

# IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS E SOCIAIS DE CENÁRIOS DE MITIGAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL ATÉ 2030



# Cenários de Mitigação de GEE de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU)

## Relatório Técnico

Autores:

**Marcelo Moreira, Leila Harfuch, Willian Kimura, Luciane ChiodiBachion, Rodrigo Lima, Wilson Zambianco e Andre Nassar (Agroicone).**

**Carolina Burle Schmidt Dubeux e Michele Karina Cotta Walter (Centro Clima/COPPE/UFRJ).**

Citação:

MOREIRA, M.M.R.; HARFUCH, L.; KIMURA, W.; BACHION, L.C.; LIMA, R.; ZAMBIANCO, W.; NASSAR, A.; DUBEUX, C.B.S.; e WALTER, M.K.C. (2015). Cenários de AFOLU. In: LA ROVERE, E. L. et al., 2016 – Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2030: Projeto IES-Brasil, Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

## EQUIPE DO PROJETO IES-Brasil

### FORUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Luiz Pinguelli Rosa – Coordenador Geral

Neilton Fidelis – Coordenador Executivo

### CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ – COORDENAÇÃO TÉCNICA

Emilio Lèbre La Rovere – Líder de Pesquisa e Modelagem

William Wills – Coordenador de Pesquisa e Modelagem Macroeconômica

Carolina Burle Schmidt Dubeux, Amaro Olímpio Pereira Junior e Sergio Henrique Ferreira da Cunha –  
Coordenadores de Estudos Setoriais

Isabella da Fonseca Zicarelli – Assistente de Coordenação

### ECOSYNERGY – EQUIPE DE FACILITAÇÃO

Barbara C. P. Oliveira – Líder de Processo e Facilitação

Sergio Marcondes

Luisa Santos Sette Câmara Moreira

### EQUIPE DE MODELAGEM MACROECONÔMICA

William Wills, Carolina Grottera, Romulo Neves Ely – Centro Clima/COPPE/UFRJ

Julien Lefevre – CIRED/CNRS (*Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement*)

### EQUIPE DE ESTUDOS SETORIAIS

**Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU):** Marcelo Melo Ramalho Moreira, Leila Harfuch, Willian Kimura, Luciane Chiodi Bachion, Rodrigo Lima, Wilson Zambianco e André Nassar – Agroicone; Carolina B. S. Dubeux e Michele K.C. Walter – Centro Clima/COPPE/UFRJ

**Setor Energético:** Amaro Olímpio Pereira Junior, Sergio Henrique Ferreira da Cunha, Thauan Santos, Mariana Weiss, Larissa Albino da Silva Santos e Patricia Turano de Carvalho – Centro Clima/COPPE/UFRJ

**Setor Industrial:** Shiguo Watanabe Jr, Roberto Kishinami e Ana Toni – CO2 Consulting

**Setor de Resíduos:** Saulo Machado Loureiro e Carolina B.S. Dubeux – Centro Clima/COPPE/UFRJ e Victor Zveibil

**Setor de Transporte:** Amaro Olímpio Pereira Junior, Luan Santos e Luiza Di Beo Oliveira – Centro Clima/COPPE/UFRJ

### EQUIPE DE COMUNICAÇÃO

Roberta Nadalutti La Rovere

### GERÊNCIA ADMINISTRATIVA

Charlotte Heffer – Gerente de Projeto

Mariana Portellada – Assistente Administrativa

Yuri Ramos Alves – Estagiário

## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. AFOLU .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1.1. Apresentação do Setor .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>1.2. Considerações sobre a modelagem .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2. Cenário de Plano Governamental (CPG) .....</b>                                       | <b>6</b>  |
| <b>2.1. Perspectivas do setor .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2.2. Premissas Utilizadas na Modelagem .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2.3. Medidas de Mitigação Incluídas no CPG .....</b>                                    | <b>9</b>  |
| <b>2.4. Resultados Finais .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>3. Cenário de Mitigação Adicional (MA) .....</b>  | <b>22</b> |
| <b>3.1. Cenário de Mitigação Adicional 1(MA1) .....</b>                                    | <b>25</b> |
| 3.1.1. Medidas de Mitigação Previstas no CPG cujo Alcance Foi Ampliado.....                | 25        |
| 3.1.2. Novas Medidas de Mitigação .....  | 28        |
| <b>3.2. Cenário de Mitigação Adicional 2 (MA2) .....</b>                                   | <b>29</b> |
| 3.2.1. Medidas de Mitigação Previstas no MA1 cujo Alcance foi Ampliado. ....               | 29        |
| 3.2.2. Novas Medidas de Mitigação .....  | 34        |
| <b>4. Análise Comparativa dos Cenários CPG, MA1, MA2 .....</b>                             | <b>34</b> |
| <b>4.1. Produção Agropecuária e Florestal .....</b>  | <b>34</b> |
| <b>4.2. Dinâmica no Uso da Terra .....</b>   | <b>36</b> |
| <b>4.3. Emissões em Cada Cenário .....</b>   | <b>39</b> |
| <b>5. Referências Bibliográficas .....</b>   | <b>43</b> |
| <b>ANEXO METODOLÓGICO .....</b>  | <b>49</b> |
| <b>Anexo A – Nota Técnica: BLUM.....</b>   | <b>49</b> |
| 1. Contexto.....   | 49        |
| 2. Módulo de Oferta e Demanda .....  | 49        |
| 3. Módulo de Uso da Terra .....  | 52        |
| 4. Detalhamento do Modelo e Recomendações de Leitura .....                                 | 54        |
| 5. Referências .....   | 54        |
| <b>Anexo B – Nota Técnica: Cálculo de Emissões da Agropecuária e LULUCF – (AFOLU).....</b> | <b>55</b> |
| 1. Introdução.....   | 55        |
| 2. Agropecuária.....   | 55        |
| 3. Uso da terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas – (LULUCF).....                       | 57        |
| 4. Referências .....   | 59        |
| <b>Anexo C – Medidas de Mitigação e Respective Custos .....</b>                            | <b>60</b> |

## Lista de Figuras

|                   |  |           |
|-------------------|--|-----------|
| <b>Figura 1.</b>  | <b>Retrato esquemático do uso da terra no Brasil .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>Figura 2.</b>  | <b>Uso da terra para agropecuária .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>Figura 3.</b>  | <b>Uso da terra para agropecuária por região.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>Figura 4.</b>  | <b>Área plantada de lavouras de verão ou primeira safra e florestas plantadas (milhões de ha).....</b> | <b>18</b> |
| <b>Figura 5.</b>  | <b>Área alocada para pastagens .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>Figura 6.</b>  | <b>Área de agricultura e florestas plantadas.....</b>  | <b>36</b> |
| <b>Figura 7.</b>  | <b>Área de pastagens por região BLUM .....</b>   | <b>37</b> |
| <b>Figura 8.</b>  | <b>Uso da terra para agropecuária e floresta comercial .....</b>                                       | <b>38</b> |
| <b>Figura 9.</b>  | <b>Emissões líquidas consolidadas nos cenários simulados .....</b>                                     | <b>42</b> |
| <b>Figura 10.</b> | <b>Emissões e remoções consolidadas nos cenários simulados .....</b>                                   | <b>42</b> |
| <b>Figura 11.</b> | <b>Regiões consideradas no Modelo de Uso da Terra para a Agricultura Brasileira – BLUM.....</b>        | <b>51</b> |
| <b>Figura 12.</b> | <b>Interações entre os produtos e setores no BLUM .....</b>  | <b>52</b> |

## Lista de Tabelas

|                  |  |           |
|------------------|--|-----------|
| <b>Tabela 1.</b> | <b>Emissões do setor AFOLU em 1990, 2005 e 2010 (MtCO<sub>2</sub>e).....</b>                           | <b>5</b>  |
| <b>Tabela 2.</b> | <b>Medidas de mitigação no CPG.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>Tabela 3.</b> | <b>Fatores de mudança no SOC .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>Tabela 4.</b> | <b>Oferta e demanda por produto (milhões de toneladas) .....</b>                                       | <b>15</b> |
| <b>Tabela 5.</b> | <b>Fontes/Sumidouros de GEE.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>Tabela 6.</b> | <b>Metas de estoque florestal por bioma (milhões de ha) .....</b>                                      | <b>31</b> |
| <b>Tabela 7.</b> | <b>Disponibilidade de área para expansão agropecuária: comparação<br/>entre cenários (mil ha).....</b> | <b>32</b> |
| <b>Tabela 8.</b> | <b>Produção agropecuária e florestal no CPG, MA1 e MA2.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>Tabela 9.</b> | <b>Emissões líquidas no CPG, MA1 e MA2.....</b>  | <b>39</b> |

## Lista de Quadros

|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| <b>Quadro 1.</b> | <b>Resumo CPG .....</b>                                       | <b>21</b> |
| <b>Quadro 2.</b> | <b>Resumo das políticas de mitigação CPG, MA1 e MA2 .....</b> | <b>23</b> |
| <b>Quadro 3.</b> | <b>Resumo dos cenários .....</b>                              | <b>41</b> |
| <b>Quadro 4.</b> | <b>MA1 em relação ao CPG .....</b>                            | <b>60</b> |
| <b>Quadro 5.</b> | <b>MA2 em relação ao CPG .....</b>                            | <b>60</b> |

## Lista de Siglas e Abreviações

|                   |  |
|-------------------|--|
| ABRAF             | Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas               |
| AFOLU             | <i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i>                          |
| ANPII             | Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes         |
| BLUM              | <i>Brazilian Land Use Model</i>  |
| C                 | Carbono  |
| CEC               | Comitê de Elaboração de Cenários   |
| CEPEA             | Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada                         |
| CGEE              | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos                                  |
| CH <sub>4</sub>   | Metano   |
| MA1               | Cenário de Mitigação Adicional1  |
| MA2               | Cenário de Mitigação Adicional 2   |
| CO <sub>2</sub>   | Gás Carbônico  |
| CO <sub>2</sub> e | Gás Carbônico equivalente  |
| CPG               | Cenário Plano Governamental  |
| CPI               | <i>Climate Policy Initiative</i>   |
| CTBE              | Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol                |
| EMBRAPA           | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                              |
| EPA               | <i>United States Environmental Protection Agency</i>                     |
| ESALQ             | Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz                           |
| FAO               | <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>           |
| FAPRI             | <i>Food and Agricultural Policy Research Institute</i>                   |
| FBN               | Fixação Biológica de Nitrogênio  |
| FEBRAPDP          | Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha                          |
| F <sub>I</sub>    | <i>Stock Change Factor for Input of Organic Matter</i>                   |
| F <sub>LU</sub>   | <i>Stock Change Factor for Land Use</i>                                  |
| F <sub>MG</sub>   | <i>Stock Change Factor for Management Regime</i>                         |
| GEE               | Gases de Efeito Estufa   |
| ha                | Hectare  |
| IBAMA             | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis |
| IBGE              | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                          |
| ICONE             | Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais            |

|                  |  |
|------------------|--|
| iLP              | Integração Lavoura Pecuária  |
| IMA              | Incremento Médio Anual   |
| INPE             | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  |
| IPCC             | <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>   |
| iPF              | Integração Pecuária Floresta   |
| kg               | Quilograma   |
| kWh              | Quilowatt hora   |
| LAPIG            | Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento   |
| LUC              | <i>Land Use Change</i>   |
| LULUCF           | <i>Land Use, Land Use Change and Forestry</i>  |
| MAPA             | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  |
| MAPITOBA         | Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia   |
| MCTI             | Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação   |
| MDL              | Mecanismo de Desenvolvimento Limpo   |
| MMA              | Ministério do Meio Ambiente  |
| MUT              | Mudança de Uso da Terra  |
| N <sub>2</sub> O | Óxido Nitroso  |
| OECD-FAO         | <i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>  |
| P&D              | Pesquisa e Desenvolvimento   |
| PAM              | Produção Agrícola Municipal  |
| Plano ABC        | Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura |
| PNAD             | Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios   |
| PNE              | Plano Nacional de Energia  |
| PNMC             | Política Nacional sobre Mudança do Clima   |
| PPCDAM           | Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal  |
| R\$              | Reais  |
| RFS2             | <i>Renewable Fuel Standard Program2</i>  |
| SOC              | <i>Soil Organic Carbon</i>   |
| SPD              | Sistema de Plantio Direto no Palha   |
| t                | Tonelada   |
| UA               | Unidade Animal   |
| UFMG             | Universidade Federal de Minas Gerais   |

US\$            Dólar  
USDA           *United States Department of Agriculture*  
USP            Universidade de São Paulo

## 1. AFOLU

O objetivo deste capítulo é estimar os níveis de atividade do setor agricultura, silvicultura e outros usos da terra (AFOLU, sigla em inglês de *agriculture, forestry and other land use*) e respectivas emissões/remoções de gases de efeito estufa (GEE), até 2030. As emissões englobam todas as atividades agropecuárias (excluída a energia utilizada, que é computada no setor energia) e emissões advindas do uso do solo, mudança de uso do solo e floresta.

Olhando para um futuro em que o Brasil e o mundo contam com a contribuição do setor agrícola em prover alimentos, bioenergia e fibras, as seguintes questões se colocam:

- É possível expandir a produção sem pressionar as emissões de AFOLU?
- É possível reduzir as emissões?
- Até que ponto? A que custo?
- Como políticas públicas e privadas e tecnologias podem influenciar esse processo?

No presente capítulo tentamos responder a estas questões por meio de simulação de possíveis cenários futuros para agricultura e uso da terra. Seguindo a metodologia adotada no estudo do IES Brasil, são construídos três cenários de emissão: o Cenário do Plano Governamental (CPG) onde são estimadas as emissões decorrentes da adoção das medidas de mitigação já previstas pelo governo em relação a uma evolução *Business as Usual*.

A partir do CPG, são simulados dois outros cenários com maiores níveis de mitigação: Cenário de Mitigação Adicional 1 (MA1) mais ousado que o CPG e Cenário de Mitigação Adicional 2 (MA2) mais ousado que o MA1<sup>1</sup>. As medidas de mitigação foram discutidas com o Comitê de Elaboração de Cenários (CEC) do projeto IES-Brasil.

Utilizou-se o modelo BLUM (*Brazilian Land Use Model*) como principal ferramenta na elaboração de tais cenários. O BLUM é um modelo econômico dinâmico de equilíbrio parcial, multirregional e multimercados para o setor agropecuário brasileiro composto por dois módulos: oferta e demanda e uso da terra. O módulo de oferta e demanda contempla produção, consumo, exportações líquidas e estoques dos principais produtos agropecuários. O módulo de uso da terra estima a área alocada para

---

<sup>1</sup> Houve simulações para cenários sem e com taxa de carbono sobre os combustíveis na modelagem macroeconômica (CMA1 e CMA1+T; CMA2 e CMA2+T). Como as diferenças entre eles foram desprezíveis (nenhum indicador teve variação superior a 2% em razão da adoção da taxa), optou-se por apresentar neste setor de AFOLU somente dois cenários: CMA1 e CMA2. Veja mais detalhes sobre taxas de carbono nos relatórios de macroeconomia.

cada um dos produtos modelados, assim como a área total utilizada para agricultura. Os resultados são obtidos para seis grandes regiões no Brasil.<sup>2</sup>

O BLUM foi ampliado para calcular as emissões de AFOLU seguindo as orientações de IPCC (2006). Utilizaram-se os parâmetros publicados para as atividades da Agricultura de modo que o modelo replica o inventário brasileiro para esse setor. No caso de uso do solo e mudança de uso do solo, o BLUM já contemplava um modelo de cálculo emissões (EPA, 2010; Harris *et al.*, 2009).

As estimativas do BLUM serviram de insumo para o modelo de equilíbrio geral utilizado neste estudo – o IMACLIM-BR<sup>3</sup> que descreve e simula a economia brasileira e é alimentado por modelos setoriais, combinando as abordagens de modelagem *top-down* e *bottom-up*, para avaliar as implicações macroeconômicas e sociais dos cenários de mitigação.

Como ambos os modelos necessitam apresentar anos base iguais, optou-se pela utilização do ano-base 2005, dado que são referentes a este ano os últimos resultados relativos à matriz insumo-produto brasileira divulgados pelo IBGE.

## 1.1. Apresentação do Setor

O setor agrícola é um dos principais setores da economia brasileira. O PIB do agronegócio totalizou 1,09 trilhões de reais em 2013 (CEPEA, 2014), representando 22% do PIB brasileiro. Dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (PNAD) indicam que havia 8,6 milhões de pessoas empregadas nas atividades agrícolas e 9,2 nas atividades não agrícolas, somando 17,8 milhões de empregos nas atividades agroindustriais em 2012.

O grau de instrução e renda é relativamente baixo no setor agrícola sendo próximo à média brasileira no setor agroindustrial. Há ainda uma grande diversidade de intensidade dos fatores mão de obra e capital entre as atividades agrícolas. Enquanto a lavoura de soja necessita de cerca de 5 empregos por 1000 toneladas, o mesmo indicador salta para 33 nas lavouras de arroz. Há ainda uma enorme diversidade em termos de produtividade e de *performance* econômica numa mesma lavoura (Alves *et al.*, 2006).

O Brasil é um dos principais atores mundiais em agricultura. Em 2014 o país foi o principal exportador mundial de açúcar, café, suco de laranja, carne bovina; segundo maior exportador de soja e seus derivados (farelo e óleo) e milho (USDA, 2015). Tal dinâmica se reflete na balança comercial brasileira.

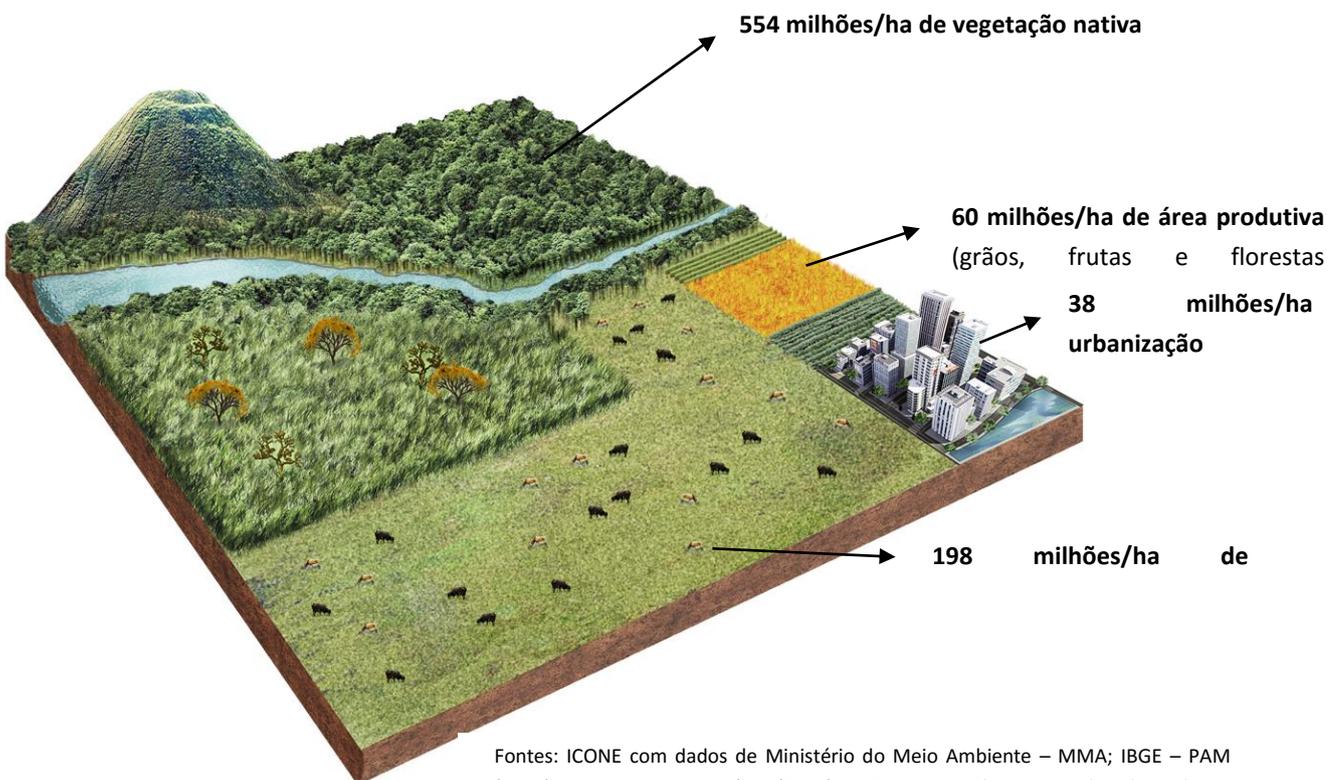
---

<sup>2</sup> Ver detalhes das regiões e metodologia do modelo BLUM no Anexo A.

<sup>3</sup> Ver detalhes no capítulo sobre macroeconomia.

Historicamente o agronegócio tem sido responsável por cerca de 40% de todas as exportações brasileiras, sendo o principal (praticamente único) responsável pelos saldos positivos da balança comercial (BRASIL.MAPA, 2015). Ainda no contexto internacional, espera-se que o Brasil contribua como um dos principais fornecedores de alimentos para um mundo em transição, com maior crescimento das economias emergentes (FAO, 2012).

Um retrato do uso da terra (Figura 1) estima que dos 851 milhões de ha do Brasil, 554 milhões são vegetação nativa (354 florestas e 200 milhões de ha em cerrado e outras vegetações). Da área não ocupada por vegetação nativa, cerca de 86% estão sob uso agropecuário. Cerca de 60 milhões de ha em agricultura e 198 milhões de ha em pecuária, sendo uma parcela significativa desta última reconhecidamente de baixa produtividade.



**Figura 1.** Retrato esquemático do uso da terra no Brasil

As áreas desmatadas foram ocupadas principalmente por pecuária na Amazônia, tendo uma participação maior de grãos nas áreas de Cerrado (Nassar et al. 2011; Moratória da soja, 2014; INPE, 2014). Muito embora as taxas e o padrão de desmatamento tenham mudado significativamente nos

últimos anos (CPI, 2013; Lapola et al., 2014; Macedo et al. 2014) a agricultura continua sendo o principal vetor de mudança de uso da terra no Brasil (Gibbs, H.K. et al., 2010, DeFries et al. 2010, Brando et al., 2013).

Diante dessa intersecção o presente estudo optou por tratar os setores agricultura e uso da terra em conjunto, no contexto do setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU).

No Brasil o setor AFOLU emitiu 694 milhões de tCO<sub>2</sub>e em 2010<sup>4</sup>, representando 50% das emissões brasileiras (BRASIL.MCTI, 2013; BRASIL.MCTI, 2014).

As principais fontes de emissões diretamente relacionadas à agricultura são associadas à emissão de CH<sub>4</sub> advinda da fermentação entérica de animais (particularmente bovinos); emissões de N<sub>2</sub>O em solos agrícolas, particularmente associadas à aplicação de fertilizantes nitrogenados; e emissões de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> fruto do processo de decomposição de dejetos animais. Há ainda emissões de CH<sub>4</sub> relacionadas à produção de arroz irrigado por inundação, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O na queima de cana-de-açúcar. Tais fontes estão relacionadas aos níveis de produção e técnicas agrícolas adotadas.

As emissões de uso da terra e mudança de uso da terra estão principalmente associadas a alterações nos estoques de carbono da biomassa e no solo. A mudança de uso do solo (particularmente o desmatamento) é a principal fonte de emissões. Inversamente, a expansão da área de florestas (particularmente florestas plantadas) tem sido a principal fonte de absorção de carbono.

Há ainda, variações de estoques de carbono sem necessariamente haver mudança de uso do solo. Esse é o caso, por exemplo, de emissão/remoção de carbono oriunda do empobrecimento/enriquecimento dos estoques florestais, assim como emissão/remoção de carbono no solo nos processos de degradação e recuperação de pastagens. Por simplificação o Inventário Nacional contabiliza apenas as emissões oriundas do desmatamento, florestamento e reflorestamento – MUT (Mudança de Uso da Terra) (Tabela 1).

A metodologia de cálculo de emissões adotada no presente estudo é bastante semelhante à adotada pelo MCTI, principalmente no que diz respeito às emissões agropecuárias. As diferenças mais significativas ocorrem em Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Floresta (LULUCF, sigla em inglês)<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Os valores de emissões do setor AFOLU para os anos 1990, 2000, 2005 e 2010 foram calculados a partir dos dados do 3º inventário brasileiro para agropecuária (MCTI, 2014) e das estimativas anuais de emissões de 2013 para LULUCF (MCTI, 2013). Optou-se por não atualizar os dados de LULUCF para o terceiro inventário pois o mesmo encontrava-se em revisão no momento da redação deste estudo.

**Tabela 1.** Emissões do setor AFOLU em 1990, 2005 e 2010 (MtCO<sub>2</sub>e)

| Fontes/Sumidouros                             | 1990  | 2005  | 2010 |
|---|-------|-------|------|
| <b>Emissões Médias Anuais de MUT*</b>         | 1.156 | 1.478 | 586  |
| <b>Remoções Médias Anuais de MUT *</b>        | -345  | -317  | -317 |
| <b>Calcário/Queima de Cana/Arroz Irrigado</b> | 17    | 21    | 25   |
| <b>Fermentação Entérica</b>                   | 173   | 235   | 237  |
| <b>Manejo de Dejetos</b>                      | 16    | 19    | 21   |
| <b>Solos Agrícolas</b>                        | 91    | 112   | 142  |
| <b>Total</b>                                  | 1.108 | 1.548 | 694  |

Fonte: MCTI (2013); MCTI (2014)

\* Mudança de Uso da Terra (desmatamento, florestamento e reflorestamento).

Embora as emissões ainda sejam significativas, deve-se reconhecer o esforço recente de mitigação das emissões neste setor desde 2005, quando as emissões totalizavam 1.548 milhões tCO<sub>2</sub>e, representando uma redução de 58% em apenas 5 anos.

Grande parte dessa conquista se deu via ações públicas para prevenção e controle do desmatamento como o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM), embora a variação de preços de *commodities* (grãos e carne) no mercado internacional e ações privadas tenham também influenciado na redução da expansão agrícola (Soares-Filho et al., 2010; Assunção, 2013).

Outro ponto importante que merece ser considerado é a capacidade da agricultura de expandir sua produção em escala muito maior que o aumento das emissões em razão de ganhos de produtividade como o milho safrinha, capaz de dobrar a produtividade quando implementado o sistema de rotação com soja e pecuária (Nassar e Moreira 2013; Martha *et al.*, 2011).

## 1.2. Considerações sobre a Modelagem

São três as principais considerações:

A primeira delas diz respeito ao desmatamento não relacionado à demanda de área pela agricultura, que não é modelado no presente exercício. Para essa questão, os pesquisadores compararam a expansão agrícola resultante do modelo BLUM (tomando custos e preços observados) com o

<sup>5</sup>A não inclusão de remoções de GEE em unidades de conservação e a consideração de variações de estoques de carbono no solo (recuperação de pastagens e sistemas agroflorestais) são as principais diferenças em LULUCF. Um detalhamento da metodologia de cálculo de emissões está disponível no Anexo II.

desmatamento acumulado nos biomas Cerrado e Amazônia no período 2005-2010. Os resultados do modelo foram similares ao desmatamento (aproximadamente 5% ligeiramente superiores). Embora tais resultados gerem certo conforto para o estudo, é importante considerar que a racionalidade que embasa o modelo é a da demanda de área para a agricultura, como descrito no Anexo I. Dessa forma o desmatamento resultado de especulação com terras públicas (grilagem), investimentos em infraestruturas e a pequena produção (assentamentos) não é explicitamente captado pelo exercício.

Adicionalmente a absorção de carbono por processos de acúmulo de SOC (sigla em inglês para carbono orgânico do solo) por mudança de manejo, principalmente na recuperação de áreas degradadas e sistemas agroflorestais, tem efeito significativo no cômputo total e emissões. Embora a literatura disponível ainda seja relativamente incipiente, decidiu-se por contabilizar tais fluxos, pois constituem boa parte das políticas de mitigação listadas pelo governo e solicitadas pelo CEC. Ressalta-se a importância de novos estudos em escala regional que ajude a balizar o cômputo de emissões/remoções em escala nacional. Encoraja-se também a discussão sobre a consideração de tais fontes e sumidouros nos próximos inventários nacionais de emissões de GEE.

Finalmente, é importante lembrar que não foi assumida nenhuma hipótese referente a possíveis impactos de mudanças do clima na agricultura. Embora já existam estudos sobre o tema (Assad e Pinto, 2008; Assad et al., 2013) restam dúvidas quanto a intensidade e extensão dos impactos (diferentes metodologias, diferentes cenários climáticos). Por ser um estudo focado em mitigação de emissões, decidiu-se concentrar esforços e desenhar cenários para estratégias de mitigação. Construir cenários de mitigação e adaptação simultaneamente fugiria ao escopo deste estudo.

## **2. Cenário de Plano Governamental (CPG)**

### **2.1. Perspectivas do Setor**

Embora haja alguma discrepância na intensidade, todas as projeções de longo prazo apontam forte aumento na demanda por produtos agrícolas brasileiros nos próximos dez anos (USDA, 2015; OECD-FAO, 2014; BRASIL.MAPA, 2014). Acredita-se ainda que essa tendência continuará forte além do horizonte decenal (FAO, 2012). As pretendidas políticas do setor energético voltadas ao etanol e biodiesel corroboram essa pressão de demanda e produção de produtos agropecuários (ver capítulo sobre energia).

Ao mesmo tempo, as taxas de crescimento da produtividade da agricultura brasileira têm desacelerado nos últimos anos, aproximando-se do ritmo de crescimento dos países desenvolvidos. Essa combinação poderia sugerir um retorno aos níveis de desmatamento observados nos primeiros anos após a virada do milênio, invertendo a tendência de queda de emissões do setor AFOLU.

Alguns indicadores apontam para uma direção diferente. A política de combate ao desmatamento parece ter encontrado mecanismos eficientes de comando e controle para redução do ritmo de desmatamento (Assunção, 2013), embora ainda faltem incentivos para eliminar o desmatamento (Nepstad et al., 2014). O setor produtivo tem desenvolvido maneiras de acomodar uma maior produção com uma mesma quantidade de área, dando-se destaque à capacidade de intensificação da pecuária, o que é um desafio enorme considerando a área de pastagem que ocupa quase 200 milhões de ha. A ampliação e o aprimoramento do sistema de milho de segunda safra possibilitaram aumentar a produção de milho ao mesmo tempo em que se reduziu a área dedicada a essa *commodity*.

Deve-se ainda dar destaque a duas legislações: o Plano ABC e o novo Código Florestal, aprovado em 2012. O Plano ABC, lançado em 2011 já se encontra suficientemente detalhado. Embora ainda não seja possível mensurar o grau de implementação do Plano (documento não disponível no período do estudo), ele apresenta mecanismos específicos de incentivo a práticas sustentáveis na agropecuária, com técnicas que melhoram a produtividade e mitigam emissões de GEE.

O novo Código Florestal, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa tende a influenciar a dinâmica de uso da terra no Brasil, com potencial para estimular a complementariedade entre produção agrícola e conservação. Não obstante, ainda faltam definições no que diz respeito ao total de áreas que deverão ser restauradas (Áreas de Preservação Permanente e áreas de Reserva Legal) e compensadas (no caso da Reserva Legal, evitando-se a conversão legal).

## 2.2. Premissas Utilizadas na Modelagem

As principais premissas consideradas no CPG são:

- A manutenção dos esforços ao combate ao desmatamento até e após 2020;
- A implantação do plano ABC, com alguma flexibilização dos prazos de implementação (sem extensão);
- Complementariedade entre metas de desmatamento e Código Florestal.
- Baixo impacto do novo Código Florestal sobre a dinâmica agrícola e disponibilidade de terras;

- Realinhamento de preços entre etanol e gasolina (essa questão é tratada também pelo grupo de energia e transportes);
- Ausência de mudanças tecnológicas significativas no que diz respeito ao etanol;
- Baixa participação do biodiesel no diesel (5% entre 2010 e 2013; 5,5% em 2014 e 7% a partir de 2015 até 2030);
- Manutenção de taxas baixas de ganho de produtividade na agricultura, sendo maiores na pecuária;
- Impactos de mudanças do clima sobre a produção agrícola não foram consideradas;
- O Brasil continua tendo um papel proeminente no mercado internacional de alimentos, fibras, tendo como referência as projeções da FAO;

As seguintes sugestões de membros do CEC não puderam ser atendidas:

- **Mensuração de emissões por degradação de florestas.** Estimativas sugerem que em anos com clima adverso, os estoques de carbono de florestas podem ser reduzidos em até 1.9 Pg quando comparado a anos sem redução severa de umidade (Nepstad et al., 2004). No momento de elaboração do estudo não havia metodologia disponível para simular/projetar variações de estoque de carbono nas florestas em função de eventos climáticos extremos. O desenvolvimento de tal modelagem para diferentes cenários de atividade agropecuária em 2030 foge ao escopo do estudo. Fica a recomendação de tal inclusão em aprimoramentos e continuidade do presente estudo.
- **Consideração de outras variáveis (obras de infraestrutura) que afetam o desmatamento, além da demanda por área agrícola.** Estudos identificam a obras de infraestrutura tais como estradas e construção de hidroelétricas como um dos principais vetores do desmatamento e degradação florestal (Soares Filho et al., 2005; Nepstad et al., 2014; Stickler et al. 2013). Assim como no caso de degradação de florestas, a metodologia necessária não se encontrava disponível no projeto. Vale ressaltar que as áreas desmatadas por outras causas mas que foram ocupadas por atividades agrícolas são computadas pelo modelo BLUM. Testes foram realizados para validação do modelo (período 2005-2010), que geraram resultados satisfatórios para os objetivos do estudo.
- **Implementação do Código Florestal.** A inclusão da implementação Código Florestal dependeria da declaração de premissas relativas à compensação e restauro, o que dependerá da finalização

do Cadastro Ambiental Rural e começo dos Programas de Regularização Ambiental. Como será visto adiante, a implementação do Código é tratada por medidas semelhantes no MA1 e MA2, porém fazendo uso de hipóteses simples.

### 2.3. Medidas de Mitigação Incluídas no CPG

A maior parte das medidas de mitigação consideradas no cenário CPG está relacionada ao Plano ABC. Algumas foram modeladas na íntegra e outras com alguma flexibilização. Outras medidas derivam das metas estabelecidas no setor energia e transportes. Também foram consideradas restrições à expansão da área agropecuária (Tabela 2).

**Tabela 2.** Medidas de mitigação no CPG

| Medidas de Mitigação (Milhões ha)          | 2010 | 2020 | 2025 | 2030 |
|--|------|------|------|------|
| Sistema de Plantio Direto                  | 31   | 40   | 43   | 46   |
| Fixação Biológica de Nitrogênio (milho)    | -    | 2    | 2    | 2    |
| Recuperação de Pastagem                    | -    | 10   | 15   | 16   |
| Sistemas Agroflorestais (iLP) <sup>6</sup> | -    | 3    | 4    | 4    |
| Manejo de Dejetos*                         | -    | 4    | 4    | 4    |
| Florestas Plantadas                        | 7    | 10   | 11   | 12   |
| Setor Sucroenergético**                    | 27   | 46   | 47   | 62   |
| Biodiesel**                                | 2    | 5    | 6    | 7    |

\* milhões de m<sup>3</sup>\*\* bilhões de litros (detalhes no capítulo de energia)

#### Medidas derivadas do Plano ABC

- **Sistema Plantio Direto na palha (SPD):**

O Sistema de plantio direto na palha (SPD) é uma técnica conservacionista que se baseia no mínimo revolvimento do solo, formação e manutenção de palhada e rotação de culturas. Estima-se que o plantio direto acumule cerca de 0,5 tonelada de carbono no solo por ha por ano. O Plano ABC estabelece como meta a expansão de 8 milhões de ha do Sistema Plantio Direto. Dada a dificuldade de identificar as áreas onde o Sistema de Plantio Direto<sup>7</sup> já é realizado com qualidade (em não apenas o Plantio Direto), optou-se por assumir que o SPD seria implantado em 100% da área de expansão de soja

<sup>6</sup> iLP: Integração Lavoura Pecuária

<sup>7</sup> Deve-se diferenciar o Plantio Direto do Sistema de Plantio direto na palha. Entende-se “plantio direto” como um SPD de baixa qualidade, que não contempla todos os requisitos dessa tecnologia (EMBRAPA, 2012a).

e milho de primeira safra. Tal área equivale no CPG a 8,3 milhões de ha (entre 2010 e 2020), sendo muito próxima à meta governamental.

- **Fixação biológica de nitrogênio:**

A fixação biológica de nitrogênio por meio do uso de inoculantes possibilita a redução significativa da aplicação de fertilizantes nitrogenados. As principais lavouras candidatas a essa tecnologia são soja e milho.

Para atingir uma produtividade de 3.000 kg/ha na soja, é necessário aplicar 240 kg de nitrogênio por há (Hungria, M. et al., 2001), enquanto com a fixação biológica de nitrogênio esse volume cai para menos de 10 kg de fertilizantes nitrogenados por ha. Trata-se de uma tecnologia dominante, sendo adotada em 100% da produção de soja (EMBRAPA, 2012b).

No caso do milho, a fixação biológica de nitrogênio com o uso de inoculantes ainda não é uma prática consolidada. A inoculação pode levar à economia de 25 kg de N-Fert/ha/ano (ANPII, 2012) no caso do milho. Considerando que cada 1 kg de N-Fert emite 8,15 kg CO<sub>2</sub>e (BRASIL.MCTI, 2010c), esta medida apresenta um potencial de mitigação de 203,75 kg CO<sub>2</sub>e/ha. A Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes reporta que esta tecnologia já é aplicada em 2 milhões de ha (ANPII, 2012).

Considerou-se no CPG a aplicação da tecnologia em 100% da área de soja, seguindo níveis de aplicação média por cada região. No caso do milho, considerou-se a manutenção dos 2 milhões de ha, com redução de aplicação conforme descrito no parágrafo anterior.

- **Recuperação de pastagens degradadas:**

A recuperação de pastagem tem a capacidade de evitar as emissões do pasto degradado, absorver carbono e aumentar a lotação de animais (U.A/ha). Por outro lado, há um aumento na aplicação de fertilizantes nitrogenados. Desconsiderando o aumento de emissões por conta da fermentação entérica (embora seja possível aumentar a lotação de animais, não deve assumir que o rebanho total irá aumentar), o potencial de mitigação chega a 8,48 tCO<sub>2</sub>e/ha/ano. No entanto, o Plano ABC considera emissões anuais em pastos degradados na ordem de 4,752 tCO<sub>2</sub>e/ha/ano (Observatório ABC, 2013), que não são contabilizados no inventário nacional de emissões.

A revisão de literatura realizada para o presente estudo verificou pouca convergência quanto aos parâmetros adequados para variação de estoque de carbono no solo (SOC) em recuperação de pastagens. Sendo assim, foi simulado um potencial de mitigação seguindo as recomendações do IPCC

(IPCC, 2006) e coeficientes de estoque de carbono no solo para o Cerrado estimado pelo Estudo de Baixo Carbono para o Brasil (De Gouvello et al., 2010) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Fatores de mudança no SOC<sup>8</sup>

| Condição da pastagem                  | FLU | FMG  | FI   |
|---------------------------------------|-----|------|------|
| Pastagem não degradada                | 1   | 1    | -    |
| Pastagem moderadamente degradada      | 1   | 0,97 | -    |
| Pastagem recuperada com <i>inputs</i> | 1   | 1,17 | 1,11 |

Fonte: IPCC (2006)

Considerando um SOC na vegetação nativa na região Centro Oeste de 40,10 tC/ha (De Gouvello et al., 2010), a transição de uma pastagem moderadamente degradada para uma pastagem recuperada com *inputs*, há uma absorção de 13,18 tC/ha após a estabilização do carbono no solo, o que equivale a 48,37 tCO<sub>2</sub>e/ha.

Ainda há pouca evidência que as metas de recuperação de pastagens nos moldes descritos acima serão cumpridas até o ano de 2020. Dessa maneira considera-se uma flexibilização dessa medida para o CPG. A meta original do Plano (15 milhões de ha) seria atingida em 2025, crescendo cerca de mais 500 mil ha até 2030.

Essa medida acarretará três efeitos indiretos: (i) redução da demanda de área para agricultura, (ii) variação do rebanho e (iii) maior demanda por fertilizantes. Os dois primeiros efeitos são captados dentro do setor AFOLU. O terceiro efeito deve ser captado pelo setor AFOLU e Industrial.

- **Sistema agroflorestais (iLP):**

O sistema agroflorestal, assim como a recuperação de pastagem, tem a capacidade de evitar as emissões do pasto degradado, absorver carbono e aumentar a lotação de animais (U.A/ha), embora exija um aumento na aplicação de fertilizantes nitrogenados.

O Plano ABC considera os mesmos valores de mitigação das pastagens degradadas para sistemas agroflorestais. O presente estudo buscou literatura complementar para fins deste cálculo. Foi simulado

<sup>8</sup> F<sub>LU</sub>: Fator de mudança no estoque para uso da terra; F<sub>MG</sub>: para manejo; F<sub>i</sub>: para entrada de matéria orgânica

um potencial de mitigação seguindo o *2006 IPCC Guidelines*, coeficientes utilizados por De Gouvello et al. (2010) e Maia et al. (2013).

Considerando um estoque de C no solo de vegetação nativa na região Centro Oeste de 40,10 tC/ha (De Gouvello et al., 2010), a transição de uma pastagem moderadamente degradada (38,90 t C/ha) para um sistema de integração lavoura pecuária (65,53 t C/ha), então há uma absorção de 26,63tC/ha, equivalente à 97,73 tCO<sub>2</sub>.

No CPG foram considerados os 4 milhões de ha de integração lavoura-pecuária (iLP) entre 2010 e 2025, em concordância com o Plano ABC. Considerou-se um sistema de 25% lavoura e 75% pastagens a cada ano (em sistema de rotação), ou seja, há substituição de pasto por lavoura em 1 milhão de ha e os outros 3 milhões de ha migram de um sistema com baixa tecnologia para média tecnologia.

- **Tratamento de Dejetos Animais:**

De acordo com o Plano ABC, o tratamento correto de efluentes decorrentes de animais estabulados contribui para redução de metano e também possibilita o aumento da renda dos agricultores. As duas principais vias são a compostagem ou energia produzida a partir do biogás. O mesmo plano estabelece como meta a ampliação do uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de m<sup>3</sup> de dejetos animais.

No presente estudo o foco foi o tratamento de dejetos suínos, assumindo os parâmetros de um projeto de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) do Instituto Sadia de Sustentabilidade e do Plano ABC. Buscou-se um projeto típico: uma granja com 800 cabeças, 2.000 m<sup>3</sup> de dejetos, o que resulta em uma mitigação 3.120 tCO<sub>2</sub>e/propriedade/ano.<sup>9</sup>

Considerou-se que a meta de 4,4 milhões de m<sup>3</sup>/ano de dejetos seria atingida em 2020, mantendo-se nesse mesmo nível até 2030.

- **Florestas Plantadas:**

A expansão de florestas plantadas é composta essencialmente por Pinus e Eucaliptos. Segundo o Relatório de Referência de Emissões de CO<sub>2</sub> no setor de LULUCF (BRASIL.MCTI, 2010e) o estoque médio

---

<sup>9</sup>Dada a existência de opiniões divergentes quanto a possibilidade de tais projetos serem capazes de gerar energia elétrica, os pesquisadores entraram em contato com a superintendência de recursos renováveis da Usina Binacional de Itaipu. Com base nas discussões decidiu-se manter a possibilidade de geração de eletricidade, ainda que pesem ressalvas.

de carbono em área de reflorestamento com Pinus é de 88tC/ha, com Eucalipto 49 tC/ha. Ponderando pela área de produção de cada uma delas (ABRAF, 2011) chega-se a uma média de 60tC/ha para o pinus e 217 tCO<sub>2</sub>e/ha para o eucalipto<sup>10</sup>.

Considerando a pastagem como uso prévio do solo, e um estoque médio de carbono de 11tC/ha ou 40 tCO<sub>2</sub>e/ha (Harris, N. et al., 2009), esta medida apresenta um potencial de mitigação de 177,17 tCO<sub>2</sub>e/ha<sup>11</sup>.

O Plano ABC estabelece como meta a expansão de 3 milhões de ha até 2020. Dessa forma, a área com florestas plantadas parte de 6,75 milhões de ha em 2010, chegando a cerca de 9,5 milhões de ha em 2020. Após esse período, considerou-se um crescimento marginal entre 2020 e 2030, chegando a 11,5 milhões de ha em 2030<sup>12</sup>.

Levando em consideração a expansão entre 2010 e 2030, o potencial de mitigação é de aproximadamente 841 milhões de tCO<sub>2</sub>e

### **Medidas derivadas da demanda do setor energético**

- **Setor sucroenergético:**

A demanda dos produtos do setor sucroenergético (etanol e bioeletricidade) foi modelada nos setores Transporte e Energia. O consumo de etanol é definido pelo setor de transportes. O consumo é então imputado no modelo BLUM, que calcula moagem de cana (considerando também a produção de açúcar), emissões agrícolas e de LULUCF. O excedente de eletricidade (exportado das usinas para o *grid*) é alinhado com as estimativas calculadas pelo setor energia.

O consumo doméstico e exportações líquidas de etanol foram inseridos exogenamente no BLUM, com base no cenário apresentado no Plano Nacional de Energia (PNE) 2050 e alinhado com os resultados dos modelos de transportes e energia. A produção deve atingir 62 bilhões de litros em 2030, sendo 57 bilhões de litros para consumo doméstico e 5 bilhões para exportação.

---

<sup>10</sup> Devido à falta de literatura disponível não foi considerada a variação de estoque de carbono no solo.

<sup>11</sup> Considerou-se que as florestas substituiriam pastagens não degradadas. Caso haja expansão de florestas sobre pastagens degradadas, a mitigação poderia ser mais alta.

<sup>12</sup> Vale ressaltar que a medida “sistemas agroflorestais” considerou o sistema ILP, de modo que não há sobreposição de área entre a presente medida e a medida mencionada no CPG.

- **Biodiesel:**

De maneira semelhante ao setor sucroenergético, a demanda por biodiesel é definida pelo setor de energia e transportes e imputada no setor AFOLU. No CPG considerou-se que até 2030 a política de mistura de diesel continuará em 7% e que o óleo de soja corresponde a 76% da oferta deste produto no mercado total. Outras fontes (sebo bovino, óleo de algodão, óleos residuais) devem suprir os 24% restantes.

#### **Limites para expansão da área agropecuária**

Além das medidas acima, estabeleceram-se limites máximos para a expansão da área agrícola. Embora não se possa assumir uma igualdade entre expansão da área agrícola e desmatamento (Macedo et al., 2014), com o objetivo de respeitar as metas do PNMC, o estudo assumiu que a expansão da área deveria ser menor ou igual ao limite de desmatamento estabelecido no Plano. Vale lembrar que a meta de redução de 80% dos índices anuais de desmatamento na Amazônia Legal em relação à média verificada entre os anos de 1996 a 2005; redução de 40% dos índices anuais de desmatamento no Bioma Cerrado em relação à média verificada entre os anos de 1999 a 2008.

## **2.4. Resultados Finais**

Os principais resultados de AFOLU para o CPG são apresentados em três perspectivas: oferta e demanda de produtos agropecuários, dinâmica de uso da terra e emissões.

### **Oferta e Demanda (Produtos Agropecuários)**

Os resultados apresentados na Tabela 4 para oferta e demanda por produto mostram que todos os produtos agropecuários crescerão de forma expressiva até 2030, puxados pelo consumo doméstico e das exportações líquidas.

A produção de grãos e oleaginosas (milho, soja, algodão, arroz, feijão, trigo e cevada) deverá crescer 111% entre 2010 e 2030, alcançando 312 milhões de toneladas. Destaque para o crescimento expressivo da segunda safra de milho, que hoje representa cerca de 57% da produção total e deve continuar crescendo até 2030 acompanhando a expansão de área de soja.

Para os produtos industrializados, como açúcar e etanol, o crescimento do primeiro será puxado pelas exportações, enquanto que o do segundo pelo consumo doméstico, como vem ocorrendo historicamente. O consumo doméstico de etanol deve crescer 4,4% ao ano no período projetado.

Já a produção de carnes de frango, bovina e suína, deve somar 37 milhões de toneladas em 2030, crescendo a 2,0% ao ano no período projetado. As exportações deverão crescer a uma taxa maior do que o consumo doméstico, a 3,6% ao ano.

**Tabela 4.** Oferta e demanda por produto (milhões de toneladas)

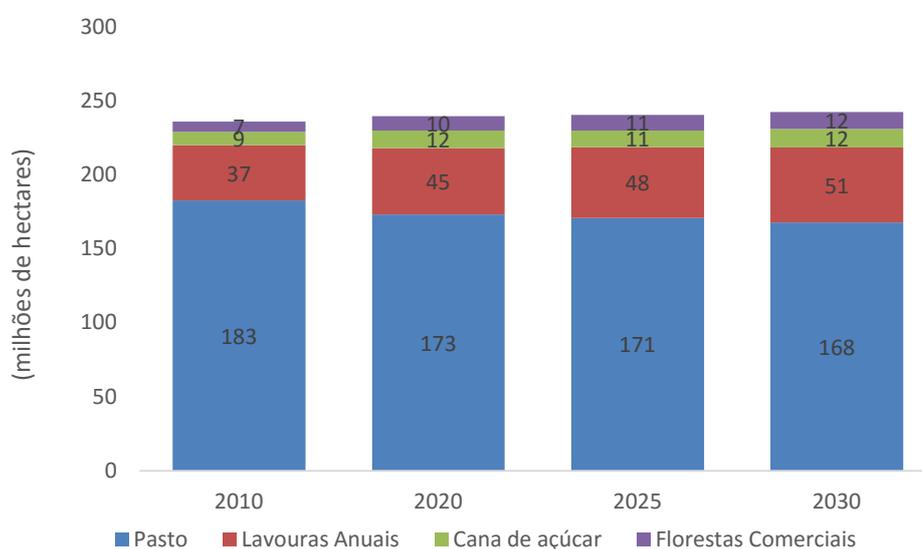
| Produto                       | Indicador            | 2005 | 2010 | 2030 | 2030 – 2010 |
|-------------------------------|----------------------|------|------|------|-------------|
| Grãos e Oleaginosas           | Produção             | 113  | 148  | 312  | 164         |
|                               | Consumo Doméstico    | 100  | 113  | 171  | 58          |
|                               | Exportações Líquidas | 18   | 35   | 141  | 105         |
| Farelo de Soja                | Produção             | 23   | 27   | 43   | 16          |
|                               | Consumo Doméstico    | 9    | 13   | 24   | 11          |
|                               | Exportações Líquidas | 14   | 14   | 19   | 5           |
| Óleo de Soja                  | Produção             | 6    | 7    | 10   | 4           |
|                               | Consumo Doméstico    | 3    | 5    | 9    | 3           |
|                               | Exportações Líquidas | 3    | 2    | 2    | 0           |
| Açúcar                        | Produção             | 26   | 38   | 54   | 16          |
|                               | Consumo Doméstico    | 10   | 11   | 14   | 4           |
|                               | Exportações Líquidas | 18   | 28   | 39   | 11          |
| Etanol*                       | Produção             | 16   | 27   | 62   | 35          |
|                               | Consumo Doméstico    | 14   | 26   | 57   | 31          |
|                               | Exportações Líquidas | 3    | 2    | 5    | 3           |
| Carnes bovina, suína e frango | Produção             | 21   | 25   | 37   | 12          |
|                               | Consumo Doméstico    | 16   | 19   | 25   | 6           |
|                               | Exportações Líquidas | 5    | 6    | 12   | 6           |

\*bilhões de litros

Fonte: dados do estudo

## Uso da Terra

De acordo com os resultados de uso da terra (Figura 2), a agropecuária e florestas plantadas demandarão uma área adicional de 7 milhões de ha em 2030 em relação a 2010, representando um desmatamento de mesma magnitude<sup>13</sup>. Na Figura 3, os mesmos resultados são apresentados por região BLUM<sup>14</sup>. As regiões Centro-Oeste Cerrado e Nordeste Cerrado (Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia – MAPITOBA) aumentarão a área plantada em 3 milhões de ha no período, enquanto que a região Norte Amazônia crescerá em 4 milhões de ha a área produtiva total. Vale destacar que a área total do Nordeste Litorâneo foi reduzida entre 2012 e 2013 em relação a 2010 e não se recuperou no período projetado.

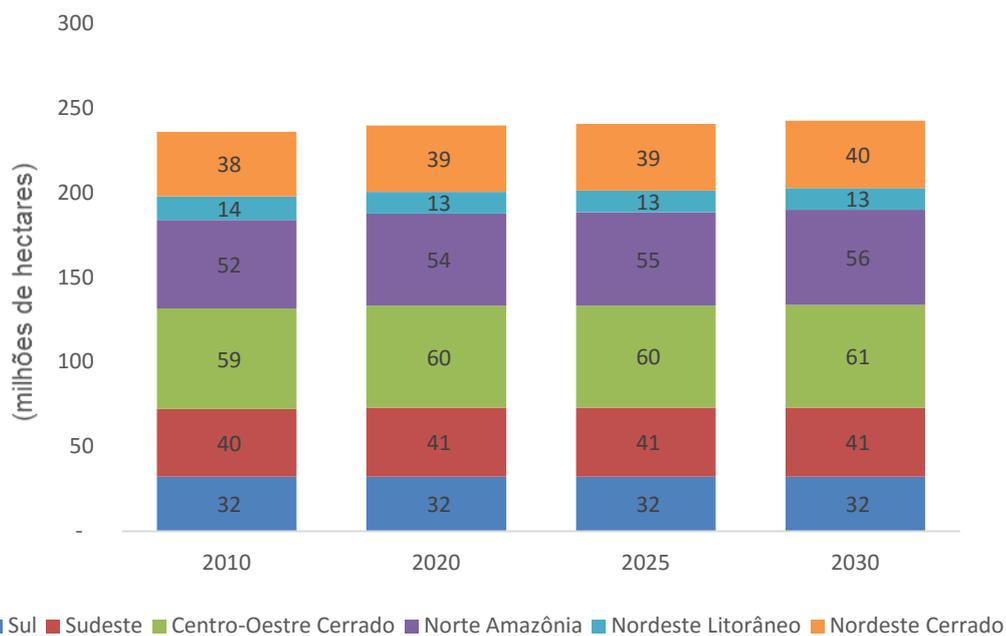


Fonte: dados do estudo

**Figura 2.** Uso da terra para agropecuária

<sup>13</sup> Como mencionado no Capítulo 1 é feita a hipótese que a expansão da área agropecuária e de florestas plantadas ocorre sobre áreas de vegetação nativa e pastagem, respectivamente.

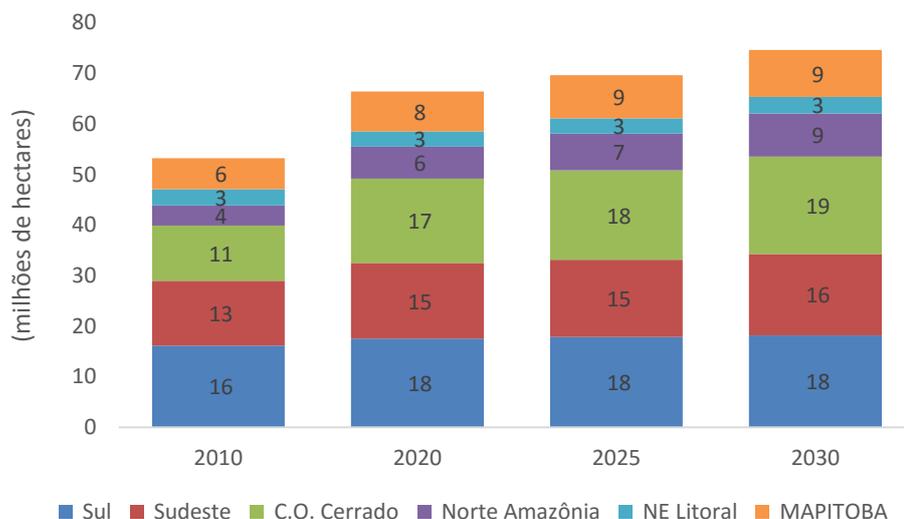
<sup>14</sup> Vide anexo A sobre as regiões BLUM.



Fonte: dados do estudo

**Figura 3.** Uso da terra para agropecuária por região

A alocação de área plantada para cada grupo produtivo está apresentada na Figura 4 (área de lavouras de verão e florestas plantadas) e Figura 5 (área de pastagens).



Fonte: dados do estudo

**Figura 4.** Área plantada de lavouras de verão ou primeira safra<sup>15</sup> e florestas plantadas (milhões de ha)

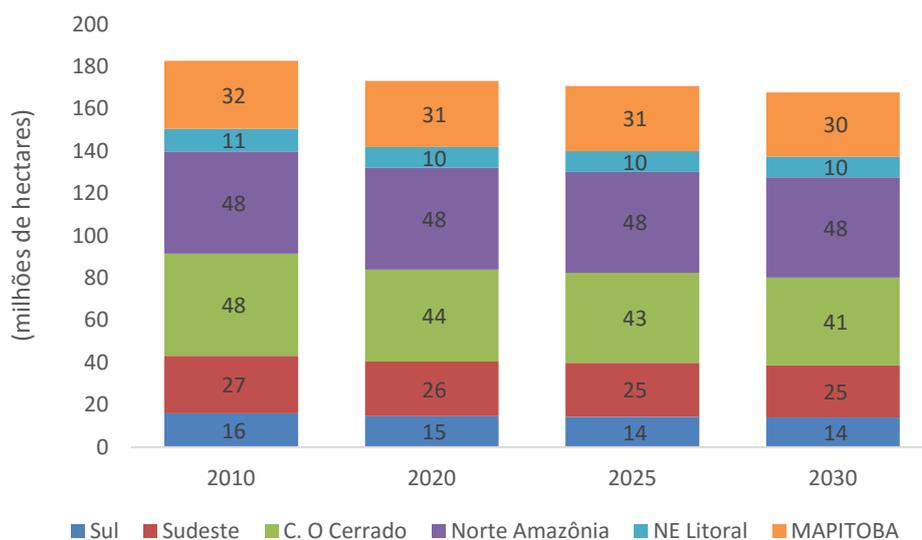
As áreas alocadas para lavouras e florestas plantadas deverão crescer 21 milhões de ha entre os anos de 2010 e 2030. As regiões Centro-Oeste Cerrado, Norte Amazônia e Nordeste Cerrado juntas representarão mais de 75% deste crescimento. Importante observar que o crescimento na região Norte Amazônia deverá ser no estado do Mato Grosso (regiões norte e leste do estado), especialmente na lavoura de soja substituindo pastagens de baixa produtividade. A Figura 5 mostra a evolução das áreas de pastagens.

Na medida em que a competição por terra entre lavouras, pastagens e florestas plantadas se torna fundamental para a expansão da produção, atividades de menor rentabilidade com potencial produtivo tendem a ceder área para atividades mais rentáveis. Isso ocorre principalmente com a pecuária extensiva de baixa tecnologia. Há também um grande potencial de recuperação de pastagens, o que melhora a produtividade média por ha e, aumentando a produção com menor área alocada para pasto. Foi considerado no CPG a recuperação de 15 milhões de ha de áreas de pastagens entre 2010 e 2025, corroborando para a substituição de outras áreas com baixa produtividade por lavouras.

<sup>15</sup> As lavouras de verão ou primeira safra consideradas foram: milho e feijão (1ª safra), soja, arroz e cana-de-açúcar. As lavouras de inverno ou de segunda safra não foram incluídas na alocação de área produtiva por se tratar de uma produção após uma lavoura principal dentro do mesmo ano-safra (milho e feijão 2ª safra, trigo e cevada).

Os resultados mostram que haverá redução na área total de pastagens de 15 milhões de ha, sendo substituído por lavouras e florestas plantadas. A região Centro-Oeste (com 8 milhões de ha de redução) lidera este processo de intensificação da produção pecuária.

Além da substituição de pastagens por lavouras e florestas plantadas, haverá 4 milhões de ha de integração lavoura-pecuária até 2030. A área de pasto de baixa tecnologia (até 45 kg/ha/ano de peso vivo) representou 45% da área total de pastagens em 2010 e será reduzida para 28% em 2030 (redução de 35 milhões de ha). A área de média tecnologia (de 45 a 90 kg/ha/ano de peso vivo) passará de 50% em 2010 para 65% em 2030, aumentando em 19 milhões de ha no período. Já a área considerada de alta tecnologia<sup>16</sup> (acima de 90 kg/ha/ano) deverá aumentar a participação para 7% em 2030, alcançando 12 milhões de ha, 1,5 milhões de ha adicionais em relação a 2010 (Figura 5).



Fonte: Dados do estudo.

**Figura 5.** Área alocada para pastagens

Por fim, para o CPG considerando o Plano ABC combinado com os resultados do setor industrial e de energia, a área alocada para florestas plantadas deverá alcançar 11,5 milhões em 2030, sendo boa parte deste crescimento voltado para fins energéticos (produção de carvão vegetal e lenha) e expansão da produção de papel e celulose.

<sup>16</sup> Vale ressaltar que a categorização tecnológica da pecuária é aderente à realidade brasileira, não sendo possível a comparação direta com outros países.

Do ponto de vista de emissões, observa-se uma redução significativa daquelas relacionadas à mudança de uso da terra e florestas. Como colocado anteriormente, a demanda adicional por área pela agricultura nas projeções é atenuada pelo ganho de eficiência das pastagens.

As medidas do Plano ABC que acumulam carbono no solo (SOC) como recuperação de pastagens, sistemas agroflorestais (iLP) e plantio direto são apresentados individualmente. As emissões referentes ao uso de fertilizantes das mesmas medidas foram contabilizadas em “solos agrícolas”.<sup>17</sup>

Os resultados indicam uma absorção de carbono equivalente a 134 milhões de tCO<sub>2</sub>e /ano em 2015, chegando a 166 em 2020. A absorção de carbono nos quinquênios seguintes passa a cair (137 e 72 milhões de tCO<sub>2</sub>e/ano em 2025 e 2030, respectivamente).<sup>18</sup>A descontinuidade dos incentivos do Plano ABC é o maior responsável pela redução da absorção de carbono na segunda década projetada, o que ressalta a necessidade de renovação e aprimoramento do Plano.

As emissões de AFOLU não relacionadas aos estoques de carbono (tradicionalmente classificados em Agricultura) continuam crescendo ao longo do período projetado, porém em ritmo mais lento que a média histórica. O crescimento do rebanho e a aplicação de fertilizantes nitrogenados continuam a representar a parte mais significativa dessas emissões (Tabela 5).

**Tabela 5.** Fontes/Sumidouros de GEE

| Fontes/ Sumidouros de GEE<br>(Milhões de tCO <sub>2</sub> e) | 1990         | 2005         | 2010       | 2020       | 2025       | 2030       |
|--|--------------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| Emissões Média Anuais de MUT                                 | 1.156        | 1.478        | 586        | 175        | 98         | 170        |
| Remoções Média Anuais de MUT                                 | -345         | -317         | -317       | -1         | 0          | -1         |
| Florestas Plantadas  | *            | *            | *          | -60        | -31        | -31        |
| Calcário/Queima de Cana/Arroz Irrigado                       | 17           | 21           | 25         | 20         | 20         | 20         |
| Fermentação Entérica   | 173          | 235          | 237        | 246        | 247        | 253        |
| Manejo de Dejetos  | 16           | 19           | 21         | 11         | 12         | 13         |
| Solos Agrícolas  | 91           | 112          | 142        | 162        | 168        | 178        |
| Sistema de Plantio Direto na palha                           | 0            | 0            | 0          | -22        | -24        | -23        |
| Recuperação de Pastagem                                      | 0            | 0            | 0          | -48        | -48        | -5         |
| Sistemas Agroflorestais (iLP)                                | 0            | 0            | 0          | -26        | -26        | -4         |
| <b>Total de Emissões Líquidas AFOLU</b>                      | <b>1.108</b> | <b>1.548</b> | <b>694</b> | <b>456</b> | <b>415</b> | <b>570</b> |

\*consideradas dentro de Remoções Médias de MUT

Fonte: MCTI (2013); MCTI (2014) para anos 1990, 2005 e 2010. Dados do estudo para projeções.

<sup>17</sup>Embora nos CECI a CEC4, os resultados fossem separados em LULUCF e Agricultura, os membros do CEC orientaram a dar enfoque da análise às fontes e sumidouros de carbono. Tal abordagem ajudaria a entender melhor a interdependência entre agricultura e uso da terra.

<sup>18</sup>Vale ressaltar que, atualmente, as remoções/emissões de carbono por recuperação/degradação de pastagens não são contabilizadas no Inventário Nacional LULUCF.

Devem-se ressaltar os efeitos indiretos da recuperação de pastagens degradadas. A migração de pastagens de baixa tecnologia para média tecnologia (assumindo essa migração como *proxi* para recuperação de pastagens) tem impactos significativos na dinâmica de uso solo.

A migração de sistemas significa a adoção de um novo pacote tecnológico que inclui correção e fertilização do solo, melhoria na genética do animal, suplementação alimentar, maior rigor no calendário de vacinas, entre outros. Embora existam diferenças regionais pode-se dizer que tal migração aumenta a produtividade em mais de 150%.

Dessa maneira, a migração de 15 milhões de ha de pasto de baixa para média tecnologia sinaliza um alívio na demanda por terra de cerca de 23 milhões de ha, resultando na redução do ritmo de expansão da fronteira agrícola. Tal efeito pode ser facilmente percebido pela contínua redução das emissões de LUC, que volta a crescer após 2025, a partir de quando não há mais políticas voltadas para recuperação de pastagens (Tabela 5).

**Quadro 1.** Resumo CPG

| Subsetor   | 2005         | 2030       |
|--|--------------|------------|
| <b>Nível de Atividade (Biomassa)</b>             | 1            | 2,79       |
| <b>Nível de Atividade (Agropecuária)</b>         | 1            | 2,59       |
| <b>Emissões (Número Índice)</b>                  | 1            | 0,36       |
| <b>Emissões Totais AFOLU (MtCO<sub>2</sub>e)</b> | <b>1.548</b> | <b>570</b> |

O CPG para AFOLU já apresenta resultados bastante interessantes em termos de trajetória de emissões. Mesmo com um aumento expressivo na produção de alimentos, fibras e combustíveis, as emissões anuais totais de AFOLU caíram de 1.548 para 570 milhões de tCO<sub>2</sub>e/ano entre 2005 e 2030. Grande parte dessa redução ocorre pela redução do ritmo de expansão da fronteira agrícola, e acúmulo de estoques de carbono no solo (recuperação de pastagens e sistemas agroflorestais (iLP) e na vegetação (florestas plantadas).

Tais resultados ressaltam a relevância das medidas que foram colocadas como premissas para o CPG (como o Plano ABC, que já possui medidas de mitigação até 2020). Nesse sentido, avaliar os esforços para verificar a implementação dessas medidas, o que exige aprimorar a capacidade de contabilizar as emissões e remoções das práticas adotadas, é uma demanda que deve ser parte dos esforços brasileiros na agenda de clima.

Adicionalmente, o CPG evidencia que há espaço para demandas simultâneas por produção e preservação, abrindo espaço para ações de mitigação que exijam maior produção agrícola, tais como ampliação de uso biocombustíveis líquidos e/ou sólidos. Tais medidas tendem a ter resultados mais eficientes se combinadas com medidas de ganho de eficiência na agropecuária e consequente redução do desmatamento.

### 3. Cenário de Mitigação Adicional (MA)

Como apontado anteriormente, o setor AFOLU já apresenta grande potencial de redução de emissões, mesmo no CPG. Dessa maneira, os Cenários de Mitigação Adicional representam a manutenção e ampliação e aprimoramento das medidas listadas no CPG.

Outro ponto marcante desse setor é a existência de custos de mitigação baixos ou até mesmo negativos quando medidos em US\$/tCO<sub>2</sub>e. Parte disso é explicada pela forma de cálculo dos custos, que não considera custos ocultos tais como nível de formação e capacidade gerencial, grau de conhecimento das diferentes tecnologias disponíveis, disponibilidade de crédito, dificuldades logísticas, além das incertezas relacionadas à tecnologia. Nessa linha, é factível que medidas com custo negativo não ocorram no CPG em função de custos ocultos e falhas de mercado. Nos MAs algum tipo de intervenção ou incentivo é necessário.

#### a) Medidas consideradas nos MAs

Para as medidas de mitigação derivadas do Plano ABC, buscou-se na medida do possível, ater-se aos parâmetros de custos e potencial de mitigação do Plano. Em alguns casos, ajustes foram necessários. As medidas referentes à imposição de limites para expansão agropecuária são alterações das metas de desmatamento do PNMC. Elas foram desenvolvidas pelo CEC (grupo AFOLU). As medidas referentes a florestas plantadas e biocombustíveis tiveram elaboração conjunta nos setores indústria, transporte, energia e AFOLU. O Quadro 2 lista as medidas de mitigação adotadas nos três cenários.

**Quadro 2.** Resumo das políticas de mitigação CPG, MA1 e MA2

| Medida  | CPG EM2030   | MA1 EM 2030   | MA2 EM 2030  |
|---|--|---|--|
| <b>Nome</b>   | -  | Valores adicionais ao CPG   | Valores adicionais ao CPG  |
| <b>Sistema Plantio Direto<sup>i</sup></b>   | 100% área soja+milho 1ª safra  | 0%  | 0%   |
| <b>Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)<sup>ii</sup></b>   | 2014 até 2030: 2,0 milhões de ha   | 100% da área milho 1ª safra   | 100% da área milho 1ª safra  |
| <b>Manejo de Dejetos Suínos<sup>iii</sup></b>   | 4,4 milhões de m <sup>3</sup> de dejetos   | 4,4 milhões de m <sup>3</sup> de dejetos  | 4,4 milhões de m <sup>3</sup> de dejetos   |
| <b>Recuperação de Pastagem</b>  | 15,5 milhões de ha   | 4,5 milhões de ha   | 2026 até 2030: 4,5 milhões de ha   |
| <b>Sistemas Agroflorestais</b>  | 4,2 milhões de ha (ILP)  | 1,8 milhões de ha (IPF)   | 1,8 milhões de ha (IPF)  |
| <b>Florestas Plantadas<sup>iv</sup></b>   | 11,5 milhões de ha   | 0,2 milhões de ha   | 2,4 milhões de ha  |
| <b>Área ocupada pela agropecuária<sup>v</sup> (235,9 milhões de ha em 2010)</b>                                   | 242,2 milhões de ha  | - 0,8 milhão de ha  | - 7,8 milhões de ha  |
| <b>Restauração Florestal da Mata Atlântica</b>  | -  | -   | 9,7 milhões de ha <sup>vi</sup>  |
| <b>Produção de Etanol de Cana (produção, inclusive exportação constante de 5 bilhões de litros)</b>               | 62 bilhões de litros em 7,5 milhões de ha  | 10 bilhões de litros em 1 milhão de ha  | 17 bilhões de litros em 1 milhão de ha (7 bilhões de 2G)   |
| <b>Produção de Biodiesel (inclui exportação de 1,9 bilhão de litros no MA1 e de 3,5 bilhões de litros no MA2)</b> | 6,5 bilhões de litros (4,9 bi a partir do óleo de soja e 1,6 bi a partir de outras fontes) | 3,0 bilhões de litros (1,5 bi a partir do óleo de soja e + 1,5 a partir de outras fontes) | 5,4 bilhões de litros (2,4 a partir do óleo de soja e 3,0 a partir de óleo de dendê e outras fontes) |

- I. Área de expansão de soja e milho verão.
- II. Inoculante para milho. A área equivale a 3,8 milhões de ha no MA1 e 2,6 milhões de ha no MA2.
- III. 2.245 propriedades (CPG) e 4.490 propriedades (MA1 e MA2).
- IV. Florestas de espécies de crescimento rápido para fins comerciais com área incluída nos valores totais de agropecuária. Nos MA1 e MA2 devem-se somar às áreas de florestas dos sistemas agroflorestais para obter a área adicional total.
- V. A área ocupada é um resultado do modelo de demanda por área agrícola.
- VI. Restauro da Mata Atlântica, em face das metas de manutenção dos estoques florestais.

## **b) Medidas sugeridas pelo CEC mas não modeladas**

### **Sistema de Plantio Direto na palha:**

OSPD foi considerado em 100% da área de expansão de milho e soja no CPG. Dessa maneira não há possibilidade de ampliar o alcance dessa tecnologia na área de expansão nos MAs. Segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha 95% da área de soja e milho verão utilizam técnicas de Plantio Direto (FEBRAPDP, 2012 apud Observatório ABC, 2013). No entanto não há dados disponíveis do percentual de plantio direto de qualidade, nos moldes do SPD. Por esse motivo adotou-se a opção conservadora de não mensurar a substituição do plantio direto tradicional por plantio direto eficiente.

### **Fixação Biológica de Nitrogênio – Soja:**

A fixação biológica de nitrogênio (soja), assim como o sistema de plantio direto, é uma medida de mitigação contemplada no Plano ABC que já é adotada em praticamente 100% da área de soja (EMBRAPA, 2012b). Sendo assim, não foi considerada medida de mitigação adicional. O baixo nível de aplicação de fertilizante nitrogenado na soja já reflete essa tecnologia.

### **Manejo de florestas públicas:**

Não houve tempo hábil para o próprio encaminhamento desta medida. Valores preliminares foram apresentados no Webinar com o CEC do dia 12/08/2014, porém adaptações e pesquisa complementar significativa seriam necessárias para adequada simulação da medida. Decidiu-se focar esforços e recursos do projeto em outras medidas, com maior potencial de impacto.

### 3.1. Cenário de Mitigação Adicional 1(MA1)

#### 3.1.1. Medidas de Mitigação Previstas no CPG cujo Alcance Foi Ampliado

Grande parte das medidas de mitigação consideradas no CPG foi ampliada e/ou estendida no MA1. O detalhamento por medida é apresentado individualmente nos parágrafos que seguem.

##### **Fixação biológica de nitrogênio:**

Como mencionado nos itens anteriores a fixação biológica de nitrogênio para a soja foi considerada tecnologia preponderante e aplicada em 100% da área de soja no CPG, não constituindo uma medida de mitigação adicional.

No caso da fixação biológica de nitrogênio nas lavouras de milho, a hipótese no CPG era de que a área ficaria limitada à área já existente em 2014 (2 milhões de ha). No MA1 foram considerados que os 2 milhões de ha em 2014 se expandiriam para 100% da área de milho primeira safra em 2030. O padrão tecnológico e capacidade de mitigação por ha é o mesmo do CPG.

Assumiu-se um investimento em P&D e extensão de R\$ 50 milhões nos 5 primeiros anos que viabilizaria a tecnologia. Esse valor é similar ao previsto no Plano ABC (BRASIL.MAPA, 2012). A fase de operação teria um custo (dose + aplicação) de R\$ 12/ha<sup>19</sup> (Comunicação pessoal com CEC) e uma economia com fertilizantes nitrogenados de R\$ 46/ha, levando a um custo de mitigação negativo de – US\$ 23/tCO<sub>2</sub>e. Vale ressaltar que a tecnologia ainda se encontra em fase de demonstração e que o risco de investimento não foi contabilizado.

##### **Manejo de dejetos animais:**

Foi considerado no MA1 que a expansão da adoção de sistemas de manejo de dejetos seria mantida após 2020. Dessa maneira estima-se 2245 propriedades em 2020 e 4490 propriedades em 2030. Ou seja: um adicional de 2245 propriedades comparado ao CPG. O sistema de tratamento de dejetos considerado é o mesmo do CPG. Assumiu-se um investimento de US\$ 38.900/propriedade, um custo adicional de US\$ 5.500/propriedade/ano e uma economia na eletricidade de US\$ 1.900/propriedade/ano, levando a um custo de mitigação de US\$ 1,1/tCO<sub>2</sub>e.

---

<sup>19</sup>Para facilitar a interpretação do leitor, os custos são apresentados em valores atuais quando em R\$. Os custos em US\$/tCO<sub>2</sub>e foram trazidos a R\$ de 2005 e depois convertidos a US\$.

### **Recuperação de Pastagens degradadas:**

No CPG considerou-se a recuperação de 15 milhões de ha em 2025, crescendo cerca de mais 500 mil ha até 2030. Para os MA1 foram considerados 15 milhões de ha em 2025 e 20 milhões de ha em 2030, adicional de 5,0 milhões de ha comparado ao Cenário de do Plano Governamental. Assim, o potencial de mitigação até 2030 chega a 217 milhões de tCO<sub>2</sub>e a mais que no CPG.

Assumindo um investimento médio de R\$ 853/ha com base em comunicação pessoal demembros do CEC, um custo adicional de R\$ 188/ha (para manutenção da qualidade do pasto) e uma receita adicional (aumento da lotação) de R\$ 252/ha, levando a um custo de mitigação de US\$ 2,12/tCO<sub>2</sub>e.

### **Sistemas Agroflorestais (iLP e iPF):**

No CPG considerou-se 4 milhões de ha de integração lavoura pecuária (iLP) em 2025 com pequeno crescimento até 2030. Para o MA1 e MA2, foram considerados 4 milhões de ha em 2025 (iLP) e um adicional de 2,0 milhões de ha de integração pecuária floresta (iPF). O potencial de mitigação é acrescido em cerca de 106 tCO<sub>2</sub>e/ha quando considera-se o sistema Pecuária-Floresta dado o estoque de biomassa das florestas plantadas<sup>20</sup>. Assim, o potencial de mitigação até 2030 chega a 367 milhões de tCO<sub>2</sub>e.

Assumiu-se um investimento de R\$ 1.903/ha, um custo anual de R\$ 297/ha e uma receita média anual (aumento da lotação + madeira) de R\$ 1.391/ha, levando a um custo de mitigação de – US\$ 10,6/tCO<sub>2</sub>e<sup>21</sup>. Vale ressaltar que uma das principais dificuldades é encontrar projetos onde as condições locais permitam tal integração.

Essa medida acarretará numa redução de área necessária para expansão de área para utilização de produtos florestais, incluindo carvão vegetal e lenha. Este efeito indireto não está contabilizado no valor acima, pois é considerado na modelagem dos setores industrial e energia.

### **Florestas Plantadas:**

No CPG considerou-se 6,75 milhões de ha em 2010, 9,75 milhões em 2020 chegando a 11,5 milhões em 2030. Essa área não está consorciada com sistemas agroflorestais (iLP). Em 2030 a área exclusivamente

---

<sup>20</sup> Assumimos que sistema de integração pecuária floresta tem estoque de biomassa equivalente a 3/5 dos sistemas de florestas plantadas tradicionais (Neto, S.N.O. et al., 2010).

<sup>21</sup> Estimativas com base nos sistemas recuperação de pastagens e silvicultura (Preço do eucalipto em pé).

com florestas plantadas chega a 11,67 milhões de ha no MA1. Potencial de mitigação adicional entre 2010 e 2030, sem contabilizar a mitigação das florestas do sistema agroflorestal (iPF), é de aproximadamente 29 milhões de tCO<sub>2</sub>e a mais que no CPG. O potencial de mitigação adicional de áreas com florestas (intergeração pecuária floresta + florestas plantadas não consorciadas) é portanto de 396 (367 + 29) milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e.

A área total para oferta de madeira é dada pelo somatório das florestas plantadas e dos sistemas agroflorestais (iPF). Ao somar a área não consorciada com a área de florestas em sistemas agroflorestais (iPF), obtém-se um total de 12,75 milhões de ha em 2030 MA1<sup>22</sup>. Essa área seria suficiente para zerar a demanda de carvão vegetal não proveniente de florestas plantadas. Dada a simultaneidade de ações de mitigação, não foi possível individualizar a contribuição da expansão de florestas plantadas para a redução do desmatamento.

Os valores dos investimentos e custos anuais foram baseados nos dados de Bacha, C.J.C. et al. (2014) para São Paulo no ano de 2010<sup>23</sup>. Foi considerado um ciclo de sete anos e um incremento médio anual (IMA) de 40m<sup>3</sup>/ano. O investimento é constituído pelos gastos com o plantio (insumos, mudas, operações com máquinas e mão de obra) e os custos anuais com a manutenção (insumos e mão de obra). O custo de colheita não foi contabilizado, sendo assim, no cálculo da receita considerou-se o preço da madeira em pé.

### **Setor sucroenergético:**

Duas mudanças essenciais ocorrem na produção do setor sucroenergético entre CPG e MA1: o volume de produção de etanol e tecnologia adotada.

No que diz respeito ao volume total de produção, considerou-se que a produção de 62 bilhões de litros de etanol do CPG passaria para 72 bilhões no MA1 (Setor de energia e transporte). O consumo interno expandiria em 10 bilhões de litros enquanto as exportações seriam mantidas em cinco bilhões de litros. A substituição de gasolina por etanol é tratada no capítulo do setor de transportes.

---

<sup>22</sup>O que implica numa formação de estoque de carbono de 290 milhões de t de C entre 2010 e 2030.

<sup>23</sup>Houve divergência em relação aos valores de investimento e custo na produção de florestas plantadas utilizados no estudo. Para alguns membros do CEC os de Bacha et al (2014) estão abaixo da realidade de mercado. Outros apresentaram valores similares. Os valores foram então revisados e confrontados com outras fontes privadas de dados. Conclui-se que os valores inicialmente propostos apresentaram robustez suficiente para serem mantidos como valor de referência, devendo ser alertado, porém, que custos podem variar significativamente.

Do ponto de vista tecnológico, passou-se a considerar o aproveitamento de palha como combustível adicional. No MA1 considerou-se que 50% da palha seria retirada do campo para ser convertida em bioeletricidade, gerando um excedente de 162 kwh/t de cana (CTBE,2010; CTBE, 2011).

Os seguintes parâmetros foram respeitados como limites superiores para a taxa de penetração das novas tecnologias: 3% da moagem total ao ano (*retrofit*) + 100% de adoção da nova tecnologia na moagem adicional.

### **Biodiesel:**

De maneira semelhante ao setor sucroenergético, a demanda por biodiesel é definida pelo setor energético e de transportes. A demanda por biodiesel no MA1 em 2030 é de 7,6 e a exportação de 1,9 bilhões de litros por ano.

Atualmente o óleo de soja é a principal matéria prima para a produção de biodiesel no Brasil e espera-se que ele mantenha essa predominância em todos os cenários. No entanto, os volumes projetados nos cenários são significativos, podendo gerar distúrbios nos mercados de farelo e soja em grão. Dessa maneira consideramos que a participação do óleo de soja no biodiesel total caia dos atuais 75% para 68% no MA1. A lacuna entre óleo de soja e produção de biodiesel total será suprida por óleo de palma e outras matérias primas residuais, comogorduras animais, óleo de algodão e óleo de fritura.

- **Limites para área sob agropecuária**

O CPG considerou que a expansão da área ocupada pela agropecuária não poderia ser maior que os limites estabelecidos pelo PNMC. Como visto naquele cenário, a expansão de área simulada foi menor que o limite da meta em todos os biomas. Para o MA1foi estabelecido um limite mais rígido, no qual a expansão de área deveria ser menor ou igual ao simulado no CPG.

### **3.1.2. Novas Medidas de Mitigação**

Não foram incluídas medidas adicionais.

## 3.2. Cenário de Mitigação Adicional 2 (MA2)

### 3.2.1. Medidas de Mitigação Previstas no MA1 cujo Alcance foi Ampliado.

Todas as medidas do MA2 são de alguma forma derivadas das medidas de mitigação apresentadas no MA1. Algumas são replicações exatas das medidas. Outras são a mesma medida aplicada a contextos diferentes. Finalmente, algumas medidas foram alteradas entre MA1 e MA2.

As medidas de manejo de dejetos animais e recuperação de pastagens, assim como a de sistemas agroflorestais (iLP e iPF) são idênticas às apresentadas no MA1.

#### **SPD (sistema de plantio direto na palha) e FBN (fixação biológica de nitrogênio):**

O SPD e a FBN obedecem a mesma premissa que no MA1 (100% da área de soja e milho primeira safra e 100% da área de soja, respectivamente), mas as áreas dessas lavouras mudam entre os cenários. Isso leva a um potencial de mitigação diferente no MA1 e MA2.<sup>24</sup>

#### **Florestas Plantadas**

As florestas plantadas não consorciadas em sistemas agroflorestais (iPF) chegam a uma área de 13,9 milhões de ha<sup>25</sup> em 2030 (2,4 milhões de ha adicionais ao CPG). Essa área adicional corresponde a um acúmulo de estoque de carbono da ordem de 427,3 milhões de tCO<sub>2</sub>e adicionais ao CPG.

Quando somada a área de florestas em sistemas agroflorestais (iPF), chega-se a uma área equivalente a 15 milhões de ha. Essa medida acarretará numa redução das emissões pela utilização do carvão vegetal em substituição ao carvão mineral, assim como geração de eletricidade a partir de biomassa. Tais medidas são consideradas nos setores indústria e energia.

#### **Setor sucoenergético:**

A produção total de etanol do MA2 é de 79 bilhões de litros, 7 bilhões de litros a mais que no MA1. O consumo doméstico passa de 67 bilhões de litros no MA1 para 74 bilhões de litros no MA2. As

---

<sup>24</sup> Mais detalhes estão disponíveis no anexo metodológico.

<sup>25</sup> Formação de estoque de carbono entre 2010 e 2030 de aproximadamente 398 milhões de toneladas de C.

exportações se mantêm em cinco bilhões de litros. O nível de produção considerado é extremamente ambicioso e deve requerer sinais claros de incentivo ao setor.

Assumiu-se que tecnologia de segunda geração se tornaria viável e passaria a ser incorporada paulatinamente nas novas usinas de etanol a partir de 2018. A produção de etanol 2G em 2030 seria equivalente à expansão (7 bilhões de litros). O padrão produtivo de tais plantas difere do MA1 e CPG. As usinas construídas ou reformadas a partir de 2018, seriam capazes de gerar 63 kWh/t de cana, 90 litros de etanol com tecnologia de primeira geração, além de 20 litros de etanol 2G via fermentação de hexoses (CTBE, 2010; CTBE, 2011). Os investimentos e potencial de mitigação são detalhados no capítulo de transportes.

### **Biodiesel:**

A demanda de biodiesel para consumo e exportação no MA1 e MA2, em 2030, foi respectivamente de 9,5 e 11,9 bilhões de litros por ano.

Os volumes demandados levariam o mercado de soja e seus subprodutos a uma situação de stress, sendo provável uma maior participação de outras matérias primas. Consideramos que a participação do óleo de soja no biodiesel total caia dos atuais 75% para 68% e 61% nos MA1 e MA2, respectivamente. A lacuna entre óleo de soja para biodiesel e produção de biodiesel total foi preenchida por outras matérias primas e dendê no MA1. No MA2, consideramos uma expansão maior da área de dendê, passando de 415 no MA1 para 830 mil ha no MA2, respectivamente.

O MA2 assume o mesmo padrão produtivo que o MA1, ocupando áreas de pastagens de baixa produtividade na região Norte-Amazônia. Assim o MA2 apresenta um potencial de mitigação via estoque de carbono de 73,3 mil tCO<sub>2</sub>e até 2030.

### **Restrições para área agrícola:**

No MA2 a restrição para área agropecuária deriva de uma meta para estoques florestais para fins de conservação. A meta de estoques florestais, sugerida pelos membros do CEC após o CEC2, é constituída por um conjunto de metas individuais para cada bioma brasileiro. As metas são estabelecidas como percentual dos estoques florestais originais por bioma. As principais motivações para o estabelecimento das metas são sinteticamente listadas a seguir:

- 80% na Amazônia: necessidade de manter grande maciço florestal para manter a bomba biótica que alimenta as chuvas no centro sul.
- Mata Atlântica (33%) e Cerrado (35%): manter ou recuperar cerca de um terço de cobertura florestal.
- Caatinga (50%): manter cobertura florestal num ambiente muito sujeito a processos de desertificação.
- Pampa (20%) e Pantanal (60%) – preservar basicamente a formação existente.

As metas também foram balizadas pelas parcelas de Reserva Legal que devem ser preservadas em cada bioma.

Como a última informação consolidada de estoques florestais disponível no momento da execução do presente estudo faz referência aos estoques existentes em 2002 (BRASIL.MCTI, 2010e), e tendo havido significativa dinâmica no uso do solo em alguns biomas, buscou-se atualizar os dados. Os principais resultados e fontes são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Metas de estoque florestal por bioma (milhões de ha)

| Bioma          | Meta em 2030 | Estoque em 2002 | Sem restrição para expansão (em 2014) | Fontes para atualização   |
|----------------|--------------|-----------------|---------------------------------------|---|
| Amazônia       | 335          | 346             | 1,4                                   | INPE – Prodes (2014); INPE – Terraclass (2010)                                    |
| Cerrado        | 72           | 80              | 19*                                   | IBAMA (2011); Sano, E.E. et al. (2007); LAPIG (2014)                              |
| Mata Atlântica | 37           | 37              | -9,7                                  | Sparovek, G. et al. (2011); SOS Mata Atlântica & INPE (2014); BRASIL.MCTI (2010e) |
| Caatinga       | 43,4         | 46,4            | 3                                     | -   |
| Pantanal       | 9            | 9,2             | 0,2                                   | -   |
| Pampa          | 3,8          | 3,6             | 0,2                                   | -   |

\*Não foi possível identificar estoque florestal atual no bioma cerrado.

Fonte: Dados do estudo

A coluna Meta em 2030 indica a estimativa de cobertura florestal necessária para atingir a meta estabelecida pelo CEC. Na coluna Estoque em 2002 são apresentadas as áreas com cobertura florestal, conforme apresentado no Segundo Inventário Brasileiro de GEE (BRASIL.MCTI, 2010e). A área sem restrição para expansão é uma estimativa da área sem restrições edafoclimáticas ou legais em

comparação com a meta de estoques florestais. Valores positivos nessa coluna indicam que a área sem restrições edafoclimáticas ou legais é maior que a meta de estoques florestais, podendo haver expansão da área agropecuária no bioma. Valores negativos indicam que há necessidade de reduzir a área agropecuária para atender a meta de estoques florestais.

As metas de estoques florestais em cada bioma foram imputadas como um limite à expansão agropecuária, levando à necessidade de restauro florestal no bioma Mata Atlântica. Não foi possível quantificar o estoque atual de remanescentes com fitofisionomia florestal no Cerrado. Nesse caso, decidiu-se restringir a área sem restrições para expansão com base na expansão observada no CPG. Os demais biomas foram pouco afetados pela meta de estoques florestais. Pampa e Pantanal têm metas de estoque muito similares aos estoques atuais. Na Amazônia, parte da meta de estoque poderia ser atingida via regeneração natural em áreas com vegetação secundária indicada em INPE (2014).<sup>26</sup>

Os resultados por bioma foram reorganizados segundo região BLUM.<sup>27</sup> Na Tabela 7 são apresentadas as áreas disponíveis para expansão agrícola.

**Tabela 7.** Disponibilidade de área para expansão agropecuária: comparação entre cenários (mil hectares)

| Região BLUM          | Área de vegetação disponível em 2014 e 2030* (CPG) | Área de vegetação disponível em 2030 para o MA1 | Área vegetação disponível em 2030 para o MA2 |
|----------------------|--|---|--|
| Sul                  | 2.081  | 159   | -2.892                                       |
| Sudeste              | 4.324  | 394   | -3.984                                       |
| Centro-Oeste Cerrado | 8.872  | 1.116   | 166  |
| Norte Amazônia       | 16.108   | 1.384   | 1.202  |
| Nordeste Litorâneo   | 68   | 66  | -1.102                                       |
| Nordeste Cerrado     | 12.066   | 3.826   | 3.300  |
| <b>Total Brasil</b>  | <b>43.519</b>                                      | <b>6.946</b>                                    | <b>-3.310**</b>                              |

\*como não há restrições no CPG, a disponibilidade em 2014 é a mesma para 2030.

\*\*valores negativos indicam além da impossibilidade de expansão, a necessidade de restauração florestal

Fonte: dados do estudo.

<sup>26</sup> Há divergência quanto a possibilidade de áreas de vegetação secundária da Amazônia recuperarem os estoques originais. Nesse sentido vale a argumentação de que a meta de cobertura florestal não garante a meta de estoques florestais.

<sup>27</sup> Ver nota técnica sobre modelo BLUM em Anexo.

Registrrou-se a necessidade de redução da área agrícola total nas regiões do BLUM com área de Mata Atlântica (Sul, Sudeste e Nordeste Litorâneo)<sup>28</sup>. Embora a região Centro Oeste cerrado tenha predominância do bioma Cerrado também há uma área expressiva do bioma Mata Atlântica, cujo restauro é necessário para o atingimento da meta. Dessa maneira a disponibilidade de área é reduzida em quase um milhão de ha no MA2, se comparado ao MA1.

A região Nordeste Cerrado também apresenta parcelas de Caatinga e Mata Atlântica, além do próprio Cerrado. A área de Caatinga possibilita que a região tenha a maior área apta disponível para expansão entre todas as seis regiões.

Considerou-se que seria possível restaurar 7,2 milhões de ha de Mata Atlântica até 2025 e 9,7 milhões de ha em 2030. Essa dinâmica caracteriza o restauro como uma medida de ambição muito elevada. Devem contribuir para tal ambição mecanismos de incentivo à implementação do Código Florestal, além de outras políticas públicas e privadas.

Os 9,7 milhões de ha foram distribuídos por UF, proporcionalmente aos respectivos passivos. Por conta de variadas condições edafoclimáticas, cada UF apresenta diferentes fatores de remoção ( $tCO_2/ha/ano$ ) quando ocorre restauro florestal (Harris, N. et al., 2009). Para o presente estudo utilizaram-se os fatores de remoção publicados por UF em De Gouvello *et al.* (2010). O valor médio no Brasil foi de aproximadamente  $11 tCO_2/ha/ano$ <sup>29</sup>. Assim, o potencial de mitigação até 2030 chega a 942 milhões de  $tCO_2e$  durante o período.

Não foi possível mensurar o custo de proteção da manutenção dos estoques florestais, de modo que o mesmo foi imposto com restrição mandatória à expansão agrícola. Dessa maneira o custo desta medida se concentrou no investimento necessário para o restauro (bioma Mata Atlântica) e perda de receita derivada da redução da área dedicada à produção pecuária.

Existe uma diversidade enorme de modelos de restauro na Mata Atlântica, com custos variando significativamente por modelo e por região. Uma revisão completa dos custos de restauro foge ao escopo do presente estudo. Assumiu-se um investimento médio por região publicado em Rodrigues

---

<sup>28</sup> Vale ressaltar que o presente estudo tem como objetivo analisar apenas as emissões de GEE. Outras medidas ambientais importantes, tais como biodiversidade, não foram abordados.

<sup>29</sup> Diferentemente do desmatamento, no caso dos estoques de carbono fruto de restauro, decidiu-se contabilizar apenas as absorções de carbono que ocorrem durante o período de análise. O tempo necessário para que a vegetação nativa retorne ao estado natural é incompatível com o período em análise (podendo ser muito maior em vários casos). Não é possível identificar áreas significativas de restauro florestal no período anterior ao do estudo que estejam acumulando carbono durante o período de estudo.

(2013) chegando a uma média nacional de R\$ 10.010/ha<sup>30</sup>. Dados os valores descritos acima, o custo de mitigação da medida foi então calculado em US\$ 11/tCO<sub>2</sub>.

### 3.2.2. Novas Medidas de Mitigação

Não foram consideradas novas medidas de mitigação.

## 4. Análise Comparativa dos Cenários CPG, MA1, MA2

Os principais resultados dos cenários de mitigação adicional referentes ao setor AFOLU são apresentados a seguir. Para fins de comparação e análise, também são apresentados os valores observados dos anos 2005 e 2010 (idênticos para todos os cenários), e simulações do CPG para os anos 2020 e 2030. Os resultados são apresentados em três grupos: produção dos principais produtos da agropecuária brasileira, dinâmica no uso da terra e emissões de GEE.

### 4.1. Produção Agropecuária e Florestal

Assim como observado no CPG, a produção de todos os produtos agropecuários crescerá de forma significativa até 2030 nos dois cenários de mitigação por conta da forte demanda por biocombustíveis, pois os produtos relacionados ao etanol (cana de açúcar) e biodiesel (soja) terão aumento ainda maior quando comparados ao CPG.

Os produtos do setor sucroalcooleiro, com exceção do açúcar, apresentaram as maiores diferenças entre os cenários. A moagem de cana de açúcar em 2030 chegará a 1,1 bilhão de toneladas no CPG, aumento de 80% em relação a 2010. Nos MA1 e MA2, esse valor chegará a 1,2 bilhão de toneladas, crescimento de 100%.

O etanol alcançará 62 bilhões de litros em 2030 no CPG. Nos cenários MA1 e MA2 estes valores deverão chegar a 72 e 79 bilhões, respectivamente, aumento de 164% e 190% em relação a 2010. Vale lembrar que foi considerado que toda a produção adicional de etanol no MA2 seria feita pela rota de segunda geração, não necessitando de moagem adicional.

---

<sup>30</sup>Reconhece-se a existência de outros sistemas de restauração, podendo haver inclusive exploração econômica. Esse porém não foi foco do presente estudo.

O açúcar não apresentou diferenças significativas entre cenários. Em 2030, deverá chegar a aproximadamente 54 milhões de toneladas em todos os cenários, um crescimento de 42% comparado à 2010.

Os subprodutos da soja, como o farelo e o óleo, também apresentaram diferenças consideráveis entre os cenários. A produção de farelo de soja no CPG em 2030 chegará a 43 milhões de toneladas, um crescimento de 58% em comparação à 2010. No MA1 e MA2 a produção deverá chegar a 44 e 45 milhões de toneladas, respectivamente.

O crescimento da produção do óleo de soja acompanha a evolução do farelo, no CPG, em 2030, alcançará 10 milhões de toneladas, aumento de 50% em relação a 2010. Nos cenários de mitigação 1 e 2 a produção chegará a 11 milhões de toneladas.

Os grãos (milho, soja, algodão, arroz, feijão, trigo e cevada) não apresentaram diferenças significativas entre os cenários. Em 2030, a produção deverá chegar em 312 milhões de toneladas no CPG, já nos cenários MA1 e MA2 os valores chegarão em 317 e 316 milhões de toneladas.

Os valores da pecuária demonstram o resultado da intensificação das pastagens. A produção de carne em 2030 deverá chegar a aproximadamente 37 milhões de toneladas em todos os cenários, um crescimento de 48% comparado a 2010. Entretanto, os valores de rebanho (bovino) nos cenários de mitigação, em 2030, são menores em relação ao governamental. Neste, o rebanho chegará a 220 milhões de cabeças, já nos cenários de mitigação adicional 1 e 2 deverão alcançar 214 e 215 milhões de cabeças, respectivamente (Tabela 8).

**Tabela 8.** Produção agropecuária e florestal no CPG, MA1 e MA2

| Produção<br>(milhões de toneladas) | 2010 | Plano Gov. |      | MA1   | MA2   |
|------------------------------------|------|------------|------|-------|-------|
|                                    |      | 2020       | 2030 | 2030  | 2030  |
| Grãos                              | 148  | 230        | 312  | 315   | 316   |
| Farelo de soja                     | 27   | 34         | 43   | 44    | 45    |
| Óleo de soja                       | 7    | 8          | 10   | 11    | 11    |
| Etanol*                            | 27   | 46         | 62   | 72    | 79    |
| Açúcar                             | 38   | 44         | 54   | 54    | 54    |
| Moagem de cana                     | 620  | 896        | 1119 | 1.240 | 1.241 |
| Produtos madeireiros**             |      | 390        | 460  | 510   | 600   |
| Carnes                             | 25   | 31         | 37   | 37    | 37    |
| Rebanho Bovino***                  | 210  | 216        | 220  | 215   | 216   |

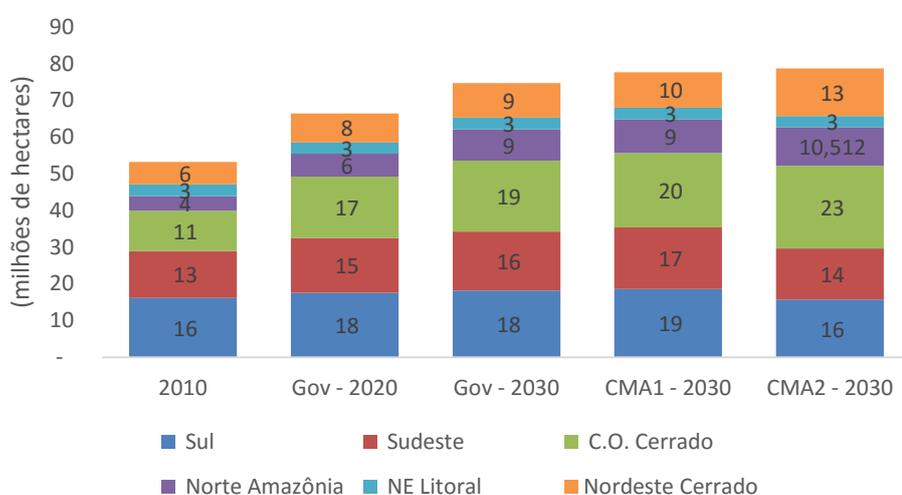
\*Bilhões de litros \*\*mil m<sup>3</sup> \*\*\*Milhões de cabeças

Fonte: dados do estudo.

## 4.2. Dinâmica no Uso da Terra

Buscando maior concisão do texto, os resultados da dinâmica de uso da terra são apresentados apenas uma vez para cada cenário de mitigação adicional<sup>31</sup>.

A área de agricultura (lavouras anuais de primeira safra, cana-de-açúcar e palma), que já cresce significativamente no CPG tem uma expansão ainda maior nos Cenários de Mitigação Adicional (Figura 6).



Fonte: dados do estudo.

**Figura 6.** Área de agricultura e florestas plantadas

No CPG, a área demandada para agricultura e florestas plantadas será de 75 milhões de ha em 2030, crescimento de 21 milhões de ha em relação a 2010.

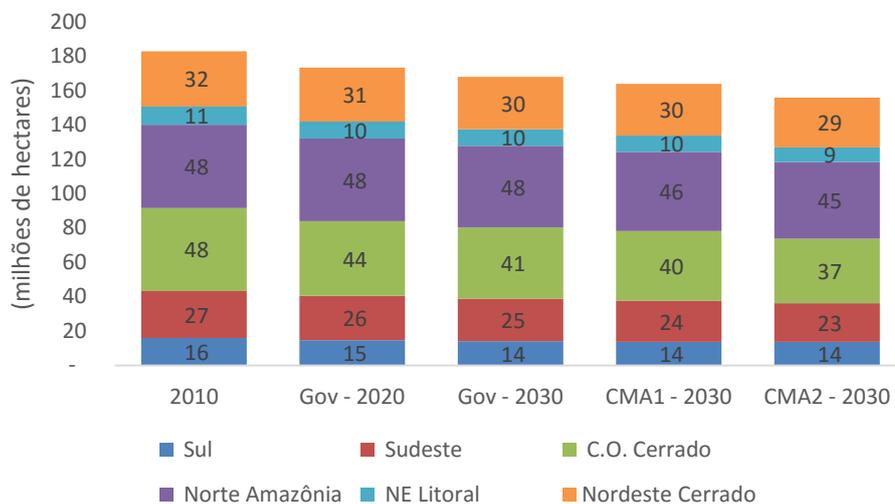
O cenário MA1 demandará 77 milhões de ha para produção agrícola e florestal em 2030, aproximadamente 2,6 milhões a mais que no CPG. Esse crescimento reflete as demandas adicionais por etanol, biodiesel (soja e palma), além da demanda adicional por lenha e carvão vegetal e outros produtos florestais.

<sup>31</sup> As figuras e tabelas foram montadas com os valores dos cenários de taxa de carbono. Como dito, não há diferença significativa entre fechamentos do mesmo cenário.

No cenário MA2, a área alocada para agricultura e florestas plantadas será de 78 milhões de ha, pouco maior que o MA1. Este aumento foi ocasionado essencialmente pela maior demanda de produtos florestais e de biodiesel.

É importante observar que as metas de estoque florestal e consequente necessidade de restauro da Mata Atlântica, levou a uma reorganização da produção agrícola. As regiões Sul e Sudeste registram as maiores retrações da agricultura. A produção foi realocada nas regiões de cerrado (Centro-Oeste Cerrado e MAPITOBA) e, em menor intensidade no Norte-Amazônia<sup>32</sup>. Deve-se notar que a realocação da agricultura não significa expansão da fronteira agrícola, uma vez que essa deve analisada em conjunto com a dinâmica da pecuária.

A Figura 7 ilustra a dinâmica da pecuária, que responde as pressões por maior produção agrícola simultaneamente às metas de conservação. A região Centro-Oeste registra a maior redução nas áreas de pastagens, refletindo a maior demanda por terra da agricultura. Vale lembrar a importância da recuperação de pastagens degradadas como vetor da intensificação agropecuária, já comentada nos capítulos anteriores.



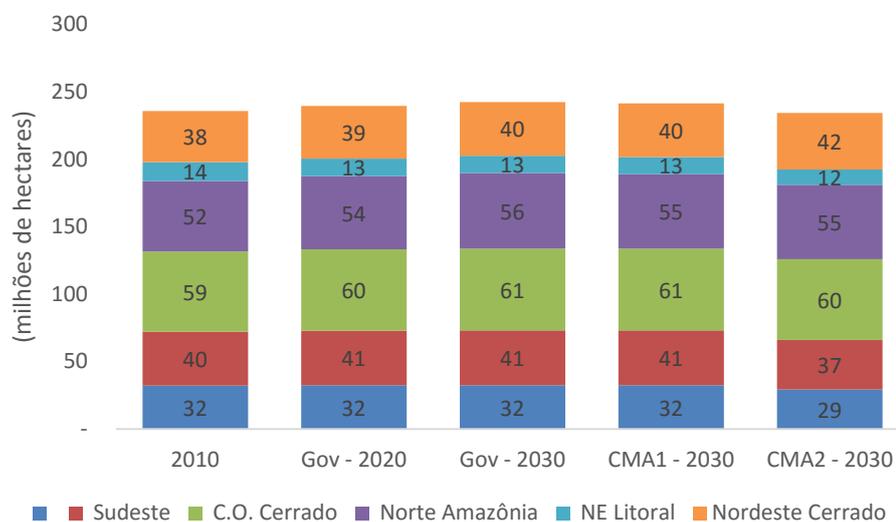
Fonte: dados do estudo.

**Figura 7.** Área de pastagens por região BLUM

<sup>32</sup>É possível que a realocação forçada da produção agrícola de áreas mais produtivas para áreas de menor produtividade também tenham contribuído para uma maior expansão da área agrícola, porém esse efeito é bastante limitado.

Em 2030, no CPG, a área destinada para o pasto é estimada em 168 milhões de ha, 15 milhões a menos em relação a 2010. Já para MA1 e MA2, os valores passam para 164 e 156 milhões de ha, respectivamente. Isso representa uma redução de 19 e 27 milhões de ha quando comparado à 2010.

A demanda por área para as atividades agropecuárias – lavouras anuais de primeira safra (51 milhões de ha), cana de açúcar (12 milhões), e pastagem (168 milhões) – e das florestas plantadas (11 milhões) deve alcançar 242 milhões de ha em 2030, no CPG. No mesmo ano, as simulações indicam redução da área total para 240 e 232 no MA1 e MA2, respectivamente (Figura 8).



Fonte: dados do estudo.

**Figura 8.** Uso da terra para agropecuária e floresta comercial

No MA1, a agropecuária e as florestas plantadas demandarão 2 milhões de ha a menos que no CPG (ambos em 2030). A redução da demanda por área é ocasionada principalmente pela intensificação da pastagem e pela dificuldade que a região Nordeste Litorâneo em recuperar área agrícola após a forte seca nas safras 2010/11 e 2011/12.

No MA2 a área ocupada pela agropecuária é ainda menor. Em 2030 a agropecuária (219 milhões de ha) e as florestas plantadas (15 milhões) demandarão 234 milhões de ha, isso significa 8 milhões de ha a menos quando comparado ao CPG. O restauro da Mata Atlântica foi a principal causa da retração na demanda por terra. A intensificação da pastagem também contribuiu significativamente para esta diminuição.

### 4.3. Emissões em Cada Cenário

O setor AFOLU emitiu 694 milhões de tCO<sub>2</sub>e em 2010. As medidas de mitigação adotadas no estudo permitem observar emissões líquidas consideravelmente menores.

Em 2030, no CPG, o setor emitiria 571 milhões de tCO<sub>2</sub>e, uma diminuição de 20%. Nos cenários MA1 e MA2 os valores passam para 410 e 249 milhões de tCO<sub>2</sub>e, respectivamente, redução de 43% e 65% (Tabela 11).

**Tabela 9.** Emissões líquidas no CPG, MA1 e MA2

| Atividades/Medidas de Mitigação<br>(milhões de tCO <sub>2</sub> e) | 1990         | 2010       | CPG        |            | MA1        | MA2        |
|--|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|  |              |            | 2020       | 23030      | 2030       | 2030       |
| Emissões Média Anuais de MUT                                       | 1.156        | 586        | 175        | 170        | 126        | 115        |
| Remoções Média Anuais de MUT                                       | -345         | -317       | -1         | -1         | -3         | -7         |
| Calcário/Queima de Cana/Arroz Irrigado                             | 17           | 25         | 20         | 20         | 21         | 20         |
| Fermentação Entérica de Bovinos                                    | 173          | 237        | 246        | 253        | 247        | 248        |
| Manejo de Dejetos  | 16           | 21         | 11         | 13         | 6          | 6          |
| Solos Agrícolas  | 91           | 142        | 162        | 178        | 179        | 181        |
| Sistema de Plantio Direto  | 0            | 0          | -22        | -23        | -25        | -24        |
| Recuperação de Pastagem  | 0            | 0          | -48        | -5         | -48        | -48        |
| Sistemas Agroflorestais**  | 0            | 0          | -26        | -4         | -39        | -39        |
| Florestas Plantadas não consorciadas                               | *            | *          | -60        | -31        | -53        | -93        |
| Restauração da Mata Atlântica                                      | 0            | 0          | 0          | 0          | 0          | -111       |
| <b>Total de Emissões Líquidas AFOLU</b>                            | <b>1.108</b> | <b>694</b> | <b>456</b> | <b>570</b> | <b>410</b> | <b>249</b> |

\*consideradas dentro de Remoções Médias de MUT.

\*\* CPG: integração lavoura pecuária; MA1 e MA2: integração lavoura pecuária e integração pecuária floresta

Fonte: MCTI (2013); MCTI (2014) para anos 1990 e 2010 e Dados do estudo.

No setor AFOLU boa parte da mitigação está relacionada à variação de estoques de carbono no solo e na biomassa (mudança de uso da terra, recuperação de pastagem, sistemas agroflorestais, florestas plantadas e restauração da Mata Atlântica). As florestas plantadas são a principal atividade responsável pelo acúmulo de estoques de carbono no MA1. No MA2 a principal variação de estoque está relacionada ao restauro da Mata Atlântica<sup>33</sup>.

<sup>33</sup> Cerca de 50% dos estoques em IPF estão relacionados à parte florestal. Ao se contabilizar o estoque total em pinus e eucalipto (florestas consorciadas em não consorciadas com pastagens), esse sumidouro passa a ser maior que o restauro da mata atlântica.

As fontes de emissão relacionadas ao uso de insumos da agropecuária apresentam reduções menos expressivas, chegando inclusive a aumentar em alguns casos (solos agrícolas). Tal fato ressalta a necessidade de analisar as tecnologias em seu conjunto, avaliando tanto as emissões diretamente associadas ao processo produtivo, como aquelas com impactos indiretos (tipicamente as associadas aos estoques de carbono no solo e biomassa).

Apesar das emissões relacionadas à agropecuária não apresentaram alterações significativas, as emissões oriundas da fermentação entérica e manejo de dejetos valem destaque. Por conta da redução do rebanho nos cenários de mitigação, as emissões referentes à fermentação entérica em 2030 no CPG que será de 253 milhões de tCO<sub>2</sub>e passarão para aproximadamente 246 milhões. Já as emissões referentes ao manejo de dejetos se reduzem praticamente pela metade, uma vez que se duplicou a quantidade de propriedades nos cenários de mitigação.

No CPG as metas para recuperação de pastagem e sistemas agroflorestais (iLP) se encerram em 2025. A mitigação referente a essas medidas em 2030 é ocasionada apenas pelo crescimento marginal das áreas de cada uma delas. Nos cenários de mitigação adicional, as áreas de recuperação de pastagem e sistemas agroflorestais (iLPouIPF) são incentivadas e chegam respectivamente a 20 e 6 milhões de ha em 2030.

Essas diferenças fazem com que a absorção anual de carbono em áreas de pastagens recuperadas salte de 4,7 milhões de tCO<sub>2</sub>e no CPG para 48 milhões nos cenários de mitigação adicional. Similarmente, a expansão dos sistemas agroflorestais tem potencial anual de absorção de carbono de 3,8 milhões de tCO<sub>2</sub>e no CPG (iLP) e 39 milhões de tCO<sub>2</sub>e nos cenários de mitigação adicional (iPF).

O potencial aumento de oferta por produtos madeireiros nos diferentes cenários, combinado à gradual eliminação do consumo de madeira de origem não sustentável, levou a um aumento nos estoques de carbono acumulado nas florestas de rápido crescimento. Isso leva a uma absorção anual de 31, 53 e 93 milhões de tCO<sub>2</sub> nos cenários do Plano Governamental, MA1 e MA2, respectivamente. O restauro da Mata Atlântica foi a que mais se destacou no MA2 pelo seu potencial de mitigação.

Finalmente é de grande interesse o resultado sistêmico gerado pela combinação de políticas. A redução das emissões de MUT entre CPG, MA1 e MA2 é expressiva, e não pode ser atribuída a uma única política. Ela é em grande parte fruto da combinação de ações voltadas ao controle do desmatamento e um uso mais eficiente do fator terra pela agricultura (intensificação de pecuária, integração de sistemas produtivos, expansão da de culturas de segunda safra, reorganização geográfica da produção agrícola, entre outros).

A Tabela 12 coloca as principais variáveis em valores relativos, onde 2005 representa o valor 1. É interessante observar como o nível de atividade do setor de biomassa pode aumentar ao longo do tempo e entre cenários, ao mesmo tempo a demais atividade agropecuária se mantém constante e há redução no desmatamento. Grande parte dessa explicação é encontrada na dinâmica da pecuária. Pelas simulações realizadas, o setor AFOLU ainda apresenta soluções para crescer níveis de produção e, ao mesmo tempo reduzir suas emissões.

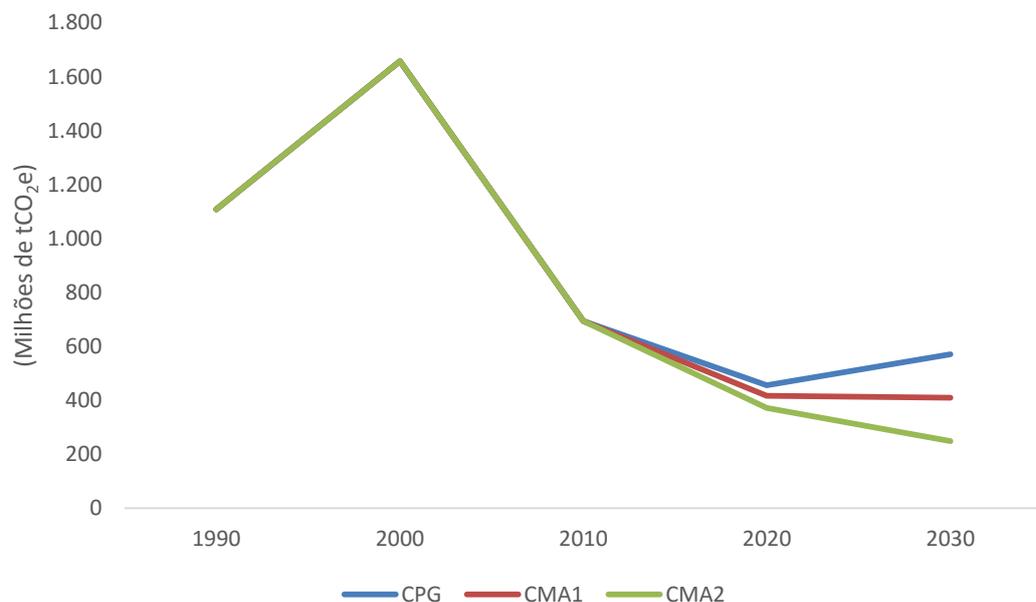
**Quadro 3.** Resumo dos cenários

| Subsetor  | 2005         | 2030       |            |            |
|---|--------------|------------|------------|------------|
|   |              | CPG        | MA1        | MA2        |
| Nível de atividade (número índice) – biomassa               | 1            | 2,79       | 3,15       | 3,36       |
| Nível de atividade (número índice) – agropecuária           | 1            | 2,59       | 2,58       | 2,58       |
| Desmatamento* (número índice)                               | 1            | 1,04       | 1,03       | 0,99       |
| Uso da terra: lavouras 1º safra e florestas (número índice) | 1            | 1,46       | 1,51       | 1,53       |
| Uso da terra: pecuária (número índice)                      | 1            | 0,92       | 0,90       | 0,85       |
| Emissões (número índice)                                    | 1            | 0,36       | 0,26       | 0,16       |
| <b>Emissões totais (M<sub>t</sub>CO<sub>2</sub>e)</b>       | <b>1.548</b> | <b>571</b> | <b>410</b> | <b>249</b> |

\*Desmatamento oriundo da expansão das áreas agrícolas (lavouras de 1º safra), pecuária (pastagem) e florestas plantadas

A Figura 9 sintetiza a evolução das emissões nos cenários simulados. Observa-se uma redução ou manutenção das emissões ao longo do tempo em todos os cenários, com exceção ao ano 2030 no CPG.

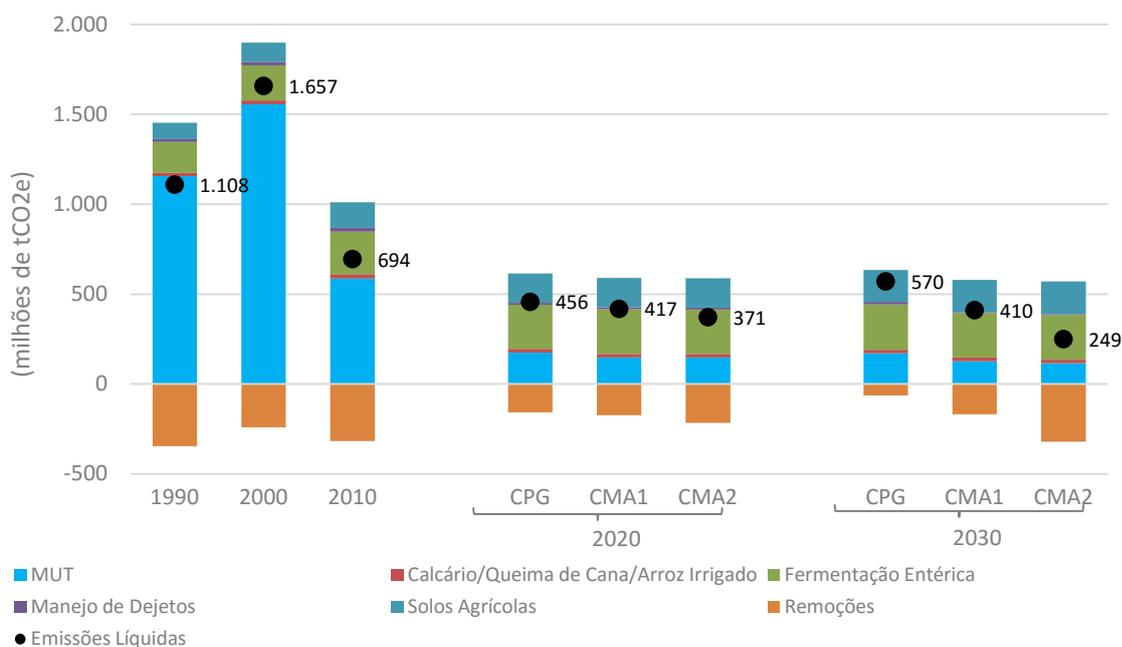
Como comentado anteriormente, o recrudescimento em 2030 indica a necessidade de renovar e dar continuidade às políticas voltadas à ao setor AFOLU. O MA1 mostra que a manutenção e a extensão das políticas em implementação no CPG possibilitam aumentar a produção agropecuária sem gerar mais emissões. O cenário MA2 mostra que é possível manter a tendência de queda de emissões mesmo com demandas adicionais por insumos agrícolas para produção de biocombustíveis líquidos e sólidos (que geram mitigação em outros setores). Para isso é necessário combinar tecnologias de biocombustíveis com alta eficiência políticas voltadas à manutenção e expansão dos estoques florestais.



Fonte: MCTI (2013); MCTI (2014) para anos 1990 e 2010 e Dados do estudo.

**Figura 9.** Emissões líquidas consolidadas nos cenários simulados

Os mesmos dados são reportados na Figura 10, separando, emissões e remoções em cada cenário. Tal apresentação permite verificar o impacto das remoções nas emissões líquidas entre cenários e ao longo do tempo num mesmo cenário.



Fonte: MCTI (2013); MCTI (2014) para anos 1990 a 2010 e Dados do estudo.

**Figura 10.** Emissões e remoções consolidadas nos cenários simulados

## 5. Referências Bibliográficas

- ABIOVE (2014). Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Cadeia produtiva de oleaginosas e biodiesel – estatística. Disponível em: <http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>
- ABRAF (2011). Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano-base 2010/ABRAF. – Brasília: 2011
- Alves et al., (2006). Migração rural–urbana, agricultura familiar e novas tecnologias. tecnologias: coletânea de artigos revistos. Alves (Editor técnico). EMBRAPA. Brasília, DF. 2006. 181 p. ISBN 85-7383-382-3.
- Assad, E e H. Pinto. (2008). Global warming and future scenarios for Brazilian Agriculture. EMBRAPA e CEPAGRI/UNICAMP. [www.climaeagricultura.org.br](http://www.climaeagricultura.org.br) Assad, E; Pinto, H; Nassar, A; Harfuch, L; Freitas, S; Farinelli, B; Lundell, M; Bachion, L; Fernandes, E; Impactos das Mudanças Climáticas na Produção Agrícola Brasileira (2013). O Banco Mundial; 1818 H Street NW. Washington DC 20433.
- Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes – ANPII (2012). Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) – Leguminosas e Gramíneas. Disponível em: <<http://www.anpii.org.br/site/conteudo/pagina/1,9+Cursos-e-Apresentacoes.html>>
- Assunção, J.; Gandour, C.; Rocha, R. (2013). Como DETER o desmatamento na Amazônia? O impacto da mudança na política de comando e controle. ClimatePolicyInitiative. Disponível em: <http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2013/05/Como-DETER-o-Desmatamento-na-Amazonia-O-Impacto-da-Mudanca-na-Politica-de-Comando-e-Controle-Sumario-Executivo.pdf>
- Bacha, C.J.C.; Sartori, R.S.; Stege, A.L.; Campos, S.A.C.; Balistieri, L.; Moreira, G.J.S. (2014). Análise da cadeia produtiva de florestas plantadas comerciais de pinus e de eucaliptos no Brasil. Relatório Final para Agroicone
- Brando PM, Coe MT, DeFries R, Azevedo AA. 2013 Ecology, economy and management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon. Phil Trans R Soc B 368: 20120152. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0152>
- BRASIL (2010). Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União, Brasília, 10 dez. 2010.
- BRASIL.MAPA (2012). Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa emissão de carbono). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília; MAPA/ACS, 2012. 172 p.
- BRASIL. MAPA. (2014) Projeções do Agronegócio: Brasil 2013/2014 a 2023/2024 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília: MAPA/ACS, 2014. 100 p. ISBN 978-85-7991-086-9.

BRASIL. MAPA (2015). Balança comercial brasileira e balança comercial do agronegócio: 1989 a 2014. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/internacional/indicadores-e-estatisticas/balanca-comercial>.

BRASIL.MCTI (2010a). Emissões de Metano por Fermentação Entérica e Manejo de Dejetos de Animais. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

BRASIL.MCTI (2010b). Emissões de Metano do Cultivo de Arroz. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

BRASIL.MCTI (2010c). Emissões de Óxido Nitroso de Solos Agrícolas e de Manejo de Dejetos. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

BRASIL.MCTI (2010d). Emissões de Gases de Efeito Estufa na Queima de Resíduos Agrícolas. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

BRASIL.MCTI (2010e). Emissões de dióxido de carbono no setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

BRASIL.MCTI (2013). Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília.

BRASIL.MCTI (2014). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Terceiro inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Consulta Pública. Disponível em: [mct.gov.br/index.php/content/view/360078/Documentos\\_Consulta\\_Publica.html](http://mct.gov.br/index.php/content/view/360078/Documentos_Consulta_Publica.html)

Brikimann Consultancy (2009). Greenhouse Gas Emissions from Palm Oil Production: Literature review and proposals from the RSPO Working Group on Greenhouse Gases. Hoevelaken – Holland, out. 2009.

Carvalho, P.T (2012). Balanço de emissões de gases de efeito estufa de biodiesel produzido a partir de soja e dendê no Brasil. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA (2014). PIB do Agronegócio – Dados de 1994 a 2013. Disponível em <http://cepea.esalq.usp.br/pib/>. Acesso em Janeiro de 2015.

ClimatePolicyInitiative – CPI (2013). PRODUÇÃO E PROTEÇÃO: IMPORTANTES DESAFIOS PARA O BRASIL. Sumário executivo. Dezembro 2013. Disponível em <http://climatepolicyinitiative.org/publication/producao-e-protecao-importantes-desafios-para-o-brasil/>.

Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE (2010). Comunicação pessoal.

Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE (2011). Virtual sugarcane biorefinery: a tool to compare the sustainability of different technological alternatives. Disponível em: [http://cepac.cheme.cmu.edu/pasi2011/library/bonomi/Presentation\\_VSB\\_Bonomi.pdf](http://cepac.cheme.cmu.edu/pasi2011/library/bonomi/Presentation_VSB_Bonomi.pdf)

De Gouvello, C.; Britaldo, S.S.F.; Nassar, A.; Schaeffer, R.; Alves, F.J.; Alves, J.W.S. (2010). Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Washington DC. Banco Mundial. Disponível em: [http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/LowCarbon\\_Fulldoc.pdf](http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/LowCarbon_Fulldoc.pdf)

DeFries Ruth S.; Rudel Thomas, Uriarte, Maria; Hansen Matthew (2010) Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* 3, 178 – 181 (2010) doi:10.1038/ngeo756

EMBRAPA (2012a). Árvore do conhecimento. Sistema de plantio direto. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema\\_plantio\\_direto/Abertura.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/Abertura.html)

EMBRAPA (2012b). Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Agrosustentável. Disponível em: <http://agrosustentavel.com.br/downloads/fbn.pdf>

EPA (2010). Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Renewable Fuel Standard Program (RFS2) Regulatory Impact Analysis. 2010. Disponível em: <http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420r10006.pdf>

FAO (2012) Alexandratos, N. and J. Bruinsma. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper No. 12-03. Rome.

Gibbs, H. K.; Ruesch, A. S.; Achard, F.; Clayton, M. K.; Holmgren, P.; Ramankutty, N.; Foley, J. A. (2010). Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. vol. 107, issue 38, pp. 16732-16737. Disponível em: (<http://www.pnas.org/content/107/38/16732>)

Harris, N.; Grimland, S.; Brown, S. (2009). Land Use Change and Emission Factors: Updates since the RFS Proposed Rule. Report to EPA. Winrock International.

Hungria, M.; Campos, R.J.; Mendes, L.C. (2001). Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. EMBRAPA SOJA. Londrina. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/459673/1/circTec35.pdf>

IBAMA (2011). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Monitoramento do bioma cerrado 2009 – 2010. Disponível em: [http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/cerrado/RELATORIO%20FINAL\\_CERRADO\\_2010.pdf](http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/cerrado/RELATORIO%20FINAL_CERRADO_2010.pdf)

Iniciativa Verde; Martins, O.S.; Branco, M.C.; Toledo, R.M. (2010). Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Sequestro de carbono e reflorestamento. Relatório Técnico. Washington DC. Banco Mundial.

INPE – Prodes (2014). Monitoramento da floresta Amazônica por satélite. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>

INPE – Terraclass (2010). Projeto Terraclass 2010. Disponível em:<[http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass2010.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2010.php)>

INPE – Terraclass (2014). Projeto Terraclass 2012. Disponível em:<[http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraclass2012.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2012.php)>

IPCC (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (eds. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K). IGES, Japan. Disponível em:<<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>

La Rovere, E.L. (Coord.); Dubeux, C.B.S. (Coord.); Junior, A.O.P.; Medeiros, A.; Carloni, F.B.; Turano, P.; Aragão, R.; Solari, R.; Wills, W.; Hashimura, L.; Burgi, A.S.; Fiorini, A.C. (2011). Estudo comparativo entre três cenários de emissão de gases de efeito estufa no Brasil e uma análise de custo-benefício. Projeto BRA/00/020 – Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental-SQA

Lapola, D, M; Martinelli, L; Peres, C; Ometto, J; Ferreira, M; Nobre, C; Aguiar, A; Bustamante, M; Cardoso, M; Costa, M; Joly, A; Leite, C; Moutinho, P; Sampaio, G; Strassburg; B; Vieira, I. (2013) Pervasive transition of the Brazilian land-use system. Nature Climate Change 4, 27–35 (2014) doi:10.1038/nclimate2056

LAPIG (2014). Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Base de dados vetoriais do LAPIG – Alertas de desmatamento. Disponível em:<[http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/produtos/dados-vetoriais#alertas\\_desmatamentos](http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/produtos/dados-vetoriais#alertas_desmatamentos)>

Macedo, M; DeFries, Ruth S; Morton, D; Claudia Stickler,C; Galford,G; Shimabukuro, Y.. (2014). Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. PNAS vol. 109 | no. 4 | 1341–1346. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1111374109

Maia, S. M. F.; Carvalho, J.L.N.; Cerri, C. E. P.; Lal, R.; Bernoux, M.; Galdos, M.G.; Cerri, C.C. (2013). Contrasting approaches for estimating soil carbon changes in Amazon and Cerrado biomes. Soil & Tillage Research Volume: 133 Pages 75-84 DOI: 10.1016/j.still.2013.06.002 Published: Out 2013

Martha Jr Geraldo B. , Alves Eliseu, Contini Elísio (2011) PECUÁRIA BRASILEIRA E A ECONOMIA DE RECURSOS NATURAIS. Perspectiva Pesquisa Agropecuária 1 EMBRAPA.

Morton C. DeFries Ruth S. Yosio E. Shimabukuro, Anderson Liana O, Egidio Arai, spirito-Santo Fernandodel Bon, Ramon Freitas , and Jeff Morissette (2006). Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. PNAS vol. 103 no. 39 14637–14641.

MORATÓRIA DA SOJA. (2014) Sétimo ano de monitoramento do plantio de soja no Bioma Amazônia. Abiove, Agrosatélite, INPE. Disponível em [http://www.abiove.org.br/site/FILES/Portugues/12122014-105447-19.11.2014\\_relatorio\\_da\\_moratoria\\_da\\_soja\\_-\\_7%20BA\\_ano.pdf](http://www.abiove.org.br/site/FILES/Portugues/12122014-105447-19.11.2014_relatorio_da_moratoria_da_soja_-_7%20BA_ano.pdf). Acesso em janeiro 2015.

Nassar, André; Harfuch, Leila, Moreira, Marcelo; Bachion, Luciane; Antoniazzi, Laura; Lima, Rodrigo..(2011). Simulating Land Use and Agriculture Expansion in Brazil: Food, Energy, Agro-industrial and Environmental Impacts. Relatório Científico Final. Programa BIOEN. Disponível em [www.iconebrasil.com.br/datafiles/publicacoes/artigos/2002/simulating\\_land\\_use\\_and\\_agriculture\\_expansion\\_in\\_brazil\\_0902.pdf](http://www.iconebrasil.com.br/datafiles/publicacoes/artigos/2002/simulating_land_use_and_agriculture_expansion_in_brazil_0902.pdf). Acesso janeiro 2015.

Nassar, André; Moreira, Marcelo (2013). Evidences on Sugarcane Expansion and Agricultural Land Use Changes in Brazil. ICONE. Disponível em [http://sugarcane.org/resource-library/studies/evidences\\_on\\_sugarcane\\_expansion\\_and\\_agricultural\\_land\\_use\\_changes\\_in\\_brazil\\_1206.pdf](http://sugarcane.org/resource-library/studies/evidences_on_sugarcane_expansion_and_agricultural_land_use_changes_in_brazil_1206.pdf)

Neto, S.N.O.; Vale, A.B.; Nacif, A.P.; Vilar, M.B.; Assis, J.B. (2010). Sistema Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária, floresta – Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. 190p  
Nepstad, D.; McGrath, D.; Stickler, C; Alencar, A.; Azevedo A.; Swette, B.; Bezerra, T.; Di Giano, M.; Shimada, J.; Motta, R, Armijo, E.; Castello, L.; Brando, P.; Hansen, M.; McGrath-Horn, M.; Carvalho. O.; Hess, L.. (2014) Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. Science. Vol. 344 no. 6188 pp. 1118-1123. DOI: 10.1126/science.1248525.

Nepstad D.; Lefebvre, P.; Silva, U.; Tomasella, P.; Schlesinger, P; Solórzano, L; Moutinho, P; Ray. D. (2004). Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. Global change biology. 10, 1–14, Doi: 10.1111/J.1529-8817.2003.00772.X .

Observatório ABC (2013). Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: A evolução de um novo paradigma. Disponível em: [http://gvces.com.br/arquivos/275/abc\\_novoparadigma\\_completo.pdf](http://gvces.com.br/arquivos/275/abc_novoparadigma_completo.pdf)

OECD-FAO (2014) Agricultural Outlook 2014. 323 ISBN: 9789264211742 DOI : 10.1787/agr\_outlook-2014-en

Rodrigues, R.R. (2013). Fábrica de árvores. Revista Globo Rural. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,ERT332272-18282,00.html>

Sano, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.S.; Ferreira, L.G. (2007). Mapeamento de cobertura vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007

Sparovek Gerd, Barretto Alberto, Klug Israel; Papp Leonardo; Jane Lino. A REVISÃO DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. NOVOS ESTUDOS 89 yyMARÇO 2011

Soares-Filho, B, Nepstad, D; Curran, L; Cerqueira, G; Garcia, R; Ramos, C; Voll, E; McDonald, A; Lefebvre, P; Schlesinger, P; McGrath, D. (2005) Cenários de desmatamento para a Amazônia. Estud. av. vol.19 no.54 São Paulo. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142005000200008>.

Soares-Filho, B; Moutinho, P. Nepstad, D; Anderson, A; Rodrigues, H, Garcia, R; Dietzsch, L; Merry, F; Bowman, M; Hissa, L; Silvestrini, R; Msaretti, C; Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation (2010). PNAS Early Edition. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0913048107](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0913048107)

SOS Mata Atlântica & INPE (2014). Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2012 – 2013. Relatório Técnico. Disponível em: <[http://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2014/05/atlas\\_2012-2013\\_relatorio\\_tecnico\\_20141.pdf](http://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2014/05/atlas_2012-2013_relatorio_tecnico_20141.pdf)>.

Stickler, Claudia; Coeb, Michael; Costa, Marcos; Nepstad, Daniel; McGrath, David; Dias, Livia; Rodrigues, Hermann; Soares-Filho, Britaldo. (2013). Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. PNAS. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1215331110](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1215331110)

USDA. PSD Online – Home – Foreign Agricultural Service. Disponível em <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/>. Acesso em janeiro 2015.

USDA. (2015) USDA Agricultural Projections to 2024. No. (OCE-151) 97 pp. Disponível em [www.usda.gov/oce/commodity/projections/](http://www.usda.gov/oce/commodity/projections/). Acesso em fevereiro de 2015.

## ANEXO METODOLÓGICO

### Anexo A – Nota Técnica: BLUM

#### 1. Contexto

BLUM é um modelo econômico dinâmico de equilíbrio parcial, multirregional e multimercados para o setor agropecuário brasileiro composto por dois módulos: oferta e demanda e uso da terra. O modelo, desenvolvido em parceria pelos pesquisadores da Agroicone e Food and Agriculture Policy Research Instituto da Universidade de Iowa (FAPRI-Iowa), e com colaboração de outras instituições (CTBE, LAPIG, ESALQ, CGEE), é reconhecido internacionalmente como referência para análises e projeções de longo prazo de uso da terra para o Brasil. Dentre outras, destacam-se as aplicações do BLUM no Estudo de Baixo Carbono para o Brasil (De Gouvello, C. et al., 2010), na definição da legislação federal norte americana de biocombustíveis – RFS2 (EPA, 2010), além de diversas outras publicações.

O modelo inclui os seguintes produtos: soja, milho e feijão (primeira e segunda safras), algodão, arroz, cana-de-açúcar, trigo, cevada, pecuária de leite e de corte, carnes bovina, suína e de frango e ovos. A floresta comercial e o dendê são considerados como projeções exógenas no modelo. Combinadas, estas atividades foram responsáveis por 95% da área total utilizada para a produção agropecuária em 2008.

As “safrinhas” ou culturas de inverno como milho, feijão, cevada e trigo não geram demanda adicional por terra por serem plantadas após uma cultura principal de primeira safra (ou safra de verão). No entanto, a produção destas safras é contabilizada na oferta nacional de cada uma destas lavouras.

#### 2. Módulo de Oferta e Demanda

No módulo de oferta e demanda, a demanda total por uma atividade é projetada nacionalmente e formada pela demanda doméstica, exportações líquidas (exportações menos importações) e estoques finais (os quais não são considerados para pecuária, carnes e cana-de-açúcar) e respondem a preços e a variáveis exógenas (como PIB, população, taxa de câmbio, entre outras).

A oferta é formada pela produção nacional (a qual é projetada regionalmente) e pelos estoques iniciais (novamente considerados apenas para grãos e seus complexos, açúcar e etanol) e respondem às rentabilidades de cada *commodity*, as quais dependem de custos, preços e produtividades.

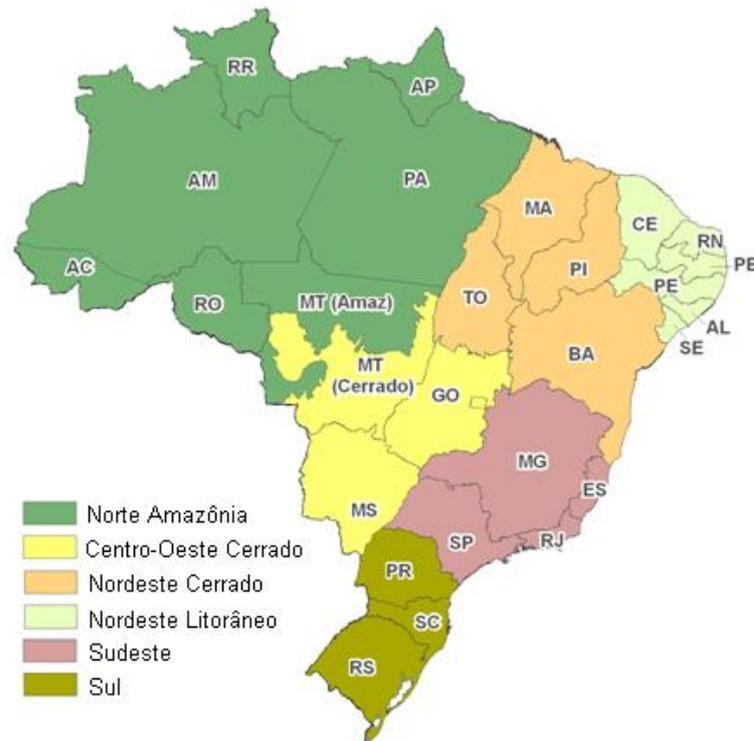
A área total alocada para agricultura e pecuária é calculada para seis regiões<sup>34</sup>, como mostra a Figura 11:

- Sul (estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul);
- Sudeste (estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, e Minas Gerais);
- Centro-Oeste Cerrado (estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e parte do estado do Mato Grosso dentro dos biomas Cerrado e Pantanal);
- Norte Amazônia (parte do estado do Mato Grosso dentro do bioma Amazônia, Amazonas, Pará, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima);
- Nordeste Litorâneo (Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe);
- Nordeste Cerrado (Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia).

Oferta e demanda nacional e o uso da terra regional respondem a preços. Consequentemente, para um dado ano, o equilíbrio é obtido quando se encontra um vetor de preços que equilibra todos os mercados simultaneamente. Ano a ano uma sequência de vetores de preços é estimada, permitindo avaliar a trajetória dos mercados ao longo do tempo. Os resultados do modelo são: uso da terra regional, produção nacional e regional, preços, consumo e exportações líquidas.

---

<sup>34</sup> As regiões foram divididas a partir da homogeneidade da produção agrícola e da divisão dos biomas.



Fontes: ICONE, IBGE e UFMG.

**Figura 11.** Regiões consideradas no Modelo de Uso da Terra para a Agricultura Brasileira – BLUM

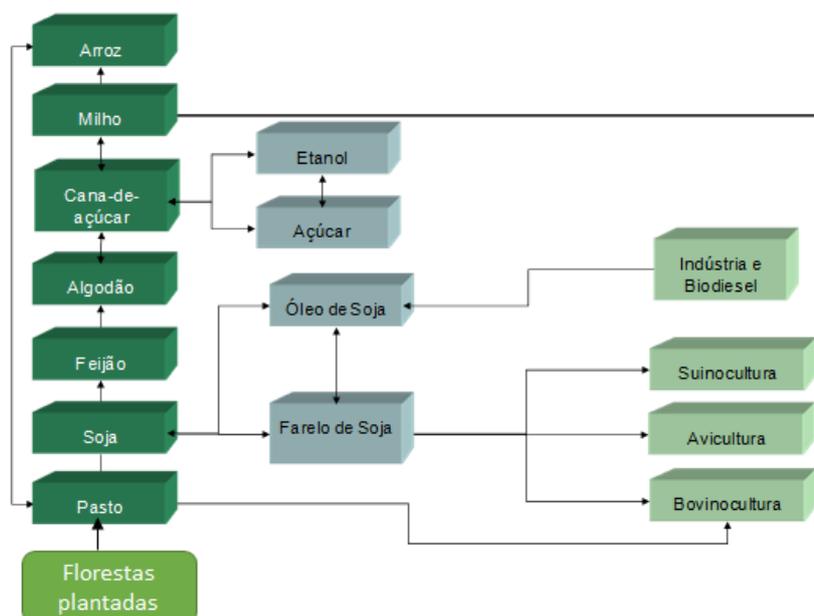
A área alocada para cada região no módulo de uso da terra é parte da oferta no módulo de oferta e demanda, garantindo a interação entre esses dois módulos e que a seguinte identidade é satisfeita:

$$\text{“Estoque inicial + Produção + Importações = Estoque final + Consumo + Exportações”}$$

Ou, considerando que “Exportações líquidas = Exportações – Importações”:

$$\text{“Estoque inicial + Produção = Estoque final + Consumo + Exportações líquidas”}$$

O BLUM também considera as interações entre os setores analisados, assim como entre um produto e seus subprodutos. Por exemplo, a relação entre os grãos e a pecuária ocorre a partir do consumo de ração (basicamente milho e farelo de soja) que é função da oferta de carnes, leite e ovos, sendo um componente da demanda doméstica de milho e soja. No caso do complexo de soja, farelo e óleo de soja são parte da demanda doméstica de soja em grão e são determinados pela demanda por esmagamento. Similarmente, açúcar e etanol são componentes da demanda por cana-de-açúcar (Figura 12).



Fonte: Agroicone (2011)

**Figura 12.** Interações entre os produtos e setores no BLUM

### 3. Módulo de Uso da Terra

A dinâmica do uso da terra está dividida em dois efeitos: competição e escala. Intuitivamente, o efeito competição representa como as diferentes atividades agropecuárias competem por uma dada quantidade de terra arável disponível. O efeito escala se refere à maneira pela qual a competição entre as diferentes atividades gera uma necessidade adicional por terra. Esta necessidade é acomodada pela expansão da área total da agropecuária sobre vegetação nativa.

O efeito competição consiste em um sistema de equações que aloca a participação da área agropecuária para cada lavoura e pasto em cada região como função das rentabilidades (própria e das competidoras). Ele estabelece que, para uma dada quantidade de terra para agropecuária, o aumento na rentabilidade relativa de uma atividade irá resultar em um aumento da participação da área dedicada a esta atividade e reduzir a participação de área de suas competidoras.

As condições de regularidade (homogeneidade, simetria e adicionalidade) são impostas de forma que as matrizes de elasticidades (e seus coeficientes associados) são consistentes teoricamente. Para qualquer conjunto destes coeficientes são calculados os impactos e a competição entre as atividades. Assim, a partir desta estrutura, as simulações realizadas no BLUM nos permitem calcular não apenas alocação de terra, mas também mudanças no uso da terra. Em outras palavras, as condições de regularidade

permitem identificar a substituição de área para cada atividade, considerando a quantidade total de área alocada para a agropecuária.

Para garantir coerência das condições acima mencionadas, a área de pastagem é regional e endogenamente determinada, mas considerada como sendo a diferença entre a área total alocada para a agropecuária e a área de lavouras. No contexto da agricultura Brasileira, é particularmente relevante projetar a área de pastagem tanto endogenamente quanto regionalmente, pois corresponde a, aproximadamente, 77% do total de área utilizada para agropecuária.

Apesar da competição entre as atividades representar a dinâmica das regiões onde a área agrícola é estável e próxima ao potencial arável, esta análise é insuficiente para o Brasil. No caso brasileiro também é necessário analisar a dinâmica das regiões de fronteira agrícola. A história recente da agropecuária brasileira mostra que lavouras, florestas plantadas e pastagens combinadas respondem a incentivos de mercado e contribuem com a expansão da área total alocada para a agropecuária (Nassar. A.M. et al., 2010). Isto é captado no efeito escala do BLUM. Este progresso metodológico é essencial para ajustar o modelo às realidades específicas da dinâmica do uso da terra brasileira.

O efeito escala se refere às equações que definem como as rentabilidades das atividades determinam a área total alocada para a produção agropecuária. Mais precisamente, a área total alocada para a agropecuária é uma participação da área arável total disponível em cada região, e responde às mudanças na rentabilidade média da agropecuária.

Os efeitos escala e competição não são independentes. Em conjunto, eles são os dois componentes das elasticidades-retorno próprias de cada atividade. Considerando a condição *ceteris paribus* (tudo o mais constante), o aumento na rentabilidade de uma atividade possui três efeitos: aumento na área total alocada para a agropecuária (a partir do retorno médio), aumento na área alocada para esta atividade (aumento de sua participação no total), redução na participação da área das outras atividades. Ao mesmo tempo, a elasticidade regional do uso da terra (elasticidade-área-retorno total) com relação à rentabilidade média é a soma das elasticidades escala de cada atividade. Assim, as elasticidades de competição podem ser calculadas diretamente após a elasticidade-área total, enquanto as elasticidades próprias (elasticidade-área com relação à rentabilidade da própria atividade) são obtidas a partir de análises econométricas e de revisão de literatura.

#### 4. Detalhamento do Modelo e Recomendações de Leitura

A presente nota técnica apresenta apenas uma visão geral do modelo BLUM. Detalhes como as bases de dados SIG e cálculo de elasticidades que estruturam o modelo podem ser obtidos em Nassar, A.M. et al. (2011). Filho, B.S.S.; Hissa, L. (2010) e Lima, M.A. et al. (2010) ilustram maneiras de como o BLUM pode ser usado para construir cenários de baixo carbono para a agricultura e uso da terra. Outros temas de interesse são EPA (2010), que descreve a fundamentação técnica e uso do BLUM para estruturação da legislação federal de biocombustíveis no EUA; e Harfuch, L. e Moreira, M.M.R. (2012), que apresentam uma avaliação prognóstica do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado.

#### 5. Referências

De Gouvello, C.; Britaldo, S.S.F.; Nassar, A.; Schaeffer, R.; Alves, F.J.; Alves, J.W.S. (2010). Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Washington DC. Banco Mundial. Disponível em:<[http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/LowCarbon\\_Fulldoc.pdf](http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/LowCarbon_Fulldoc.pdf)>

EPA (2010). Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Renewable Fuel Standard Program (RFS2) Regulatory Impact Analysis. 2010. Disponível em:<<http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420r10006.pdf>>

Harfuch, L.; Moreira, M.M.R. (2012). Economic and Environmental Impacts of PPCerrado Policy using the Brazilian Land Use Model – BLUM.. Latin American and Caribbean Environmental Economics Program – LACEEP, Policy Brief n. 35, Feb. 2012. Disponível em:<<http://www.laceep.org/publications/policy-briefs/item/131-economic-and-environmental-impacts-of-ppcerrado-policy-using-the-brazilian-land-use-modelblum>>

Lima, M.A; Alves, B.J.R.; Júnior, A.J.A (2010). Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Emissões do Setor da Agricultura. Relatório Técnico. Washington DC. Banco Mundial. Disponível em:<<http://www.cabo.pe.gov.br/pners/CONTE%3%9ADO%20DIGITAL/ESTUDOS%20BAIXO%20CARBONO/EMISS%3%95ES%20AGRICULTURA.pdf>>

Nassar, A. M.; Harfuch, L.; Moreira, M.M.R.; Bachion, L.C; Antoniazzi, L.B.; Lima, R.C.A. (2011). Simulating Land Use and Agriculture Expansion in Brazil: Food, Energy, Agro-industrial and Environmental Impacts. Final Report, BIOEN-FAPESP Program, Feb. 2011. Disponível em:<[http://www.agroicone.com.br/\\$res/arquivos/downloads/140224104501\\_pesquisadores-do-agroicone-ganham-simulating-land-use-and-agriculture-expansion-in-brazil-0902.pdf](http://www.agroicone.com.br/$res/arquivos/downloads/140224104501_pesquisadores-do-agroicone-ganham-simulating-land-use-and-agriculture-expansion-in-brazil-0902.pdf)>

Nassar, A.M.; Antoniazzi, L.B.; Moreira, M.R.; Chiodi, L.; Harfuch, L. (2010). An Allocation Methodology to Assess GHG Emissions Associated with Land Use Change: Final Report. ICONE, Setembro 2010. Disponível em:<<http://www.iconebrasil.com.br/publicacoes/estudos/detalhes/649>>

Soares-Filho, B.S.S.; Hissa, L. (2010). Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Emissões Associadas à Mudanças do Uso do Solo. Relatório Técnico. Washington DC. Banco Mundial. Disponível em:<<http://repositorio.int.gov.br:8080/repositorio/bitstream/123456789/368/1/Emiss%3%B5es%20Associadas%20C%3%A0%20Mudan%3%A7as%20do%20Uso%20do%20Solo%20-%20Tema%20A.pdf>>

## **Anexo B – Nota Técnica: Cálculo de Emissões da Agropecuária e LULUCF – (AFOLU)**

### **1. Introdução**

As estimativas de emissões de gases de efeito estufas (GEE) são divididas em dois setores: (i) Agropecuária e (ii) Uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (LULUCF).

No setor agropecuário e uso da terra são calculadas as emissões oriundas da fermentação entérica de bovinos (CH<sub>4</sub>), manejo de dejetos de animais (CH<sub>4</sub>e N<sub>2</sub>O), cultivo de arroz (CH<sub>4</sub>), queima de resíduos agrícolas (CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) e solos agrícolas seguindo a metodologia proposta pelo Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa (BRASIL.MCTI, 2010a; BRASIL.MCTI, 2010b; BRASIL.MCTI, 2010c; BRASIL.MCTI, 2010d).

No setor uso da terra, mudança de uso da terra e florestas são calculadas as emissões/remoções oriundas da variação no estoque de carbono da biomassa existente (acima e abaixo do solo), variação do estoque de carbono do solo, perda de sequestro de carbono pelas florestas, utilização de fogo no desmatamento e cultivo de arroz seguindo a metodologia proposta pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2010).

Para as medidas de mitigação onde houve alterações no manejo do solo e incremento de insumos agrícolas foram utilizados fatores de mudança de estoque de carbono no solo propostos pelo IPCC (2006).

Por serem mais específicos para o cenário brasileiro, quando disponíveis, os dados de estoque de carbono apresentados no relatório de referência de emissões de dióxido de carbono no setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (BRASIL.MCTI, 2010e) também foram utilizados.

A metodologia de cálculo de emissões é detalhada nos dois próximos itens.

### **2. Agropecuária**

O modelo BLUM permite simular as seguintes variáveis anualmente no horizonte 2030:

- Rebanho: ave (frango), suíno e bovino
- Produção e área das culturas: cana-de-açúcar, milho e feijão (primeira e segunda safra), soja, arroz, algodão, cevada, trigo;

- Área de cana com colheita mecanizada;
- Proxis da taxa de aplicação de fertilizante nitrogenado.

Utilizando as variáveis supracitadas e os coeficientes técnicos disponíveis pelo Inventário são calculadas as emissões dos seguintes itens:

- Fermentação entérica ( $\text{CH}_4$ ): Resultado do produto entre rebanho e o fator de emissão. O fator de emissão para os bovinos é calculado a partir da finalidade, sexo, idade e UF. Já para os suínos utiliza-se um fator constante.
- Manejo de dejetos de animais ( $\text{CH}_4$ ): Resultado do produto entre rebanho e o fator de emissão. O fator de emissão para os bovinos é calculado a partir da finalidade, sexo, idade e UF. Para os suínos varia de acordo com a UF e tamanho da propriedade, já para as aves apenas pela UF.
- Cultivo de Arroz ( $\text{CH}_4$ ): Foram consideradas apenas as áreas sob cultivo irrigado. A emissão é o resultado do produto entre área de arroz irrigado e o fator de emissão. Este é calculado a partir de um valor fixo baseado numa área sem acréscimo de orgânicos, um fator de escala de acordo com o manejo e um fator de escala de acordo com o acréscimo de orgânicos.
- Queima de resíduos agrícolas ( $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ): Foram consideradas apenas as áreas de cana sob colheita com queima. A emissão é o resultado do produto entre a biomassa queimada total e o fator de emissão para  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ . A biomassa queimada total é calculada a partir da produção, relação entre palhico e como, fração de colheita com queima, fator de combustão.
- Solos agrícolas e manejo de dejetos ( $\text{N}_2\text{O}$ ): Este parâmetro é dividido em emissões diretas e indiretas. As emissões diretas englobam: Uso de fertilizantes nitrogenados, solos orgânicos, resíduos agrícolas e uso de adubo de origem animal. As emissões indiretas são as frações dos fertilizantes nitrogenados e de origem animal que lixiviam e volatilizam.
- Fertilizante nitrogenado (Emissão Direta): Resultado do produto entre a taxa de aplicação, fração que não volatiliza, fator de emissão e relação molecular entre  $\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2$ ;
- Solos orgânicos (Emissão Direta): Resultado do produto entre a área de solos orgânicos, fator de emissão e relação molecular entre  $\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2$ ;
- Resíduos agrícolas – exceto cana (Emissão Direta): Resultado do produto entre a produção, quantidade de matéria seca, relação entre a parte aérea e produção, quantidade de “N” na parte aérea, fator de emissão e relação molecular entre  $\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2$ ;

- Resíduos agrícolas – cana (Emissão Direta): Esta é composta pela emissão referente a colheita manual (com queima) e a emissão referente à colheita mecanizada (sem queima).
- Colheita manual: Resultado do produto entre a produção, relação entre palhiço e colmo, fração de colheita com queima, 1 – fator de combustão, quantidade de “N” na parte aérea, fator de emissão e relação molecular entre  $N_2O/N_2$ .
- Colheita mecanizada: Resultado do produto entre a produção, relação entre palhiço e colmo, fração de colheita sem queima, quantidade de “N” na parte aérea, fator de emissão e relação molecular entre  $N_2O/N_2$ ;
- Adubo de origem animal (Emissão Direta): Resultado do produto entre a quantidade de “N” excretado (dependendo do tipo, finalidade, sexo, idade e UF), alocação do sistema de manejo (Lagoa Anaeróbica, Pastagem, Biodigestor e Outros), fator de emissão e relação molecular entre  $N_2O/N_2$ ;
- Fertilizante nitrogenado (Emissão Indireta): Esta é composta pela emissão referente à volatilização e a emissão referente à lixiviação.
- Volatilização: Resultado do produto entre a taxa de aplicação, fração volatilizada, fator de emissão (volatilização) e relação molecular entre  $N_2O/N_2$ .
- Lixiviação: Resultado do produto entre a taxa de aplicação, fração lixiviada, fator de emissão (lixiviação) e relação molecular entre  $N_2O/N_2$ ;
- Adubo de origem animal (Emissão Indireta): Esta é composta pela emissão referente à volatilização e a emissão referente à lixiviação.
- Volatilização: Resultado do produto entre a quantidade de “N” excretada, fração volatilizada, fator de emissão (volatilização) e relação molecular entre  $N_2O/N_2$ .
- Lixiviação: Resultado do produto entre a quantidade de “N” excretada, fração lixiviada, fator de emissão (lixiviação) e relação molecular entre  $N_2O/N_2$ .

### 3. Uso da terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas – (LULUCF)

O cálculo de emissões LULUCF segue a metodologia desenvolvida pela Agencia Ambiental Americana no âmbito do *Renewable Fuel Standard Program* (EPA, 2010). O método foi desenvolvido de modo a representar o padrão de expansão da agricultura brasileira e suas respectivas emissões em cada uma das seis regiões do BLUM, com o objetivo de formulação de políticas de mitigação de emissões de GEE.

A modelagem econômica do BLUM permite calcular a transição de áreas entre os seguintes usos da terra para as seis regiões BLUM:

- Vegetação natural;
- Pastagens;
- Lavouras anuais;
- Cana-de-açúcar;
- Florestas Plantadas (pinus e eucalipto);
- Dendê.

O cálculo de emissões totais é resultado da multiplicação da área de cada transição (obtida no BLUM) pelos respectivos fatores de emissão (EF). Os fatores de emissão foram calculados seguindo as recomendações IPCC (2006) e ponderados por meio de técnicas de SIG. Em síntese o fator de emissão é composto das seguintes fontes de emissões de GEE:

$$EF = \Delta C_{Biomassa} + \Delta C_{Solo} + \Delta C_{Sequestro} + E_{Fogo}$$

Onde:

*EF: Fator de emissão oriunda da mudança no uso da terra;*

*$\Delta C_{Biomassa}$ : Variação no estoque de carbono da biomassa existente (acima e abaixo do solo);*

*$\Delta C_{Solo}$ : Variação no estoque de carbono do solo em 20 anos;*

*$\Delta C_{Sequestro}$ : Perda de sequestro pelas florestas (se aplicável);*

*$E_{Fogo}$ : Utilização de fogo no desmatamento (se aplicável);*

Com objetivo de ilustrar a dinâmica temporal das emissões, elas foram distribuídas no período de acordo com a expansão da área agrícola.

A documentação detalhada do cálculo dos fatores de emissão está disponível nos seguintes documentos: EPA (2010) e Harris, N. et al. (2009).

## 4. Referências

BRASIL.MCTI (2010a). Emissões de Metano por Fermentação Entérica e Manejo de Dejetos de Animais. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

BRASIL.MCTI (2010b). Emissões de Metano do Cultivo de Arroz. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

BRASIL.MCTI (2010c). Emissões de Óxido Nitroso de Solos Agrícolas e de Manejo de Dejetos. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

BRASIL.MCTI (2010d). Emissões de Gases de Efeito Estufa na Queima de Resíduos Agrícolas. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

BRASIL.MCTI (2010e). Emissões de dióxido de carbono no setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas. Relatórios de Referência: Agricultura. 2º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCTI, 2010.

EPA (2010). Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. Renewable Fuel Standard Program (RFS2) Regulatory Impact Analysis. 2010. Disponível em:<<http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420r10006.pdf>>

Harris, N.; Grimland, S.; Brown, S. (2009). Land Use Change and Emission Factors: Updates since the RFS Proposed Rule. Report to EPA. Winrock International.

IPCC (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (eds. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K). IGES, Japan. Disponível em:<<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>

## Anexo C – Medidas de Mitigação e Respective Custos

Quadro 4. MA1 em relação ao CPG

| Medida                                       | Custo unitário de mitigação | Potencial de mitigação em 2030 | Potencial de mitigação no período (2010-2030) | Custo total de mitigação no período (2010-2030) |
|--|-----------------------------|--------------------------------|---|---|
|  | US\$/tCO <sub>2</sub> e     | Milhões tCO <sub>2</sub> e     | Milhões tCO <sub>2</sub> e                    | US\$ milhão                                     |
| <b>Florestas plantadas não consorciadas</b>  | -23                         | 3                              | 30  | 35 <sup>35</sup>                                |
| <b>Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)</b> | -23                         | 1                              | 4   | 89  |
| <b>Sistemas Agroflorestais (iPF)</b>         | -11                         | 73                             | 367   | 461   |
| <b>Manejo de Dejetos Suínos</b>              | 1                           | 7                              | 39  | 34  |
| <b>Recuperação de Pastagem</b>               | 2                           | 43                             | 217   | 718   |
| <b>Restauração Florestal*</b>                | -                           | -                              | -   | -   |

Nota: US\$ de 2005

\*O restauro florestal foi considerado apenas no MA2

Quadro 5. MA2 em relação ao CPG

| Medida                                       | Custo unitário de mitigação | Potencial de mitigação em 2030 | Potencial de mitigação no período (2010-2030) | Custo total de mitigação no período (2010-2030) |
|--|-----------------------------|--------------------------------|---|---|
|  | US\$/tCO <sub>2</sub> e     | Milhões tCO <sub>2</sub> e     | Milhões tCO <sub>2</sub> e                    | US\$ milhão                                     |
| <b>Florestas plantadas</b>                   | -23                         | 43                             | 427   | 699   |
| <b>Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)</b> | -23                         | 1                              | 3   | 89  |
| <b>Sistemas Agroflorestais (iPF)</b>         | -11                         | 73                             | 367   | 461   |
| <b>Manejo de Dejetos Suínos</b>              | 1                           | 7                              | 39  | 34  |
| <b>Recuperação de Pastagem</b>               | 2                           | 43                             | 217   | 718   |
| <b>Restauração Florestal</b>                 | 16                          | 111                            | 942   | 16.304  |

Nota: US\$ de 2005

<sup>35</sup> Houve divergência em relação aos valores de investimento e custo na produção de florestas plantadas utilizados no estudo. Para alguns membros do CEC os de Bacha et al (2014) estão abaixo da realidade de mercado. Outros apresentaram valores similares. Os valores foram então revisados e confrontados com outras fontes de dados privados. Conclui-se que os valores de Bacha (2014) apresentaram robustez suficiente para serem mantidos como valor de referência, devendo ser alertado, porém que custos podem variar significativamente.