Aviso sobre o documento traduzido

Este documento traduzido é uma tradução não certificada da versão oficial em inglês do Anexo Metodológico Técnico do Documento de Registro TREES (TRD) e do Relatório de Monitoramento TREES (TMR) do Programa Jurisdicional de REDD+ do Estado de Mato Grosso, elaborado no âmbito do padrão TREES 3.0 da Architecture for REDD+ Transactions (ART). A tradução é fornecida exclusivamente para fins de consulta das partes interessadas sobre o documento técnico. Em caso de qualquer discrepância, prevalecerá o texto em inglês.

Translated Document Disclaimer

This translated document is a non-certified translation of the official English version of the Technical Methodology Annex to the TREES Registration Document (TRD) and the TREES Monitoring Report (TMR) of the State of Mato Grosso Jurisdictional REDD+ Program, prepared under the ART TREES 3.0 standard. The translation is provided solely for the purpose of stakeholder consultation on the technical document. In the event of any discrepancy, the English text shall prevail.

ANEXO METODOLÓGICO TÉCNICO

DADOS DE ATIVIDADE, CONTABILIZAÇÃO DE EMISSÕES E INCERTEZA PERÍODO DE REFERÊNCIA (2017–2021) E PERÍODO DE MONITORAMENTO (2022–2024)

Mato Grosso ART/TREES 3.0

Objetivo e escopo deste Anexo Metodológico Técnico

Este Anexo Metodológico Técnico fornece a documentação metodológica de apoio tanto ao Documento de Registro TREES (TRD) de Mato Grosso quanto ao Relatório de Monitoramento TREES (TMR) referente ao Período de Relato 2022–2024.

Ele descreve as fontes de dados, os pressupostos metodológicos, os Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), os procedimentos de QA/QC, os métodos de contabilização de emissões e os procedimentos de propagação de incerteza utilizados para derivar os resultados reportados. O mesmo marco metodológico é aplicado ao Período de Referência 2017–2021 e ao Período de Relato 2022–2024.

Os resultados correspondentes de Dados de Atividade, emissões e Nível de Creditação do Período de Referência são apresentados no TRD, enquanto os resultados de Dados de Atividade, emissões, reduções de emissões e incerteza associada do Período de Monitoramento são apresentados no TMR.

Marco metodológico

A metodologia utilizada para estabelecer o Nível de Creditação baseia-se no FREL Nacional do Brasil (FREL Nacional do Brasil, 2024[1]), que foi avaliado tecnicamente por especialistas convocados no âmbito do processo de avaliação técnica (TA) de FREL da CQNUMC[2]. O FREL nacional foi submetido e avaliado no contexto dos pagamentos por resultados de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal e do papel da Conservação, do Manejo Sustentável das Florestas e do Aumento dos Estoques de Carbono Florestal nos países em desenvolvimento (REDD+). Em consonância com esse marco, os Dados de Atividade de desmatamento em todos os biomas são derivados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento por Satélite (PRODES), enquanto os Dados de Atividade de degradação florestal no bioma Amazônia são derivados do Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER). Para esta submissão, a metodologia foi ampliada para se alinhar ao padrão ART/TREES e incluir a degradação florestal nos biomas Cerrado e Pantanal.

O banco de dados espacial foi processado utilizando os dados de atividade mais recentes disponíveis até o ano PRODES de 2025, por meio de um único fluxo de processamento harmonizado que abrange tanto o Período de Referência 2017–2021 quanto o Período de Monitoramento 2022–2024. O Nível de Creditação apresentado no Documento de Registro TREES é estabelecido utilizando as emissões do Período de Referência 2017–2021. Como as emissões são convertidas de ano PRODES

[1] https://redd.unfccc.int/media/brazil-national-frel_modified_v3_clean-13-mar-2024.pdf
[2] https://redd.unfccc.int/submissions.html?country=bra

para ano civil, o cálculo do ano civil de 2021 requer Dados de Atividade até o ano PRODES de 2022[3]. O mesmo procedimento de alocação temporal é aplicado ao Período de Monitoramento 2022–2024, para o qual o cálculo do ano civil de 2024 requer Dados de Atividade até o ano PRODES de 2025[4]. As emissões de monitoramento e as reduções de emissões resultantes são reportadas no Relatório de Monitoramento TREES. Ambos os períodos são, portanto, sustentados pelo mesmo banco de dados contínuo de MRV, pelo mesmo marco metodológico e pelos mesmos procedimentos de contabilização de emissões.

A definição de floresta e sua implementação operacional, a estratificação florestal, o âmbito das atividades e o âmbito dos reservatórios de carbono e dos gases de efeito estufa aplicados nesta submissão são descritos nas Seções 9 e 10.1–10.3 do Documento de Registro TREES. Essas escolhas metodológicas permanecem inalteradas para o Período de Monitoramento 2022–2024 reportado no Relatório de Monitoramento TREES. Este Anexo Metodológico Técnico fornece a descrição de apoio dos conjuntos de dados e dos procedimentos utilizados para operacionalizar essas escolhas metodológicas.

Fontes de dados e insumos metodológicos

PRODES, DETER e TerraClass

O PRODES, o DETER e o Projeto de Mapeamento do Uso e Ocupação da Terra, TerraClass[5], constituem três iniciativas operacionais de monitoramento do uso e da cobertura da terra desenvolvidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) do Brasil. Esses sistemas fornecem informações públicas oficiais sobre o uso da terra e as mudanças no uso da terra por meio do INPE e da plataforma TerraBrasilis[6]. A aquisição dos Dados de Atividade de desmatamento para esta submissão baseia-se no PRODES, enquanto os Dados de Atividade de degradação florestal no bioma Amazônia baseiam-se no DETER. Informações abrangentes sobre as metodologias do PRODES e do DETER podem ser encontradas em Almeida et al. (2022)[7]. O TerraClass é utilizado para caracterizar o uso e a cobertura da terra pós-desmatamento.

Os Dados de Atividade de desmatamento são obtidos do PRODES, um sistema de monitoramento incremental que mapeia sistematicamente o desmatamento anual no Brasil. O PRODES produz polígonos de desmatamento com cobertura total (wall-to-wall) derivados de imagens de satélite da classe Landsat, geralmente com resoluções espaciais de aproximadamente 20–30 m. O sistema utiliza atualmente imagens de sensores como Landsat-8, Sentinel-2 e CBERS-4/4A. Nas áreas florestais, os polígonos de desmatamento são delineados por especialistas do INPE por meio de fotointerpretação visual. No marco de contabilização TREES de Mato Grosso, o PRODES é utilizado como fonte dos Dados de Atividade de desmatamento nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal.

Os Dados de Atividade de degradação florestal no bioma Amazônia são obtidos do DETER, um sistema de vigilância que produz polígonos espacialmente explícitos de perturbação florestal. Desde

[3] O Período de Referência 2017–2021 é reportado por ano civil. Os dados do PRODES são organizados por ano PRODES, que geralmente abrange o período de agosto do ano civil anterior a julho do ano indicado. As emissões por ano civil são derivadas combinando 7/12 do período PRODES correspondente com 5/12 do período PRODES subsequente. Portanto, o cálculo do ano civil de 2021 requer dados dos anos PRODES de 2021 e 2022. O procedimento de conversão temporal é descrito em detalhe na Seção X.2.
[4] O Período de Monitoramento 2022–2024 é reportado por ano civil. Os dados do PRODES são organizados por ano PRODES, que geralmente abrange o período de agosto do ano civil anterior a julho do ano indicado. As emissões por ano civil são derivadas combinando 7/12 do período PRODES correspondente com 5/12 do período PRODES subsequente. Portanto, o cálculo do ano civil de 2024 requer dados dos anos PRODES de 2024 e 2025. O procedimento de conversão temporal é descrito em detalhe na Seção X.2.
[5] https://www.terraclass.gov.br/
[6] http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/en/download-2/
[7] http://mtc-m21d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21d/2022/08.25.11.46/doc/thisInformationItemHomePage.html

2015, o DETER utiliza imagens de sensores a bordo dos satélites CBERS-4, CBERS-4A e Amazônia-1, com resoluções espaciais de aproximadamente 56–64 m. A degradação florestal é mapeada por fotointerpretação, utilizando composições coloridas e produtos de imagem de apoio concebidos para realçar a exploração seletiva de madeira e as cicatrizes de queimada. O DETER identifica polígonos maiores que aproximadamente 3 ha. As classes de degradação utilizadas nesta submissão são corte seletivo desordenado/irregular (CS), corte seletivo geométrico/regular (CSR) e cicatrizes de incêndio florestal (CQ), de forma consistente com o FREL Nacional do Brasil.

As principais atividades de degradação florestal consideradas no bioma Amazônia são o fogo e a exploração seletiva de madeira. Assim, ambas as atividades estão incluídas no marco de contabilização de emissões desse bioma. Nos biomas Cerrado e Pantanal, o componente de degradação florestal considerado na metodologia atual é o fogo, utilizando o MapBiomas Fogo como fonte dos Dados de Atividade.

MapBiomas Fogo

Como o DETER opera somente no bioma Amazônia, foi necessária outra fonte de dados para a degradação florestal nos biomas Cerrado e Pantanal. O MapBiomas é uma iniciativa do SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima), criada em 2015 por universidades, ONGs e empresas de tecnologia para produzir mapas anuais em série temporal do uso e da cobertura da terra no Brasil. Além do mapeamento do uso e da cobertura da terra, o MapBiomas inclui módulos temáticos adicionais, entre eles o MapBiomas Fogo.

O MapBiomas Fogo é a fonte dos Dados de Atividade de degradação florestal para os biomas Cerrado e Pantanal. No bioma Amazônia, o DETER é utilizado para manter o alinhamento com o FREL Nacional do Brasil (2024)[8].

Os eventos de fogo são contabilizados como degradação florestal quando atendem às regras de elegibilidade e processamento definidas para cada bioma. No bioma Amazônia, a degradação por fogo é contabilizada utilizando os dados de cicatrizes de queimada do DETER, em alinhamento com o FREL Nacional do Brasil. No bioma Cerrado, a degradação por fogo é contabilizada utilizando os dados do MapBiomas Fogo após a aplicação do filtro do Índice de Recorrência de Fogo (FRI), que exclui os incêndios de recorrência moderada somente nas fitofisionomias savânicas aplicáveis. As classes de recorrência intermediária e extrema são mantidas como degradação, com base em Gomes et al. (2024), *Impacts of Fire Frequency on Net CO_2 Emissions in the Cerrado Savanna Vegetation*. Os eventos de fogo fora da área de aplicabilidade do FRI, incluindo o Pantanal e as fitofisionomias não aplicáveis do Cerrado, são mantidos de forma conservadora como degradação. Mais detalhes sobre a metodologia FRI são apresentados no Apêndice A – Metodologia do Índice de Recorrência de Fogo (FRI) para a degradação por fogo no Cerrado.

O DETER e o MapBiomas Fogo identificam áreas afetadas pelo fogo ou queimadas, mas não fornecem informações, em nível de evento, sobre a fonte de ignição. Portanto, os eventos de fogo mapeados individualmente não podem ser classificados de forma consistente como antrópicos ou naturais no fluxo de trabalho dos Dados de Atividade. Para a Seção 5.1 do TREES, o tratamento adotado para Mato Grosso baseia-se na forte predominância do fogo de causa humana demonstrada por estudos quantitativos em escala de bioma. As evidências disponíveis indicam que os incêndios de causa humana respondem por aproximadamente 99% da área queimada na Amazônia brasileira,

[8] https://redd.unfccc.int/media/brazil-national-frel_modified_v3_clean-13-mar-2024.pdf

88,7% no Cerrado e 83,8% no Pantanal (Zhang et al., 2026[9]; Segura-Garcia et al.[10], 2026; Menezes et al., 2022[11]). Com base nisso, os eventos de fogo elegíveis mantidos no marco de contabilização são tratados como antrópicos para fins de contabilização TREES. Não é aplicada nenhuma exclusão de incêndios naturais em nível de evento, pois os Dados de Atividade subjacentes não fornecem uma atribuição espacialmente explícita consistente da causa de ignição. A metodologia FRI trata da persistência ecológica da degradação da biomassa no Cerrado e não é utilizada como proxy da fonte de ignição.

Os Dados de Atividade de degradação florestal nos biomas Cerrado e Pantanal são obtidos do MapBiomas Fogo Coleção 5.0[12]. O produto fornece informações mensais e anuais de área queimada com resolução espacial de 30 m, com uma série histórica de 1985 a 2025 na versão utilizada nesta análise (Coleção 5.0). O mapeamento das cicatrizes de fogo baseia-se em imagens Landsat e é implementado separadamente por bioma e região. Uma descrição detalhada da metodologia de mapeamento é apresentada no Documento de Base Teórica do Algoritmo (ATBD) do MapBiomas Fogo Coleção 5.0[13].

Mapa de Vegetação Pretérita e dados de estoque de carbono da biomassa

O mapa de Vegetação Pretérita fornece informações sobre as fitofisionomias do país (Figura 1), representando sua distribuição e classificação sem considerar a intervenção e a ocupação humanas subsequentes. O mapa foi utilizado no Quarto Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa (GEE), incluído na Quarta Comunicação Nacional (4NC) do Brasil[14] à CQNUMC. Ele delimita as fitofisionomias segundo o sistema de classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e as rotula como floresta ou não floresta com base na Avaliação dos Recursos Florestais Mundiais (FRA) de 2020.

O mapa de Vegetação Pretérita da 4NC e as informações de estoque de carbono associadas fornecem valores específicos por fitofisionomia para biomassa acima do solo (AGB), biomassa abaixo do solo (BGB), madeira morta (DW) e serapilheira (LI). O conjunto de dados resulta da combinação e do processamento de informações geoespaciais de diferentes fontes, incluindo o IBGE (2017), o Serviço Florestal Brasileiro e o Terceiro Inventário Nacional de GEE. A representatividade de cada fitofisionomia no bioma foi atualizada com base na revisão do mapa histórico da vegetação natural. Os valores de estoque de carbono foram estimados a partir da literatura científica revisada por pares para cada reservatório e, quando não havia valores específicos de teor de carbono disponíveis, foram utilizados os valores padrão das Diretrizes do IPCC de 2006 (Quarto Inventário Nacional de GEE, 2020[15]).

[9] https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ae3786
[10] https://www.nature.com/articles/s43247-026-03633-6
[11] https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722001103
[12] https://brasil.mapbiomas.org/iniciativas-e-produtos/fogo/mapeamento-anual/mensal/
[13] https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/3/2026/08/ATBD-MapBiomas-Fogo-Colecao-5.pdf, acesso em: setembro de 2026.
[14] https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/4782
[15] https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial

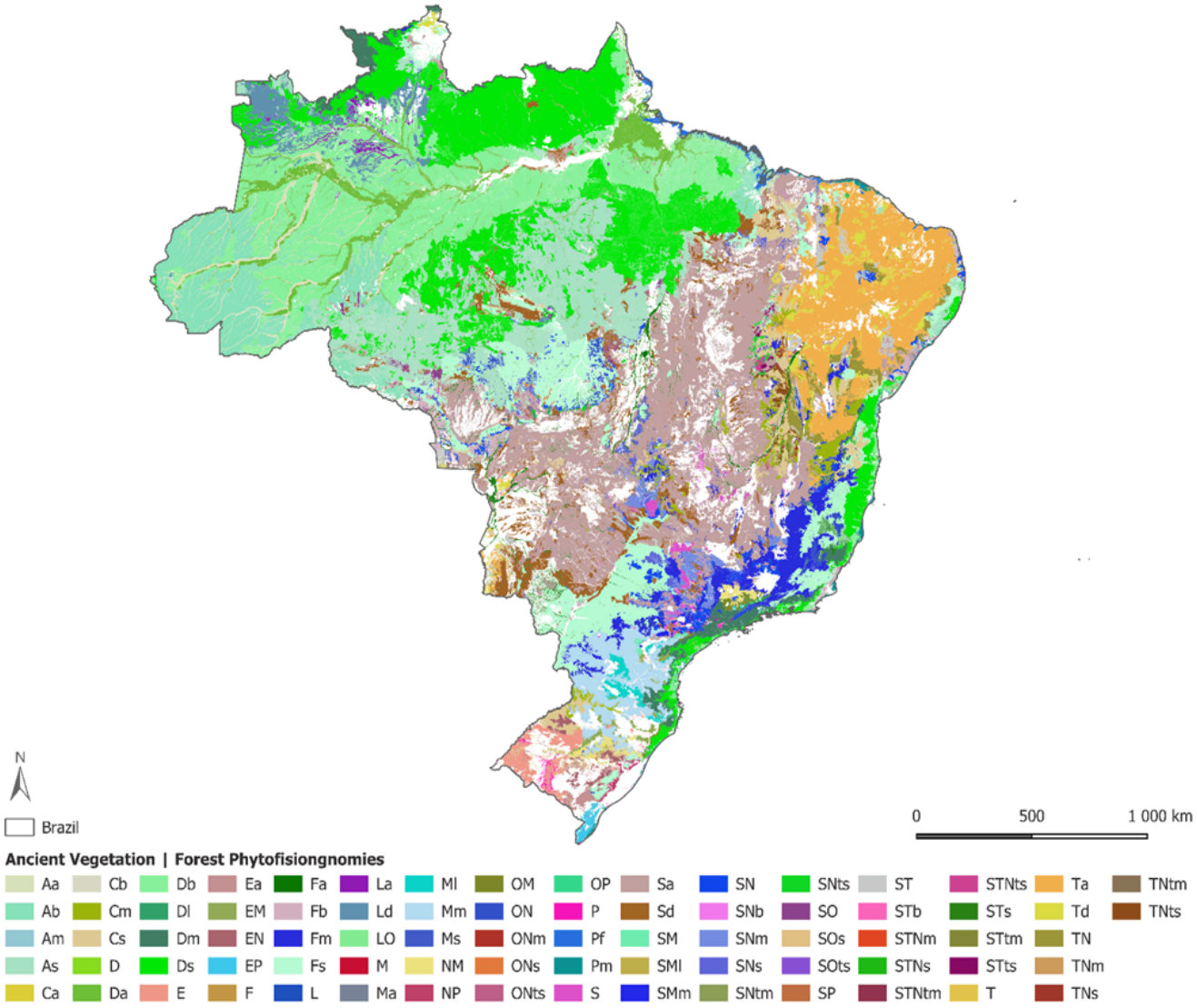


Figura 1 - Mapa de Vegetação Pretérita: fitofisionomias florestais utilizadas para a elegibilidade florestal e a atribuição de estoques de carbono.

Para a região amazônica, também estão disponíveis informações de biomassa espacialmente explícitas por meio do projeto Estimativa de Biomassa na Amazônia (EBA), desenvolvido pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST/INPE). O produto de biomassa acima do solo do EBA é documentado por Ometto et al. (2023) [16]. Ele foi desenvolvido utilizando dados de varredura a laser aerotransportada (ALS) calibrados por meio de inventários florestais de campo e extrapolados espacialmente por meio de uma abordagem de aprendizado de máquina que incorpora informações de Radar de Abertura Sintética (PALSAR), índices de vegetação derivados do MODIS e dados de precipitação do TRMM. O processo de validação incluiu 174 inventários de campo georreferenciados com Sistema de Posicionamento Global Diferencial (DGPS), e o produto de AGB é fornecido com resolução espacial de 250 m.

16 https://www.nature.com/articles/s41597-023-02575-4.epdf?sharing_token=IY30L5KhnB45PlMHekexY9RgN0jAjWel9jnR3ZoTv0PawBwHLaURCeYAwLIIKe2X6XjkXaq-jaAieTVRtX-H1868T2iJba8PrLdZ8xVr5W_jHDc18bBEMYW-1m_3w3sMv5bmGel3HJEuztHrzjVypQwFj6fZqovb0EoQpdZEdG05oy4tsizeTJ6ZlhRGvqkQ

No marco de contabilização utilizado no FREL Nacional do Brasil, os conjuntos de dados espaciais de apoio incluem camadas raster separadas baseadas no EBA para AGB, BGB, DW e LI, juntamente com uma camada de incerteza do estoque de carbono[17]. Essas camadas raster fornecem as informações espacialmente explícitas de estoque de carbono utilizadas quando há dados válidos baseados no EBA. Em consonância com a Quarta Comunicação Nacional e o FREL Nacional do Brasil, o reservatório de Madeira Morta (DW) inclui tanto a madeira morta em pé quanto a caída. Na Seção 10.2 do Documento de Registro TREES 3.0, esses componentes são reportados separadamente como Madeira Morta em Pé e Madeira Morta Caída, embora ambos correspondam à categoria DW do IPCC.

No marco de processamento de Mato Grosso, os polígonos de Dados de Atividade classificados como floresta segundo o mapa de Vegetação Pretérita são associados espacialmente às informações de estoque de carbono disponíveis. Os valores baseados no EBA são utilizados quando há dados válidos disponíveis, enquanto os valores de estoque de carbono específicos por fitofisionomia correspondentes da 4NC são utilizados como alternativa quando os dados baseados no EBA não estão disponíveis. Como a extensão espacial dos dados baseados no EBA não coincide exatamente com os limites atuais dos biomas, essa regra de seleção da fonte é aplicada em nível de polígono, inclusive em áreas do bioma Amazônia não abrangidas pelo EBA e em áreas atualmente classificadas como Cerrado onde há informação válida baseada no EBA. Os procedimentos espaciais detalhados são descritos nas Seções II.2–II.3 e V.2–V.3, e a regra final de seleção da fonte EBA/4NC aplicada durante o cálculo das emissões é descrita na Seção IX.1.

Solos turfosos/solos orgânicos – Organossolos

Para o componente de Carbono Orgânico do Solo (COS) de solos turfosos, as áreas de solos orgânicos são identificadas utilizando o conjunto de dados pedológicos oficial do IBGE de 2025, do qual foi extraída a classe Organossolo[18]. Na metodologia adotada para Mato Grosso, os Organossolos são tratados como proxy espacial para solos turfosos/orgânicos. No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), os Organossolos representam a classe nacional de solos orgânicos (Santos et al., 2025[19]) e correspondem aos Histosols da World Reference Base (WRB, 2022[20]) e da USDA Soil Taxonomy (2015[21]). São, portanto, utilizados como o equivalente brasileiro dos solos orgânicos/turfosos para a contabilização TREES.

A camada de Organossolos é intersectada espacialmente com os Dados de Atividade elegíveis para identificar as áreas em que o desmatamento ou o fogo ocorrem sobre solos orgânicos. O desmatamento que ocorre sobre Organossolos fornece os Dados de Atividade utilizados na estimativa das emissões de COS relacionadas à drenagem após a conversão florestal, enquanto o fogo que ocorre sobre Organossolos fornece os Dados de Atividade utilizados na estimativa das emissões potenciais de combustão de turfa.

As emissões de COS associadas a essas áreas são estimadas utilizando o marco metodológico desenvolvido para Mato Grosso com base no Suplemento de Áreas Úmidas de 2013 do IPCC[22]. O

[17] https://redd.unfccc.int/media/brazil-national-frel_modified_v3_clean-13-mar-2024.pdf
[18] IBGE. Banco de Dados e Informações Ambientais (BDiA): Mapeamento de Recursos Naturais (MRN), escala 1:250.000, versão 2025. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Coordenação de Meio Ambiente, 2025.
[19] Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. A. de, Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. de, Araujo Filho, J. C. de, Lima, H. N., Marques, F. A., Oliveira, J. B. de, & Cunha, T. J. F. (2025). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa. ISBN 978-65-5467-104-0
https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1176834/1/Sistema-Brasileiro-de-Classificacao-de-Solos-2025.pdf
[20] https://wrb-dev.isric.org/documents.html
[21] Soil Survey Staff. (2015). *Illustrated Guide to Soil Taxonomy.* U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.
[22] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/

processamento espacial dos Dados de Atividade de Organossolos é descrito na Seção VI.4, enquanto a metodologia correspondente de emissões de COS é descrita na Seção IX.6. O tratamento da incerteza e a avaliação dos critérios aplicáveis do TREES para solos turfosos são descritos nas Seções X.3 e XI–XIII.

Uso da terra e estoque de carbono pós-desmatamento

Os fatores de emissão do desmatamento são determinados com base na mudança líquida dos estoques de carbono, calculada como a diferença entre o estoque de carbono pré-desmatamento e o estoque de carbono pós-desmatamento. Os estoques de carbono pré-desmatamento são derivados do EBA ou da 4NC, conforme descrito acima.

O uso da terra pós-desmatamento é caracterizado utilizando o TerraClass 2020[23]. A ocorrência relativa das transições para as diferentes classes de uso da terra pós-desmatamento em Mato Grosso é determinada pela interseção do TerraClass 2020 com as áreas de desmatamento do PRODES. Essas proporções de classes são então combinadas com os valores correspondentes de estoque de carbono das classes de uso da terra não florestais derivados da 4NC, resultando em um estoque de carbono pós-desmatamento fixo por hectare em nível estadual.

O procedimento detalhado utilizado para derivar o fator de estoque de carbono pós-desmatamento é descrito na Seção VIII.2, enquanto o tratamento de sua incerteza é descrito na Seção XI.6.

Terras florestais manejadas e não manejadas

Os pressupostos relativos às terras manejadas no FREL Nacional do Brasil (2024)[24] seguem a lógica do Quarto Inventário Nacional de GEE e do proxy de terras manejadas do IPCC. Nesse marco, as terras florestais manejadas incluem as florestas situadas em áreas protegidas, ou seja, Unidades de Conservação (UC) e Terras Indígenas (TI), enquanto as terras florestais não manejadas correspondem às áreas fora dessas áreas protegidas em que a ação humana não causou mudanças significativas nas características da floresta.

A mesma abordagem é aplicada nesta submissão. A camada espacial de terras manejadas foi derivada dos conjuntos de dados oficiais de Unidades de Conservação e Terras Indígenas obtidos no catálogo de dados da TerraBrasilis[25]. Os polígonos de Dados de Atividade situados nessas áreas são classificados como manejados, enquanto os polígonos fora dessas áreas são classificados como não manejados. Quando um polígono de Dados de Atividade cruza um limite de terra manejada, ele é subdividido espacialmente de modo que cada porção resultante mantenha a classificação correspondente de terra manejada.

As emissões decorrentes do desmatamento e da degradação florestal são contabilizadas tanto nas terras florestais manejadas quanto nas não manejadas. Os procedimentos de processamento espacial correspondentes são descritos nas Seções II.4 e V.4, e a classificação de terra manejada é mantida como atributo no banco de dados de contabilização de emissões.

[23] https://www.terraclass.gov.br/
[24] https://redd.unfccc.int/media/brazil-national-frel_modified_v3_clean-13-mar-2024.pdf
[25] https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/en/download-files/

Convenções de contabilização e operacionais

A elegibilidade florestal para a contabilização ART/TREES segue a definição nacional de floresta utilizada no Quarto Inventário Nacional de GEE e no FREL Nacional do Brasil. A definição e sua implementação operacional para Mato Grosso são descritas na Seção 9 do Documento de Registro TREES. No fluxo de trabalho de processamento geoespacial descrito neste Anexo, os Dados de Atividade são restritos às áreas classificadas como Floresta no mapa de Vegetação Pretérita.

O marco de estratificação florestal aplicado à submissão é descrito na Seção 10.1 do Documento de Registro TREES. Amazônia, Cerrado e Pantanal são processados separadamente como domínios operacionais porque as fontes de Dados de Atividade e alguns parâmetros metodológicos diferem entre os biomas; essa separação não representa uma estratificação adicional por tipo florestal.

Unidades Mínimas de Mapeamento

- Tanto para o Período de Referência quanto para o Período de Monitoramento, a Unidade Mínima de Mapeamento (UMM) depende dos produtos utilizados para identificar os Dados de Atividade de desmatamento e de degradação florestal. As UMMs aplicáveis são:Amazônia, Cerrado e Pantanal | UMM de desmatamento (PRODES): 1,00 ha
- Amazônia | UMM de degradação (DETER): 3,00 ha
- Cerrado e Pantanal | UMM de degradação (MapBiomas Fogo): ≈ 1,40 ha[26]

Observe que as UMMs reportadas acima referem-se às unidades mínimas de mapeamento dos produtos de origem. As operações subsequentes de processamento espacial, incluindo mascaramento, interseção, recorte e, no caso do MapBiomas Fogo, a aplicação do filtro FRI, podem subdividir as feições mapeadas e gerar fragmentos espaciais menores. Esses fragmentos mantêm a classificação herdada do evento mapeado original e não são interpretados como eventos mapeados de forma independente abaixo da UMM do produto de origem.

Definição de desmatamento

O “desmatamento”, conforme definido no FREL Nacional do Brasil (2024)[27], inclui a conversão (corte raso) de fitofisionomias florestais nativas em outras categorias de uso da terra (terras não florestais). Os efeitos de borda não são considerados na estimativa das emissões de desmatamento, uma vez que os polígonos de desmatamento do PRODES abrangem somente as áreas em que é identificado desmatamento por corte raso.

Dados de atividade e estoques de carbono | Dados e Métodos

Os dados e métodos descritos nas seções a seguir baseiam-se na metodologia do FREL Nacional 2017–2021 (FREL Nacional do Brasil, 2024[28]), conforme adaptada para a submissão ART/TREES 3.0 de Mato Grosso e para as fontes de dados e insumos metodológicos descritos acima. Os mesmos procedimentos de processamento de Dados de Atividade e de estoques de carbono foram aplicados

[26] 16 pixels com resolução de 30 m.
[27] https://redd.unfccc.int/media/brazil-national-frel_modified_v3_clean-13-mar-2024.pdf
[28] https://redd.unfccc.int/media/brazil-national-frel_modified_v3_clean-13-mar-2024.pdf

tanto ao Período de Referência 2017–2021 quanto ao Período de Monitoramento 2022–2024, por meio de um único fluxo de trabalho geoespacial harmonizado. Os dados resultantes são utilizados nos procedimentos de contabilização de emissões e de análise de incerteza descritos nas seções subsequentes.

Este capítulo está dividido em sete seções que descrevem os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) para os dados de atividade e os estoques de carbono. A Seção I descreve os procedimentos de aquisição e pré-processamento dos dados de entrada para o bioma Amazônia (Tabela 1). A Seção II descreve o processamento utilizado para derivar os Dados de Atividade e as informações de estoque de carbono para o bioma Amazônia (Tabela 2), enquanto a Seção III apresenta os procedimentos correspondentes de pós-processamento e de preparação dos produtos geoespaciais finais (Tabela 3). As Seções IV, V e VI apresentam os procedimentos análogos de pré-processamento, processamento e pós-processamento para os biomas Cerrado e Pantanal (Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6). A Seção VII descreve os procedimentos de avaliação de acurácia e de estimativa de incerteza dos Dados de Atividade (Tabela 7).

A Figura 2 resume o fluxo de trabalho de processamento utilizado para derivar os Dados de Atividade, as informações de estoque de carbono da biomassa e os Dados de Atividade de COS de Organossolos. O fluxo de trabalho produz os insumos em nível de polígono e tabulares utilizados no cálculo determinístico das emissões e na análise de incerteza de Monte Carlo. O processamento foi implementado em Python, PyQGIS e GDAL, conforme aplicável.

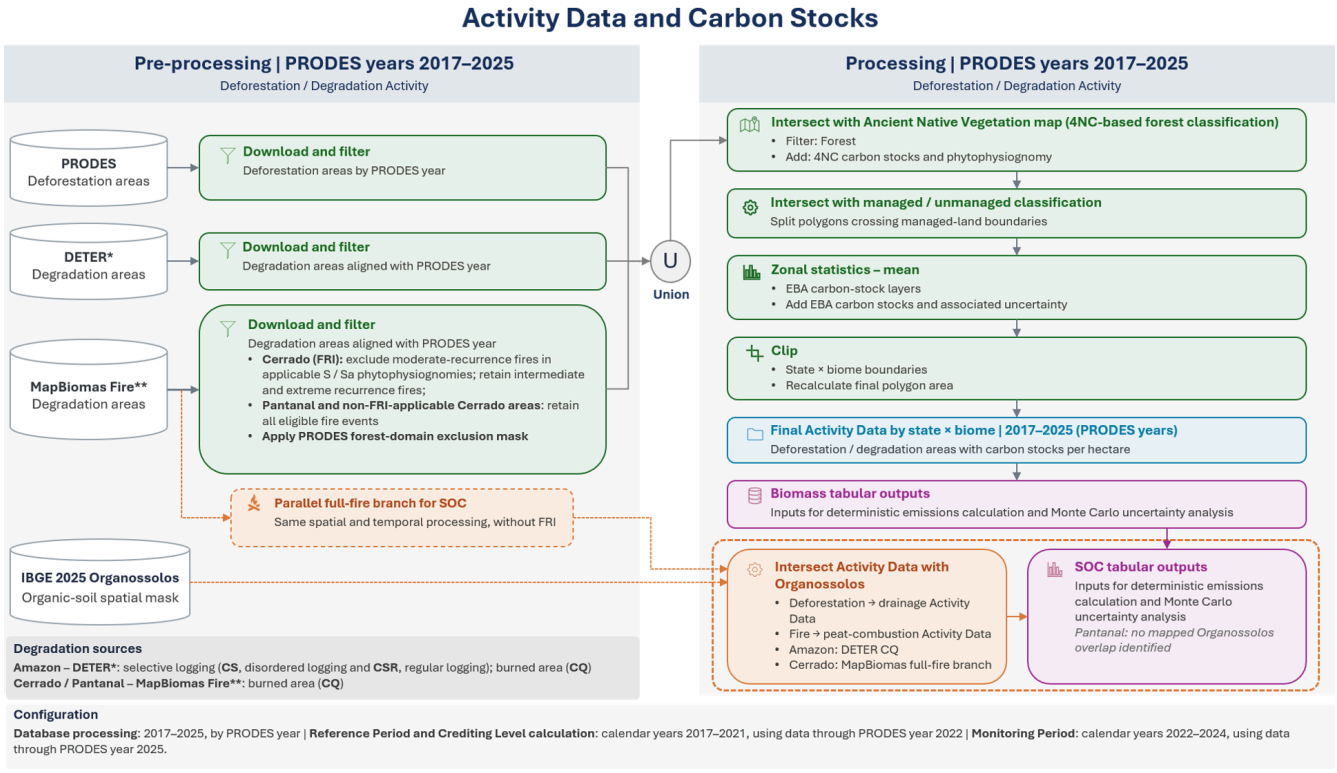


Figura 2 – Fluxograma do fluxo de trabalho de processamento utilizado para derivar os Dados de Atividade, os estoques de carbono da biomassa e os Dados de Atividade de COS de Organossolos para o cálculo determinístico das emissões e a análise de incerteza de Monte Carlo em Mato Grosso, conforme descrito nas Tabelas 1–6.

I – Bioma Amazônia: POPs de aquisição e pré-processamento de dados

Tabela 1 – Bioma Amazônia: métodos aplicados de aquisição e pré-processamento dos dados de entrada.

I.1 – Download dos dados de desmatamento do PRODES	Os dados de desmatamento do PRODES foram obtidos no catálogo de dados da TerraBrasilis. Foram utilizados dois conjuntos de dados de polígonos complementares para o bioma Amazônia: incrementos anuais de desmatamento maiores que 6,25 ha[29] e incrementos anuais de desmatamento entre 1 ha e 6,25 ha[30]. A série temporal de Dados de Atividade do PRODES foi montada utilizando conjuntos de dados oficiais do INPE com controle de versão, para preservar a consistência temporal. Os conjuntos de dados oficiais do PRODES datados de 30 de março de 2026 foram utilizados no processamento atual. Para os polígonos complementares de desmatamento na Amazônia entre 1 e 6,25 ha, os incrementos históricos até o ano PRODES de 2024 foram obtidos do conjunto de dados oficial do INPE datado de 17 de junho de 2025, enquanto o incremento do PRODES 2025 foi incorporado a partir do conjunto de dados oficial datado de 30 de março de 2026. Essa abordagem foi adotada para preservar a série temporal anual histórica após mudanças na estrutura do conjunto de dados complementar de pequenos polígonos entre as versões publicadas. Os arquivos de origem, as datas de publicação e a justificativa de processamento correspondente são mantidos no registro de dados de entrada.
I.2 – Filtragem dos dados do PRODES pelos anos de interesse	Os conjuntos de dados de desmatamento do PRODES foram filtrados para manter os eventos de desmatamento de 2017 a 2025 **(Python)**. As camadas resultantes foram harmonizadas para permitir sua posterior combinação em um único conjunto de dados de Dados de Atividade de desmatamento para a série temporal processada.
I.3 – Remoção da sobreposição entre os conjuntos de dados do PRODES de 1–6,25 ha e >6,25 ha	Para evitar a dupla contagem entre os dois conjuntos de dados de desmatamento do PRODES, foi realizada uma operação de diferença separadamente para cada ano PRODES, subtraindo os polígonos maiores que 6,25 ha dos polígonos entre 1 e 6,25 ha correspondentes ao mesmo ano **(Python)**. Os polígonos resultantes foram então combinados com os polígonos maiores que 6,25 ha para produzir a camada final de desmatamento do PRODES para a série temporal processada.
I.4. Download dos dados de degradação do DETER e atribuição do ano PRODES	Os dados do DETER na Amazônia Legal foram obtidos no catálogo de dados da TerraBrasilis[31]. A data de detecção foi utilizada para atribuir cada registro do DETER a um ano PRODES, considerando o período anual do PRODES de agosto do ano Y−1 a julho do ano Y. O conjunto de dados do DETER foi filtrado para manter os eventos de degradação correspondentes aos anos PRODES de 2017 a 2025, e foram criados campos anuais de degradação para identificar a ocorrência de degradação em cada ano PRODES **(Python)**.
I.5 – Filtragem das classes de degradação do DETER	Do conjunto de dados filtrado do DETER, as classes de degradação mantidas para a análise foram **CICATRIZ_DE_QUEIMADA (CQ)**, **CS_DESORDENADO (CS)** e **CS_GEOMETRICO (CSR) (Python)**. Essas classes representam os Dados de Atividade de degradação considerados nos cálculos de emissões.
I.6 – Combinação dos dados anuais de	As informações anuais de degradação do DETER para 2017–2025 foram combinadas espacialmente (união) em um único banco de dados plurianual de degradação **(PyQGIS)**. Esse procedimento preserva as informações anuais de degradação em uma única camada espacial, permitindo que os eventos de degradação ocorridos em anos diferentes sejam representados em conjunto no processamento subsequente dos

[29] http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/b75b83db-8026-43f9-9537-ee1dfa308158
[30] http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/5f5cfb4c-e207-4932-9c93-2d51cea8adbc
[31] http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/f2153c4a-915b-48a6-8658-963bdce7366c

degradação do DETER	Dados de Atividade. Nota: no conjunto de dados do DETER, cada polígono é atribuído a uma única classe de degradação (CQ, CS ou CSR), e as classes de degradação mantidas não se sobrepõem espacialmente no mesmo período anual. Consequentemente, múltiplos tipos de degradação não são atribuídos simultaneamente à mesma unidade espacial no mesmo ano.

II – Bioma Amazônia | POPs de processamento de dados

Tabela 2 – Bioma Amazônia: métodos aplicados de processamento de dados.

PROCESSAMENTO DOS DADOS DE ATIVIDADE

II.1 – União dos Dados de Atividade de desmatamento e degradação	A camada de desmatamento do PRODES e a camada plurianual de degradação do DETER foram combinadas espacialmente por meio de uma união espacial **(PyQGIS)**. Os erros de geometria foram corrigidos, quando necessário, antes da união. O banco de dados de Dados de Atividade resultante preserva o ano de desmatamento do PRODES juntamente com as informações anuais de degradação do DETER, permitindo que os eventos de degradação ocorridos em anos diferentes sejam representados juntamente com os eventos de desmatamento subsequentes.
II.2 – Filtragem dos Dados de Atividade pela classe Floresta do mapa de Vegetação Pretérita e inclusão dos estoques de carbono da 4NC	Os polígonos de Dados de Atividade foram intersectados com o **subconjunto Floresta ("F") do mapa de Vegetação Pretérita (PyQGIS)**, previamente preparado. Essa operação restringe a análise às atividades que ocorrem em fitofisionomias florestais pretéritas elegíveis. Os atributos correspondentes de estoque de carbono da 4NC por fitofisionomia foram associados a cada polígono resultante para Biomassa Acima do Solo (AGB), Biomassa Abaixo do Solo (BGB), Madeira Morta (DW) e Serapilheira (LI), juntamente com as informações de incerteza correspondentes.
II.3 – Cálculo dos valores de estoque de carbono do EBA para cada polígono de Dados de Atividade	As camadas raster do EBA representando Biomassa Acima do Solo (AGB), Biomassa Abaixo do Solo (BGB), Madeira Morta (DW), Serapilheira (LI) e incerteza do estoque de carbono foram resumidas espacialmente para cada polígono de Dados de Atividade por meio de estatísticas zonais **(PyQGIS)**. Foi calculado o valor raster **médio** para cada polígono. As informações de estoque de carbono do EBA e da 4NC são mantidas no banco de dados de Dados de Atividade. A seleção final da fonte EBA/4NC é realizada durante o cálculo das emissões, conforme descrito em IX.1.
II.4 – Atribuição da classificação de terra manejada aos polígonos de Dados de Atividade	Os polígonos de Dados de Atividade foram comparados espacialmente com o conjunto de dados de terras manejadas **(Python/PyQGIS)**. Os polígonos localizados inteiramente dentro ou fora das terras manejadas foram classificados como manejados (t) ou não manejados (f), respectivamente. Quando um polígono de Dados de Atividade cruzava um limite de terra manejada, ele foi subdividido espacialmente de modo que cada porção resultante mantivesse a classificação adequada de terra manejada. Os conjuntos de dados resultantes foram posteriormente recombinados em uma única camada de Dados de Atividade.
II.5 – Cálculo da área dos polígonos de Dados de Atividade	A estrutura de atributos dos Dados de Atividade foi padronizada e um campo area_ha foi calculado para cada polígono **(PyQGIS)**. Essa área serve ao processamento intermediário e ao QA/QC. A área definitiva utilizada na contabilização de emissões é recalculada após o recorte final estado × bioma descrito na Tabela 3.

III – Bioma Amazônia | POPs de operações de pós-processamento e produção dos dados geoespaciais finais

Tabela 3 – Bioma Amazônia: métodos aplicados de pós-processamento.

PÓS-PROCESSAMENTO DOS DADOS DE ATIVIDADE	
III.1 – Limpeza de dados, QA/QC de duplicatas e padronização da tabela de atributos	Os erros de geometria foram corrigidos quando identificados, e as geometrias nulas, vazias ou não poligonais foram removidas **(Python)**. As feições com valores nulos, inválidos ou de área zero também foram removidas como parte do procedimento de QA/QC. Os possíveis registros duplicados foram avaliados com base na geometria e em atributos-chave selecionados dos Dados de Atividade. Uma feição foi removida como duplicata somente quando tanto sua geometria quanto seus atributos-chave de atividade eram idênticos aos de outra feição. As feições com geometrias idênticas, mas com atributos-chave de atividade diferentes, foram mantidas e identificadas separadamente para QA/QC, evitando a remoção inadvertida de registros de atividade distintos **(Python)**. A tabela de atributos foi padronizada para manter uma estrutura e uma nomenclatura de campos consistentes em todo o banco de dados **(PyQGIS)**.
III.2 – Recorte dos polígonos de Dados de Atividade por estado e bioma e cálculo das áreas finais	O banco de dados de Dados de Atividade limpo foi recortado utilizando a interseção espacial entre o limite estadual e o limite do bioma Amazônia **(Python)**. Para Mato Grosso, essa etapa mantém somente a porção do estado localizada no bioma Amazônia. Após o recorte, a área dos polígonos foi recalculada por meio de um cálculo de área geodésica baseado no elipsoide GRS80 **(Python)**. Esses valores recalculados representam as áreas finais dos polígonos utilizadas nos cálculos de emissões.
III.3 – Preparação e exportação dos arquivos finais para os cálculos de emissões	Os produtos geoespaciais finais foram padronizados na estrutura exigida pelo fluxo de trabalho de cálculo de emissões **(PyQGIS)** e exportados para formato tabular **(Python)**. Os arquivos resultantes fornecem os Dados de Atividade e as informações de estoque de carbono em nível de polígono utilizados no cálculo determinístico das emissões e na análise de incerteza de Monte Carlo.

IV – Biomas Cerrado e Pantanal: POPs de aquisição e pré-processamento de dados

Tabela 4 – Biomas Cerrado e Pantanal: métodos aplicados de aquisição e pré-processamento dos dados de entrada.

IV.1 – Download dos dados do PRODES e filtragem pelos anos de interesse	Os dados do PRODES foram obtidos no catálogo de dados da TerraBrasilis. Para os biomas Cerrado[32] e Pantanal[33], foram adquiridos os incrementos anuais de desmatamento maiores que 1 ha. Os polígonos do PRODES foram filtrados para manter os eventos de desmatamento de 2017 a 2025. Aos conjuntos de dados do Cerrado e do Pantanal foi atribuída a classificação de bioma correspondente; em seguida, foram combinados e restritos espacialmente aos estados incluídos na análise (**Python**).
IV.2 – Processamento do MapBiomas Fogo, aplicação do filtro do Índice	Os dados mensais de área queimada do MapBiomas Fogo Coleção 5 foram utilizados como fonte dos Dados de Atividade de fogo para os biomas Cerrado e Pantanal. A série histórica mensal de 1985 a 2025 foi processada por estado, dentro da extensão espacial estado × bioma correspondente **(Python/GDAL)**. Um Índice de Recorrência de Fogo (FRI) foi calculado para cada ano civil com base em dois componentes: a

[32] http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/6b621182-93d6-4a83-b5db-ae53a621276d
[33] http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/616943ab-a40f-4196-9592-ecc6a7c4901e

de Recorrência de Fogo (FRI), quando aplicável, e alinhamento dos eventos de fogo ao ano PRODES	frequência histórica de fogo e o intervalo desde o fogo anterior. As classes de frequência de fogo foram definidas como 1–2 incêndios, 3–4 incêndios, 5–6 incêndios e mais de 6 incêndios. O intervalo desde o fogo anterior foi classificado como mais de 9 anos ou sem fogo anterior, 7–9 anos, 4–6 anos e 1–3 anos. As classes resultantes foram combinadas para classificar a recorrência do fogo como **moderada, intermediária ou extrema**. A frequência de fogo inclui a ocorrência de fogo no ano avaliado, enquanto o componente de intervalo considera somente as ocorrências de fogo anteriores. Para os anos civis até 2020, foi utilizado o registro histórico de 1985 até o ano avaliado; a partir de 2021, foi aplicada uma janela histórica móvel de 35 anos. A regra de exclusão do FRI foi aplicada somente no **bioma Cerrado e nas fitofisionomias S (Savana) e Sa (Savana Arborizada) da Vegetação Pretérita/4NC**. Os incêndios de recorrência moderada nessas classes foram excluídos dos Dados de Atividade de degradação, enquanto os incêndios de recorrência intermediária e extrema foram mantidos. Fora dessas classes, incluindo as demais fitofisionomias do Cerrado e todo o bioma Pantanal, todos os eventos de fogo detectados foram mantidos de forma conservadora. Os eventos de fogo foram então organizados de acordo com o período anual do PRODES: para o ano PRODES Y, os incêndios ocorridos de agosto a dezembro do ano Y−1 foram avaliados utilizando o FRI do ano Y−1, enquanto os incêndios ocorridos de janeiro a julho do ano Y foram avaliados utilizando o FRI do ano Y. Os eventos de fogo mantidos foram combinados em rasters binários anuais de degradação para cada ano PRODES **(Python/GDAL)**. Paralelamente, foi produzido um conjunto de dados de fogo total para a avaliação do Carbono Orgânico do Solo (COS) nos Organossolos. Nessa ramificação alternativa, a exclusão adicional do FRI não foi aplicada, enquanto as demais restrições espaciais do MRV, a alocação temporal ao ano PRODES e os procedimentos de processamento subsequentes foram mantidos. O conjunto de dados de fogo total é utilizado somente na contabilização do COS do fogo em turfa e não substitui os Dados de Atividade de fogo baseados no FRI utilizados nas emissões de degradação da biomassa. A exclusão do FRI não é aplicada à ramificação de fogo em turfa do COS porque o marco do FRI representa a dinâmica da biomassa relacionada à recorrência e não fornece evidência direta de que o solo orgânico subjacente tenha sido queimado. Em consonância com a abordagem de Nível 1 do IPCC para incêndios em solos orgânicos, a área queimada elegível sobreposta aos Organossolos é, portanto, mantida como proxy conservador da extensão espacial potencial máxima da combustão de turfa. A justificativa metodológica detalhada é apresentada no Apêndice A.
IV.3 – Criação e aplicação da máscara de exclusão do PRODES ao MapBiomas Fogo	Foi preparada uma máscara de exclusão do PRODES a partir do conjunto de dados raster do PRODES que abrange os estados incluídos na análise[34]. O raster foi reclassificado em uma máscara binária que distingue as áreas mantidas na análise das áreas a serem excluídas **(Python)**. Foram excluídas as áreas correspondentes ao desmatamento anterior ao período de contabilização, à hidrografia e a outras classes não elegíveis do PRODES, enquanto as áreas florestais elegíveis e o desmatamento na série temporal processada foram mantidos. Os rasters anuais do MapBiomas Fogo foram alinhados à grade da máscara de exclusão, e a máscara binária foi aplicada para remover as ocorrências de fogo fora do domínio florestal elegível do PRODES **(Python)**. O mesmo procedimento geral de exclusão foi mantido na ramificação de fogo total utilizada na avaliação do COS.
IV.4 – Combinação dos rasters anuais do MapBiomas Fogo e conversão para formato vetorial	Os rasters anuais processados do MapBiomas Fogo de 2017 a 2025 foram combinados em uma única representação plurianual que preserva, para cada unidade espacial, os anos PRODES em que ocorreu fogo **(Python)**. O raster resultante foi posteriormente convertido para formato vetorial, e foram criados campos anuais de Dados de Atividade para identificar a ocorrência de fogo mantida em cada ano PRODES. Os eventos de fogo foram classificados como CQ (cicatrizes de queimada).

[34] https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/507294db-a789-42dd-9158-9dea77d9293f

	A mesma estrutura temporal e a mesma abordagem de processamento vetorial foram aplicadas ao conjunto de dados paralelo de fogo total preparado para a avaliação do COS, diferindo apenas pela ausência da exclusão do FRI. Isso produziu uma camada plurianual separada de Dados de Atividade de fogo para o processamento subsequente dos Organossolos (**Python**).

V – Biomas Cerrado e Pantanal | POPs de processamento de dados

Tabela 5 – Biomas Cerrado e Pantanal: métodos aplicados de processamento de dados.

PROCESSAMENTO DOS DADOS DE ATIVIDADE	
V.1 – União dos Dados de Atividade de desmatamento e degradação	Os polígonos de desmatamento do PRODES de 2017–2025 foram combinados espacialmente com a camada plurianual de degradação do MapBiomas Fogo por meio de uma união espacial **(PyQGIS)**. Os erros de geometria foram corrigidos, quando necessário, antes da união. O banco de dados de Dados de Atividade resultante preserva tanto o ano de desmatamento do PRODES quanto as informações anuais de degradação por fogo, permitindo que os eventos de degradação ocorridos em anos diferentes sejam representados juntamente com os eventos de desmatamento subsequentes. Para a avaliação do COS, a camada paralela de fogo total foi processada por meio do mesmo fluxo de trabalho subsequente de Dados de Atividade, produzindo um conjunto de dados Data4Emissions separado de fogo total, mantendo as mesmas informações de desmatamento e as mesmas regras de processamento espacial.
V.2 – Filtragem dos Dados de Atividade pela classe Floresta do mapa de Vegetação Pretérita e inclusão dos estoques de carbono da 4NC	Os polígonos de Dados de Atividade foram intersectados com o **subconjunto Floresta ("F") do mapa de Vegetação Pretérita (PyQGIS)**, previamente preparado. Essa operação restringe a análise às atividades que ocorrem em fitofisionomias florestais pretéritas elegíveis. Os atributos correspondentes de estoque de carbono da 4NC por fitofisionomia foram associados a cada polígono resultante para Biomassa Acima do Solo (AGB), Biomassa Abaixo do Solo (BGB), Madeira Morta (DW) e Serapilheira (LI), juntamente com as informações de incerteza correspondentes. A mesma definição de elegibilidade florestal foi mantida na ramificação de fogo total utilizada posteriormente na contabilização do COS, garantindo a consistência com a área de contabilização florestal utilizada no marco geral de MRV.
V.3 – Cálculo da média do EBA para cada polígono de Dados de Atividade	As camadas raster do EBA representando Biomassa Acima do Solo (AGB), Biomassa Abaixo do Solo (BGB), Madeira Morta (DW), Serapilheira (LI) e incerteza do estoque de carbono foram resumidas espacialmente para cada polígono de Dados de Atividade por meio de estatísticas zonais **(PyQGIS)**. Foi calculado o valor raster **médio** para cada polígono. As informações de estoque de carbono do EBA e da 4NC são mantidas no banco de dados de Dados de Atividade. A seleção final da fonte EBA/4NC é realizada durante o cálculo das emissões, conforme descrito em IX.1.
V.4 – Atribuição da classificação de terra manejada aos polígonos de Dados de Atividade	Os polígonos de Dados de Atividade foram comparados espacialmente com o conjunto de dados de terras manejadas **(Python/PyQGIS)**. Os polígonos localizados inteiramente dentro ou fora das terras manejadas foram classificados como manejados (t) ou não manejados (f), respectivamente. Quando um polígono de Dados de Atividade cruzava um limite de terra manejada, ele foi subdividido espacialmente de modo que cada porção resultante mantivesse a classificação adequada de terra manejada. Os

	conjuntos de dados resultantes foram posteriormente recombinados em uma única camada de Dados de Atividade. O mesmo procedimento foi mantido na ramificação paralela de processamento com fogo total.
V.5 – Cálculo da área dos polígonos de Dados de Atividade	A estrutura de atributos dos Dados de Atividade foi padronizada e um campo area_ha foi calculado para cada polígono **(PyQGIS)**. Essa área serve ao processamento intermediário e ao QA/QC. A área definitiva utilizada na contabilização de emissões é recalculada após o recorte final estado × bioma descrito em VI.2.

VI – Biomas Cerrado e Pantanal | POPs de operações de pós-processamento e produção dos dados geoespaciais finais

Tabela 6 – Biomas Cerrado e Pantanal: métodos aplicados de pós-processamento.

PÓS-PROCESSAMENTO DOS DADOS DE ATIVIDADE	
VI.1 – Limpeza de dados, QA/QC de duplicatas e padronização da tabela de atributos	Os erros de geometria foram corrigidos quando identificados, e as geometrias nulas, vazias ou não poligonais foram removidas **(Python)**. As feições com valores nulos, inválidos ou de área zero também foram removidas como parte do procedimento de QA/QC. Os possíveis registros duplicados foram avaliados com base na geometria e em atributos-chave selecionados dos Dados de Atividade. Uma feição foi removida como duplicata somente quando tanto sua geometria quanto seus atributos-chave de atividade eram idênticos aos de outra feição. As feições com geometrias idênticas, mas com atributos-chave de atividade diferentes, foram mantidas e identificadas separadamente para QA/QC, evitando a remoção inadvertida de registros de atividade distintos **(Python)**. A tabela de atributos foi padronizada para manter uma estrutura e uma nomenclatura de campos consistentes em todo o banco de dados **(PyQGIS)**. Os mesmos procedimentos de limpeza e de QA/QC foram aplicados à ramificação de fogo total.
VI.2 – Recorte dos polígonos de Dados de Atividade por estado e bioma e cálculo das áreas finais	O banco de dados de Dados de Atividade limpo foi recortado utilizando a interseção espacial entre cada limite estadual e o limite do bioma correspondente **(Python)**. Para Mato Grosso, as porções de Cerrado e de Pantanal do estado foram processadas separadamente. A classificação definitiva do bioma foi atribuída de acordo com a máscara espacial utilizada na operação final de recorte. Após o recorte, a área dos polígonos foi recalculada por meio de um cálculo de área geodésica baseado no elipsoide GRS80 **(Python)**. Esses valores recalculados representam as áreas finais dos polígonos utilizadas nos cálculos de emissões. O mesmo recorte estado × bioma e o mesmo cálculo final de área foram aplicados ao conjunto de dados de fogo total utilizado na avaliação do COS.
VI.3 – Preparação e exportação dos arquivos finais para os cálculos de emissões	Os produtos geoespaciais finais estado × bioma foram padronizados na estrutura exigida pelo fluxo de trabalho de cálculo de emissões **(PyQGIS)** e exportados para formato tabular **(Python)**. As informações anuais de degradação foram harmonizadas entre os biomas para fornecer uma estrutura de entrada comum para os cálculos determinísticos de emissões e a análise de incerteza de Monte Carlo. Os arquivos baseados no FRI constituem os insumos padrão de Dados de Atividade utilizados para estimar as emissões de degradação da biomassa. Para Mato Grosso, um conjunto separado de arquivos finais Data4Emissions do Cerrado e do Pantanal também foi mantido a partir da ramificação de processamento com fogo total, especificamente para derivar os Dados de Atividade de fogo para o reservatório de COS nos Organossolos.

VI.4 – Derivação dos Dados de Atividade de Organossolos para a contabilização do Carbono Orgânico do Solo	Para Mato Grosso, o conjunto de dados pedológicos oficial do IBGE de 2025 foi utilizado para identificar a extensão espacial dos solos orgânicos relevantes para o reservatório de COS de solos turfosos. As geometrias dos Organossolos foram limpas e dissolvidas em uma única máscara espacial **(Python)**. No conjunto de dados de Organossolos de Mato Grosso, a sobreposição elegível ocorre predominantemente no bioma Cerrado e, em menor extensão, no bioma Amazônia; nenhuma sobreposição de Organossolos mapeados foi identificada no Pantanal. Os conjuntos de dados finais de Dados de Atividade foram então intersectados espacialmente com a máscara de Organossolos **(Python)**. Os Dados de Atividade de desmatamento foram derivados dos conjuntos de dados Data4Emissions padrão do MRV, enquanto os Dados de Atividade de fogo em turfa no Cerrado e no Pantanal foram derivados dos produtos Data4Emissions paralelos de **fogo total**. No bioma Amazônia, o DETER CQ já mantém todas as ocorrências de fogo elegíveis e, portanto, não é necessária uma ramificação separada de fogo total. Após a interseção, a área de cada fragmento de Organossolo resultante foi recalculada geodesicamente, e essas áreas pós-interseção foram utilizadas para derivar os totais anuais de Dados de Atividade. Os eventos de fogo ocorridos após um evento de desmatamento anterior registrado foram excluídos dos Dados de Atividade de fogo em turfa, pois o local já não era considerado floresta no momento do fogo. Os incêndios ocorridos antes de um evento futuro de desmatamento, no mesmo ano PRODES do desmatamento ou em áreas sem evento de desmatamento registrado foram mantidos. Quando o fogo e o desmatamento ocorreram no mesmo ano, ambas as atividades foram mantidas e a sobreposição foi reportada como informação de QA/QC. Os Dados de Atividade anuais de desmatamento e de fogo total sobre Organossolos foram agregados por bioma e para o estado para os anos PRODES de 2017–2025. Esses produtos fornecem os Dados de Atividade utilizados para estimar as emissões de COS associadas à drenagem após a conversão florestal e à possível combustão de turfa.

VII – POPs de avaliação de acurácia e de incerteza dos dados de atividade

Tabela 7 – Avaliação de acurácia e incerteza dos Dados de Atividade

VII.1 – Preparação dos dados	Para preparar o universo amostral dos Dados de Atividade com base nas fontes de dados (PRODES, DETER e MapBiomas Fogo), a primeira etapa consistiu na criação de uma máscara de inclusão dos polígonos de desmatamento do PRODES (F-NF) para o período 2017–2023, juntamente com os polígonos de degradação do DETER (F-CQ e F-CS) que não foram desmatados no mesmo período. Isso garante que o universo amostral das áreas de degradação seja composto exclusivamente por polígonos de degradação (que não foram desmatados no período), evitando assim uma possível sobreposição das áreas amostradas (ou seja, um polígono não pode ser avaliado tanto para F-NF quanto para F-CQ ou F-CS). Como os polígonos do PRODES e do DETER são definidos por fotointerpretação (formato vetorial), foi criado um centroide para cada polígono para estabelecer seus respectivos universos amostrais. Para a definição do universo amostral das áreas florestais do PRODES (F-F), foi criada uma grade sistemática sobre o estado (distância de 5.000 m e origem aleatória), e a classe Floresta do raster do PRODES foi utilizada para filtrar os pontos amostrais. A mesma grade sistemática foi utilizada para definir o universo amostral das áreas de degradação do MapBiomas Fogo (F-CQ). Como o MapBiomas Fogo é originalmente um produto raster, a amostra baseia-se na validação de pixels.

VII.2 – Definição do tamanho da amostra	Foi adotado um desenho de amostragem aleatória estratificada, utilizando os centroides dos polígonos de Dados de Atividade (para as classes F-NF e F-CQ e F-CS do DETER) e a grade sistemática de pontos do estado (F-F e F-CQ do MapBiomas Fogo) como unidades espaciais de avaliação. O tamanho da amostra foi determinado utilizando a equação abaixo (Cochran, 1977): Equação 1 - Equação para determinar o tamanho da amostra (n) na amostragem aleatória estratificada. $$n = \frac{(\sum WiSi)^2}{[S(\hat{O})]^2 + (\frac{1}{N})\sum WiSi^2} \approx (\frac{\sum WiSi}{S(\hat{O})})^2$$ $$Si = \sqrt{Ui(1 - Ui)}$$ Onde: N – número de unidades na região de interesse S(Ô) – erro-padrão da acurácia global estimada que se deseja alcançar W_i – proporção de área mapeada da classe *i* S_i – desvio-padrão do estrato *i* Onde: $A_{m,i}$ – área mapeada da classe *i* U_i – acurácia do usuário da classe *i* A*tot* – Área total mapeada Nota: como N é tipicamente grande (da ordem de um milhão de pixels), o segundo termo do denominador da equação pode ser desconsiderado. Seguindo Olofsson et al. (2014)[35], o erro-padrão-alvo para a acurácia global é definido como 0,01, com base na experiência anterior, e foi conjecturado que a acurácia do usuário de cada classe seria: 0,90 para a classe estável (F-F) e 0,75 para as classes de mudança (F-NF, F-CQ e F-CS). A Tabela 8 apresenta a estratificação e a alocação final da amostra utilizadas na validação dos Dados de Atividade. A Equação 1 foi utilizada para estimar o tamanho total mínimo de amostra necessário para a validação, com base nas proporções de área mapeada e nos valores assumidos de acurácia do usuário para as classes mapeadas. O tamanho total de amostra calculado foi de 1.091 amostras. A amostra final selecionada foi ligeiramente aumentada para 1.251 amostras, a fim de fortalecer a representação das principais classes de atividade mapeadas e permitir uma estimativa mais robusta da matriz de erros.
VII.3 – Coleta dos dados de validação	O conjunto de pontos amostrais foi importado para o QGIS e sobreposto a imagens de alta resolução do Planet Basemaps (utilizando o plugin Planet Explorer no QGIS). Essas imagens abrangem todo o período dos Dados de Atividade, e foram utilizadas duas coleções: ● Coleção “PS Tropical Normalized Analytic Biannual Archive”, abrangendo de dezembro de 2015 a junho de 2020. ● Coleção “PS Tropical Normalized Analytic Monthly Monitoring”, com imagens mensais desde setembro de 2020 até o mês e ano correntes. Cada um dos três intérpretes recebeu a mesma amostra e rotulou cada ponto após inspeção visual das imagens de alta resolução. As informações foram registradas em três arquivos Excel separados.
VII.4 – Matriz de erros em contagem de pontos	Concluído o processo de rotulagem de cada ponto de validação, os dados coletados nos arquivos Excel foram reunidos em um único arquivo. Para cada amostra de validação, a classe majoritária selecionada pelos intérpretes foi definida como classe final. Em seguida, os identificadores das amostras de validação foram associados à classe mapeada. Por fim, foi gerada a matriz de erros em contagem de pontos para os Dados de Atividade (Tabela 9).

[35] https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425714000704

	As áreas estáveis de Não Floresta (NF-NF) não foram amostradas porque o objetivo deste processo é avaliar a incerteza das classes de transição (áreas de desmatamento e degradação) e verificar se as áreas estáveis de Floresta (F-F) estão corretas. No entanto, a classe estável de Não Floresta (NF-NF) ainda pode aparecer durante o processo de rotulagem das classes e contribuir para o erro de comissão das classes amostradas. Embora a NF-NF não tenha sido o foco da amostragem, sua presença na rotulagem permite identificar erros de classificação das classes mapeadas.
VII.5 – Matriz de erros em proporção de área	A matriz de erros estimada em proporção de área foi derivada com base na matriz de erros em contagem de pontos e na área de cada classe de Dados de Atividade. A Tabela 10 apresenta a matriz de erros em proporção de área, juntamente com as métricas de acurácia: Acurácia do Usuário (UA), Acurácia do Produtor (PA) e Acurácia Global (OA).
VII.6 – Cálculos de incerteza	Com base na matriz de erros em proporção de área, a área ajustada de cada classe foi calculada juntamente com os erros-padrão. Por fim, as Margens de Erro para um Intervalo de Confiança (IC) de 90% foram avaliadas para a OA e para as estimativas de área. A Tabela 11 apresenta a incerteza por classe no estado. A avaliação de acurácia dos Dados de Atividade foi realizada utilizando a população combinada de Dados de Atividade de 2017–2023, abrangendo dados tanto do Período de Referência quanto do Período de Monitoramento. A avaliação não foi concebida para produzir estimativas anuais independentes de acurácia ou de incerteza. As incertezas relativas de área específicas por classe resultantes, com nível de confiança de 90%, são aplicadas aos Dados de Atividade anuais do Período de Monitoramento 2022–2024, inclusive 2024, para o qual não foi realizada uma avaliação de acurácia separada. Essa aplicação pressupõe que os produtos de origem, as definições das classes mapeadas e os procedimentos de processamento correspondentes permaneçam metodologicamente consistentes com os representados no período de validação. A representatividade temporal será reavaliada à medida que dados de monitoramento subsequentes forem incorporados, e a avaliação de validação será atualizada quando forem identificadas mudanças materiais nos produtos ou métodos subjacentes. A avaliação de acurácia do F-CQ MapBiomas caracteriza a acurácia temática do produto de área queimada do MapBiomas Fogo. O FRI é aplicado posteriormente como filtro metodológico de elegibilidade aos eventos de fogo mapeados e não modifica a detecção do fogo subjacente. Assim, o FRI não é tratado como um produto de mapeamento separado para fins de avaliação de acurácia, e os parâmetros de acurácia e de incerteza do F-CQ MapBiomas são aplicados aos Dados de Atividade de fogo mantidos para a contabilização após a aplicação do FRI.

Tabela 8 – Estratificação e alocação final da amostra utilizadas na validação dos Dados de Atividade. Tamanho total da amostra estimado utilizando a Equação 1.

Validação dos Dados de Atividade | Tamanho da amostra						
Classe	**$A_{m,i}$ (ha)**	**W_i**	**U_i**	**S_i**	**$n_{calculado}$**	**$n_{selecionado}$**
F-F	42650581,1	0,773	0,9	0,300		875
F-NF	1753735,2	0,032	0,75	0,433		91
F-CQ (DETER)	3499961,6	0,063	0,75	0,433		125
F-CQ (MapBiomas)	616692,3	0,112	0,75	0,433		82
F-CS	1127804,1	0,020	0,75	0,433		78
Total	**55199034,3**	**1,000**			**1091**	**1251**

F-F – Floresta para Floresta | F-NF – Floresta para Não Floresta | F-CQ – Floresta para Cicatriz de Queimada | F-CS – Floresta para Exploração Seletiva de Madeira | NF-NF – Não Floresta para Não Floresta

Tabela 9 - Matriz de erros em contagem de pontos amostrais.

		Referência						
	Classe	F-F	F-NF	F-CQ (DETER)	F-CQ (MapBiomas)	F-CS	NF-NF	**Total**
Mapeado	F-F	**850**	7	1	0	0	17	875
	F-NF	3	**68**	1	1	0	18	91
	F-CQ (DETER)	6	10	**101**	0	0	8	125
	F-CQ (MapBiomas)	0	0	0	**78**	0	4	82
	F-CS	5	0	3	0	**69**	1	78
	NF-NF							
	Total	864	85	106	79	69	48	**1251**

F-F – Floresta para Floresta | F-NF – Floresta para Não Floresta | F-CQ – Floresta para Cicatriz de Queimada | F-CS – Floresta para Exploração Seletiva de Madeira | NF-NF – Não Floresta para Não Floresta

Tabela 10 – Matriz de erros em proporções de área e estimativa da acurácia global (OA), da Acurácia do Usuário (UA) e da Acurácia do Produtor (PA) para cada classe.

		Referência							
	Classe	F-F	F-NF	F-CQ (DETER)	F-CQ (MapBiomas)	F-CS	NF-NF	**Total (W_i)**	**UA (%)**
Mapeado	F-F	**0,75060**	0,00618	0,00088	0,00000	0	0,01501	0,77268	97,1
	F-NF	0,00105	**0,02374**	0,00035	0,00035	0	0,00628	0,03177	74,7
	F-CQ (DETER)	0,00304	0,00507	**0,05123**	0,00000	0	0,00406	0,06340	80,8
	F-CQ (MapBiomas)	0	0	0	**0,10627**	0	0,00545	0,11172	95,1
	F-CS	0,00131	0	0,00079	0,00000	**0,01807**	0,00026	0,02043	88,5
	NF-NF								
	Total	0,75600	0,03499	0,05324	0,10662	0,01807	0,03107	**1**	
	PA (%)	99,3	67,8	96,2	97,7	100,0			
	OA (%) ± Incerteza (IC 90%)		**95,0 ± 1,0**						

F-F – Floresta para Floresta | F-NF – Floresta para Não Floresta | F-CQ – Floresta para Cicatriz de Queimada | F-CS – Floresta para Exploração Seletiva de Madeira | NF-NF – Não Floresta para Não Floresta

Tabela 11 – Incerteza das áreas de desmatamento e degradação (intervalo de confiança de 90%) no estado.

Classe | Fonte de dados	**Incerteza RELATIVA de área Intervalo de Confiança de 90% (%)**
F-NF | Desmatamento – PRODES	14,8
F-CQ | Degradação – cicatrizes de queimada do DETER	7,6
F-CQ | Degradação – cicatrizes de queimada do MapBiomas Fogo	4,2
F-CS | Degradação – exploração seletiva de madeira do DETER	6,8

F-F – Floresta para Floresta | F-NF – Floresta para Não Floresta | F-CQ – Floresta para Cicatriz de Queimada | F-CS – Floresta para Exploração Seletiva de Madeira | NF-NF – Não Floresta para Não Floresta

Estimativas de emissões de carbono | Dados e Métodos

A estimativa das emissões decorrentes do desmatamento e da degradação florestal no Estado de Mato Grosso envolve dois componentes de contabilização complementares: **as mudanças nos estoques de carbono da biomassa acima do solo (AGB), da biomassa abaixo do solo (BGB), da madeira morta (DW) e da serapilheira (LI), juntamente com as emissões de Carbono Orgânico do Solo (COS) dos solos turfosos (Organossolos).**

As emissões associadas aos reservatórios AGB, BGB, DW e LI são estimadas em nível de polígono, acompanhando a redução dos estoques de carbono disponíveis ao longo do tempo. Para cada polígono, o estoque de carbono inicial e as perdas subsequentes de estoque de carbono associadas à degradação e ao desmatamento são calculados sequencialmente. Essa abordagem evita a dupla contagem quando a degradação e o desmatamento afetam o mesmo polígono durante o período de análise e é consistente com a lógica metodológica aplicada no FREL Nacional do Brasil.

Os Dados de Atividade e as informações de estoque de carbono associados a cada polígono, conforme descritos no subcapítulo “Dados de atividade e estoques de carbono | Dados e Métodos”, são exportados para formato tabular e utilizados como insumos do cálculo determinístico das emissões **(Python)**. Para os componentes AGB, BGB, DW e LI, o estoque de carbono no início da série temporal é derivado do EBA, quando há dados válidos do EBA disponíveis, e da 4NC, quando os dados do EBA não estão disponíveis. A partir desse estoque inicial, as emissões anuais de degradação e desmatamento são calculadas e o estoque de carbono remanescente é atualizado para o ano seguinte. A mesma trajetória contínua de estoque de carbono em nível de polígono é mantida ao longo dos Períodos de Referência e de Monitoramento, garantindo que os estoques de carbono no início de cada ano de monitoramento reflitam quaisquer eventos de degradação ou desmatamento contabilizados nos anos anteriores.

Quando a degradação e o desmatamento ocorrem no mesmo ano PRODES, assume-se que a degradação ocorre primeiro. Calcula-se, portanto, um estoque de carbono intermediário após a degradação e antes do desmatamento. Esse estoque intermediário representa a biomassa remanescente disponível para o evento de desmatamento subsequente e evita a aplicação independente de ambos os processos de emissão ao mesmo estoque de carbono inicial.

As emissões de COS dos Organossolos são calculadas separadamente da trajetória de estoque de biomassa em nível de polígono. O desmatamento anual sobre Organossolos é utilizado como proxy do início da drenagem, enquanto a área queimada elegível sobre Organossolos é utilizada como proxy conservador da extensão potencial da combustão de turfa. O cálculo do COS segue uma abordagem de Nível 1 do IPCC baseada na metodologia desenvolvida para Mato Grosso e é posteriormente integrado às emissões estimadas a partir de AGB, BGB, DW e LI em nível estadual.

A Figura 3 ilustra a abordagem de acompanhamento temporal dos estoques utilizada para os reservatórios AGB, BGB, DW e LI. As emissões de COS dos Organossolos são calculadas separadamente, conforme descrito em IX.6, e integradas durante a agregação anual descrita na Tabela 14.

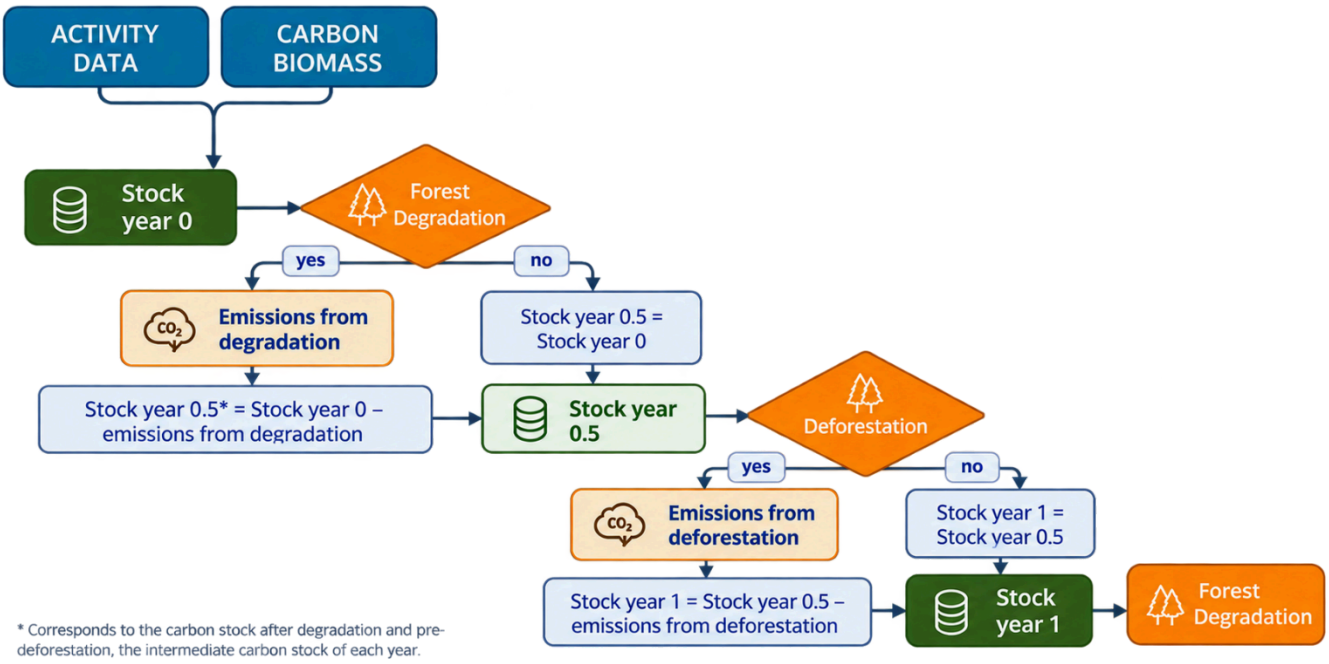


Figura 3 – Abordagem de contabilização temporal dos estoques de carbono de AGB, BGB, DW e LI utilizada para estimar as emissões decorrentes da degradação florestal e do desmatamento.

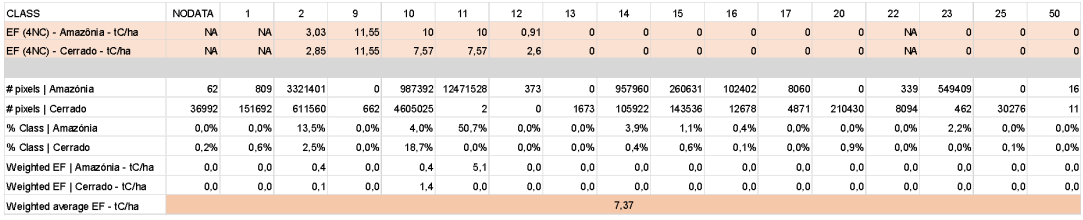
Para os reservatórios AGB, BGB, DW e LI, o processo resulta em três estados conceituais de estoque de carbono em cada cálculo anual: o estoque inicial (ano 0), o estoque pós-degradação (ano 0,5) e o estoque final pós-desmatamento (ano 1). O estoque final torna-se o estoque inicial do ano seguinte. Essa sequência é avaliada para cada polígono até a ocorrência do desmatamento. A notação ano 0,5 representa um estado contábil intermediário no cálculo anual e não representa um período de relato temporal separado.

Este capítulo está dividido em três seções que descrevem os Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para a estimativa das emissões de carbono. A primeira descreve a preparação e a padronização dos insumos do cálculo de emissões (Tabela 12). A segunda descreve a estimativa determinística das emissões de biomassa e de COS durante o período de análise (Tabela 13). A terceira descreve a agregação em emissões anuais, a conversão para ano civil, a avaliação dos critérios do TREES para solos turfosos e da significância da degradação, o estabelecimento do Nível de Creditação e a estimativa das emissões durante o Período de Monitoramento (Tabela 14). Os cálculos determinísticos são implementados em Python.

VIII – POPs de padronização do banco de dados

Tabela 12 – Métodos aplicados de padronização do banco de dados.

VIII.1 – Preparação dos insumos em nível de polígono para o cálculo das emissões de biomassa	Os produtos finais de Dados de Atividade e de estoque de carbono da biomassa gerados nas atividades III.3 e VI.3 são exportados como arquivos tabulares em nível de polígono, separadamente para os biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal. Para cada polígono, os arquivos mantêm as informações anuais de degradação, o ano de desmatamento, a classificação de terra manejada, os atributos de estoque de carbono do EBA e da 4NC, a área final do polígono e as informações necessárias para determinar o estoque pós-desmatamento.

	Esses arquivos constituem os insumos do cálculo determinístico das emissões de biomassa em nível de polígono para a série temporal de anos PRODES de 2017–2025 **(Python)**.
VIII.2 – Cálculo e atribuição do estoque de carbono pós-desmatamento	Os dados do TerraClass 2020 para os biomas Amazônia[36] e Cerrado[37] foram utilizados para caracterizar as classes de uso da terra observadas após o desmatamento em Mato Grosso. As proporções de uso da terra pós-desmatamento foram derivadas pela interseção do TerraClass 2020 com os polígonos de desmatamento do PRODES e pelo cálculo da área relativa representada por cada classe pós-desmatamento. Os valores de estoque de carbono das classes de uso da terra não florestais correspondentes foram obtidos da 4NC. Em seguida, foi calculado um estoque médio de carbono pós-desmatamento ponderado por área para Mato Grosso. O fator estadual resultante é de **7,37 tC/ha**. As incertezas de área específicas por classe reportadas nas avaliações de acurácia do TerraClass 2020 são posteriormente utilizadas na análise de Monte Carlo do fator pós-desmatamento, conforme descrito em XI.6. Durante a preparação dos arquivos finais de entrada de emissões, esse fator é multiplicado pela área final de cada polígono de desmatamento para obter seu estoque pós-desmatamento em tC. Para os polígonos sem evento de desmatamento, o estoque pós-desmatamento é fixado em zero. O fator de estoque de carbono pós-desmatamento e os respectivos insumos subjacentes por classe são mantidos no banco de dados de contabilização de emissões. 
VIII.3 – Preparação dos insumos de Organossolos e de área florestal para a contabilização do COS	Os cálculos de COS utilizam os Dados de Atividade anuais de Organossolos preparados em VI.4. Esses insumos fornecem a área anual de desmatamento sobre Organossolos e os Dados de Atividade de fogo para a avaliação do COS. Para o Cerrado e o Pantanal, os Dados de Atividade de fogo em turfa são derivados da **ramificação de processamento com fogo total, sem aplicação da exclusão do FRI**; os Dados de Atividade baseados no FRI permanecem a base das emissões de degradação da biomassa. No bioma Amazônia, são utilizados os Dados de Atividade de cicatrizes de queimada do DETER. Os valores anuais são agregados em nível estadual por ano PRODES. Também é preparada uma série separada de área florestal para apoiar a avaliação da taxa de desmatamento de solos turfosos do TREES. A série é ancorada na área florestal elegível no final do ano PRODES de 2024[38], com base no domínio de vegetação nativa do PRODES e na definição de Floresta da 4NC utilizada no MRV, incluindo o tratamento complementar dos polígonos de desmatamento da Amazônia inferiores a 6,25 ha. A área florestal é então reconstruída retroativamente utilizando os mesmos Dados de Atividade determinísticos de desmatamento utilizados no cálculo das emissões. Para Mato Grosso, a mesma máscara florestal é intersectada com a máscara de Organossolos para derivar a área florestal correspondente sobre solos turfosos. A série reconstruída é posteriormente expressa em base de ano civil, incluindo a área florestal existente em 1º de janeiro e o desmatamento por ano civil, tanto para o Estado quanto para os Organossolos. Isso garante que os denominadores de área florestal

CLASS	NODATA	1	2	9	10	11	12	13	14	15	16	17	20	22	23	25	50
EF (4NC) - Amazônia - tC/ha	NA	NA	3,03	11,55	10	10	0,91	0	0	0	0	0	0	NA	0	0	0
EF (4NC) - Cerrado - tC/ha	NA	NA	2,85	11,55	7,57	7,57	2,6	0	0	0	0	0	0	NA	0	0	0
# pixels | Amazônia	62	809	3321401	0	987392	12471528	373	0	957960	260631	102402	8060	0	339	549409	0	16
# pixels | Cerrado	36992	151692	611560	662	4605025	2	0	1673	105922	143536	12678	4871	210430	8094	462	30276	11
% Class | Amazônia	0,0%	0,0%	13,5%	0,0%	4,0%	50,7%	0,0%	0,0%	3,9%	1,1%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	2,2%	0,0%	0,0%
% Class | Cerrado	0,2%	0,6%	2,5%	0,0%	18,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,6%	0,1%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Weighted EF | Amazônia - tC/ha	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Weighted EF | Cerrado - tC/ha	0,0	0,0	0,1	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Weighted average EF - tC/ha	7,37																

Legend: CLASS_NODATA NODATA
CLASS_1 VEGETACAO NATURAL FLORESTAL PRIMARIA
CLASS_2 VEGETACAO NATURAL FLORESTAL SECUNDARIA
CLASS_9 SILVICULTURA
CLASS_10 PASTAGEM ARBUSTIVA/ARBOREA
CLASS_11 PASTAGEM HERBACEA
CLASS_12 CULTURA AGRICOLA PERENE
CLASS_13 CULTURA AGRICOLA SEMIPERENE
CLASS_14 CULTURA AGRICOLA TEMPORARIA DE 1 CICLO
CLASS_15 CULTURA AGRICOLA TEMPORARIA DE MAIS DE 1 CICLO
CLASS_16 MINERACAO
CLASS_17 URBANIZADA
CLASS_20 OUTROS USOS
CLASS_22 DESFLORESTAMENTO NO ANO
CLASS_23 CORPO DAGUA
CLASS_25 NAO OBSERVADO
CLASS_50 NAO FLORESTA

[36] http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/f49a47f8-12ae-4052-8e0d-2e581458dc69
[37] https://www.terraclass.gov.br/geoportal-cerrado/
[38] https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/c91f1d68-b5a5-455e-9d98-dd0573eb6ee0f

	utilizados na avaliação TREES sejam consistentes com a definição de floresta e com os Dados de Atividade utilizados no MRV.

IX – POPs de estimativa determinística das emissões durante o período de análise

Tabela 13 - Estimativa determinística das emissões de AGB, BGB, DW, LI e COS durante o período de análise.

IX.1 – Cálculo dos estoques de carbono iniciais	Para cada polígono, os estoques de carbono de AGB, BGB, DW e LI são calculados para cada ano do período de análise. No primeiro ano, o estoque inicial corresponde ao estoque de carbono por hectare multiplicado pela área final do polígono. **Os valores de estoque de carbono do EBA são utilizados quando há dados válidos do EBA disponíveis; quando os dados do EBA não estão disponíveis, os valores correspondentes da 4NC são utilizados como alternativa.** Nos anos subsequentes, o estoque inicial corresponde ao estoque final calculado para o ano anterior. São mantidos três agrupamentos de estoques para o cálculo das emissões: (i) AGB, BGB, DW e LI para as emissões de desmatamento; (ii) AGB, DW e LI para a degradação por fogo; e (iii) AGB para a exploração seletiva de madeira.
IX.2 – Estimativa das emissões de biomassa decorrentes da degradação florestal	As emissões decorrentes da degradação florestal que afeta AGB, DW e LI são estimadas para o fogo (CQ) em terras manejadas e não manejadas e para a exploração seletiva de madeira irregular e regular (CS e CSR), sendo estas duas últimas aplicáveis somente no bioma Amazônia. Para a degradação por fogo, o combustível disponível corresponde aos reservatórios AGB, DW e LI. É aplicado um fator de combustão de **0,368 para o bioma Amazônia e de 0,379 para os biomas Cerrado e Pantanal** (Fonte: Tabela 49 do RR IV INGEE[39]). As emissões de CH_4 e N_2O decorrentes da queima de biomassa são estimadas utilizando fatores de emissão de **6,8 g/kg** e **0,2 g/kg**, respectivamente, seguindo a Tabela 2.5 do Refinamento de 2019 das Diretrizes do IPCC[40] e a Equação 2.27 das Diretrizes do IPCC de 2006[41]. As emissões decorrentes da degradação florestal por CS e CSR consideram o estoque inicial de AGB e um fator de perda de biomassa de **29%** (Fonte: Tabela 30 do RR IV INGEE[42]). Os Dados de Atividade de fogo que entram neste cálculo de biomassa correspondem ao DETER na Amazônia, ao MapBiomas Fogo com a metodologia FRI adotada nas áreas aplicáveis do Cerrado e ao MapBiomas Fogo mantido de forma conservadora no Pantanal e nas áreas do Cerrado não aplicáveis ao FRI.
IX.3 – Cálculo dos estoques de carbono intermediários	Para cada ano, é calculado um estoque de carbono intermediário após a contabilização da degradação florestal e antes de qualquer evento de desmatamento. O estoque intermediário corresponde ao estoque inicial menos a perda de carbono associada à degradação ocorrida naquele ano. Quando não ocorre evento de degradação, o estoque intermediário permanece igual ao estoque inicial. Esse estoque intermediário define a quantidade de biomassa que permanece disponível para qualquer evento de desmatamento subsequente ocorrido no mesmo ano.
IX.4 – Estimativa das emissões decorrentes do desmatamento	As emissões decorrentes do desmatamento associadas a AGB, BGB, DW e LI são calculadas a partir da diferença entre o estoque intermediário pré-desmatamento e o estoque pós-desmatamento estadual definido em VIII.2. Quando o estoque pós-desmatamento calculado é superior ao estoque intermediário disponível, a perda estimada de estoque de carbono é fixada em zero, de modo que nenhum crédito seja gerado a partir de um aparente aumento líquido do estoque de carbono.

[39] https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial
[40] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch02_Generic%20Methods.pdf
[41] IPCC (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volume 4, Capítulo 2, Equação 2.27
[42] https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial

	Em consonância com o pressuposto de que a biomassa afetada pelo desmatamento é queimada, as emissões de CH_4 e N_2O são calculadas a partir do estoque intermediário de combustível aéreo, utilizando os fatores de combustão específicos por bioma e os fatores de emissão de queima de biomassa descritos em IX.2.
IX.5 – Cálculo dos estoques de carbono finais	O estoque de carbono final de cada ano corresponde ao estoque intermediário após a contabilização de qualquer emissão de desmatamento ocorrida naquele ano. Se não ocorrer desmatamento, o estoque final permanece igual ao estoque intermediário. O estoque final resultante torna-se o estoque inicial do ano seguinte. Uma vez que um polígono tenha sido desmatado, nenhuma emissão subsequente de degradação florestal é atribuída à antiga biomassa florestal desse polígono.
IX.6 – Estimativa das emissões de COS dos Organossolos	As emissões de gases de efeito estufa associadas ao Carbono Orgânico do Solo nos Organossolos são estimadas separadamente do cálculo de biomassa em nível de polígono, utilizando uma **abordagem de Nível 1 (Tier 1) do IPCC**, seguindo o marco metodológico desenvolvido para Mato Grosso com base no Suplemento de Áreas Úmidas de 2013 do IPCC. São consideradas duas vias de emissão: **as emissões relacionadas à drenagem após a conversão florestal** e **a combustão direta de turfa associada ao fogo**. O desmatamento anual sobre Organossolos é utilizado como proxy conservador do início da drenagem. As emissões relacionadas à drenagem são estimadas utilizando os fatores de emissão padrão de Nível 1 do IPCC fornecidos no Suplemento de Áreas Úmidas de 2013 (IPCC, 2014[43]): um fator de emissão de carbono no local de 5,3 tC ha^{-1} ano^{-1} (Tabela 2.1), um fator relacionado ao COD de 0,82 tC ha^{-1} ano^{-1} (Tabela 2.2), um fator de emissão de CH_4 a partir do solo de 4,9 kg CH_4 ha^{-1} ano^{-1} (Tabela 2.3) e um fator de emissão de N_2O de 2,4 kg N_2O-N ha^{-1} ano^{-1} (Tabela 2.5), com conversão de N_2O-N para N_2O. As emissões de fogo em turfa são estimadas utilizando os Dados de Atividade de fogo total descritos nas Seções VIII.3 e VI.4. Na ausência de informações, em escala de toda a jurisdição, sobre a profundidade efetiva de queima e o consumo de turfa, toda a área queimada elegível sobre Organossolos é tratada de forma conservadora como a extensão espacial potencial máxima da combustão de turfa. Esse tratamento é intencionalmente conservador porque a área queimada mapeada identifica a ocorrência do fogo, mas não demonstra que a camada de turfa subjacente tenha sido efetivamente queimada. A combustão da turfa é fortemente influenciada pela umidade da turfa e pelas condições do lençol freático, com a drenagem e o rebaixamento do lençol freático aumentando a suscetibilidade da turfa à combustão latente (IPCC, 2014[44]; Graham et al., 2022[45]). As emissões de fogo em turfa são estimadas utilizando os parâmetros padrão de Nível 1 do IPCC do Suplemento de Áreas Úmidas de 2013 (IPCC, 2014[46]): um parâmetro combinado de massa de combustível e combustão de 353 t de matéria seca/ha (Tabela 2.6), juntamente com fatores de emissão de 464 g C/kg de matéria seca para o carbono e de 21 g CH_4/kg de matéria seca para o metano (Tabela 2.7). As emissões de COS são primeiro calculadas por período PRODES utilizando os valores centrais determinísticos dos parâmetros aplicáveis. Sua elegibilidade para a contabilização imediata simplificada é avaliada com base nos dois critérios do TREES 3.0 para solos turfosos descritos em X.3. O cálculo determinístico do COS fornece a implementação com valores centrais e a referência para a análise subsequente de incerteza e de Monte Carlo.

[43] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/pdf/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf
[44] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/pdf/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf
[45] Graham, L. L. B., Applegate, G. B., Thomas, A., Ryan, K. C., Saharjo, B. H., & Cochrane, M. A. (2022). A Field Study of Tropical Peat Fire Behaviour and Associated Carbon Emissions. *Fire*, 5(3), 62. https://doi.org/10.3390/fire5030062

[46] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/pdf/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf

X – POPs de estimativa das emissões anuais, estabelecimento do Nível de Creditação e contabilização do Período de Monitoramento

Tabela 14 - Estimativa das emissões anuais, estabelecimento do nível de creditação e contabilização do período de monitoramento.

X.1 – Agregação das emissões por período PRODES e conversão para CO_2e	As emissões associadas a AGB, BGB, DW e LI calculadas em nível de polígono são agregadas por bioma e em nível estadual para cada período PRODES. As emissões de COS são então integradas aos resultados estaduais de biomassa. Para fins de relato e contabilização, **as emissões de COS decorrentes da combustão de turfa são incluídas no componente de degradação florestal**, enquanto **as emissões de COS associadas à drenagem após a conversão florestal são incluídas no componente de desmatamento**. O total das emissões estaduais compreende, portanto, a degradação da biomassa, o desmatamento da biomassa, as emissões de COS do fogo em turfa e as emissões de COS relacionadas à drenagem. As emissões são convertidas em CO_2 equivalente utilizando **44/12 para C em CO_2, GWP = 28 para CH_4 e GWP = 265 para N_2O**. Esses fatores de conversão são aplicados de forma consistente aos componentes de biomassa e de COS na implementação atual do MRV, seguindo os valores fornecidos no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5)[47].
X.2 – Conversão das emissões por período PRODES para ano civil	Os Dados de Atividade e as emissões são inicialmente organizados por ano PRODES. Para a contabilização ART/TREES, as emissões anuais são convertidas para ano civil após o cálculo das emissões de cada período PRODES. Para o ano civil Y, as emissões são calculadas como: **Ano civil Y = 7/12 × período PRODES (Y−1–Y) + 5/12 × período PRODES (Y–Y+1).** *Por exemplo, o ano civil de 2021 é calculado como 7/12 do período PRODES 2020–2021 mais 5/12 do período PRODES 2021–2022.* A conversão é aplicada separadamente a cada componente de emissões, incluindo a degradação da biomassa, o desmatamento da biomassa, as emissões de COS do fogo em turfa e as emissões de COS relacionadas à drenagem. Assim, o cálculo do ano civil de 2021 requer as emissões até o período PRODES 2021–2022. Para o relato dos Dados de Atividade mapeados na Seção 10.4 do Documento de Registro TREES, o mesmo rateio temporal 7/12–5/12 é aplicado aos totais dos Dados de Atividade mapeados. Essa transformação para fins de relato não modifica os Dados de Atividade subjacentes em nível de polígono nem a atribuição dos eventos aos períodos PRODES. O ajuste dos Dados de Atividade baseado na validação é posteriormente propagado por meio do procedimento de ponderação de Monte Carlo descrito nas Seções XI.3 e XII.3.
X.3 – Avaliação dos critérios de contabilização simplificada do TREES 3.0 para solos turfosos	O TREES 3.0 permite que as emissões de solos turfosos sejam contabilizadas imediatamente no momento dos Dados de Atividade somente quando ambas as condições a seguir forem demonstradas de forma verificável: (i) as emissões de solos turfosos representam menos de 3% do total das emissões durante o período de referência; e (ii) a taxa de desmatamento em turfeiras durante o período de referência é inferior à metade da taxa de desmatamento em toda a área de contabilização. **Para a avaliação determinística com valores centrais, o primeiro critério é calculado para o Período de Referência de 2017–2021, em anos civis, como** a razão entre o total das emissões de COS e o total das emissões estaduais, incluindo biomassa e COS: **Participação das emissões de turfa = Σ emissões de COS / Σ emissões estaduais totais × 100**

[47] IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC*, Capítulo 8, Tabela 8.7. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

	O critério é atendido quando a participação resultante é **<3%**. Para o segundo critério, as taxas de desmatamento do Estado e dos Organossolos são calculadas para o mesmo período de referência utilizando o desmatamento acumulado por ano civil de 2017–2021 e a área florestal correspondente existente em **1º de janeiro de 2017**: **Taxa de desmatamento estadual = Σ desmatamento estadual 2017–2021 / área florestal estadual em 01/01/2017** **Taxa de desmatamento em turfeiras = Σ desmatamento em Organossolos 2017–2021 / floresta sobre Organossolos em 01/01/2017** A razão entre a taxa de desmatamento em turfeiras e a taxa estadual deve ser **<0,5**. Taxas e razões anuais podem ser calculadas adicionalmente para fins de QA/QC, mas o critério formal é avaliado para o período de referência agregado. A área florestal em 1º de janeiro é derivada da série reconstruída de área florestal descrita em VIII.3. Para cada ano civil, a área florestal é tratada como um estoque, e não como um fluxo. O desmatamento por ano civil é derivado utilizando a mesma alocação temporal utilizada para as emissões, enquanto o estoque florestal em 1º de janeiro é derivado de forma consistente a partir da área florestal reconstruída por período PRODES. A contabilização imediata simplificada de solos turfosos é aplicável somente quando ambos os critérios são atendidos. O cálculo determinístico fornece uma referência de valores centrais para essa avaliação. O critério final de <3% é avaliado utilizando as estimativas médias de emissões de Monte Carlo descritas na Seção XIII.2. O critério da razão entre a taxa de desmatamento em turfeiras e a taxa estadual permanece uma avaliação determinística baseada nas séries correspondentes de área florestal e de Dados de Atividade de desmatamento.
X.4 – Estimativa das emissões anuais e avaliação da degradação	As emissões anuais de degradação florestal são obtidas pela soma das emissões de queima de biomassa, das emissões de exploração seletiva de madeira e das emissões de COS do fogo em turfa. As emissões anuais de desmatamento incluem as perdas de estoque de carbono da biomassa e as emissões associadas de gases não CO_2 da queima de biomassa, juntamente com as emissões de COS relacionadas à drenagem. No âmbito do TREES 3.0, as emissões de degradação florestal só podem ser excluídas quando o total das emissões de degradação for **inferior a 10% das emissões de desmatamento reportadas durante o período de referência**. A avaliação é, portanto, realizada utilizando as emissões agregadas dos anos civis de 2017–2021, e não razões anuais individuais. Percentuais anuais da relação degradação/desmatamento podem ser reportados adicionalmente para fins descritivos e de QA/QC. As emissões de degradação florestal **não são excluídas** do Nível de Creditação de Mato Grosso.
X.5 – Cálculo do Nível de Creditação TREES	O Nível de Creditação TREES de Mato Grosso é calculado a partir das emissões anuais totais decorrentes do desmatamento e da degradação florestal durante o Período de Referência de cinco anos civis (2017–2021), incluindo os componentes aplicáveis de biomassa e de COS. Na abordagem padrão do TREES 3.0 aplicada nesta submissão, a média anual das emissões durante o Período de Referência é reduzida em 1%, da seguinte forma: **Nível de Creditação TREES = média anual das emissões 2017–2021 × 0,99** O cálculo determinístico fornece uma referência de valores centrais para esse cálculo. Na análise final de incerteza, o mesmo cálculo do Nível de Creditação é aplicado de forma independente a cada uma das 10.000 simulações de Monte Carlo, gerando uma distribuição de valores do Nível de Creditação. O procedimento utilizado para derivar e resumir essa distribuição é descrito na Seção XIII.4.

X.6 – Emissões e reduções de emissões do Período de Monitoramento	As emissões anuais do Período de Monitoramento 2022–2024 são derivadas do mesmo banco de dados contínuo de contabilização de emissões por ano PRODES de 2017–2025 e dos mesmos procedimentos metodológicos descritos nas Seções VIII–X. As emissões de biomassa e de COS são calculadas e agregadas por período PRODES, seguindo os procedimentos descritos nas Seções IX e X.1. As emissões resultantes são convertidas para ano civil utilizando a alocação temporal descrita em X.2. Assim, o cálculo do ano civil de 2024 requer as emissões até o período PRODES 2024–2025. As emissões anuais do Período de Monitoramento incluem os componentes aplicáveis de desmatamento e de degradação florestal e são agregadas em nível estadual, de forma consistente com o âmbito e as convenções de contabilização utilizados para estabelecer o Nível de Creditação. As reduções brutas anuais de emissões são calculadas como a diferença entre o Nível de Creditação TREES anual e as emissões correspondentes do Período de Monitoramento. O cálculo determinístico fornece resultados de valores centrais, enquanto as estimativas finais de redução de emissões e as deduções de incerteza associadas são derivadas por meio da análise de Monte Carlo descrita nas seções subsequentes.

Análise de incerteza e simulação de Monte Carlo | Dados e Métodos

A incerteza associada aos Dados de Atividade, aos estoques de carbono, aos parâmetros de emissão, aos estoques de carbono pós-desmatamento e às emissões de Carbono Orgânico do Solo (COS) dos Organossolos é propagada por meio de uma abordagem de simulação de Monte Carlo implementada em Python.

A análise de Monte Carlo reproduz a lógica espacial e temporal do cálculo determinístico das emissões descrito nas Tabelas 12–14. As emissões associadas à **biomassa acima do solo (AGB), à biomassa abaixo do solo (BGB), à madeira morta (DW) e à serapilheira (LI)** são calculadas em nível de polígono, preservando a sequência anual dos eventos de degradação e desmatamento. O cálculo é realizado separadamente para os biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, e as emissões resultantes são agregadas em nível estadual somente após a conclusão dos cálculos específicos por bioma.

As emissões de COS dos Organossolos são simuladas separadamente utilizando as incertezas correspondentes dos Dados de Atividade e dos fatores de emissão e, posteriormente, integradas às emissões estaduais. A série temporal completa de emissões é então convertida de período PRODES para ano civil utilizando a mesma abordagem temporal aplicada no cálculo determinístico.

Um total de **10.000 simulações de Monte Carlo** é utilizado para propagar as fontes de incerteza identificadas ao longo da série temporal contínua de contabilização de emissões. As emissões simuladas por ano civil do Período de Referência 2017–2021 são utilizadas para derivar a distribuição do Nível de Creditação TREES de Mato Grosso, enquanto as emissões simuladas do Período de Monitoramento 2022–2024 são utilizadas para estimar as emissões anuais de monitoramento, as reduções de emissões e a incerteza associada. Este capítulo está dividido em três seções. A primeira descreve a preparação dos insumos de incerteza (Tabela 15). A segunda descreve a simulação de Monte Carlo e a propagação da incerteza no cálculo das emissões (Tabela 16). A terceira descreve a síntese da incerteza, a avaliação dos critérios do TREES para solos turfosos, as referências de QA/QC, o estabelecimento do Nível de Creditação e a estimativa das reduções de emissões do Período de Monitoramento e da incerteza associada (Tabela 17). A Figura 4 apresenta o fluxo de trabalho de propagação de incerteza e de contabilização de emissões.

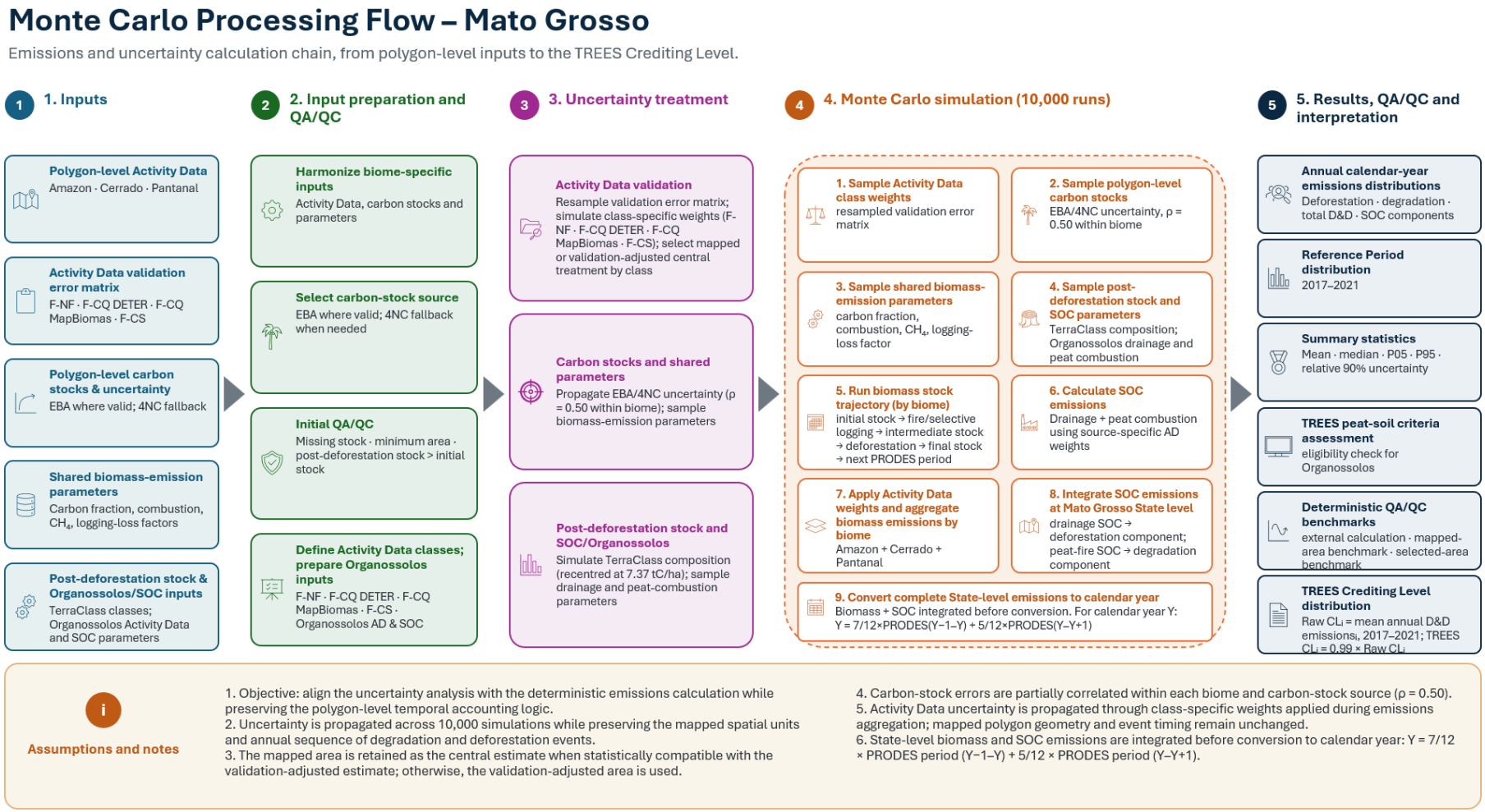


Figura 4 - Fluxo de trabalho de propagação de incerteza por Monte Carlo e de contabilização de emissões utilizado para derivar o Nível de Creditação TREES de Mato Grosso e as reduções de emissões do Período de Monitoramento.

XI – POPs de preparação dos insumos de incerteza de Monte Carlo

Tabela 15 - Preparação dos insumos de incerteza para a análise de Monte Carlo

XI.1 – Definição do âmbito espacial e temporal da análise de Monte Carlo	A análise de Monte Carlo é realizada para o Estado de Mato Grosso e inclui os **biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal**. Ela abrange tanto o **Período de Referência 2017–2021** quanto o **Período de Monitoramento 2022–2024**, utilizando uma única série temporal contínua de Dados de Atividade e de estoques de carbono em nível de polígono. A simulação utiliza Dados de Atividade que abrangem os anos PRODES de 2017–2025. Como a conversão de período PRODES para ano civil combina períodos PRODES consecutivos, o cálculo do ano civil de 2021 requer Dados de Atividade até o ano PRODES de 2022, enquanto o cálculo do ano civil de 2024 requer Dados de Atividade até o ano PRODES de 2025. Os componentes de emissões considerados em ambos os períodos compreendem o total das emissões decorrentes do desmatamento e da degradação florestal, incluindo as emissões aplicáveis de COS dos Organossolos. As emissões simuladas do Período de Referência 2017–2021 são utilizadas para estabelecer o Nível de Creditação TREES, enquanto as emissões simuladas do Período de Monitoramento 2022–2024 são utilizadas para estimar as emissões de monitoramento, as reduções de emissões e a incerteza associada.
XI.2 – Preparação dos insumos em nível de polígono e QA/QC dos insumos	Os arquivos finais Data4Emissions dos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal são utilizados separadamente como insumos do cálculo de Monte Carlo. Para cada polígono, o banco de dados de entrada inclui a área final do polígono, os eventos anuais de degradação, o ano de desmatamento, a classificação de terra manejada, os estoques de carbono de AGB, BGB, DW e LI e a incerteza associada do estoque de carbono, bem como o estoque de carbono pós-desmatamento. A seleção da fonte de estoque de carbono segue o cálculo determinístico. **Os valores de estoque de carbono do EBA são utilizados quando há dados válidos do EBA disponíveis; quando os dados do EBA não estão disponíveis, os valores correspondentes da 4NC são utilizados como alternativa.** Quando há um valor de estoque de carbono do EBA disponível, mas seu valor de incerteza não está disponível, é utilizada a incerteza correspondente da 4NC. Antes da simulação, são realizadas verificações de QA/QC para identificar ausência de informações selecionadas de estoque de carbono, polígonos abaixo de um limiar mínimo de área definido para alerta e casos em que o estoque central pós-desmatamento excede o estoque inicial pré-desmatamento. Essas verificações apoiam a rastreabilidade e a identificação de insumos potencialmente inconsistentes, sem modificar os Dados de Atividade mapeados.
XI.3 – Derivação da incerteza dos Dados de Atividade a partir da matriz de erros da validação	A incerteza dos Dados de Atividade é derivada da matriz de erros da validação de Mato Grosso descrita na Seção VII. As seguintes classes relacionadas a emissões são tratadas separadamente para preservar as diferenças entre as fontes de Dados de Atividade: ● **F-NF:** desmatamento derivado do PRODES; ● **F-CQ DETER:** degradação por fogo derivada do DETER no bioma Amazônia; ● **F-CQ MapBiomas:** degradação por fogo derivada do MapBiomas Fogo nos biomas Cerrado e Pantanal; ● **F-CS:** degradação por exploração seletiva de madeira derivada do DETER no bioma Amazônia. A matriz de validação é reamostrada dentro de cada estrato mapeado para gerar proporções simuladas das classes de referência e as áreas simuladas correspondentes para cada classe de Dados de Atividade. Isso preserva a estrutura estratificada da amostra de validação e propaga a incerteza amostral identificada por meio da avaliação de acurácia. A estimativa central utilizada para cada classe depende da relação entre a área mapeada e o intervalo de confiança de 90% em torno da área ajustada pela validação.

	Quando a área mapeada é estatisticamente compatível com a estimativa ajustada, a distribuição simulada pode ser recentrada na área mapeada. Quando a área mapeada fica fora do intervalo de confiança de 90%, a área ajustada pela validação é utilizada como estimativa central. Para Mato Grosso, **F-NF é centrada na área mapeada**, enquanto **F-CQ DETER, F-CQ MapBiomas e F-CS são centradas em suas áreas ajustadas pela validação**. Em cada simulação, a área simulada de cada classe é expressa como um peso relativo à sua área mapeada. Esses pesos dos Dados de Atividade são posteriormente aplicados durante a agregação das emissões associadas a essa classe. As geometrias dos polígonos e a sequência temporal mapeada dos eventos de degradação e desmatamento permanecem inalteradas. Os pesos específicos por fonte são aplicados de forma consistente por bioma: o peso F-CQ DETER é aplicado à degradação por fogo na Amazônia, enquanto o peso F-CQ MapBiomas é aplicado à degradação por fogo no Cerrado e no Pantanal. O peso F-NF é aplicado ao desmatamento nos três biomas e o peso F-CS é aplicado à exploração seletiva de madeira no bioma Amazônia.
XI.4 – Definição da incerteza dos estoques de carbono de AGB, BGB, DW e LI	A incerteza do estoque de carbono é propagada em nível de polígono utilizando a incerteza associada à fonte de estoque de carbono selecionada (EBA ou 4NC). Para cada polígono, a incerteza associada à AGB é expressa em relação ao estoque central de carbono de AGB e utilizada para gerar um fator multiplicativo de estoque de carbono baseado em uma **distribuição normal de erros**. O mesmo fator simulado é aplicado a **AGB, BGB, DW e LI** no polígono, preservando assim a relação relativa entre os reservatórios de carbono utilizada no cálculo determinístico. Os fatores simulados de estoque de carbono são censurados em zero para evitar estoques de carbono negativos. Em cada bioma, é introduzida uma correlação parcial de ρ = 0,50 entre os erros de estoque de carbono dos polígonos que utilizam a mesma fonte de estoque de carbono. Em cada simulação, o erro em nível de polígono combina um componente compartilhado em nível de fonte e um componente independente em nível de polígono. São gerados componentes compartilhados separados para os polígonos que utilizam o EBA e para os que utilizam a 4NC. Os cálculos da Amazônia, do Cerrado e do Pantanal são simulados separadamente, de modo que o componente correlacionado em nível de fonte é compartilhado entre os polígonos da mesma fonte **em cada bioma**, e não entre todos os biomas. Essa abordagem representa a incerteza que pode ser comum aos polígonos derivados do mesmo conjunto de dados subjacente de estoque de carbono, mantendo também a variabilidade específica de cada polígono, evitando os pressupostos de independência completa ou de correlação completa entre os erros de estoque de carbono em nível de polígono. **Sensibilidade à correlação dos erros de estoque de carbono:** como o parâmetro de correlação não é estimado empiricamente a partir dos conjuntos de dados do EBA ou da 4NC, foi realizada uma análise de sensibilidade utilizando os dois casos-limite, ρ = 0 (independência completa) e ρ = 1 (correlação completa), além do valor intermediário adotado de ρ = 0,50. Todos os demais insumos e parâmetros de Monte Carlo foram mantidos constantes. O Nível de Creditação TREES 3.0 médio variou menos de 0,04% entre os dois cenários extremos, enquanto o intervalo de confiança relativo de 90% aumentou de 24,25% com ρ = 0 para 25,64% com ρ = 1. A análise indica, portanto, que a correlação assumida afeta principalmente a dispersão dos resultados e não tem efeito material sobre a estimativa central do Nível de Creditação. O valor intermediário de ρ = 0,50 foi, portanto, mantido na análise principal.
XI.5 – Definição da incerteza dos parâmetros compartilhados	Os parâmetros que representam grandezas metodológicas comuns são amostrados uma vez por simulação e mantidos de forma consistente nos polígonos e anos aplicáveis dessa simulação. A **fração de carbono** é simulada utilizando uma distribuição Beta com valor central de **0,47** e desvio-padrão de **0,02**. O valor central segue a fração de carbono padrão do

de emissão de biomassa	IPCC para a biomassa florestal acima do solo (IPCC, 2006, Tabela 4.3[48]). Um desvio-padrão de **0,02** é adotado como representação simplificada da incerteza em torno do valor padrão do IPCC e da faixa tropical/subtropical reportada de **0,44–0,49**. Como os estoques de carbono de entrada já estão expressos em tC/ha utilizando a fração de carbono central, os estoques simulados são reescalonados de acordo com a razão entre a fração de carbono amostrada e o valor central; a fração de carbono, portanto, não é aplicada como conversão adicional de biomassa em carbono. O **fator de combustão** é simulado utilizando distribuições Beta com parâmetros específicos por bioma. Os valores centrais determinísticos são **0,368** para a Amazônia e **0,379** para o Cerrado e o Pantanal, seguindo o marco do inventário nacional de GEE do Brasil (Brasil, 2020[49]). A incerteza dos parâmetros baseia-se nas categorias de vegetação correspondentes da Tabela 2.6 do Refinamento de 2019 das Diretrizes do IPCC (IPCC, 2019[50]): um desvio-padrão de **0,13**, reportado para "All primary tropical forests" (todas as florestas tropicais primárias), é aplicado à Amazônia, enquanto um desvio-padrão de **0,19**, reportado para "Other savanna woodlands" (outras savanas arborizadas), é aplicado ao Cerrado e ao Pantanal. A Amazônia recebe uma realização independente do fator de combustão, enquanto o Cerrado e o Pantanal compartilham a mesma realização em cada simulação, pois ambos utilizam o mesmo parâmetro e a mesma fonte de incerteza. O **fator de perda de biomassa da exploração seletiva de madeira** é simulado utilizando uma distribuição Beta com valor central de **0,29** e desvio-padrão de **0,0406**, arredondado para **0,04** na implementação. O fator central é consistente com a redução estimada de **29%** na biomassa viva após a exploração seletiva de madeira reportada por Huang e Asner (2010)[51]. O termo de incerteza é derivado de forma conservadora como **14%** do fator central (**0,29 × 0,14 = 0,0406**), utilizando o limite superior da incerteza absoluta de **11–14%** reportada para os dados de exploração madeireira CLAS utilizados nesse estudo. Esse valor é tratado como proxy de incerteza, e não como desvio-padrão específico do parâmetro reportado diretamente pelo estudo. O **fator de emissão de CH_4** da queima de biomassa é simulado utilizando uma distribuição lognormal com valor central de **6,8 g/kg de matéria seca** e desvio-padrão de **2,0 g/kg de matéria seca**, com base na Tabela 2.5 do Refinamento de 2019 das Diretrizes do IPCC (IPCC, 2019[52]). O **fator de emissão de N_2O** de **0,2 g/kg de matéria seca**, o fator de conversão de C em CO_2 de **44/12**, o GWP do CH_4 de **28** e o GWP do N_2O de **265** são mantidos fixos.
XI.6 – Propagação da incerteza do estoque de carbono pós-desmatamento	O cálculo determinístico das emissões aplica um único fator de estoque de carbono pós-desmatamento de Mato Grosso, de **7,37 tC/ha**, aos polígonos de desmatamento nos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal. Para a análise de Monte Carlo, a incerteza desse fator é derivada de dois componentes complementares associados aos dados do TerraClass 2020 utilizados para caracterizar o uso da terra pós-desmatamento. Primeiro, a variabilidade na composição observada das classes pós-desmatamento entre os polígonos de origem é propagada utilizando as contagens de classes do TerraClass em nível de polígono. A variabilidade conjunta entre as classes é mantida por meio da estrutura de covariância empírica desses vetores de contagem em nível de polígono. Segundo, a incerteza associada à área mapeada das classes temáticas do TerraClass é propagada utilizando os **coeficientes de variação da área mapeada específicos por classe reportados nas avaliações oficiais de acurácia do TerraClass 2020 para os biomas Amazônia[53] e Cerrado[54]**. Esses coeficientes são aplicados às classes pós-desmatamento correspondentes e representam a incerteza de mapeamento,

[48] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html
[49] https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial
[50] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html
[51] Huang, M., & Asner, G. P. (2010). Long-term carbon loss and recovery following selective logging in Amazon forests. *Global Biogeochemical Cycles*, 24(3), GB3028. https://doi.org/10.1029/2009GB003727
[52] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html
[53] https://www.terraclass.gov.br/acuracia-amz
[54] https://www.terraclass.gov.br/acuracia-cer

	distinta da variabilidade na composição das classes capturada pelo bootstrap em nível de polígono. As fontes TerraClass da Amazônia e do Cerrado são simuladas separadamente utilizando suas respectivas composições de classes pós-desmatamento, fatores de estoque de carbono e incertezas de área do TerraClass. Os numeradores e denominadores simulados são então combinados para derivar um único fator estadual de estoque de carbono pós-desmatamento para cada simulação de Monte Carlo. A distribuição resultante é recentrada de modo que sua média corresponda ao fator central de **7,37 tC/ha** já aplicado no banco de dados determinístico de entrada. Isso garante que a análise de incerteza não altere deliberadamente a estimativa central determinística. Um único fator estadual pós-desmatamento é, portanto, gerado para cada simulação de Monte Carlo e aplicado de forma consistente aos polígonos de desmatamento nos três biomas.
XI.7 – Definição dos insumos de incerteza das emissões de COS dos Organossolos	A incerteza do COS é propagada para ambas as vias de emissão descritas em IX.6: **a drenagem após a conversão florestal** e **a combustão de turfa associada ao fogo**. Os Dados de Atividade de Organossolos são ajustados utilizando os mesmos pesos simulados de Dados de Atividade aplicados à atividade de MRV correspondente. O desmatamento sobre Organossolos recebe o peso F-NF. Os Dados de Atividade de fogo em turfa da Amazônia recebem o peso F-CQ DETER, enquanto os Dados de Atividade de fogo em turfa derivados do MapBiomas recebem o peso F-CQ MapBiomas; no conjunto de dados atual de Mato Grosso, a sobreposição elegível com Organossolos ocorre no Cerrado e não no Pantanal. A incerteza dos Dados de Atividade F-CQ MapBiomas é interpretada como a incerteza associada à detecção de área queimada subjacente do MapBiomas Fogo. Como o FRI constitui uma regra determinística de pós-processamento aplicada ao mesmo produto de área queimada, a mesma incerteza dos Dados de Atividade específica da fonte é aplicada ao subconjunto de fogo total utilizado na contabilização do COS do fogo em turfa. Para as emissões de COS do fogo em turfa, é utilizado o **cenário de Dados de Atividade de fogo total**. O cálculo da degradação da biomassa permanece baseado no tratamento FRI adotado no Cerrado. Os seguintes parâmetros de COS são simulados utilizando **distribuições normais censuradas em zero**: ● fator de emissão de carbono da drenagem no local: **5,3 tC ha^{-1} ano^{-1}**, DP **2,60204**; ● fator de emissão de carbono relacionado ao COD: **0,82 tC ha^{-1} ano^{-1}**, DP **0,147959**; ● fator de emissão de CH_4 da drenagem a partir do solo: **4,9 kg CH_4 ha^{-1} ano^{-1}**, DP **1,32653**; ● fator de emissão de N_2O-N da drenagem: **2,4 kg N_2O-N ha^{-1} ano^{-1}**, DP **0,561224**; ● parâmetro combinado de massa de turfa e combustão: **353 t de matéria seca/ha**, DP **93,3673**. Os desvios-padrão utilizados na amostragem de Monte Carlo foram derivados dos intervalos de confiança de 95% reportados no Suplemento de Áreas Úmidas de 2013 do IPCC para os parâmetros de Nível 1 correspondentes. Assumindo uma distribuição normal antes da censura em zero, o desvio-padrão foi calculado como DP = (limite superior de confiança de 95% − limite inferior de confiança de 95%) / (2 × 1,96). A fração da drenagem associada a valas é fixada em zero e, portanto, o fator de emissão de CH_4 das valas não contribui para a estimativa atual. O fator de emissão de carbono do fogo em turfa, de 464 g C/kg de matéria seca, e o fator de emissão de CH_4 do fogo em turfa, de 21 g CH_4/kg de matéria seca, ambos da Tabela 2.7 do Suplemento de Áreas Úmidas de 2013 do IPCC (IPCC, 2014[55]), são mantidos fixos na simulação de Monte Carlo, pois não há valores de incerteza específicos para esses fatores disponíveis no material de referência utilizado na implementação atual.

[55] https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/pdf/Wetlands_Supplement_Entire_Report.pdf

	Cada realização dos parâmetros de COS é amostrada uma vez por simulação e aplicada de forma consistente ao longo da série temporal anual dessa simulação.

XII – POPs de simulação de Monte Carlo e propagação da incerteza

Tabela 16 - Métodos aplicados de simulação de Monte Carlo e de propagação da incerteza

XII.1 – Geração das simulações de Monte Carlo	São geradas **10.000 simulações de Monte Carlo**. Cada realização representa uma combinação internamente consistente de Dados de Atividade simulados, estoques de carbono de AGB/BGB/DW/LI, parâmetros de emissão de biomassa, estoque de carbono pós-desmatamento e parâmetros de COS. Os parâmetros que representam a incerteza metodológica comum são amostrados uma vez em cada simulação e aplicados de forma consistente em todo o cálculo correspondente, em vez de serem reamostrados de forma independente para cada ano.
XII.2 – Cálculo das emissões de AGB, BGB, DW e LI em nível de polígono	Em cada simulação, o cálculo temporal das emissões reproduz a metodologia determinística descrita na Tabela 13, separadamente para os biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal. Cada polígono inicia com seus estoques simulados de AGB, BGB, DW e LI. Quando a degradação e o desmatamento ocorrem no mesmo ano, a degradação é processada primeiro e o desmatamento é calculado posteriormente a partir do estoque remanescente. A degradação por fogo reduz o estoque aplicável de **AGB, DW e LI**. A exploração seletiva de madeira afeta o estoque de **AGB**. O desmatamento é calculado a partir do estoque remanescente de **AGB, BGB, DW e LI**, líquido do estoque de carbono pós-desmatamento simulado. O estoque final remanescente após os eventos anuais torna-se o estoque inicial do ano seguinte, mantendo assim a trajetória temporal completa de cada polígono mapeado e evitando a aplicação repetida de emissões ao mesmo estoque de carbono inicial.
XII.3 – Aplicação dos pesos simulados dos Dados de Atividade durante a agregação das emissões	A geometria espacial e a sequência temporal dos Dados de Atividade mapeados são mantidas ao longo de todo o cálculo das emissões em nível de polígono. Os pesos simulados dos Dados de Atividade derivados em XI.3 são aplicados quando as emissões associadas às respectivas classes de atividade são agregadas. Isso propaga a incerteza na extensão estimada de cada atividade sem realocar espacialmente os eventos individuais de degradação ou desmatamento. São aplicados pesos de Dados de Atividade diferentes de acordo com a fonte e o bioma, preservando o tratamento de validação separado do desmatamento do PRODES, do fogo do DETER, do MapBiomas Fogo e da exploração seletiva de madeira do DETER.
XII.4 – Cálculo das emissões de COS dos Organossolos	Para cada realização de Monte Carlo, as emissões anuais de COS são calculadas a partir dos Dados de Atividade simulados de Organossolos e dos parâmetros de COS amostrados. As emissões de drenagem incluem CO_2, CH_4 e N_2O associados ao desmatamento que ocorre sobre Organossolos. As emissões de fogo em turfa incluem CO_2 e CH_4 associados aos Dados de Atividade elegíveis de fogo total sobre Organossolos. As equações determinísticas descritas em IX.6 são mantidas, enquanto os Dados de Atividade e os fatores de emissão pertinentes variam de acordo com seus valores simulados.

XII.5 – Agregação das emissões específicas por bioma e integração do COS em nível estadual	As emissões de AGB, BGB, DW e LI calculadas separadamente para os biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal são somadas simulação a simulação para obter a série temporal de emissões de Mato Grosso. Isso preserva a correspondência entre as simulações dos parâmetros compartilhados e os pesos dos Dados de Atividade nos cálculos dos três biomas. O COS é então integrado às emissões estaduais por período PRODES. **As emissões de COS da drenagem são adicionadas ao componente de desmatamento**, enquanto **as emissões de COS do fogo em turfa são adicionadas aos componentes de degradação por fogo e de degradação total**. Ambos os componentes são incluídos no total das emissões estaduais de D&D. As emissões de COS do fogo em turfa não são subdivididas entre terras manejadas e não manejadas; essa distinção permanece associada ao componente de fogo na biomassa.
XII.6 – Conversão das emissões simuladas de período PRODES para ano civil	Após o cálculo das emissões estaduais completas por período PRODES, cada simulação de Monte Carlo é convertida para ano civil utilizando a mesma relação temporal do cálculo determinístico: **Ano civil Y = 7/12 × período PRODES (Y−1–Y) + 5/12 × período PRODES (Y–Y+1)** A conversão é aplicada separadamente a cada componente de emissões e a cada realização de Monte Carlo. As emissões de COS são integradas antes dessa conversão, de modo que as emissões de AGB/BGB/DW/LI e de COS sejam colocadas na mesma base de ano civil antes do cálculo dos resultados dos Períodos de Referência e de Monitoramento.

XIII – POPs de avaliação da incerteza e estabelecimento do Nível de Creditação e das reduções de emissões do Período de Monitoramento

Tabela 17 - Avaliação da incerteza, QA/QC e estabelecimento do Nível de Creditação TREES e das reduções de emissões do Período de Monitoramento.

XIII.1 – Síntese das distribuições de emissões de Monte Carlo	As **10.000 simulações de Monte Carlo** são sintetizadas para cada ano civil tanto do **Período de Referência 2017–2021** quanto do **Período de Monitoramento 2022–2024**, bem como para a média quinquenal do Período de Referência utilizada no cálculo do Nível de Creditação. Os mesmos procedimentos de síntese estatística são aplicados às distribuições das emissões anuais de ambos os períodos. Para cada distribuição reportada, a **média, a mediana, o 5º percentil (P05) e o 95º percentil (P95)** são calculados diretamente a partir dos valores correspondentes em nível de simulação. O intervalo P05–P95 é utilizado para representar o **intervalo central de 90% de Monte Carlo**. Sua semiamplitude é calculada como: **Semiamplitude do intervalo de 90% = (P95 − P05) / 2** A incerteza relativa é expressa como: **Incerteza relativa de 90% = semiamplitude do intervalo de 90% / média** A média do Período de Referência é calculada separadamente em cada simulação de Monte Carlo a partir das emissões anuais simuladas de 2017–2021. A distribuição resultante é então sintetizada utilizando as mesmas estatísticas. Consequentemente, a média, a mediana, o P05 e o P95 da média do Período de Referência são obtidos diretamente a partir das médias do Período de Referência em nível de simulação e **não são reconstruídos pela média das estatísticas de síntese anuais correspondentes**.

	Essas estatísticas são calculadas para os componentes de emissões pertinentes, incluindo a degradação florestal, o desmatamento e o total de desmatamento e degradação (D&D), bem como para as emissões de COS dos Organossolos, quando aplicável. A incerteza propagada reflete, portanto, o efeito combinado dos Dados de Atividade, da incerteza dos estoques de carbono de AGB/BGB/DW/LI, dos parâmetros de emissão compartilhados, do estoque de carbono pós-desmatamento e dos parâmetros de COS incluídos na análise de Monte Carlo.
XIII.2 – Avaliação dos critérios do TREES para solos turfosos	Os dois critérios do TREES 3.0 para solos turfosos descritos em X.3 são avaliados para o **Período de Referência de 2017–2021, em anos civis**. O critério baseado nas emissões é avaliado utilizando os resultados finais de emissões de Monte Carlo, enquanto o critério da taxa de desmatamento é avaliado utilizando os Dados de Atividade determinísticos correspondentes de área florestal e de desmatamento. Para o primeiro critério, as emissões de COS incluem tanto as **emissões relacionadas à drenagem quanto as emissões de fogo em turfa**. Para cada simulação de Monte Carlo, as emissões de COS e o total das emissões de D&D de Mato Grosso, incluindo o COS, são primeiro somados para os cinco anos civis do Período de Referência: **Emissões de COSREF,i = Σ emissões de COSi,2017–2021** **Emissões totaisREF,i = Σ emissões totais de D&D de Mato Grossoi,2017–2021** Também é calculada, para cada simulação, uma participação das emissões de turfa: **Participação das emissões de turfai = 100 × emissões de COSREF,i / emissões totaisREF,i** A distribuição dessa razão em nível de simulação é mantida para o relato de incerteza e de QA/QC, incluindo sua mediana, P05 e P95. A avaliação formal de <3% utiliza as estimativas médias finais de Monte Carlo das emissões acumuladas de COS e das emissões totais acumuladas de Mato Grosso ao longo de todo o Período de Referência; os percentis em nível de simulação não são utilizados como testes adicionais de limiar. A avaliação formal do TREES baseia-se na razão entre a **média de Monte Carlo das emissões acumuladas de COS** e a **média de Monte Carlo das emissões totais acumuladas de Mato Grosso** ao longo de todo o Período de Referência: **Participação das emissões de turfa = 100 × média MC[Σ emissões de COS (2017–2021)] / média MC[Σ emissões totais de D&D de Mato Grosso (2017–2021)]** O primeiro critério é atendido quando esse valor é **<3%**. As emissões jurisdicionais de D&D utilizadas no denominador seguem a metodologia de MRV adotada, incluindo o **tratamento FRI para a degradação da biomassa nas áreas aplicáveis do Cerrado**, enquanto as emissões de COS do fogo em turfa utilizam o **cenário de Dados de Atividade de fogo total**. Esse tratamento é conservador para a avaliação da participação das emissões de turfa, pois a aplicação dos Dados de Atividade de fogo total também à degradação da biomassa jurisdicional aumentaria o denominador sem alterar as emissões de solos turfosos incluídas no numerador. O segundo critério é avaliado utilizando as séries finais determinísticas, por ano civil, de área florestal e de Dados de Atividade de desmatamento descritas em VIII.3. As taxas de desmatamento do Período de Referência são calculadas utilizando o desmatamento acumulado em 2017–2021 e a área florestal existente em **1º de janeiro de 2017**: **Taxa de desmatamento estadual = Σ desmatamento estadual (2017–2021) / área florestal estadual em 01/01/2017**

	Taxa de desmatamento em turfeiras = Σ desmatamento em Organossolos (2017–2021) / floresta sobre Organossolos em 01/01/2017 A razão entre essas duas taxas é então calculada como: **Razão entre a taxa de desmatamento em turfeiras e a taxa estadual = taxa de desmatamento em turfeiras / taxa de desmatamento estadual** O segundo critério é atendido quando essa razão é **<0,5**. As taxas anuais de desmatamento e as razões anuais turfeiras/Estado são mantidas como informação de QA/QC, mas o teste formal do TREES baseia-se nos valores agregados do Período de Referência. O critério da taxa de desmatamento é, portanto, determinístico e não introduz uma distribuição de probabilidade adicional no cálculo das emissões de Monte Carlo. A contabilização imediata simplificada das emissões de solos turfosos é considerada aplicável somente quando **tanto o critério de emissões de <3% quanto o critério da taxa de desmatamento de <0,5 são atendidos**. Esses critérios são avaliados para fins de relato e de elegibilidade e não alteram as próprias emissões simuladas. A avaliação final confirma que ambos os critérios do TREES 3.0 para a contabilização imediata simplificada das emissões de solos turfosos são atendidos. Para o Período de Referência 2017–2021, a participação das emissões de turfa, calculada como a razão entre a média de Monte Carlo das emissões acumuladas de COS e a média de Monte Carlo das emissões jurisdicionais totais acumuladas, foi de 1,279%, abaixo do limiar de 3%. A taxa de desmatamento em toda a jurisdição foi de 2,805%, em comparação com 0,339% para as áreas florestais sobre Organossolos, resultando em uma razão entre a taxa de desmatamento em turfeiras e a taxa estadual de 0,1207, abaixo do limiar de 0,5. A contabilização imediata simplificada das emissões de solos turfosos é, portanto, aplicável.
XIII.3 – Realização de referências determinísticas e QA/QC	As referências determinísticas são geradas utilizando a mesma estrutura de cálculo temporal do mecanismo de Monte Carlo, com os parâmetros incertos fixados em seus valores centrais. A primeira referência utiliza as **áreas mapeadas de Dados de Atividade**, reproduzindo o cálculo central sem ajuste estatístico dos Dados de Atividade. Ela é utilizada para verificar o alinhamento entre o mecanismo de Monte Carlo e o cálculo determinístico independente das emissões. A segunda referência utiliza as **áreas centrais selecionadas de Dados de Atividade** resultantes do tratamento de validação descrito em XI.3, mantendo os demais parâmetros em seus valores centrais determinísticos. Essa referência isola o efeito da alteração das estimativas centrais dos Dados de Atividade antes da propagação das demais fontes de incerteza. O COS é incluído em ambas as referências utilizando seus fatores de emissão centrais determinísticos e o tratamento correspondente dos Dados de Atividade mapeados ou selecionados. A comparação entre o cálculo determinístico externo, a referência com áreas mapeadas, a referência com áreas selecionadas e a média de Monte Carlo constitui um procedimento estruturado de QA/QC para distinguir as diferenças associadas ao tratamento dos Dados de Atividade daquelas resultantes da propagação da incerteza dos estoques de carbono, dos parâmetros de emissão, do estoque de carbono pós-desmatamento e do COS.

XIII.4 – Estabelecimento do Nível de Creditação	Para cada simulação de Monte Carlo, é calculado um nível de referência bruto como a média das emissões anuais totais decorrentes do **desmatamento e da degradação florestal**, incluindo as emissões de COS aplicáveis, nos anos civis de **2017–2021**: **Nível de Creditação bruto$_i$ = média(E_i,2017–2021)** onde *i* representa uma simulação individual de Monte Carlo. Na abordagem padrão do TREES 3.0 aplicada nesta submissão, a média bruta do Período de Referência é reduzida em **1%**: **Nível de Creditação TREES 3.0$_i$ = 0,99 × Nível de Creditação bruto$_i$** Esse cálculo gera uma distribuição de 10.000 valores do Nível de Creditação TREES, refletindo a incerteza combinada propagada pelas etapas anteriores. O **Nível de Creditação reportado para Mato Grosso é a média da distribuição de Monte Carlo resultante do Nível de Creditação**. A mediana, o P05 e o P95 dessa distribuição são mantidos como descritores da incerteza e são obtidos diretamente a partir dos valores do Nível de Creditação em nível de simulação, e não reconstruídos a partir de estatísticas de síntese anuais. **O Nível de Creditação resultante e os descritores de incerteza associados são reportados no Documento de Registro TREES (TRD).**
XIII.5 – Cálculo das reduções de emissões e das deduções por incerteza do Período de Monitoramento	As reduções anuais de emissões do **Período de Monitoramento 2022–2024** são calculadas utilizando os resultados de Monte Carlo dos anos civis correspondentes e o **Nível de Creditação TREES** estabelecido em XIII.4. Para cada simulação de Monte Carlo *i* e ano de monitoramento *t*, as **reduções brutas de emissões** são calculadas como: **$ER_{i,t} = CL_i - E_{i,t}$** onde CL_i é o Nível de Creditação TREES simulado e $E_{i,t}$ representa o total simulado das emissões decorrentes do desmatamento e da degradação florestal no ano civil *t*, incluindo as emissões de COS aplicáveis dos Organossolos. O cálculo é realizado separadamente para cada uma das **10.000 simulações de Monte Carlo**, preservando a correspondência entre o Nível de Creditação simulado e as emissões do Período de Monitoramento. Isso garante que as incertezas compartilhadas entre os Períodos de Referência e de Monitoramento sejam propagadas de forma consistente. Para cada ano de monitoramento, a distribuição resultante das reduções brutas de emissões é sintetizada utilizando a **média, a mediana, o 5º percentil (P05) e o 95º percentil (P95)**. A incerteza relativa é calculada a partir da semiamplitude do intervalo central de 90% de Monte Carlo, expressa como proporção da média das reduções brutas de emissões, seguindo o procedimento descrito em XIII.1. O **fator de ajuste da incerteza da redução de emissões do TREES 3.0** é calculado de acordo com a Seção 8, Equação 8 do TREES 3.0: **UA_ER,t = 0,524417 × (Incerteza relativa de 90%_ER,t / 1,645006)** A **dedução anual por incerteza** é então calculada de acordo com a Seção 10.4.1, Equação 27:

$UNC_{ER,t} = ER\ bruta_t \times UA_{ER,t}$

onde $ER\ bruta_t$ representa a média anual das reduções brutas de emissões derivadas das simulações de Monte Carlo.

As reduções de emissões após a dedução por incerteza são calculadas como:
$ER\ após\ a\ dedução\ por\ incerteza_t = ER\ bruta_t - UNC_{ER,t}$

Esse procedimento é aplicado separadamente aos anos civis de **2022, 2023 e 2024**. Os resultados anuais correspondentes são agregados para obter as reduções de emissões acumuladas do Período de Monitoramento após as deduções por incerteza.

Esses resultados representam as reduções de emissões **após o ajuste de incerteza do TREES**, mas **antes de quaisquer deduções de vazamento, contribuições ao pool de reserva ou outros ajustes aplicáveis** exigidos para a determinação dos Créditos TREES finais. Os valores anuais e acumulados resultantes são reportados no **Relatório de Monitoramento TREES (TMR)**.

Apêndice A – Metodologia do Índice de Recorrência de Fogo (FRI) para a degradação por fogo no Cerrado

Aplicação de um filtro do Índice de Recorrência de Fogo aos Dados de Atividade do MapBiomas Fogo para o Cerrado – Mato Grosso

A metodologia baseada no Índice de Recorrência de Fogo (FRI) não modifica o marco geral de processamento dos Dados de Atividade nem a metodologia de contabilização de emissões aplicada a Mato Grosso. Em vez disso, introduz uma regra adicional de interpretação dos Dados de Atividade do MapBiomas Fogo no Cerrado, baseada na literatura científica, para excluir os incêndios de recorrência moderada nas fitofisionomias savânicas em que essa abordagem é considerada metodologicamente aplicável.

Uma ramificação paralela de processamento com fogo total também é mantida especificamente para a contabilização do Carbono Orgânico do Solo (COS) nos Organossolos. Essa ramificação segue as mesmas regras de processamento espacial e temporal do fluxo de trabalho padrão, mas não aplica a exclusão do FRI. Ela é utilizada somente na contabilização do COS do fogo em turfa e não substitui os Dados de Atividade baseados no FRI utilizados nas emissões de degradação da biomassa.

A.1 Contexto e objetivo

Esta nota metodológica documenta a adoção, pelo Estado de Mato Grosso, de um filtro do Índice de Recorrência de Fogo aplicado aos dados do MapBiomas Fogo para o componente de degradação por fogo no bioma Cerrado.

O filtro FRI é utilizado para refinar a interpretação da ocorrência de fogo nas fitofisionomias savânicas do Cerrado, reconhecendo que nem todo evento de fogo nesses ecossistemas representa necessariamente uma degradação persistente da biomassa.

A metodologia mantém o marco geral de processamento dos Dados de Atividade e de contabilização de emissões descrito no atual Anexo Metodológico Técnico de Mato Grosso. Em particular, os princípios gerais relativos à elegibilidade espacial, à organização por ano PRODES, à integração com outras fontes de Dados de Atividade, à contabilização de emissões e à propagação da incerteza permanecem inalterados.

Esta nota documenta, portanto, somente o refinamento metodológico adotado para a interpretação dos dados do MapBiomas Fogo no Cerrado e sua relação com a ramificação paralela de fogo total utilizada na contabilização do COS.

A **ramificação de processamento baseada no FRI constitui o tratamento metodológico adotado para a degradação da biomassa por fogo no Cerrado**. A **ramificação de fogo total é mantida especificamente para derivar os Dados de Atividade de área queimada para as emissões de COS do fogo em turfa sobre Organossolos**, conforme descrito na Seção A.4 deste Apêndice.

A.2 Questão metodológica tratada pelo filtro FRI

O bioma Cerrado contém extensas formações savânicas nas quais o fogo pode fazer parte de dinâmicas ecológicas recorrentes. Nesses contextos, a ocorrência de fogo em determinado ano não

corresponde necessariamente a uma perda persistente de biomassa lenhosa ou a uma mudança no estoque de carbono comparável à degradação florestal.

O uso direto de todas as detecções do MapBiomas Fogo como degradação forneceria uma representação conservadora da área queimada, mas também poderia incluir situações em que o fogo faz parte de um regime recorrente com maior potencial de recuperação da vegetação. Essa questão é particularmente relevante no Cerrado, onde a resposta da vegetação ao fogo varia de acordo com a frequência histórica dos eventos de fogo e com o intervalo entre eventos sucessivos.

Por esse motivo, o MapBiomas Fogo permanece a fonte dos Dados de Atividade de degradação por fogo nos biomas Cerrado e Pantanal, mas sua interpretação como degradação da biomassa é refinada em parte do Cerrado por meio do Índice de Recorrência de Fogo. A exclusão baseada no FRI restringe-se ao domínio ecológico e fitofisionômico para o qual a abordagem é considerada aplicável. Fora desse domínio, incluindo o Pantanal e as demais fitofisionomias do Cerrado, os eventos de fogo processados elegíveis são mantidos de forma conservadora como Dados de Atividade de degradação.

A.3 Metodologia

A.3.1 Introdução e base científica da metodologia adotada

A metodologia baseia-se em Gomes et al. (2024), *Impacts of Fire Frequency on Net CO_2 Emissions in the Cerrado Savanna Vegetation*[56]. O estudo avalia os efeitos de diferentes regimes de fogo sobre a dinâmica da biomassa e as emissões líquidas de CO_2 na vegetação savânica do Cerrado, distinguindo regimes de fogo moderados, intermediários e extremos.

A principal contribuição desse estudo para a implementação em Mato Grosso é a evidência de que regimes de fogo moderados nas formações savânicas do Cerrado podem estar associados à manutenção ou à recuperação da biomassa, enquanto os regimes intermediários e extremos apresentam maior potencial de perda persistente de biomassa.

Com base nessa evidência científica, a metodologia de Mato Grosso mantém a distinção conceitual central entre recorrência de fogo moderada, intermediária e extrema, e exclui somente os incêndios de recorrência moderada nas fitofisionomias savânicas em que a abordagem é considerada aplicável.

A abordagem é operacionalizada no fluxo de processamento dos Dados de Atividade utilizado para Mato Grosso. Ela não aplica as taxas de mudança da biomassa, as taxas de mortalidade ou as estimativas de rebrota quantificadas por Gomes et al. (2024). As emissões dos Dados de Atividade de degradação por fogo mantidos continuam a ser quantificadas utilizando os fatores de emissão e os procedimentos de contabilização definidos no atual Anexo Metodológico Técnico.

Nota explicativa – Significado de “fogo moderado” no FRI

Nesta metodologia, “moderado” refere-se ao regime de recorrência do fogo, determinado a partir de dois componentes: (i) o número de anos em que um pixel queimou durante a janela histórica considerada; e (ii) o tempo decorrido desde a ocorrência de fogo anterior.

[56] https://www.mdpi.com/2571-6255/7/8/280

Um pixel classificado no regime de recorrência moderada representa, portanto, um local com recorrência histórica de fogo comparativamente baixa e/ou com intervalo mais longo desde o evento anterior, de acordo com a classificação adaptada de Gomes et al. (2024). Na aplicação aos Dados de Atividade de Mato Grosso, essa classificação é avaliada somente para os pixels que efetivamente queimaram no ano em processamento.

Nas fitofisionomias savânicas aplicáveis, os incêndios de recorrência moderada são excluídos dos Dados de Atividade de degradação da biomassa por fogo, enquanto os eventos de fogo intermediários e extremos são mantidos. O fluxo de trabalho de processamento detalhado utilizado para operacionalizar essa regra é apresentado na Seção A.5 (Figura A-1).

A.3.2 Fontes de dados e âmbito

A principal fonte dos Dados de Atividade de fogo é o MapBiomas Fogo Coleção 5 – monthly burned v1, com resolução espacial de 30 m e série histórica de 1985 a 2025. O produto fornece informações mensais de fogo para cada ano civil, com valores raster que identificam se um pixel queimou e, quando aplicável, o mês em que ocorreu a queima.

O processamento espacial também utiliza o limite estadual de Mato Grosso, os limites dos biomas Cerrado e Pantanal, o mapa de Vegetação Pretérita utilizado na Quarta Comunicação Nacional (4NC) do Brasil e as máscaras de elegibilidade espacial aplicadas no fluxo de trabalho geral de MRV. O mapa de Vegetação Pretérita é utilizado para identificar as fitofisionomias que definem a aplicabilidade espacial do filtro FRI.

A série de Dados de Atividade atualmente processada para integração ao banco de dados de MRV abrange os anos PRODES de 2017–2025. O cálculo do índice de recorrência, no entanto, utiliza o registro histórico anterior do MapBiomas Fogo necessário para caracterizar o regime de fogo de cada ano. O mesmo procedimento metodológico pode ser replicado nos anos subsequentes, à medida que a série temporal de Dados de Atividade for atualizada.

A.3.3 Âmbito temporal e alinhamento com o ano PRODES

O MapBiomas Fogo fornece informações mensais organizadas por ano civil, enquanto o fluxo de trabalho de processamento dos Dados de Atividade de Mato Grosso é inicialmente organizado por ano PRODES. As detecções de fogo são, portanto, reorganizadas antes da integração ao fluxo de trabalho de processamento dos Dados de Atividade.

Para o ano PRODES Y, as detecções de fogo ocorridas de agosto a dezembro do ano civil Y−1 são combinadas com as detecções ocorridas de janeiro a julho do ano civil Y. Por exemplo, o ano PRODES 2021 compreende os eventos de fogo ocorridos de agosto a dezembro de 2020 e de janeiro a julho de 2021.

A aplicação do FRI segue essa estrutura temporal. Os incêndios ocorridos de agosto a dezembro do ano civil anterior são avaliados utilizando o FRI correspondente a esse ano civil, enquanto os incêndios ocorridos de janeiro a julho são avaliados utilizando o FRI do ano civil corrente. A classificação de recorrência é, portanto, associada ao ano civil efetivo em que o fogo ocorreu, antes que as detecções de fogo mantidas sejam reorganizadas no ano PRODES correspondente.

A.3.4 Regra temporal para o cálculo do FRI

O cálculo do FRI requer uma série histórica do MapBiomas Fogo para cada pixel. Para os anos até 2020, inclusive, o índice é calculado utilizando o registro histórico disponível de 1985 até o ano avaliado, em alinhamento com a base temporal disponível para o estudo de referência.

A partir de 2021, é utilizada uma janela histórica móvel de 35 anos. Isso mantém uma base histórica longa e comparável para a classificação da recorrência do fogo, permitindo ao mesmo tempo que o método continue a ser aplicado além do período original abrangido pelo estudo de referência.

Em cada cálculo anual, a frequência de fogo inclui a ocorrência de fogo no ano avaliado. O intervalo desde o fogo anterior, por sua vez, considera somente os eventos de fogo ocorridos antes do ano avaliado. Essa distinção garante que o evento do ano corrente contribua para a frequência histórica, enquanto a variável de intervalo continua a representar o tempo decorrido desde o fogo anterior.

A.3.5 Âmbito espacial de aplicação

O pré-processamento do MapBiomas Fogo é realizado para as porções de Cerrado e de Pantanal de Mato Grosso. A regra de exclusão do FRI propriamente dita, no entanto, é aplicada somente no bioma Cerrado e somente nas fitofisionomias savânicas selecionadas do mapa de Vegetação Pretérita utilizado na 4NC.

Na implementação adotada, o domínio de aplicabilidade metodológica corresponde às classes Savana (S) e Savana Arborizada (Sa). Essas classes foram selecionadas por apresentarem a correspondência mais próxima com o domínio ecológico avaliado por Gomes et al. (2024).

A aplicação é deliberadamente restrita. A exclusão do FRI não é aplicada no Pantanal nem nas fitofisionomias do Cerrado diferentes das classes S e Sa selecionadas. Nessas áreas, os eventos de fogo processados elegíveis são mantidos de forma conservadora como Dados de Atividade de degradação da biomassa por fogo. Essa abordagem evita extrapolar a exclusão baseada no FRI para formações vegetais às quais a relação descrita no estudo de referência é menos diretamente aplicável.

A.3.6 Classificação do regime de fogo e regra adotada

Na operacionalização adotada, a frequência histórica de fogo é agrupada em classes de frequência crescentes e o intervalo desde o fogo anterior é igualmente reclassificado em classes ordinais de intervalo. A combinação desses dois componentes gera o FRI anual, que é então agrupado em regimes de recorrência moderada, intermediária e extrema.

Para os pixels que queimaram no bioma Cerrado e nas fitofisionomias S e Sa aplicáveis, os incêndios de recorrência moderada são excluídos dos Dados de Atividade de degradação da biomassa, enquanto os incêndios de recorrência intermediária e extrema são mantidos como degradação.

Fora do domínio de aplicabilidade do FRI, incluindo o Pantanal e as demais fitofisionomias do Cerrado, todos os eventos de fogo processados que sejam elegíveis por outros critérios são mantidos. O FRI, portanto, modifica somente a interpretação dos Dados de Atividade de fogo no domínio de aplicabilidade ecológica explicitamente definido.

A sequência operacional completa e a relação entre as classes de recorrência e os Dados de Atividade finais estão resumidas nas Seções A.5 e A.9 (Figura A-1 e Tabela A-4).

A.3.7 Integração com o fluxo de processamento TREES de Mato Grosso

O filtro FRI funciona como uma etapa adicional de pré-processamento aplicada aos Dados de Atividade do MapBiomas Fogo. Após a aplicação da regra do FRI, os dados anuais de fogo mantidos seguem pelo mesmo fluxo de trabalho de processamento subsequente descrito no Anexo Metodológico Técnico.

Esse processamento subsequente inclui a aplicação da máscara de exclusão do domínio florestal do PRODES, a organização por ano PRODES, a conversão para a estrutura plurianual de Dados de Atividade, a integração espacial com os Dados de Atividade de desmatamento, a restrição ao domínio Floresta elegível do mapa de Vegetação Pretérita, a associação com as informações de estoque de carbono, a classificação de terra manejada, o recorte final estado × bioma, o recálculo das áreas dos polígonos e a preparação dos insumos tabulares para o cálculo determinístico das emissões e a análise de incerteza de Monte Carlo.

A ramificação de processamento baseada no FRI constitui, portanto, a via padrão de Dados de Atividade para as emissões de degradação da biomassa por fogo no Cerrado. A aplicação do FRI não modifica a metodologia subsequente de emissões de biomassa nem os fatores de contabilização aplicados aos eventos de fogo mantidos.

Paralelamente, o mesmo marco geral de processamento do MapBiomas Fogo é executado sem a exclusão adicional do FRI para produzir uma camada separada de Dados de Atividade de fogo total para a avaliação do COS. Essa ramificação paralela segue a mesma alocação temporal, a mesma filtragem pelo domínio do PRODES, as mesmas regras de elegibilidade florestal e o mesmo processamento espacial subsequente do fluxo de trabalho padrão, diferindo apenas pela ausência da exclusão do FRI. A camada resultante é mantida especificamente para a posterior interseção com os Organossolos e a estimativa das emissões de COS do fogo em turfa.

A.4 Relação entre as ramificações de processamento FRI e de fogo total

A.4.1 Papel de cada ramificação de processamento

São mantidas duas ramificações de processamento do MapBiomas Fogo para diferentes finalidades de contabilização.

Ramificação de processamento	Tratamento do fogo	Finalidade de contabilização
Ramificação baseada no FRI	Os incêndios de recorrência moderada são excluídos somente nas fitofisionomias S e Sa aplicáveis; os incêndios intermediários e extremos são mantidos. Os incêndios elegíveis fora do domínio de aplicabilidade do FRI também são mantidos.	**Emissões de degradação da biomassa por fogo** no Cerrado.
Ramificação de fogo total	A exclusão adicional do FRI não é aplicada. Todos os eventos de fogo	**Dados de Atividade de COS do fogo em turfa sobre Organossolos**.

Ramificação de processamento	Tratamento do fogo	Finalidade de contabilização
	processados que sejam elegíveis por outros critérios são mantidos.	

A ramificação de fogo total, portanto, **não é um cenário alternativo de contabilização da biomassa e não é utilizada para derivar um Nível de Creditação alternativo**. Trata-se de uma ramificação dedicada aos Dados de Atividade de COS, que preserva a área queimada potencialmente relevante para a combustão do solo orgânico, mantendo as demais regras de elegibilidade espacial, de alocação temporal e de processamento subsequente do fluxo de trabalho de MRV.

Para o bioma Amazônia, os Dados de Atividade de fogo para o COS são derivados do **DETER (CQ)**, que já mantém os eventos elegíveis de cicatrizes de queimada mapeados; uma ramificação separada de fogo total do MapBiomas não é, portanto, necessária para a Amazônia. No conjunto de dados atual de Organossolos de Mato Grosso, a sobreposição elegível ocorre predominantemente no Cerrado e, em menor extensão, na Amazônia, sem sobreposição mapeada identificada no Pantanal.

A.4.2 Justificativa para a não aplicação do filtro FRI aos Dados de Atividade de COS do fogo em turfa

O marco do FRI é utilizado para interpretar a relação entre a recorrência do fogo e a **dinâmica da biomassa** na vegetação do Cerrado adaptada ao fogo.

A mesma relação não está estabelecida para o carbono orgânico armazenado em solos orgânicos. Em particular, a classificação de um evento de fogo superficial de acordo com seu histórico de recorrência não determina, por si só, se ocorreu a combustão do solo orgânico subjacente.

Em consonância com o marco de Nível 1 aplicado aos incêndios em solos orgânicos, as emissões de fogo em turfa são estimadas utilizando a área de solo orgânico potencialmente afetada pelo fogo, juntamente com os parâmetros aplicáveis de combustão e de emissão. O marco do FRI não fornece base para excluir área queimada de solo orgânico de acordo com o histórico de recorrência do fogo na vegetação.

A aplicação do filtro FRI de biomassa aos Organossolos removeria, portanto, parte da área queimada mapeada com base em um critério que não é diretamente indicativo da combustão do solo orgânico.

Esse tratamento não implica que todo evento de fogo superficial detectado sobre um Organossolo resulte necessariamente na combustão do material orgânico subjacente. As emissões efetivas de COS dependem de fatores como a umidade do solo, as características do solo orgânico, a severidade do fogo e a profundidade de queima.

Na ausência de informações espacialmente explícitas que identifiquem onde ocorreu a combustão do solo orgânico e sua profundidade, a área queimada elegível sobreposta aos Organossolos é utilizada como **proxy conservador da extensão espacial potencial máxima da combustão de turfa**.

A recorrência do fogo pode influenciar a ocorrência, a profundidade e a severidade da combustão do solo orgânico. Tais efeitos, no entanto, seriam mais adequadamente representados por meio de parâmetros de combustão específicos, sustentados por informações empíricas ou espacialmente explícitas, no âmbito de uma abordagem de nível (tier) superior.

Assim:

Os Dados de Atividade de fogo baseados no FRI são utilizados na contabilização da degradação da biomassa no Cerrado, enquanto os Dados de Atividade de COS do fogo em turfa sobre Organossolos são derivados independentemente da exclusão do FRI, por meio da ramificação paralela de processamento com fogo total.

A.5 Fluxo de trabalho metodológico

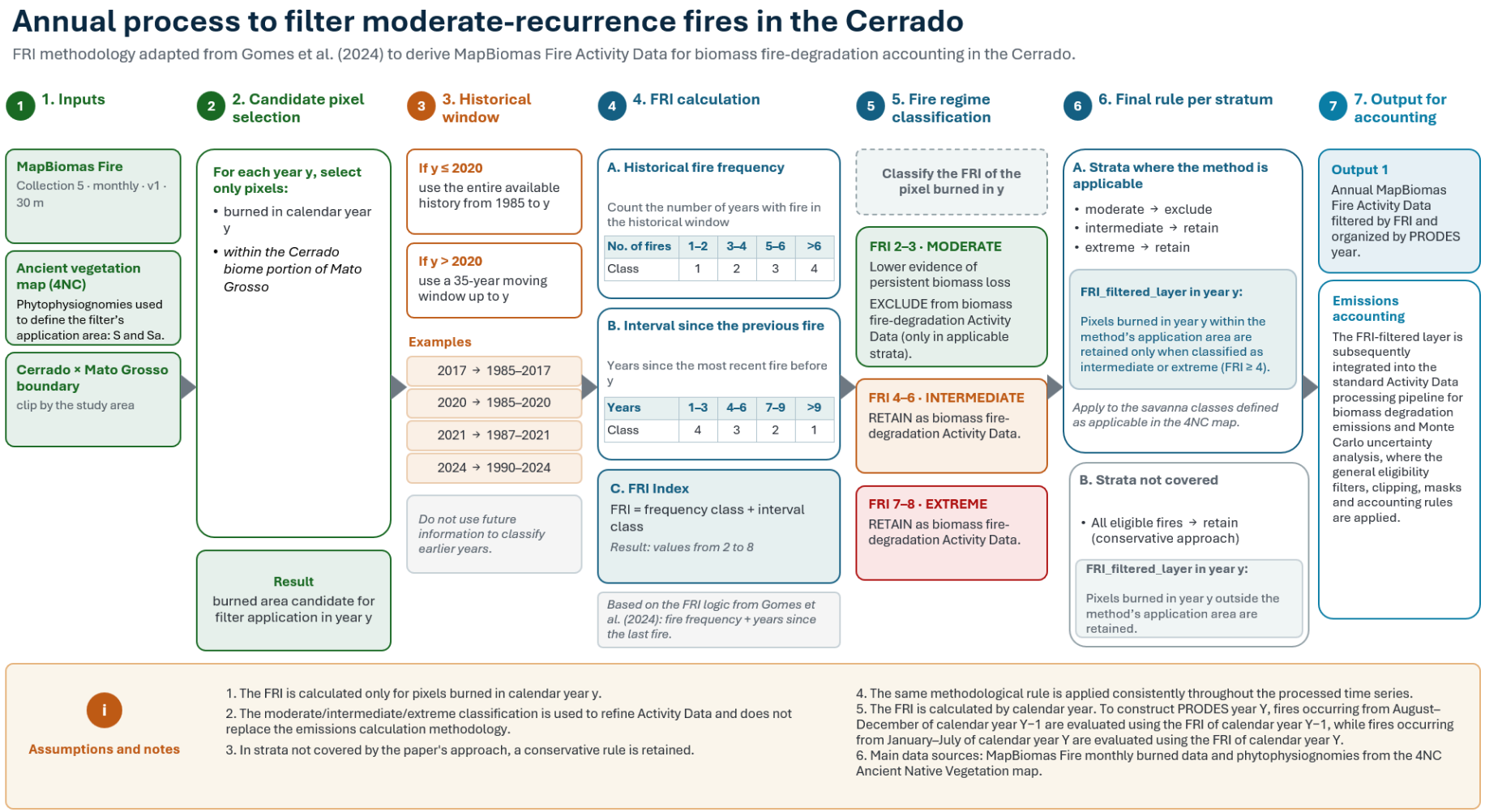


Figura A-1. Fluxo de trabalho metodológico para a aplicação do filtro FRI aos Dados de Atividade do MapBiomas Fogo em Mato Grosso.

A.6 Diferenças entre Gomes et al. (2024) e a implementação operacional de Mato Grosso

As principais diferenças entre Gomes et al. (2024) e a implementação operacional de Mato Grosso estão resumidas na Tabela A-1.

Tabela A-1. Diferenças entre Gomes et al. (2024) e a implementação operacional de Mato Grosso.

Tema	Gomes et al. (2024)	Implementação operacional de Mato Grosso	Justificativa técnica / implicação
Período histórico	Série histórica de fogo de 1985–2020 utilizada no estudo.	Para Y ≤ 2020: período histórico 1985–Y. Para Y > 2020: janela móvel de 35 anos.	Mantém uma base histórica longa e comparável para a classificação da recorrência, permitindo que o método seja aplicado além do período 1985–2020 abrangido pelo estudo de referência.
Universo de aplicação do FRI	O FRI caracteriza os regimes de fogo na paisagem savânica ao longo da série histórica. Um pixel pode, portanto, ser classificado em um regime moderado mesmo quando não queimou no ano específico de interesse.	O FRI é utilizado como filtro anual dos Dados de Atividade. A regra é avaliada somente para os pixels que queimaram no ano em processamento; seu histórico de fogo é utilizado para classificar a recorrência como moderada, intermediária ou extrema.	Restringe o FRI à sua função de filtro dos Dados de Atividade, garantindo que somente os eventos de fogo ocorridos no ano contabilizado possam afetar as estimativas anuais de degradação.
Fonte de dados de fogo	MapBiomas Fogo, série anual, 30 m.	MapBiomas Fogo Coleção 5 – monthly burned v1, reorganizado por ano PRODES.	Os dados mensais do MapBiomas Fogo permitem que os eventos de fogo sejam atribuídos ao seu mês civil efetivo antes da reorganização em anos PRODES, garantindo a compatibilidade com a estrutura temporal do sistema de MRV.
Máscara de vegetação	Formações savânicas nativas estáveis identificadas por meio do MapBiomas Uso e Cobertura da Terra.	Fitofisionomias da Vegetação Pretérita utilizadas na 4NC, com a exclusão do FRI aplicada a S e Sa.	O mapa de Vegetação Pretérita da 4NC é utilizado para manter a consistência com o marco de elegibilidade florestal e de estoques de carbono adotado no sistema de MRV de Mato Grosso.
Domínio ecológico	Formações savânicas; formações campestres e florestais excluídas do domínio do estudo.	FRI aplicado somente às classes savânicas compatíveis da 4NC. Os incêndios elegíveis em outras fitofisionomias são mantidos de forma conservadora.	A aplicação restringe-se a S e Sa para evitar extrapolar a exclusão baseada no FRI para formações vegetais fora do domínio ecológico representado mais diretamente em Gomes et al. (2024).
Quantificação	Calcula as emissões/remoções líquidas considerando combustão, mortalidade e rebrota.	As taxas de mudança da biomassa do artigo não são utilizadas. O FRI é utilizado somente para refinar os Dados de Atividade; as emissões continuam a seguir a metodologia de contabilização do MRV de Mato Grosso.	O FRI é utilizado somente para refinar os Dados de Atividade e não substitui o marco de fatores de emissão adotado para a contabilização ART/TREES.
Produto	Balanço líquido de CO_2 para a vegetação savânica do Cerrado.	Dados de Atividade anuais de degradação por fogo utilizados na	A adaptação converte a aplicação do FRI orientada à pesquisa em Dados de Atividade anuais de degradação

Tema	Gomes et al. (2024)	Implementação operacional de Mato Grosso	Justificativa técnica / implicação
		contabilização das emissões de biomassa ART/TREES.	adequados à contabilização jurisdicional de emissões ART/TREES.

Nota operacional: Gomes et al. (2024) quantificam os efeitos líquidos de CO_2 considerando combustão, mortalidade e rebrota. Na implementação de Mato Grosso, o FRI é utilizado somente para refinar a classificação dos Dados de Atividade de fogo. As emissões dos eventos mantidos continuam a ser calculadas utilizando os fatores e os procedimentos definidos no Anexo Metodológico Técnico.

A.7 Insumos necessários e QA/QC

Os insumos necessários e as verificações de QA/QC correspondentes estão listados na Tabela A-2.

Tabela A-2. Insumos necessários e QA/QC.

Insumo	Formato recomendado	Função	QA/QC
MapBiomas Fogo Coleção 5 – monthly burned v1	Raster categórico mensal, 30 m; 0 = não queimado, 1–12 = mês da queima	Identificar os pixels queimados, construir a frequência histórica de fogo e reorganizar as detecções de fogo por ano PRODES	Confirmar os anos disponíveis, a grade, a resolução, o SRC, os valores válidos e o tratamento de NoData
Mapa de Vegetação Pretérita utilizado na 4NC	Raster ou vetor contendo os códigos das fitofisionomias	Definir as fitofisionomias savânicas em que o FRI é aplicável	Confirmar os códigos das classes e a consistência com a tabela de fitofisionomias do projeto
Máscara de elegibilidade do MRV	Raster binário ou vetor rasterizado	Restringir o processamento ao domínio de degradação elegível	Confirmar a consistência com as regras de elegibilidade utilizadas no fluxo de processamento do MRV
Máscara de exclusão do PRODES	Camadas raster anuais/estáticas alinhadas à grade de fogo	Excluir as áreas não elegíveis do domínio do PRODES e manter a compatibilidade com a contabilização do desmatamento	Confirmar o alinhamento espacial, a recodificação das classes e a compatibilidade em nível de pixel
Limites de Mato Grosso e do Cerrado/Pantanal	Camada de limites vetorial/rasterizada	Definir a extensão espacial do processamento	Confirmar os limites oficiais e as interseções Estado × bioma
MapBiomas Uso e Cobertura da Terra	Dados de referência utilizados em Gomes et al. (2024)	Fornecer contexto para o domínio ecológico do estudo de referência	Não utilizado como máscara principal de aplicabilidade da vegetação na implementação de Mato Grosso; a implementação adotada utiliza o marco de fitofisionomias da 4NC

A.8 Fitofisionomias da 4NC e máscara de aplicabilidade do FRI

A exclusão do FRI restringe-se às fitofisionomias savânicas do mapa de Vegetação Pretérita que correspondem mais diretamente ao domínio ecológico avaliado por Gomes et al. (2024). A implementação adotada aplica o filtro FRI às classes S e Sa (Tabela A-3).

Tabela A-3. Fitofisionomias da 4NC e máscara de aplicabilidade do FRI.

Código 4NC	Fitofisionomia 4NC	Grupo	Regra aplicada	Justificativa / nota
Aa	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial	Floresta ombrófila	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal fora do domínio do estudo
Ab	Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas	Floresta ombrófila	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal fora do domínio do estudo
As	Floresta Ombrófila Aberta Submontana	Floresta ombrófila	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal fora do domínio do estudo
Ca	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	Floresta estacional	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal; florestas secas excluídas do domínio do estudo
Cb	Floresta Estacional Decidual das Terras Baixas	Floresta estacional	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal; florestas secas excluídas do domínio do estudo
Cm	Floresta Estacional Decidual Montana	Floresta estacional	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Cs	Floresta Estacional Decidual Submontana	Floresta estacional	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Da	Floresta Ombrófila Densa Aluvial	Floresta ombrófila	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Db	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	Floresta ombrófila	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Ds	Floresta Ombrófila Densa Submontana	Floresta ombrófila	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Fa	Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	Floresta estacional	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Fb	Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas	Floresta estacional	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Fm	Floresta Estacional Semidecidual Montana	Floresta estacional	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Fs	Floresta Estacional Semidecidual Submontana	Floresta estacional	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Ma	Floresta Ombrófila Mista Aluvial	Floresta mista	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
Ml	Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana	Floresta mista	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal

Código 4NC	Fitofisionomia 4NC	Grupo	Regra aplicada	Justificativa / nota
Mm	Floresta Ombrófila Mista Montana	Floresta mista	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação florestal
ON	Contato Floresta Ombrófila / Floresta Estacional	Contato florestal	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Contato entre formações florestais
P	Formação Pioneira	Pioneira	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Não corresponde diretamente às formações savânicas avaliadas no artigo
Pf	Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre	Pioneira	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Fora do domínio direto do estudo
Pm	Formação Pioneira com influência marinha (restinga)	Pioneira	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Fora do domínio direto do estudo
S	**Savana**	**Savana**	**Aplicar o FRI; excluir a recorrência moderada**	**Classe savânica com correspondência direta com o domínio do estudo**
Sa	**Savana Arborizada**	**Savana**	**Aplicar o FRI; excluir a recorrência moderada**	**Classe savânica com forte correspondência com o domínio do estudo**
Sd	Savana Florestada	Savana / floresta	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Formação densa/florestada
SM	Contato Savana / Floresta Ombrófila Mista	Contato savana–floresta	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Classe mista/de contato; sem aplicação sem desagregação espacial adicional
SN	Contato Savana / Floresta Estacional	Contato savana–floresta	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Classe mista/de contato
SO	Contato Savana / Floresta Ombrófila	Contato savana–floresta	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Classe mista/de contato
ST	Contato Savana / Savana-Estépica	Contato savana–estepe	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Fora do domínio ecológico direto do estudo
STN	Contato Savana / Savana-Estépica / Floresta Estacional	Contato complexo	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Contato complexo; tratamento conservador
T	Savana-Estépica	Savana-estépica	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Não corresponde às formações savânicas do Cerrado avaliadas no artigo
Ta	Savana-Estépica Arborizada	Savana-estépica	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Fora do domínio direto do estudo
Td	Savana-Estépica Florestada	Savana-estépica	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Fora do domínio direto do estudo
TN	Contato Savana-Estépica / Floresta Estacional	Contato estepe–floresta	Não aplicar o FRI; manter o fogo processado	Contato complexo/florestal; tratamento conservador

Linhas destacadas: o FRI é aplicado somente a S e Sa.

A.9 Fluxo de trabalho operacional passo a passo

Tabela A-4. Fluxo de trabalho operacional passo a passo.

Etapa	Descrição
1. Harmonizar os insumos	Garantir que todos os insumos raster e vetoriais rasterizados tenham SRC, resolução, extensão espacial, origem de pixel e tratamento de NoData compatíveis.
2. Preparar os dados mensais do MapBiomas Fogo	Ler os rasters mensais burned-v1, preservando 0 como não queimado e os valores 1–12 como o mês da queima.
3. Preparar a camada de fitofisionomias da 4NC	Alinhar/rasterizar as fitofisionomias da Vegetação Pretérita à grade comum de processamento, preservando os códigos das classes.
4. Criar a máscara de aplicabilidade do FRI	Definir a aplicabilidade como classe 4NC $\in$ {S, Sa}.
5. Construir os Dados de Atividade de fogo por ano PRODES	Ano PRODES Y = agosto–dezembro de Y−1 + janeiro–julho de Y.
6. Calcular a frequência histórica de fogo	Contar o número de anos com fogo na janela histórica aplicável, incluindo o ano avaliado.
7. Calcular o intervalo desde o fogo anterior	Identificar o fogo mais recente antes do ano avaliado; quando não houver fogo anterior, atribuir a classe de intervalo mais longo.
8. Calcular o FRI e a classe de recorrência	Combinar as classes de frequência e de intervalo do fogo e classificar o regime de recorrência como moderado, intermediário ou extremo.
9. Aplicar a regra do FRI	Em S e Sa, excluir a recorrência moderada e manter a recorrência intermediária/extrema. Fora da máscara de aplicabilidade, manter todos os incêndios processados que sejam elegíveis por outros critérios.
10. Aplicar o processamento subsequente padrão do MRV	Prosseguir com a máscara de exclusão do PRODES, a elegibilidade florestal, a integração dos Dados de Atividade, o recorte, o recálculo das áreas e a preparação dos insumos de emissões.
11. Manter a ramificação paralela de fogo total para o COS	Executar o mesmo fluxo de trabalho espacial e temporal sem a exclusão do FRI e manter os Dados de Atividade de fogo resultantes exclusivamente para a interseção com os Organossolos e a contabilização do COS do fogo em turfa.

A.10 Referências

Gomes, L. et al. (2024). *Impacts of Fire Frequency on Net CO_2 Emissions in the Cerrado Savanna Vegetation.* Fire, 7(8), 280.

MapBiomas. *MapBiomas Fogo Coleção 5 – monthly burned v1.* Documentação metodológica e conjuntos de dados de área queimada.