.0%	0.1%	0.1%	5.6%	0.5%	0.8%	0.2%	3.5%	2.8%	1.8%	0.8%	0.7%	3.5%	0.2%	9.5%	7.4%	1.8%	0.2%	0.3%	0.5%	3.1%	2.1%	0.4%	0.5%	1.1%	0.0%	0.3%	3.2%	2.1%	0.5%	0.2%	0.1%	0.1%	1.5%	2.4%	0.6%	0.7%	0.9%				
	MS_CE	0.2%	0.4%	3.8%	3.9%	4.9%	4.9%	1.1%	0.0%	0.1%	0.3%	0.4%	0.5%	0.0%	0.0%	7.4%	0.9%	0.8%	0.1%	2.9%	0.6%	0.9%	6.1%	0.1%	1.3%	0.0%	8.6%	2.3%	1.2%	0.1%	0.2%	0.5%	1.7%	0.8%	0.5%	0.9%	0.6%	9.5%	0.2%	7.9%	0.4%	0.4%	0.1%	0.2%	0.1%	0.8%	0.9%	0.8%	0.9%	1.1%	0.5%	0.5%	1.1%	
	MG_CE	0.0%	1.8%	6.4%	0.7%	9.7%	4.3%	1.7%	0.0%	2.4%	0.8%	12.4%	10.4%	25.5%	0.6%	7.1%	2.9%	15.5%	6.3%	8.4%	4.2%	2.5%	9.6%	1.1%	4.3%	1.9%	3.9%	8.1%	2.8%	0.2%	4.4%	12.5%	6.7%	4.1%	2.8%	8.0%	2.6%	0.0%	1.9%	9.4%	8.8%	0.1%	4.1%	0.7%	1.2%	1.7%	0.5%	2.0%	2.7%	2.9%	1.6%	2.4%		
	PR_CE	0.0%	1.4%	0.2%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.3%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
PI_CE	0.4%	0.0%	2.2%	0.0%	0.2%	1.9%	0.3%	0.0%	0.0%	0.8%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.5%	0.2%	0.0%	0.1%	0.6%	0.2%	0.0%	0.7%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	0.5%	0.4%	0.2%	0.0%	0.1%	0.8%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	1.8%	1.1%	0.5%	0.1%	0.3%	0.3%	0.9%					
SP_CE	0.0%	4.4%	2.0%	0.4%	26.5%	1.4%																																																

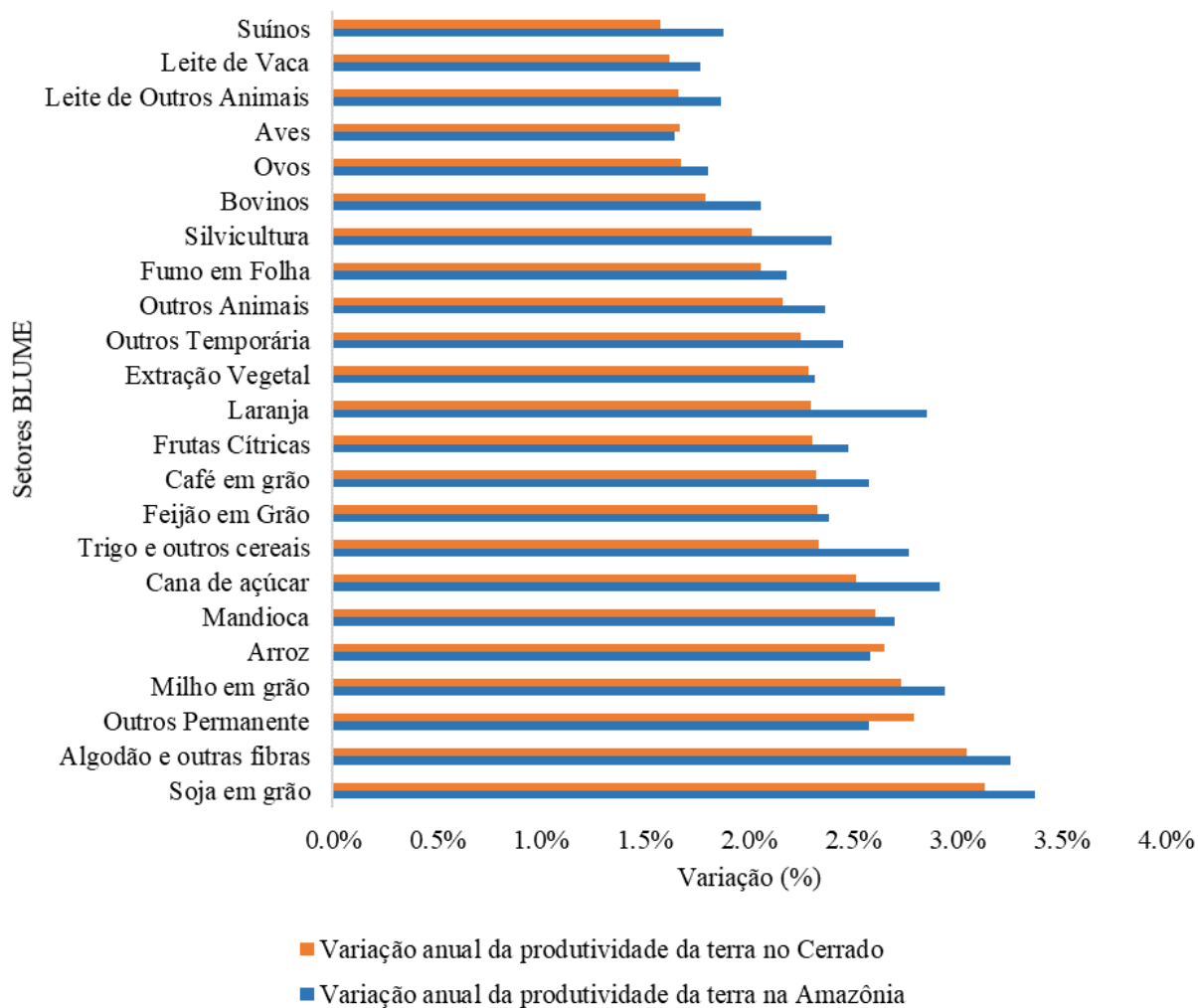
ANEXO V – Resultados da Variação da Produtividade da Terra

Gráfico 36: Taxa de crescimento da produtividade da terra no Cenário de “Crescimento Verde” na Amazônia - Amazônia – anual de 2021 a 2040 (variação %)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Gráfico 37: Taxa de crescimento da produtividade da terra no Cenário de “Crescimento Verde” Na Amazônia e Cerrado - Amazônia e Cerrado – anual de 2021 a 2040 (variação %)



Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

ANEXO VI – Resultado dos agregados macroeconômicos estaduais

Tabela 33: Resultados macroeconômicos da Política de Desmatamento Zero na Amazônia nos estados Brasileiros – (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Estados Brasileiros	PIB regional	Consumo das Famílias	Gastos do Governo	Investimento	Emprego	Exportação	Importação
Rondônia	-2,91	-2,35	-2,35	-4,02	-2,41	0,06	-2,84
Acre	-2,61	-2,10	-2,10	-3,71	-2,17	0,32	-2,67
Amazonas	-0,86	-0,84	-0,84	-1,59	-0,90	0,10	-0,93
Roraima	-1,61	-1,30	-1,30	-2,64	-1,36	0,12	-1,83
Para	-1,95	-1,64	-1,64	-2,76	-1,71	-0,08	-1,85
Amapá	-1,10	-1,04	-1,04	-1,96	-1,10	0,19	-1,23
Tocantins	-0,07	-0,20	-0,25	-0,20	-0,21	0,14	-0,17
Maranhão	-0,72	-0,55	-0,50	-1,22	-0,76	0,07	-0,80
Piauí	-0,40	-0,43	-0,37	-0,77	-0,55	0,13	-0,54
Ceará	-0,53	-0,54	-0,54	-1,02	-0,60	-0,08	-0,71
Rio Grande Norte	-0,48	-0,47	-0,46	-0,99	-0,56	0,00	-0,63
Paraíba	-0,49	-0,45	-0,41	-1,02	-0,55	0,19	-0,64
Pernambuco	-0,53	-0,50	-0,45	-1,06	-0,59	0,28	-0,70
Alagoas	-0,51	-0,49	-0,48	-1,04	-0,57	0,37	-0,68
Sergipe	-0,49	-0,48	-0,46	-1,02	-0,57	-0,28	-0,64
Bahia	-0,37	-0,37	-0,33	-0,80	-0,48	0,08	-0,53
Minas Gerais	-0,35	-0,37	-0,37	-0,80	-0,45	0,34	-0,53
Espirito Santo	-0,33	-0,34	-0,34	-0,71	-0,41	0,11	-0,46
Rio de Janeiro	-0,46	-0,48	-0,48	-1,00	-0,54	0,24	-0,62
São Paulo	-0,43	-0,44	-0,44	-0,94	-0,51	0,16	-0,61
Paraná	-0,31	-0,34	-0,34	-0,70	-0,41	0,07	-0,48
Santa Catarina	-0,36	-0,38	-0,38	-0,81	-0,44	-0,07	-0,54
Rio Grande do Sul	-0,24	-0,28	-0,28	-0,59	-0,35	0,07	-0,39
Mato Grosso do Sul	-0,08	-0,18	-0,18	-0,26	-0,24	0,25	-0,22
Mato Grosso	-1,53	-1,29	-1,47	-2,30	-1,14	0,19	-1,61
Goiás	-0,21	-0,28	-0,28	-0,53	-0,34	0,16	-0,38
Distrito Federal	-0,51	-0,51	-0,51	-1,04	-0,57	0,21	-0,75

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.

Tabela 34: Resultados macroeconômicos do Cenário de Crescimento Verde na Amazônia - Estados Brasileiros - (desvio acumulado % em relação ao Cenário de Referência)

Estados brasileiros	PIB regional	Consumo das Famílias	Gastos do Governo	Investimento	Emprego	Exportação	Importação
Rondônia	0,17	0,26	0,26	4,09	0,33	-0,39	1,17
Acre	0,31	0,50	0,50	2,97	0,58	-0,54	0,93
Amazonas	1,54	1,34	1,34	4,21	1,41	-0,09	1,61
Roraima	1,15	1,07	1,07	3,97	1,15	-0,23	1,86
Para	1,68	1,52	1,52	5,94	1,59	-0,02	2,16
Amapá	1,64	1,46	1,46	4,45	1,54	-0,39	1,96
Tocantins	0,51	0,62	0,61	0,92	0,70	-0,32	0,75
Maranhão	0,57	0,58	0,56	1,61	0,71	-0,07	0,90
Piauí	0,39	0,48	0,44	0,48	0,59	-0,31	0,62
Ceará	0,53	0,52	0,52	1,01	0,59	-0,44	0,83
Rio Grande no Norte	0,55	0,55	0,55	1,08	0,63	-0,41	0,83
Paraíba	0,61	0,58	0,57	1,22	0,66	-0,37	0,91
Pernambuco	0,58	0,55	0,53	1,20	0,63	-0,64	0,89
Alagoas	0,51	0,49	0,49	1,07	0,57	-0,72	0,81
Sergipe	0,53	0,54	0,54	1,10	0,62	0,75	0,81
Bahia	0,38	0,42	0,41	0,68	0,53	-0,11	0,65
Minas Gerais	0,40	0,42	0,42	0,80	0,50	-0,67	0,68
Espirito Santo	0,27	0,29	0,29	0,58	0,36	-0,14	0,52
Rio de Janeiro	0,41	0,41	0,41	0,92	0,49	-0,44	0,69
São Paulo	0,38	0,38	0,38	0,85	0,46	-0,27	0,67
Paraná	0,22	0,25	0,25	0,46	0,32	-0,16	0,50
Santa Catarina	0,34	0,34	0,34	0,72	0,42	-0,35	0,62
Rio Grande do Sul	0,23	0,26	0,26	0,48	0,34	-0,25	0,46
Mato Grosso do Sul	0,10	0,24	0,24	-0,08	0,32	-0,45	0,27
Mato Grosso	1,78	1,28	1,47	8,63	1,15	-0,36	3,32
Goiás	0,30	0,38	0,38	0,46	0,46	-0,36	0,54
Distrito Federal	0,52	0,51	0,51	1,07	0,58	-0,42	0,91

Fonte: Elaboração própria baseada nos resultados da simulação com o modelo BLUME.