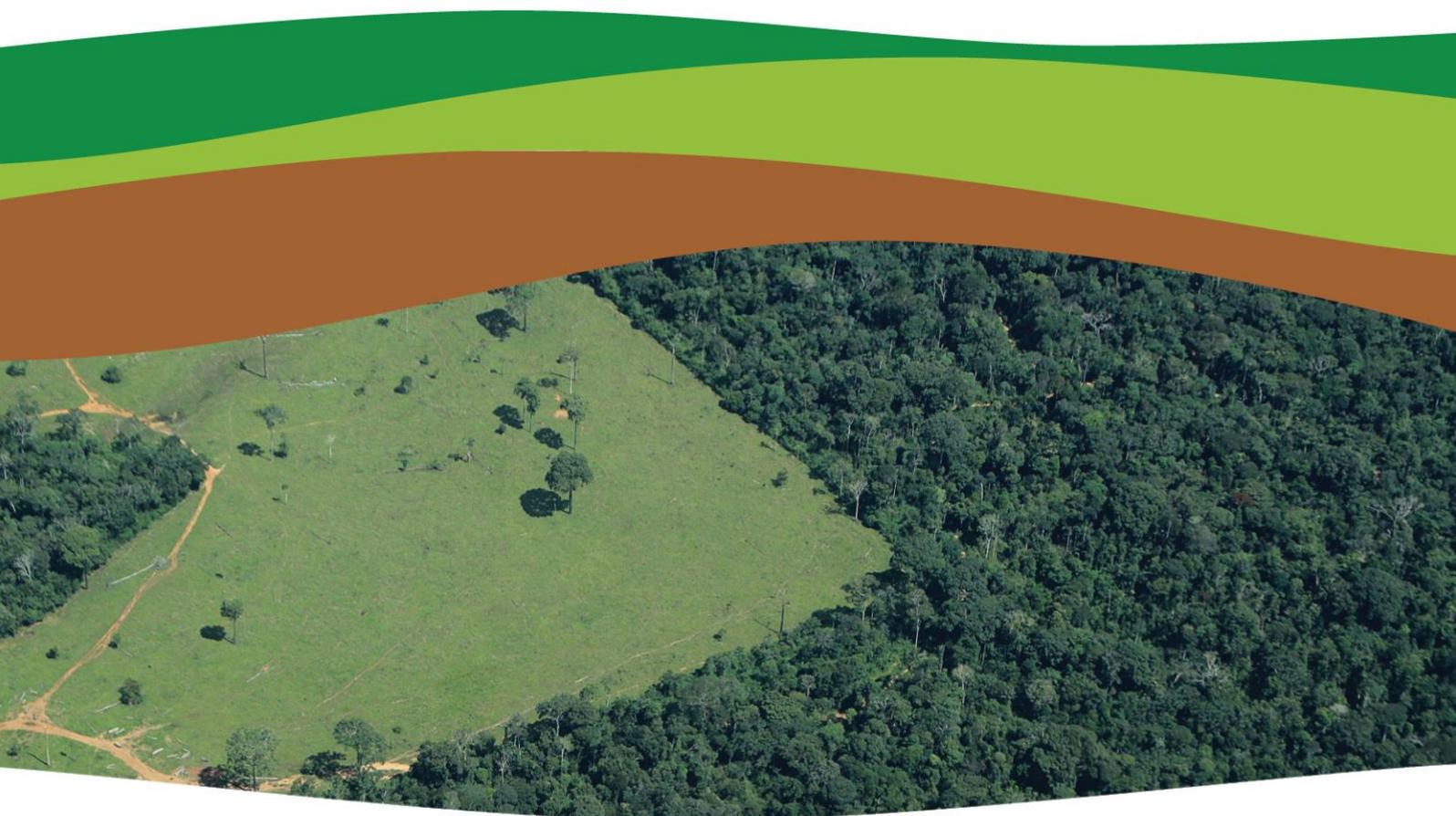


3



PlanaFlor

Fluxos e estoques de Carbono nos diferentes usos da terra



Projeto PlanaFlor



Financiamento



Norway's
International Climate
and Forest Initiative



PlanaFlor

Fluxos e estoques de Carbono nos diferentes usos da terra

AUTOR

Marcelo Hercowitz

COMO CITAR

HERCOWITZ, M. 2021. Fluxos e estoques de carbono. Projeto Planaflor – Rio de Janeiro, RJ, número 3, 34 páginas. Disponível em: www.planaflor.org

REALIZAÇÃO

Este relatório foi elaborado no âmbito do projeto PlanaFlor: Green New Deal for Nature-Based Economic Recovery, executado em parceria entre a BVRio, a Conservation Strategy Fund Brasil a Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) e a Fundação Getulio Vargas (FGV), com apoio financeiro da Iniciativa Internacional da Noruega para o Clima e Florestas (NICFI). Os conteúdos aqui apresentados poderão ser reproduzidos, desde que a fonte e os autores sejam citados.

Projeto PlanaFlor



Financiamento



Sumário

Introdução	3
<i>4º Inventário brasileiro de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa</i>	4
<i>Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)</i>	4
<i>Projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil”</i>	5
Linha de base	6
<i>Estoque de carbono na vegetação</i>	7
<i>Emissões de carbono por mudança do uso do solo</i>	8
<i>Emissões de carbono do setor agropecuária</i>	10
Emissões da agricultura e pecuária de baixo carbono	17
<i>Agricultura</i>	18
<i>Pecuária</i>	21
Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC)	24
Conclusão	25
Referências bibliográficas	27
Anexo 1	28
Anexo 2	33

Introdução

O objetivo principal desta etapa do diagnóstico é estimar os estoques e fluxos de carbono nos diferentes tipos de uso da terra, estabelecendo, com isso, a linha de base de carbono. O conhecimento da linha de base do carbono é importante porque, além de proporcionar informação sobre os estoques de carbono em diferentes tipos de vegetação e bioma, e sobre as emissões e remoções de carbono nos diferentes usos do solo, permite estimar o impacto climático, em termos do balanço de emissões de gases de efeito estufa (GEE), das diferentes propostas que serão realizadas pelo Planaflor, especialmente no que se refere aos cenários de restauração da vegetação nativa e de expansão agropecuária.

Conhecendo a situação atual (linha de base), o cenário de referência (cenário em situação “*business as usual*”, isto é, o cenário futuro com as mesmas condições de produção atuais), o cenário futuro esperado, e as informações sobre estoque e fluxos de carbono, será possível estimar o impacto climático das proposições do Planaflor.

Para a estimativa dos estoques de carbono na vegetação e dos e fluxos de carbono nos diferentes usos da terra, foram utilizadas principalmente três fontes de informações, além de outros materiais bibliográficos disponíveis:

1. 4º Inventário brasileiro de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (BRASIL, MCTI, 2020).
2. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)¹, do Observatório do Clima, e
3. Projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil”², do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e Comunicações (MCTIC) e da ONU Meio Ambiente.

4º Inventário brasileiro de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

O 4º Inventário brasileiro de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, em seu capítulo referente ao setor de uso de terra, mudança de uso da terra e florestas (LULUCF), apresenta os valores de estoque de carbono das fitofisionomias de cada bioma brasileiro, estimados a partir de valores de biomassa viva, tanto acima como abaixo do solo, e da matéria orgânica morta (madeira morta e serapilheira). Estes valores são apresentados no Anexo 1.

¹ <http://seeg.eco.br/>

² <https://csr.ufmg.br/opcoesdemitigacao/>

Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) é uma iniciativa do Observatório do Clima que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, documentos analíticos sobre a evolução das emissões e um portal na internet para disponibilização de forma simples e clara dos métodos e dados do sistema (<https://seeg.eco.br/o-que-e-o-seeg>).

O SEEG compila informações das emissões de gases de efeito estufa para os cinco setores que são fontes de emissões de acordo com o inventário brasileiro de emissões e segundo as diretrizes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Os setores analisados são a agropecuária, energia, mudança e uso da terra e florestas, processos industriais e resíduos.

Dentro do setor da agropecuária, as estimativas seguem a metodologia proposta pelo Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações para o 4º Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE (MCTI, 2020b,c,d,e; MCTI, 2021) (Imaflora, 2021).

De acordo com essa metodologia, a estimativa das emissões de gases de efeito estufa (GEE) da agropecuária abrange as atividades de produção agrícolas perenes e não perenes, assim como a criação e a produção animal, incluindo bovinos, galináceos, caprinos, bubalinos, muares, entre outros. Também inclui toda atividade relacionada a fertilização nitrogenada do solo e solos orgânicos (Imaflora, 2021).

Com isso, no setor da agricultura, o SEEG disponibiliza informações sobre as emissões de gases de efeito estufa, desde 1970 até 2019, para as seguintes categorias:

- Cultivo de arroz
- Fermentação entérica
- Manejo de dejetos animais
- Queima de resíduos agrícolas
- Solos manejados
- Calagem
- Aplicação de Ureia

Com base nessas informações e em fatores de emissões específicos, é possível conhecer as emissões dos diferentes tipos de uso da terra, tais como a pecuária, o arroz e a soja, permitindo a elaboração de estimativa de emissões para a linha de base (situação atual) e para o cenário referencial.

Projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil”

O projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil”, é “uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que contou com recursos do Global Environment Facility (GEF) e parceria com a ONU Meio Ambiente, com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão sobre ações que potencialmente reduzam emissões de gases de efeito estufa (GEE) nos setores-chaves da economia brasileira: indústria, energia, transportes, domicílios e serviços, AFOLU [Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo], gestão de resíduos e outras alternativas intersetoriais”³.

O setor de AFOLU deste projeto ficou sob responsabilidade do Centro de Sensoriamento Remoto (CSR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que disponibiliza os documentos técnicos e os resultados em uma página web específica⁴.

O CSR utilizou a ferramenta Otimizagro – uma plataforma integrada de modelagem de uso e mudança do uso da terra e emissões de GEE – para definir cenários de referência e cenários de baixo carbono. As premissas adotadas e os cenários de baixo carbono auxiliarão nas projeções que serão realizadas pelo Planafior.

3

https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html

4 <https://csr.ufmg.br/opcoesdemitigacao/>

Linha de base

A linha de base do projeto é o retrato da situação atual, tanto no que se refere ao estoque de carbono na vegetação nativa quanto às emissões decorrentes do uso da terra.

Estoque de carbono na vegetação

Os estoques de carbono na vegetação nativa foram estimados utilizando os dados de volume de carbono para diferentes fitofisionomias e biomas dados no 4º Inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa (MCTI, 2020) e áreas de vegetação nas diferentes fitofisionomias e biomas dados pelo IBGE (2019) (Anexo 1).

Conhecendo-se a área de cada fitofisionomia em cada bioma e o estoque de carbono contido em 1 hectare desta vegetação, é possível estimar o estoque de carbono na vegetação nativa nos diferentes biomas. O resultado encontrado é que no ano de 2019, isto é, na linha de base, o estoque de C na vegetação nativa do Brasil era de 67,7 bilhões de toneladas de C, equivalente a 248,5 bilhões de toneladas de CO₂. O resultado é apresentado em detalhe no Anexo 1 e de forma agregada na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Estoque de C na vegetação nativa no Brasil de acordo aos diferentes biomas, na linha de base (2019).

Bioma	Estoque de C (Mton)
Amazônia	58.421
Cerrado	5.961
Mata Atlântica	1.471
Caatinga	1.177
Pantanal	693
Pampa	54
TOTAL	67.777

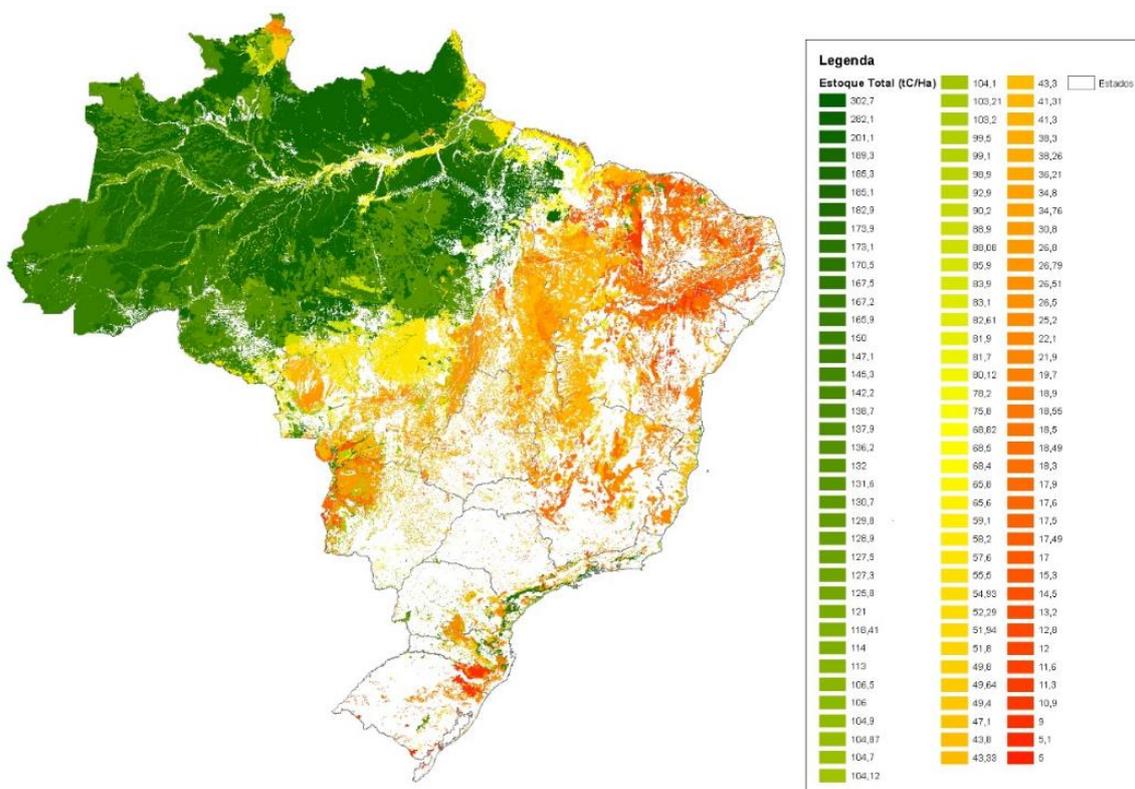
Fonte: calculado com base em MCTI (2020) e IBGE (2019)

O IBGE disponibiliza base de dados com fitofisionomias da vegetação natural por município e também a informação de qual bioma o município está inserido. Cruzando estes dados com as informações sobre estoque de carbono de cada fitofisionomia e bioma foi possível elaborar a Figura 1 com a linha de base do estoque de carbono na vegetação natural.

Esta informação espacializada permitirá a sobreposição com outras informações trabalhadas neste diagnóstico, auxiliando na tomada de decisões, bem como na estimativa do impacto

climático, em termos de sequestro ou emissões de carbono, das proposições realizadas pelo Planaflor. Por exemplo, o cruzamento das informações sobre estoque de carbono na vegetação nativa com as áreas prioritárias para restauração permitirá estimar o ganho de biomassa potencial dos restauros propostos. No sentido inverso, a informação sobre estoques de carbono na vegetação nativa pode entrar como um critério na definição das áreas prioritárias para restauração ou para conservação e podem orientar a criação de salvaguardas, por exemplo, para expansão de atividades produtivas. As informações do estoque de carbono na vegetação nativa também permitirão adicionar valor às CRA emitidas em áreas de maior biomassa, isto é, às CRA associadas a uma maior quantidade de carbono. Ainda, estas informações permitem análise do potencial de projetos de REDD. Em definitiva, o mapa espacializado do estoque de carbono na vegetação nativa é peça importante para as análises que se seguirão no âmbito do Planaflor.

Figura 1 – Estoque de C na vegetação natural do Brasil



Fonte: 4º Inventário brasileiro de emissões de GEE e IBGE. Elaboração própria.

Emissões de carbono por mudança do uso do solo

O Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) disponibiliza as informações sobre emissões e remoções de GEE decorrentes das mudanças do uso do solo para todos os municípios brasileiros. As transformações no uso e ocupação da terra

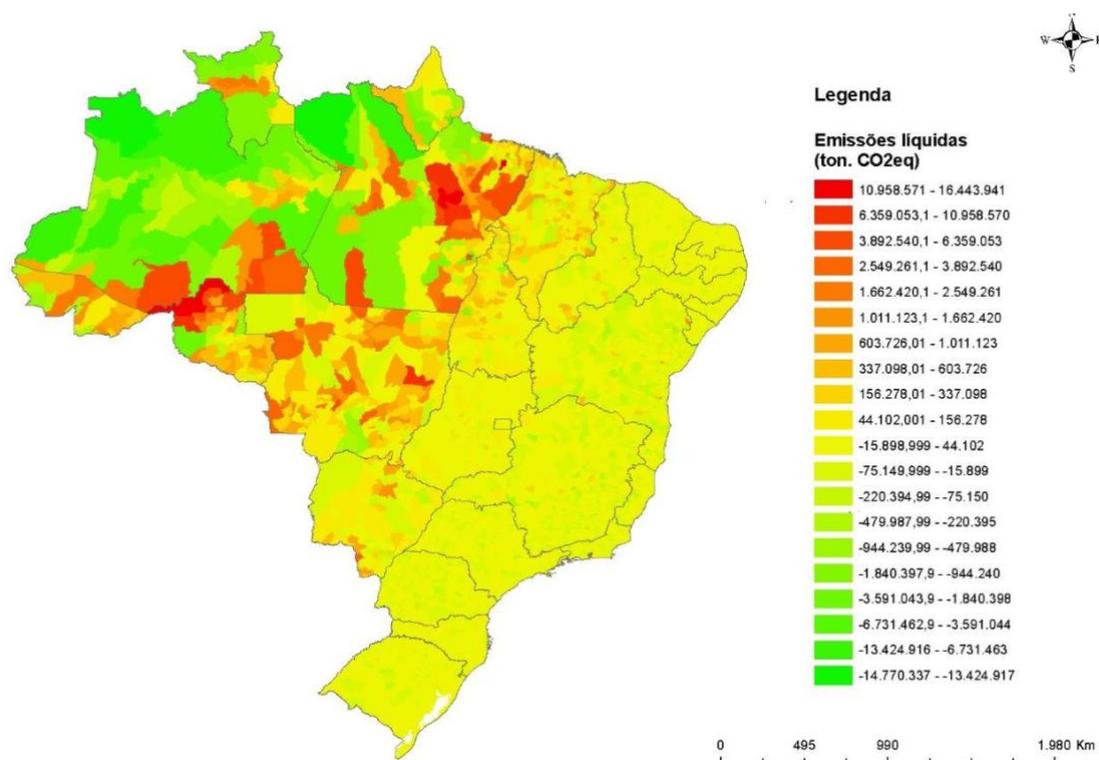
podem tanto remover como emitir GEE. Por exemplo, a perda de floresta primária ou secundária para uso agrícola gera emissões de GEE. Por outro lado, ainda como exemplo, as florestas em processo de renovação natural, a restauração florestal e a regeneração de pastos degradados, removem GEE da atmosfera. A Tabela 2 a seguir apresenta de forma agregada as principais fontes de remoções e emissões de GEE pela mudança do uso do solo no Brasil bem como as emissões líquidas (emissões menos remoções) pelas mudanças do uso do solo. O Anexo 2 apresenta a mesma informação de forma mais desagregada e o anexo 3 apresenta as emissões líquidas decorrentes das mudanças do uso do solo, por município. Essas informações são apresentadas de forma especializada na Figura 2.

Tabela 2 – Emissões e remoções de GEE decorrentes das mudanças no uso do solo no Brasil (2018)

	Fonte de emissão/remoção	Emissões/remoções (ton. CO_{2eq.})
Remoções	Remoção por floresta primária	-329.259.397
	Remoção por vegetação não florestal primária	-28.930.221
	Remoção por floresta secundária	-224.847.798
	Remoção por vegetação não florestal secundária	-8.753.627
	Remoção por Silvicultura	-306.903
	Remoção por uso agropecuário	-4.573.878
	TOTAL de remoções	-596.671.824
Emissões	Perda de floresta primária	647.639.912
	Perda de vegetação não florestal primária	10.026.327
	Perda de floresta secundária	37.664.907
	Perda de vegetação não florestal secundária	546.345
	Perda de áreas de silvicultura	10.438.083
	Transformação de áreas de uso agrop.	28.423.694
	Resíduos florestais	53.434.641
TOTAL de emissões	788.173.909	
Emissões líquidas		191.502.002

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do SEEG.

Figura 2 – Emissões líquidas de GEE pelas mudanças do uso do solo (2018)



Fonte: Elaboração própria com base no SEEG

Emissões de carbono do setor agropecuária

A linha de base das emissões de carbono da agropecuária foi estimada com base nos dados disponibilizados pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) para o setor agropecuária no ano 2018, que resultou no mapa de emissões apresentado na Figura 3. Além disso, com a finalidade de auxiliar a avaliação do impacto climático das proposições do Planaflor relativas ao uso da terra (expansão de área agrícola e intensificação da pecuária), procurou-se identificar o volume de emissões de CO₂ equivalente por unidade de área (hectare), no caso das emissões da agricultura, ou por unidade animal, no caso da pecuária.

Apesar de que as emissões do setor agropecuário dependem de fatores de emissões específicos, influenciados pelo clima, por condições do solo e pelas práticas utilizadas, é possível estimar, de forma geral, tomando por base os dados de linha de base, as emissões por unidade animal e/ou por área plantada.

Trata-se de uma aproximação que desconsidera os detalhes das variáveis que contribuem para as emissões, mas que servem ao propósito das análises em grande escala que serão realizadas pelo Planaflor e para a avaliação de seus impactos climáticos. Em condições *ceteris paribus*, as variações nas emissões das diferentes fontes do setor agropecuário dependem do tamanho da produção. Conseqüentemente, conhecendo-se as projeções de áreas de agricultura e de pecuária, pode-se estimar também as emissões de CO₂ equivalente decorrentes dessas

projeções e sua comparação com a linha de base.

As emissões de gases do setor agropecuário são estimadas e disponibilizadas pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), de acordo com a metodologia do 4º inventário⁵. Essas emissões provêm de sete fontes⁶:

- **Cultivo de arroz**
- **Fermentação entérica**
- **Manejo de dejetos animais**
- **Queima de resíduos agrícolas**
- **Solos manejados**
- **Calagem**
- **Aplicação de Ureia**

Destas 7 fontes de emissões, a fermentação entérica e o manejo de dejetos de animais são decorrentes da atividade pecuária. As emissões dos solos manejados são relacionados tanto à pecuária como à agricultura e as emissões das demais fontes decorrem da atividade agrícola.

A análise das emissões de CO₂eq. do setor agropecuário na linha de base foi realizada considerando essas fontes de emissões e com a maior desagregação possível de acordo com os dados do SEEG. Assim, por exemplo, se conhecem as emissões da pecuária pela fermentação entérica, pelo manejo dos dejetos animais e solos manejados, por tipo de rebanho, isto é, bovino, suíno, caprino, bubalino, etc. No caso das emissões dos solos manejados, se conhecem as emissões da cultura da soja, da cana, do milho, entre outras.

Esta análise desagregada pode ser útil para estimar o impacto da expansão agrícola e da intensificação da pecuária, em termos de emissões de CO₂eq., que será proposta no âmbito do Planafior.

De forma agregada, no ano de 2019 as emissões do setor agropecuário foram de 577,9 milhões de toneladas de CO₂eq., sendo 76,3% da pecuária e 23,7% da agricultura (ver Tabela 3). Mato Grosso é o estado que mais teve emissões do setor agropecuário, seguido por Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Pará. Estes seis estados são responsáveis por quase 60% das emissões do setor.

⁵ MCTI, 2020b,c,d,e ; MCTI, 2021

⁶ MCTI, 2020a

Tabela 3 – Emissões de GEE da agricultura e da pecuária, por Unidade da Federação (2019)

	Agricultura (ton.CO2eq.)	Partic. no total da agricult.	Pecuária (ton.CO2eq.)	Partic. no total da pecuária	Total (ton.CO2eq.)	Particip. no total
DF	199,676	0.2%	260,122	0.1%	459,798	0.1%
AP	31,285	0.0%	747,088	0.2%	778,373	0.1%
RR	160,115	0.1%	1,775,200	0.4%	1,935,315	0.3%
SE	378,945	0.3%	2,213,740	0.5%	2,592,685	0.4%
RN	262,112	0.2%	2,354,935	0.5%	2,617,047	0.5%
AM	95,181	0.1%	3,120,847	0.7%	3,216,028	0.6%
PB	317,153	0.3%	2,929,513	0.6%	3,246,667	0.6%
AL	740,847	0.6%	2,742,011	0.6%	3,482,858	0.6%
ES	801,827	0.7%	4,196,225	0.9%	4,998,052	0.9%
RJ	225,079	0.2%	5,235,070	1.2%	5,460,149	0.9%
PI	1,749,145	1.4%	4,212,561	0.9%	5,961,706	1.0%
PE	659,019	0.5%	5,586,639	1.2%	6,245,659	1.1%
AC	90,891	0.1%	6,241,462	1.4%	6,332,353	1.1%
CE	407,699	0.3%	6,668,800	1.5%	7,076,499	1.2%
SC	3,267,709	2.7%	11,845,892	2.6%	15,113,601	2.6%
MA	1,767,499	1.4%	16,057,963	3.5%	17,825,462	3.1%
TO	3,371,937	2.7%	16,827,157	3.7%	20,199,094	3.5%
BA	3,650,639	3.0%	21,918,705	4.8%	25,569,343	4.4%
RO	687,153	0.6%	27,890,345	6.1%	28,577,498	4.9%
PR	13,251,209	10.8%	21,366,589	4.7%	34,617,798	6.0%
SP	16,616,085	13.5%	22,373,993	4.9%	38,990,078	6.7%
PA	1,497,355	1.2%	42,353,987	9.3%	43,851,342	7.6%
MS	8,097,214	6.6%	39,589,435	8.7%	47,686,649	8.3%
RS	22,734,508	18.5%	27,452,156	6.0%	50,186,664	8.7%
MG	11,595,351	9.4%	46,662,200	10.3%	58,257,552	10.1%
GO	11,087,323	9.0%	47,403,155	10.4%	58,490,478	10.1%
MT	19,336,795	15.7%	64,878,337	14.3%	84,215,133	14.6%
TOTAL	123,079,753	21.3%	454,904,129	78.7%	577,983,882	100%

Fonte: SEEG

Analisando as fontes de emissões, observa-se que 63,3% das emissões são decorrentes da fermentação entérica e 29,7% dos solos manejados, totalizando nestas duas fontes 93,1% das emissões da agropecuária (Tabela 4)

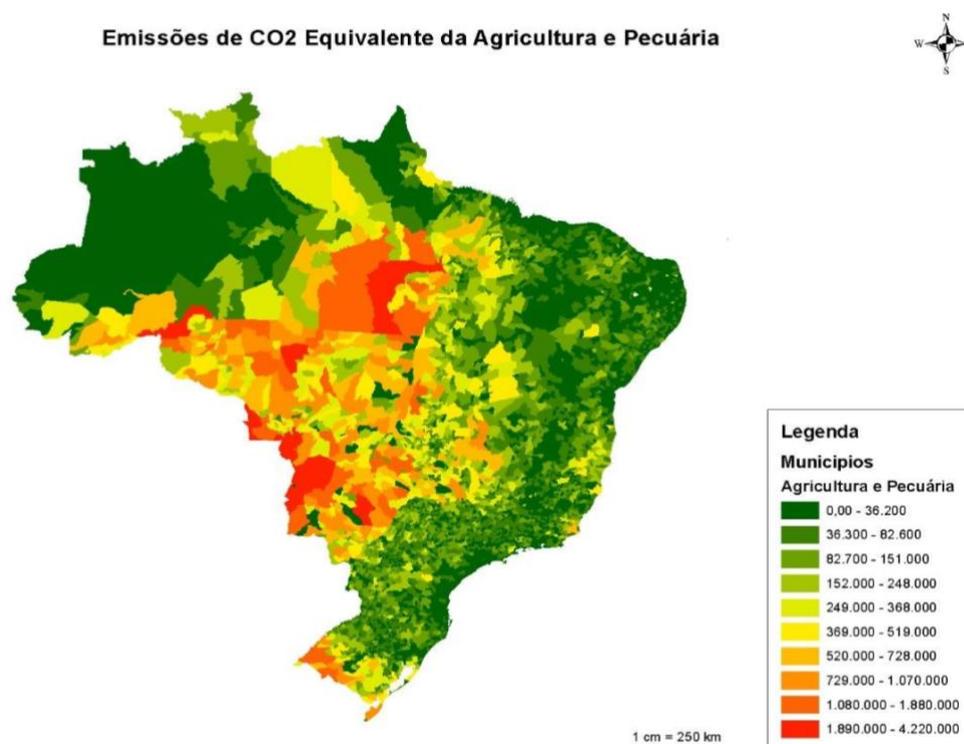
Tabela 4 – Emissões de GEE da agricultura e da pecuária, por fonte de emissão (2019)

Fonte de emissão	Emissões (ton.CO2eq.)	Participação no total
Queima de resíduos agrícolas	5.330.687	0,9%
Cultivo de Arroz	11.217.665	1,9%
Manejo de dejetos	23.559.901	4,1%
Solos manejados	171.800.313	29,7%
Fermentação entérica	366.075.315	63,3%
TOTAL	577.983.882	100%

Fonte: SEEG

As emissões de CO₂eq. foram coletadas também no nível municipal e foram utilizadas para gerar o mapa de emissões do setor agropecuário na linha de base. Enquanto os dados por estado estão disponíveis para o ano de 2019, no nível municipal os dados mais recentes disponíveis são de 2018. Portanto, a Figura 3 apresenta as emissões agropecuárias na linha de base, sendo 2018 neste caso.

Figura 3 – Mapa de emissões do setor agropecuário na linha de base (2018)



Fonte: Elaboração própria com base em dados do SEEG.

Emissões de GEE por fonte de emissão e unidade produtiva (hectares, para agricultura e indivíduo/animal, para a pecuária

Conforme mencionado anteriormente, a análise das emissões de GEE do setor agropecuária foi feita da forma mais desagregada possível, com vistas a auxiliar nas projeções do impacto climático, em termos das emissões de carbono, das proposições realizadas pelo Planaflor. Assim, procurou-se estimar as emissões por hectare ou por unidade animal. Dessa forma, conhecendo-se as estimativas de expansão da área cultivada com soja, por exemplo, será possível projetar o aumento nas emissões decorrentes dessa expansão. Da mesma forma, conhecendo-se a projeção de crescimento (ou redução) do rebanho bovino, pode-se estimar o aumento (ou redução) das emissões desse setor.

Para facilitar a apresentação e compreensão, os dados a seguir são apresentados de forma agregada, para o Brasil, embora as informações tenham sido compiladas no nível municipal e encontram-se disponíveis para as projeções a serem realizadas em etapas futuras do Planaflor (Anexos 4 e 5).

A análise detalhada das emissões mostra que as principais emissões de GEE na agricultura decorrem do uso de calcário e fertilizantes sintéticos e do cultivo de arroz, soja e cana de açúcar. Essas 5 práticas e atividades respondem por 83,3% das emissões da agricultura (Tabela 5). A Tabela 5 mostra também as emissões por hectare para as principais culturas agrícolas emissoras de GEE. Para apresentar esses resultados, foram somadas as diferentes fontes de emissões de cada cultura. Por exemplo, as fontes de emissões da cultura da soja são os resíduos agrícolas e a lixiviação. Essas duas fontes foram somadas para encontrar as emissões totais da soja. A cana, por exemplo, emite GEE pela queima de resíduos agrícolas, pela decomposição dos resíduos agrícolas e pela lixiviação. As três fontes foram somadas para apresentar o total de emissões.

Tabela 5 – Emissões da agricultura, por tipo de cultura e insumo, total e por hectare (2018)

Cultura	Emissões (ton.CO₂eq.)*	Participação no total (%)	Área colhida (ha) **	Emissões por hectare (ton.CO₂eq./ha.)
Mandioca	253.368	0,3%	1.215.988	0,21
Trigo	264.027	0,3%	2.080.204	0,13
Feijão	386.774	0,4%	2.837.675	0,14
Outras culturas	1.440.634	1,7%	4.398.466	0,33
Outros ⁷	2.867.142	3,3%	-	-
Aplicação de ureia	3.814.968	4,4%	-	-
Milho	5.493.546	6,3%	16.126.368	0,34
Cana	9.702.739	11,2%	10.024.104	0,97
Soja	11.151.268	12,8%	34.777.936	0,32
Arroz	12.008.245	13,8%	1.872.155	6,41
Fertiliz. sintéticos	19.189.321	22,1%	-	0,26 ⁸
Uso de Calcário	20.437.351	23,5%	-	0,28 ⁸
Total agricultura	87.009.383	100,0%	73.332.896	1,19

* Fonte: SEEG **Fonte: IBGE

Na pecuária, as emissões são principalmente devido ao rebanho bovino (93%), sendo que 81,5% do total de emissões são do gado de corte e 11,5% do gado de leite (Tabela 6). O rebanho bovino brasileiro é responsável por 78% das emissões totais de GEE da agropecuária, sendo 68% decorrentes das emissões do gado de corte e outros 10% das emissões do gado de leite^{9,10}. A Tabela 6 apresenta as emissões de GEE da pecuária, por tipo de rebanho, e também as emissões por unidade animal para os principais rebanhos no Brasil.

Da mesma forma como realizado para a agricultura, as diferentes fontes de emissões para cada tipo de rebanho foram somadas para encontrar as emissões totais do respectivo rebanho. Por exemplo, o gado de corte emite gases pelo manejo de dejetos animais e pelos solos manejados (aplicação de resíduos orgânicos, deposição atmosférica, deposição de dejetos em pastagem e lixiviação). Todas as fontes foram somadas para apresentar o resultado total apresentado na Tabela 6.

⁷ Solos orgânicos, vinhaça, torta de filtro

⁸ Calculado sobre a área total de agricultura

⁹ 370 milhões toneladas de CO₂eq. e 52 milhões toneladas de CO₂eq., em um total de 541 milhões toneladas de CO₂eq.

¹⁰ A soma das emissões apresenta diferenças quando analisadas no nível municipal e no nível estadual. Primeiramente porque os dados municipais são de 2018 e os dados estaduais de 2019. Em segundo lugar, de acordo com o SEEG, “os dados municipais, quando agregados a nível do estado ou a nível nacional, podem apresentar algumas diferenças em relação aos dados estaduais e nacionais apresentados na plataforma. Essas diferenças são provenientes de correções realizadas no processo de refinamento de escala do dado espacial, como por exemplo, a correção das diferenças nos limites de municípios com relação aos limites dos estados”.

Tabela 6 – Emissões da atividade pecuária, por fonte de emissão (2018)

Tipo de rebanho	Emissões (ton.CO2eq.)*	Participação no total	Tamanho do rebanho (número de animais) **	Emissões UA (ton.CO2eq./animal)
Asinino	274.654	0,1%	583.624	0,47
Muar	486.387	0,1%	1.093.226	0,44
Caprino	2.247.138	0,5%	10.959.694	0,21
Bubalinos	2.832.884	0,6%	1.389.873	2,04
Ovinos	3.397.471	0,7%	18.947.352	0,18
Aves	3.532.403	0,8%	-	-
Equino	4.554.117	1,0%	5.749.822	0,79
Suínos	14.470.203	3,2%	41.231.856	0,35
Gado de leite	52.169.424	11,5%	16.353.091	3,19
Gado de corte	370.223.488	81,5%	197.444.111	1,88
Pecuária	454.188.169	100,0%	-	-

* Fonte: SEEG. **Fonte: IBGE

Emissões da agricultura e pecuária de baixo carbono

A avaliação do impacto nas emissões de gases de efeito estufa das proposições do Planaflor relativas à agricultura e à pecuária devem considerar as projeções de crescimento (ou redução) dessas atividades, incluindo o percentual da atividade produzindo com práticas de baixo carbono, as emissões no cenário atual e as emissões no cenário de baixo carbono.

As emissões no cenário atual foram apresentadas no tópico anterior e aqui apresentaremos algumas indicações para as projeções do cenário de baixo carbono.

O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, conhecido por Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), é composto por seis compromissos/linhas de ação que visam a mitigação de 133,9 a 162,9 milhões Mg CO₂eq.:

- Recuperar uma área de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas por meio do manejo adequado e adubação;
- Aumentar a adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) e de Sistemas Agroflorestais (SAFs) em 4 milhões de hectares;
- Ampliar a utilização do Sistema Plantio Direto (SPD) em 8 milhões de hectares;
- Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN): ampliar o uso da fixação biológica em 5,5 milhões de hectares;
- Promover as ações de reflorestamento no país, expandindo a área com Florestas Plantadas, atualmente, destinada à produção de fibras, madeira e celulose em 3,0 milhões de hectares, passando de 6,0 milhões de hectares para 9,0 milhões de hectares;
- Ampliar o uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos de animais para geração de energia e produção de composto orgânico (Brasil, 2012).

Ainda de acordo com o Plano ABC (Brasil, 2012), o maior potencial de mitigação vem da recuperação de pastagens degradadas, conforme se observa na Tabela 7.

Tabela 7 – Processo Tecnológico, compromisso nacional relativo (aumento da área de adoção ou uso) e potencial de mitigação por redução de emissão de GEE.

Processo Tecnológico	Compromisso (aumento de área/uso)	Potencial de Mitigação (milhões ton. CO₂eq)
Recuperação de Pastagens Degradadas	15,0 milhões ha	83 a 104
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	4,0 milhões ha	18 a 22
Sistema Plantio Direto	8,0 milhões ha	16 a 20
Fixação Biológica de Nitrogênio	5,5 milhões ha	10
Florestas Plantadas	3,0 milhões ha	-
Tratamento de Dejetos Animais	4,4 milhões m ³	6,9
Total	-	133,9 a 162,9

Fonte: Brasil, 2012

Agricultura

Com o objetivo de avaliar e identificar o potencial técnico das opções de mitigação de gases de efeito estufa no Brasil, o projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores Chave do Brasil” (Rathmann, 2017) desenvolveu projeções de crescimento das diferentes atividades agropecuárias até o ano 2050 e estimou as emissões de gases de efeito estufa nos cenários projetados – cenário de referência (crescimento tendencial) e cenário de baixo carbono. A Tabela 8 e a Tabela 9 a seguir mostram as emissões de GEE para a agricultura no cenário de referência e no cenário de baixo carbono desenvolvidos por Rathmann (2017).

Tabela 7 – Emissões anuais da agricultura no cenário de referência (GgCO₂eq.)

	2012	2020	2030	2040	2050
Arroz	13.469	13.330	13.261	13.270	13.302
Queima de resíduos	4.901	5.912	4.122	2.405	0
Solos agrícolas (diretas e indiretas) (a+b+c)	38.178	55.237	79.466	102.295	120.949
Fertilizantes sintéticos (a)	24.441	39.344	59.526	75.600	90.164
Resíduos agrícolas (b)	11.881	16.434	21.129	25.493	29.340
Vinhaça (c)	1.856	1.475	1.681	2.310	2.476
Total Agricultura (i + ii + iii)	56.548	73.942	96.475	117.751	134.251

Fonte: Rathmann, 2017

Tabela 9 – Emissões anuais da agropecuária no cenário de baixo carbono (GgCO₂eq.)

	2012	2020	2030	2040	2050
Arroz	13.469	13.330	13.261	13.270	13.302
Queima de resíduos	4.901	5.375	3.748	2.186	–
Solos agrícolas (diretas e indiretas) (a+b+c)	38.178	57.253	82.336	103.403	121.980
Fertilizantes sintéticos (a)	24.441	37.794	57.240	75.204	89.917
Resíduos agrícolas (b)	11.881	16.102	20.698	24.990	28.781
Vinhaça (c)	1.856	1.341	1.528	2.101	2.251
Total Agricultura (i + ii + iii)	56.548	76.495	99.719	119.078	135.282

Fonte: Rathmann, 2017

Os resultados encontrados apontam que as emissões de GEE aumentaram, em valores absolutos, em 3,4% e 0,8% nos anos de 2030 e 2050, respectivamente, com relação ao cenário de referência (ver Tabela 10). Conforme se observa na Tabela 10, o maior aumento absoluto nas emissões no ano 2030 decorre do uso de fertilizantes sintéticos, o que faz sentido, uma vez que os cenários projetam uma maior produtividade nas culturas agrícolas, o que é alcançado pelo maior uso de fertilizantes. Na projeção para 2050, o maior aumento absoluto ocorre por conta dos resíduos agrícolas.

Tabela 10 – Aumento de emissões absolutas de GEE no cenário de baixo carbono com relação ao cenário de referência.

	2030		2050	
	(Gg CO ₂ eq.)	%	(Gg CO ₂ eq.)	%
Arroz	0	0,0%	0	0,0%
Queima de resíduos	374	10,0%	0	0,0%
Solos agrícolas (diretas e indiretas) (a+b+c)	2.870	3,6%	1.031	0,9%
Fertilizantes sintéticos (a)	2.286	4,0%	247	0,3%
Resíduos agrícolas (b)	431	2,1%	559	1,9%
Vinhaça (c)	153	10,0%	225	10,0%
Total Agricultura (i + ii + iii)	3.244	3,4%	1.031	0,8%

Fonte: Rathmann, 2017, elaboração própria.

Neste sentido, os cenários desenvolvidos por Rathmann (2017) projetam o aumento da área cultivada e da produção, tanto para o cenário de referência como para o cenário de baixo carbono. No entanto, neste último, o crescimento projetado é 1,7% e 7,1% maior para área cultivada e para a produção, respectivamente (Tabela 11 e Tabela 13). Com isso, as emissões projetadas por hectare para 2030 são 1,9% maiores no cenário de baixo carbono do que no cenário de referência e para 2050 são 0,9% menores no cenário de baixo carbono do que no cenário de referência (Tabela 12).

Em termos de emissões por tonelada produzida, as projeções indicam uma redução de emissões no cenário de baixo carbono com relação ao cenário de referência de 2,7% e 5,9% para 2030 e 2050, respectivamente (Tabela 14).

Tabela 11 – Área ocupada na agricultura, segundo projeções de Rathmann (2017), ha

	2012	2030	2050
Cenário de referência	51.833.074	67.308.527	76.682.659
Cenário de baixo carbono	51.833.074	68.260.740	77.960.532

Fonte: Rathmann, 2017. Dados do ano de 2030 calculados por extrapolação.

Tabela 12 – Emissões da agricultura por hectare, nos cenários de referência e de baixo carbono (ton de CO₂eq./ha)

	2030	2050
Cenário de referência	1,433	1,751
Cenário de baixo carbono	1,461	1,735

Fonte: Elaboração própria com base em Rathmann, 2017.

Tabela 13 – Produção agrícola, segundo projeções de Rathmann (2017), toneladas.

	2012	2030	2050
Cenário de referência	928.759.740	1.348.149.779	1.730.678.447
Cenário de baixo carbono	928.759.740	1.432.015.892	1.854.248.804

Fonte: Rathmann, 2017. Dados do ano de 2030 calculados por extrapolação.

Tabela 14 – Emissões da agricultura por kg produzido, nos cenários de referência e de baixo carbono (ton de CO₂eq./kg).

	2030	2050
Cenário de referência	0,0716	0,0776
Cenário de baixo carbono	0,0696	0,0730

Fonte: Elaboração própria com base em Rathmann, 2017.

Pecuária

As projeções de emissões de GEE na pecuária desenvolvidas por Rathmann (2017), no cenário de referência e no cenário de baixo carbono, são apresentadas na Tabela 15 e na Tabela 16 respectivamente.

Tabela 15 – Emissões anuais da agropecuária no cenário de referência (GgCO₂eq.)

	2012	2020	2030	2040	2050
Fermentação entérica	264.730	296.330	335.831	356.112	357.175
Manejo de dejetos animais (CH ₄)	21.158	23.736	26.957	29.776	32.192
Solos agrícolas (diretas e indiretas) (a+b)	125.632	155.828	202.508	236.620	267.049
Animais em pastagem e adubo animal (a)	83.783	96.388	117.985	128.381	139.119
Manejo de dejetos animais (N ₂ O) (b)	3.671	4.203	5.057	5.944	6.981
Total Pecuária (i + ii + iii)	429.890	494.599	582.305	637.964	669.718

Fonte: Rathmann, 2017

Tabela 16 – Emissões anuais da agropecuária no cenário de baixo carbono (GgCO₂eq.)

	2012	2020	2030	2040	2050
Fermentação entérica	264.730	271.224	279.342	282.948	282.040
Manejo de dejetos animais (CH ₄)	21.158	22.823	24.359	24.873	26.414
Solos agrícolas (diretas e indiretas) (a+b)	125.609	151.108	186.841	217.659	246.479
Animais em pastagem e adubo animal (a)	83.783	89.703	99.583	108.453	117.666
Manejo de dejetos animais (N ₂ O) (b)	3.648	4.152	4.922	5.803	6.833
Total Pecuária (i + ii + iii)	429.867	464.397	507.925	541.155	568.235

Fonte: Rathmann, 2017

A análise dessas projeções mostra uma redução nas emissões de GEE no setor da pecuária no cenário de baixo carbono em comparação com o cenário de referência de 16,0% e 19,1% em

2030 e 2050, respectivamente (Tabela 17). Em termos absolutos, a maior redução de emissão de GEE na pecuária vem da fermentação entérica.

Tabela 17 – Redução nas emissões de GEE no cenário de baixo carbono com relação ao cenário de referência.

	2030		2050	
	(GgCO _{2eq.})	%	(GgCO _{2eq.})	%
Fermentação entérica	56.489	16,8%	75.135	21,0%
Manejo de dejetos animais (CH ₄)	2.598	9,6%	5.778	17,9%
Solos agrícolas (diretas e indiretas) (a+b)	18.537	15,1%	21.601	14,8%
Animais em pastagem e adubo animal (a)	18.402	15,6%	21.453	15,4%
Manejo de dejetos animais (N ₂ O) (b)	135	2,7%	148	2,1%
Total Pecuária (i + ii + iii)	77.624	16,0%	102.514	19,1%

Fonte: Rathmann, 2017, elaboração própria.

Em termos de emissões por animal, a redução é ainda maior, já que Rathmann (2017) projeta um crescimento do rebanho (bovino) maior no cenário de baixo carbono do que no cenário de referência. Com isso, a redução de emissões de GEE na pecuária para o cenário de baixo carbono em comparação com o cenário de referência é de 27,5% e 32,4% em 2030 e 2050, respectivamente (Tabela 18).

Tabela 18 – Emissões totais da pecuária, rebanho bovino e emissões por animal, segundo projeções de Rathmann (2017).

	2030			2050		
	Cenário de referência	Cenário de baixo Carbono	Variação (%)	Cenário de referência	Cenário de baixo Carb.	Variação (%)
Emissões (GgCO_{2eq.})	485.830	408.206	-16,0%	535.467	432.953	- 19,1%
Rebanho bovino (milhões de animais)	251,54	291,64	15,9%	291,31	348,21	19,5%
Emissões por animal (ton de CO_{2eq.}/ha.)	1,93	1,40	-27,5%	1,84	1,24	- 32,4%

O Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola (Imaflora) analisou as emissões de GEE da pecuária em dois tipos de sistemas intensivos implementados pela empresa PECSA (Pecuária Sustentável na Amazônia).

A conclusão é que, comparado ao sistema convencional (pasto degradado), as emissões da fermentação entérica, a principal fonte de emissão de GEE da pecuária, nos sistemas intensificados se reduz em 38% devido à maior qualidade da alimentação. O solo das pastagens degradadas é uma importante fonte de emissão de GEE devido à perda de matéria orgânica do solo, mas é um sumidouro de carbono nos modelos adotados pela PECSA por conta das melhores práticas de manejo (Imaflora, 2020).

Em termos de área, isto é, emissões por hectare, as emissões de GEE aumentam nos modelos da PECSA (entre 31% e 125% dependendo do modelo adotado), devido ao maior número de animais por hectare. Em termos de carne produzida, ao contrário, os modelos da PECSA apresentam emissões cerca de 88% menores devido ao grande aumento de produtividade (12 e 18 vezes maior, de acordo ao modelo adotado) e às menores emissões da fermentação entérica e dos fluxos de carbono do solo (Imaflora, 2020).

Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC)

O Brasil apresentou em 2015, no âmbito do acordo de Paris, sua pretensão de NDC que foi ratificada em 2016. Com isso, o país assumiu o compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025 e em 43% até 2030, ambas em comparação às emissões de 2005.

De acordo com o segundo inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de GEE, no ano base de 2005 as emissões brasileiras de GEE eram da ordem de 2,1 GtCO₂eq. Isso significa que, de acordo com o compromisso assumido no acordo de Paris, o Brasil poderia emitir em 2025 um volume máximo de cerca de 1,3 GtCO₂eq. e em 2030 um volume máximo de aproximadamente 1,2 GtCO₂eq.

Em dezembro de 2020, o governo brasileiro atualizou sua NDC, mantendo os mesmos percentuais apresentados pela primeira NDC (redução de emissões de 37% e 43% até 2025 e 2030, respectivamente). Contudo, assumiu como linha de base as emissões brasileiras em 2005 contabilizadas pelo terceiro inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de GEE, da ordem de 2,8 GtCO₂eq. Com isso, o país poderia chegar ao ano de 2025 com emissões de cerca de 1,76 GtCO₂eq e em 2030 com emissões de aproximadamente 1,6 GtCO₂eq. Assim, percebe-se que entre a primeira NDC, de 2016, e sua revisão em 2020, o Brasil reduziu sua meta de corte de emissões, permitindo a emissão adicional de GEE em cerca de 0,46 GtCO₂eq até 2025 e 0,4 GtCO₂eq até 2030.

Em 2021 o Brasil anunciou na Conferência do Clima de Glasgow (COP26) que elevaria sua meta de redução de emissões para o ano 2030 dos 43% apresentados nas duas últimas NDCs para 50% das emissões do ano base 2005. No entanto, o governo não explicou qual seria o referencial para o cálculo das emissões. Se a referência for o 4º inventário brasileiro de emissões, o mais atual, que estima as emissões brasileiras em 2005 em torno de 2,4 GtCO₂eq., as metas equivaleriam às apresentadas na primeira NDC, do ano de 2015. Isto é, o país poderia emitir em 2030 um volume máximo de aproximadamente 1,2 GtCO₂eq. Contudo, se a referência continuar sendo o 3º inventário brasileiro de emissões de GEE, o limite máximo de emissões em 2030 seria de aproximadamente 1,4 GtCO₂eq, o que significa que o país poderia aumentar suas emissões em 0,2 GtCO₂eq em comparação à meta apresentada na primeira NDC, no ano de 2015 e ratificada em 2016.

Conclusão

Conforme apresentado, o 4º inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de GEE estima as emissões brasileiras em 2,4 bilhões de toneladas de CO₂eq., enquanto a meta de redução apresentada na última revisão da NDC estipula uma redução de emissões entre 1 e 1,2 bilhão de toneladas de CO₂eq¹¹.

O estoque de carbono contido na vegetação no Brasil é da ordem de 66 bilhões de toneladas de C (Tabela 1).

As emissões do setor agropecuário e das mudanças de uso da terra totalizam cerca 769,5 milhões de toneladas de CO₂eq., conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – Emissões de GEE do setor agropecuário e das mudanças de uso da terra.

Setor de emissão	Emissões (ton. CO ₂ eq.)
Emissões líquidas pela mudança do uso do solo	191.502.002
Emissões da agricultura	123.079.753
Emissões da pecuária	454.904.129
TOTAL	769.485.884

O Plano ABC estima um potencial de mitigação de GEE entre 133,9 e 162,9 milhões de toneladas de CO₂eq. (Tabela 7), que representa de 23,2% a 28,2% do total de emissões do setor agropecuário e entre 11,2% e 16,3% das metas estipuladas pela NDC brasileira.

Da mesma forma, o projeto “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil” estima a possibilidade de redução de emissões de GEE da agricultura e da pecuária por unidade de produto produzido.

Contudo, tanto o plano ABC como o projeto “Opções de Mitigação de Emissões de GEE” estimam esse potencial de redução de emissões com relação ao cenário referencial, isto é, ao cenário “business as usual”. Em termos absolutos, o potencial de redução de emissões da agricultura é reduzido, uma vez que a área cultivada no país ainda deve crescer e, mesmo que as emissões por unidade de produto ou de terra se reduzam, elas não devem compensar o aumento da área cultivada.

¹¹ Dependendo se a referência for o 3º ou o 4º inventário.

No setor agropecuário, o maior potencial de redução de emissões é a pecuária, especificamente pela redução das emissões da fermentação entérica que, conforme visto, respondem por cerca de 63% de todas as emissões de GEE do setor (Tabela 4). Conforme mencionado, a PECSA conseguiu resultados de redução de até 88% de emissões de GEE por quilo de carne produzida.

Contudo, o maior potencial para redução das emissões de GEE no setor agropecuário e de mudanças do uso do solo é a redução do desmatamento. Somente a perda de florestas primárias emitiu um volume de 647 milhões de toneladas de CO₂eq. no ano de 2018 (Tabela 2), o que corresponde a mais de 50% da meta definida na NDC brasileira, seja qual for a base de cálculo adotada.

Referências bibliográficas

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 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.
- BRASIL, MCTIC. 2015. Terceiro inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Emissões no setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas. Relatório de referência.
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. 2021. Dados conjunturais da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986 a 2020): área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 21/09/2021.
- IBGE. 2019. Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil - 1:250.000. Banco de Dados de Informações Ambientais. (<https://bdiweb.ibge.gov.br/#/home>).
- Imaflora. 2020. Greenhouse Gas Emissions Estimate of Two Intensified Rearing-Fattening Beef Cattle Production Systems In Mato Grosso State.
- Imaflora. 2021. Nota Metodológica. Setor Agropecuário. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. In: EGGLESTON, S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (eds.). 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies. Disponível em: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html.
- Machado, F. S.; Pereira, L. G. R.; Guimarães, R. Jr.; Lopes, F. C. F.; Chaves, A. V.; Campos, M. M.; et al. Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação. In: MACHADO, Fernanda Samarini et al. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2011. 92 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 147).
- MCT – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. 2006. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência: Emissões de Metano pela Pecuária. Brasília: MCT, 2006
- MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. 2020. Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Relatório de referência, versão de novembro de 2020.
- MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. 2020a. Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Relatório síntese dos relatórios de referência setoriais. Setor Agropecuária. Versão de novembro de 2020.
- MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. 2020b. Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Setor Agropecuária, subsetor cultivo de arroz. Relatório de referência, versão de novembro de 2020.
- MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. 2020c. Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Setor Agropecuária, subsetor fermentação entérica. Relatório de referência, versão de novembro de 2020.
- MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. 2020d. Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Setor Agropecuária, subsetor manejo de dejetos. Relatório de referência, versão de novembro de 2020.
- MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. 2020e. Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Setor Agropecuária, subsetores solos manejados, calagem e aplicação de ureia. Relatório de referência, versão de novembro de 2020.
- MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. 2021. Quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Setor Agropecuária, subsetor queima de resíduos agrícolas. Relatório de referência, versão de janeiro de 2021.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. In: EGGLESTON, S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (eds.). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies. Disponível em: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html.
- Rathmann, R. (org.) 2017. Modelagem setorial de opções de baixo carbono para agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU). Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, ONU Meio Ambiente, 2017.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). 2021. O que é o SNIF. Disponível em <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/o-que-e-o-snif>. Acesso em: 18-08-2021.
- USEPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1990. Methane emissions and opportunities for control. Workshop results of Intergovernmental Panel on Climate Change. Setembro de 1990.

Anexo 1 – Área de vegetação nativa por fitofisionomia e bioma, estoque de carbono por hectare e estoque total.

	Fitofisionomia	Área (ha)*	Área na vegetação nativa do Bioma (%)	Estoque segundo o Quarto Inventário (tC/ha)	Estoque de carbono (ton C/ha)**
Amazônia	Aa - Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	9.014.187	2,4%	145,3	1.309.761.363
	Ab - Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas	37.337.381	10,1%	165,9	6.194.271.581
	As - Floresta Ombrófila Aberta Submontana	49.669.366	13,4%	132,0	6.556.356.353
	Cb - Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	88.550	0,0%	59,1	5.233.333
	Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana	675.893	0,2%	129,8	87.730.853
	Da - Floresta Ombrófila Densa Aluvial	19.579.406	5,3%	130,7	2.559.028.329
	Db - Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	85.939.908	23,2%	185,3	15.924.664.877
	Dm - Floresta Ombrófila Densa Montana	3.816.994	1,0%	138,7	529.417.135
	Ds - Floresta Ombrófila Densa Submontana	87.826.248	23,7%	201,1	17.661.858.518
	Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	117.096	0,0%	65,6	7.681.473
	Fb - Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	112.645	0,0%	81,7	9.203.103
	Fm - Floresta Estacional Semidecidual Montana	92.672	0,0%	125,8	11.658.115
	Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana	6.289.932	1,7%	88,9	559.174.993
	Ha - Floresta Estacional Sempre Verde Aluvial	545.536	0,1%	57,6	31.422.863
	Hb - Floresta Estacional Sempre Verde das Terras Baixas	938.342	0,3%	57,6	54.048.483
	Hs - Floresta Estacional Sempre Verde Submontana	14.713.564	4,0%	57,6	847.501.295
	La - Campinarana Arborizada	2.422.013	0,7%	302,7	733.143.353
	Lb - Campinarana Arbustiva	1.273.660	0,3%	189,3	241.103.773
	Ld - Campinarana Florestada	12.896.059	3,5%	131,6	1.697.121.411
	Lg - Campinarana Gramíneo-Lenhosa	1.692.390	0,5%	121,0	204.779.187
	LO/Contato Campinarana/Floresta Ombrófila LO	1.665.390	0,4%	130,0	216.500.665
	ON/Contato Floresta Ombrófila/Floresta Estacional ON	73.209	0,0%	58,4	4.275.381
	Pa - Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre	7.037.709	1,9%	58,2	409.594.656
	Pf - Formação Pioneira com influência fluviomarinha	1.416.380	0,4%	38,3	54.247.367
	Pm - Formação Pioneira com influência marinha	8.560	0,0%	34,8	297.878
	R - Florestamento/Reflorestamento	498.886	0,1%	43,8	21.851.216

Fitofisionomia	Área (ha)*	Área na vegetação nativa do Bioma (%)	Estoque segundo o Quarto Inventário (tC/ha)	Estoque de carbono (ton C/ha)**
Sa - Savana Arborizada	3.023.657	0,8%	173,1	523.395.065
Sd - Savana Florestada	5.064.479	1,4%	150,0	759.671.805
Sg - Savana Gramíneo-Lenhosa	1.451.711	0,4%	49,8	72.295.204
SN/Contato Savana/Floresta Estacional SN	13.909	0,0%	57,6	801.140
SO/Contato Savana/Floresta Ombrófila SO	459.343	0,1%	131,2	60.265.846
Sp - Savana Parque	5.106.049	1,4%	114,0	582.089.635
ST/Contato Savana/Savana-Estéptica ST	276.787	0,1%	49,7	13.756.305
Ta - Savana-Estéptica Arborizada	305	0,0%	128,9	39.314
Td - Savana-Estéptica Florestada	501.255	0,1%	25,2	12.631.625
Tg - Savana-Estéptica Gramíneo-Lenhosa	91.148	0,0%	17,5	1.595.096
Tp - Savana-Estéptica Parque	308.727	0,1%	26,5	8.181.262
Vs - Vegetação Secundária	9.059.489	2,4%	50,1	453.880.423
Cerrado				
Tb - Savana-Estéptica Arbustiva	22.902	0,0%	17,9	409.938
Fa/Floresta Estacional Semidecidual Aluvial PR/SP	7.043	0,0%	79,9	562.721
Tg - Savana-Estéptica Gramíneo-Lenhosa	35.795	0,0%	17,5	626.414
Fb/Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas GO	7.510	0,0%	83,9	630.083
MI - Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana	7.894	0,0%	104,1	821.734
Mm - Floresta Ombrófila Mista Montana	14.412	0,0%	80,1	1.154.424
Sd/Savana Florestada PR/SP	34.280	0,0%	68,8	2.358.468
Pm - Formação Pioneira com influência marinha	70.793	0,1%	34,8	2.463.612
rm - Refúgio Vegetacional Montano	183.640	0,1%	18,6	3.415.713
Pf - Formação Pioneira com influência fluviomarinha	112.967	0,1%	38,3	4.326.627
SO/Contato Savana/Floresta Ombrófila	68.566	0,1%	66,3	4.545.928
Fb/Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas MA/MT	62.710	0,1%	81,7	5.123.396
Cb - Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	90.131	0,1%	104,9	9.454.730
Tp - Savana-Estéptica Parque	506.628	0,4%	26,5	13.425.637
As - Floresta Ombrófila Aberta Submontana	163.652	0,1%	88,1	14.417.702
Aa - Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	100.020	0,1%	145,3	14.532.841
Fm/Floresta Estacional Semidecidual Montana BA/PI	226.252	0,2%	82,6	18.688.391
Fa/Floresta Estacional Semidecidual Aluvial MA/PA/TO	294.969	0,2%	65,6	19.349.974
Td - Savana-Estéptica Florestada	480.048	0,4%	43,3	20.786.092
Hb - Floresta Estacional Sempre Verde das Terras Baixas	320.664	0,3%	68,5	21.965.487

Fitofisionomia	Área (ha)*	Área na vegetação nativa do Bioma (%)	Estoque segundo o Quarto Inventário (tC/ha)	Estoque de carbono (ton C/ha)**
Da - Floresta Ombrófila Densa Aluvial	177.711	0,1%	130,7	23.226.824
Ta - Savana-Estépica Arborizada	1.470.334	1,2%	17,9	26.318.984
Fm/Floresta Estacional Semidecidual Montana GO/MG/MS/PR/SP/TO	411.065	0,3%	67,8	27.870.202
Fa/Floresta Estacional Semidecidual Aluvial BA/GO/MG/PI	390.451	0,3%	75,9	29.635.253
Pa - Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre	911.572	0,7%	36,2	32.998.892
ST/Contato Savana/Savana- Estépica	998.949	0,8%	36,1	36.062.052
Sd/Savana Florestada BA/DF/GO/ MG	937.160	0,7%	52,3	49.013.446
TN/Contato Savana- Estépica/Floresta Estacional	1.151.121	0,9%	45,8	52.721.332
Ds - Floresta Ombrófila Densa Submontana	490.657	0,4%	118,4	58.093.801
Sd/Savana Florestada MA/PI/TO	1.276.579	1,0%	49,6	63.318.319
Fs/Floresta Estacional Semidecidual Submontana BA/MA/PI	1.378.146	1,1%	54,9	75.660.205
SN/Contato Savana/Floresta Estacional	1.133.591	0,9%	67,6	76.630.773
Fs/Floresta Estacional Semidecidual Submontana GO/MG/MS/ MT/SP/TO	996.775	0,8%	83,5	83.230.726
Sg - Savana Gramíneo-Lenhosa	5.491.849	4,4%	18,5	101.599.200
Ha - Floresta Estacional Sempre Verde Aluvial	1.778.176	1,4%	68,5	121.805.022
Cm - Floresta Estacional Decidual Montana	1.429.544	1,1%	127,5	182.266.829
Fa/Floresta Estacional Semidecidual Aluvial MS/MT	1.240.670	1,0%	167,5	207.812.190
Vs - Vegetação Secundária	7.452.834	6,0%	30,7	228.801.988
R - Florestamento/Reflorestamento	7.675.196	6,1%	43,8	336.173.583
Hs - Floresta Estacional Sempre Verde Submontana	6.376.106	5,1%	68,5	436.763.227
Sd/Savana Florestada MS/MT	4.409.012	3,5%	103,2	455.010.013
Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana	3.756.433	3,0%	127,5	478.945.261
Sp - Savana Parque	21.315.755	17,0%	26,8	571.262.227
Sa - Savana Arborizada	49.560.466	39,6%	41,3	2.046.847.265
Mata Atlântica				
Fs/Floresta Estacional Semidecidual – Submontana	574.477	2,0%	125,8	72.269.218
R - Florestamento/Reflorestamento	6.656.911	23,6%	43,8	291.572.690
Fa/Floresta Estacional Semidecidual – Aluvial	585.134	2,1%	78,2	45.757.496
Sd/Savana –florestada	105.098	0,4%	103,2	10.846.121
SP/Contato Savana/Formações Pioneiras	213.405	0,8%	26,8	5.719.254
Vs - Vegetação Secundária	11.945.311	42,3%	22,1	263.991.365
Mm/Floresta Ombrófila Mista – Montana	862.197	3,1%	142,2	122.604.411

Fitofisionomia	Área (ha)*	Área na vegetação nativa do Bioma (%)	Estoque segundo o Quarto Inventário (tC/ha)	Estoque de carbono (ton C/ha)**
Fm/Floresta Estacional Semidecidual – Montana	168.113	0,6%	99,5	16.727.201
Db/Floresta Ombrófila Densa – Terras baixas	560.885	2,0%	113,0	63.380.019
Eg/Estepe – Gramíneo-Lenhosa	1.403.362	5,0%	9,0	12.630.259
Cs/Floresta Estacional Decidual – Submontana	70.893	0,3%	106,5	7.550.099
Cm/Floresta Estacional Decidual – Montana	56.971	0,2%	75,8	4.318.372
DI/Floresta Ombrófila Densa – Alto-Montana	164.295	0,6%	85,9	14.112.981
Dm/Floresta Ombrófila Densa – Montana	1.905.142	6,7%	182,9	348.450.411
MI/Floresta Ombrófila Mista – Alto-Montana	488.027	1,7%	104,1	50.803.619
Pf/Vegetação com influência fluviomarinha	257.967	0,9%	83,1	21.437.045
RI/Refúgios Alto– Montanos	136.031	0,5%	9,0	1.224.282
Pm/Vegetação com influência marinha (Restinga)	424.649	1,5%	104,7	44.460.788
Sa/Savana –arborizada	969.101	3,4%	41,3	40.023.866
Fb/Floresta Estacional Semidecidual – Terras baixas	74.891	0,3%	83,9	6.283.374
Da/Floresta Ombrófila Densa – Aluvial	78.868	0,3%	173,9	13.715.074
Rm/Refúgios montanos	20.399	0,1%	11,6	236.627
La/Campinarana – arborizada	1.032	0,0%	14,5	14.963
Ta/Savana- Estépica – arborizada	343.902	1,2%	13,2	4.539.510
As/Floresta Ombrófila Aberta – Submontana	119.448	0,4%	49,4	5.900.738
Ab/Floresta Ombrófila Aberta – Terras baixas	43.318	0,2%	47,1	2.040.291
Tb - Savana-Estépica Arbustiva	13.706	0,0%	13,2	180.922
Td/Savana- Estépica – florestada	2.713	0,0%	30,8	83.559
Caatinga As/Floresta Ombrófila Aberta Submontana	256.136	0,6%	127,3	32.606.126
Cm/Floresta Estacional Decidual Montana	738.502	1,6%	51,8	38.254.406
Fa/Floresta Estacional Semidecidual aluvial	2.344	0,0%	92,9	217.722
Fb/Floresta Estacional Semidecidual de terras baixas	4.672	0,0%	106,0	495.277
Fm/Floresta Estacional Semidecidual Montana	127.688	0,3%	98,9	12.628.346
Fs/Floresta Estacional Semidecidual Submontana	947.027	2,1%	137,9	130.595.000
Pa/Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre	156.800	0,3%	81,9	12.841.904
Pf/Pioneiras com influência fluviomarinha (mangue)	135.416	0,3%	170,5	23.088.437
Pm/Pioneiras com influência Marinha (restinga)	107.061	0,2%	147,1	15.748.633

Fitofisionomia	Área (ha)*	Área na vegetação nativa do Bioma (%)	Estoque segundo o Quarto Inventário (tC/ha)	Estoque de carbono (ton C/ha)**
R - Florestamento/Reflorestamento	187.557	0,4%	43,8	8.215.006
Rm/Refúgio Montano	521.025	1,2%	17,6	9.170.037
Sa/Savana Arborizada	3.838.791	8,5%	41,3	158.542.067
Sd/Savana Florestada	8.014	0,0%	65,8	527.305
Sg/Savana Gramíneo- Lenhosa	78.900	0,2%	19,7	1.554.334
Sp/Savana Parque	711.647	1,6%	18,9	13.450.126
Ta/Savana Estépica Arborizada (caatinga aberta)	25.765.723	57,3%	18,3	471.512.739
Tb - Savana-Estépica Arbustiva	1.655.559	3,7%	18,3	30.296.735
Td/Savana Estépica Florestada (caatinga densa)	3.453.373	7,7%	43,3	149.531.041
Tg/Savana Estépica Gramíneo Lenhosa	179.274	0,4%	5,0	896.371
Tp/Savana Estépica Parque	3.504.099	7,8%	10,9	38.194.674
Vs - Vegetação Secundária	2.573.624	5,7%	11,3	29.081.947
Pantanal				
Sd/Savana – florestada	1.635.662	12,1%	103,2	168.800.281
Sp/Savana – parque	3.666.364	27,0%	26,8	98.258.549
Sa/Savana – arborizada	2.588.786	19,1%	41,3	106.916.850
Sg/Savana – Gramíneo- Lenhosa	2.077.267	15,3%	18,5	38.429.431
Fa/Floresta Estacional Semidecidual – Aluvial	954.197	7,0%	167,5	159.827.996
Td/Savana- Estépica – florestada	328.386	2,4%	99,1	32.543.077
Cs/Floresta Estacional Decidual – Submontana	129.461	1,0%	127,5	16.506.278
Tg/Savana Estépica – Gramíneo- Lenhosa	886.160	6,5%	17,5	15.507.807
Cb/Floresta Estacional Decidual – Terras baixas	179.653	1,3%	104,9	18.845.644
Tp/Savana- Estépica – parque	387.501	2,9%	26,5	10.268.773
Ta/Savana- Estépica – arborizada	469.487	3,5%	12,0	5.633.849
Vs - Vegetação Secundária	10.925	0,1%	21,9	239.261
Fb/Floresta Estacional Semidecidual – Terras baixas	257.739	1,9%	81,7	21.057.271
Pampa				
Ca/Floresta Estacional Decidual – Aluvial	2.515	0,2%	136,2	342.550
Ea/Estepe Arborizada	34.173	2,1%	55,5	1.896.579
Eg/Estepe Gramíneo Lenhosa	124.731	7,8%	5,1	636.130
Ep/Estepe Parque	123.175	7,7%	167,2	20.594.855
Pa/Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre	164.342	10,2%	12,8	2.103.574
Pm/Vegetação com Influência Marinha (Restinga)	51.556	3,2%	12,8	659.921
R - Florestamento/Reflorestamento	382.786	23,8%	43,8	16.766.033
Vs - Vegetação Secundária	725.773	45,1%	15,3	11.104.331

Fonte: MCTI (2020). *Calculada com base em IBGE, 2019. ** Calculado com base na área e no volume de C.

Anexo 2 – Emissões e remoções de GEE segundo as principais mudanças do uso do solo e emissões líquidas, 2018.

	Remoções (ton. CO ₂ eq.)	Emissões (ton. CO ₂ eq.)	Emissões Líquidas (ton. CO ₂ eq.)
Floresta primária -- Floresta primária	-329.259.397		-329.259.397
Floresta secundária -- Floresta secundária	-224.761.194		-224.761.194
Vegetação não florestal primária -- Vegetação não florestal primária	-28.930.221		-28.930.221
Vegetação não florestal secundária -- Vegetação não florestal secundária	-8.746.360		-8.746.360
		Floresta primária -- Área sem vegetação	7.725.370
		Floresta primária -- Silvicultura	597.023
		Floresta primária -- Uso agropecuário	639.317.519
Área sem vegetação -- Floresta secundária	-2.891	Floresta secundária -- Área sem vegetação	353.750
		Floresta secundária -- Silvicultura	192.139
Uso agropecuário -- Floresta secundária	-83.713	Floresta secundária -- Uso agropecuário	37.119.018
Área sem vegetação -- Silvicultura	-5.629	Silvicultura -- Área sem vegetação	89.610
Floresta secundária -- Silvicultura	-1.221	Silvicultura -- Floresta secundária	215.835
Uso agropecuário -- Silvicultura	-299.497	Silvicultura -- Uso agropecuário	10.127.670
Vegetação não florestal secundária -- Silvicultura	-556	Silvicultura -- Vegetação não florestal secundária	4.968
Área sem vegetação -- Uso agropecuário	-2.306.524	Uso agropecuário -- Área sem vegetação	4.165.132
		Uso agropecuário -- Floresta secundária	9.545.940
		Uso agropecuário -- Silvicultura	49.846
Uso agropecuário -- Uso agropecuário	-2.053.093	Uso agropecuário -- Uso agropecuário	11.394.744
Vegetação não florestal secundária -- Uso agropecuário	-214.261	Uso agropecuário -- Vegetação não florestal secundária	3.268.032
		Vegetação não florestal primária -- Área sem vegetação	1.967.239
Vegetação não florestal primária -- Silvicultura	-83	Vegetação não florestal primária -- Silvicultura	8.662
		Vegetação não florestal primária -- Uso agropecuário	8.050.426
		Vegetação não florestal secundária -- Área sem vegetação	195.666
Área sem vegetação -- Vegetação não florestal secundária	-7.267	Vegetação não florestal secundária -- Uso agropecuário	350.679
		Resíduos florestais	53.434.641
TOTAL	-596.671.907		788.173.909
			191.502.002

Fonte: MCTI (2020)



PlanaFlor

Fluxos e estoques de Carbono nos diferentes usos da terra

Projeto PlanaFlor



Financiamento



Norway's
International Climate
and Forest Initiative