



# Programa de Certificação de Créditos de Carbono da ECORA

Documento: MOEC003 – Módulo de Quantificação de Emissões de Gases de Efeito Estufa e Redução de Estoques de Carbono

Etapa de Consulta Pública

Maio de 2026

## Sumário

|   |    |
|---|----|
| 1. Acrônimos e Definições-----  | 6  |
| 2. Introdução -----   | 9  |
| 3. Aplicabilidade-----  | 10 |
| 4. Queima da Biomassa-----  | 11 |
| 4.1 Gases Contabilizados-----   | 11 |
| 4.2 Quantificação das Emissões Geradas pela Queima de Biomassa-----   | 11 |
| 5. Emissões de N <sub>2</sub> O Provenientes de Fertilizantes Nitrogenados e Calagem-----                                 | 14 |
| 5.1 Nitrogênio Aplicado-----  | 14 |
| 5.1.1 Emissões totais de N <sub>2</sub> O provenientes do uso de fertilizantes nitrogenados-----                          | 14 |
| 5.1.2 Emissões diretas de N <sub>2</sub> O provenientes do uso de fertilizantes nitrogenados-----                         | 15 |
| 5.1.3 Emissões indiretas de N <sub>2</sub> O provenientes do uso de fertilizantes nitrogenados-----                       | 16 |
| 5.2 Calagem-----  | 18 |
| 6. Combustível Fóssil de Maquinário-----  | 21 |
| 6.1 Identificação das Fontes de Emissão-----  | 21 |
| 6.2 Cálculo Total das Emissões por Consumo de Combustível-----  | 21 |
| 6.3 Estimativa do Consumo de Combustível na Ausência de Medições Diretas-----   | 23 |
| 7. Manejo Florestal Sustentável-----  | 25 |
| 7.1 Descrição das Atividades de Redução ou Perda dos Estoques de Carbono-----   | 25 |
| 7.2 Atividades Associadas à Redução dos Estoques de Carbono-----  | 25 |
| 7.2.1 Redução dos estoques de carbono decorrente da abertura de clareiras de exploração-----                              | 25 |
| 7.2.2 Redução dos estoques de carbono decorrente da implantação e operação da infraestrutura de exploração florestal----- | 27 |
| 8. Referências-----   | 30 |

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Fluxograma das equações para quantificação das emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de biomassa.....   | 11 |
| Figura 2. Fluxograma das equações para quantificação das emissões de N <sub>2</sub> O provenientes da aplicação de fertilizantes nitrogenados.....                          | 14 |
| Figura 3. Fluxograma das equações para quantificação das emissões de gases de efeito estufa provenientes do uso de calagem.....   | 19 |
| Figura 4. Fluxograma das equações para quantificação das emissões de gases de efeito estufa provenientes do consumo de combustível fóssil.....                              | 22 |
| Figura 5. Fluxograma das equações para quantificação da redução dos estoques de carbono decorrentes da abertura de clareiras de exploração.....                             | 26 |
| Figura 6. Fluxograma das equações para quantificação da redução dos estoques de carbono decorrente da implantação e operação da infraestrutura de exploração florestal..... | 28 |

## 1. Acrônimos e Definições

| Termo   | Definição   |
|---|---|
| Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU) | Do inglês, <i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i> , é o setor definido pelo IPCC que reúne atividades de Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo utilizadas na contabilização de redução de emissões ou remoções de GEE.  |
| Biomassa Lenhosa Acima do Solo                        | Compreende toda a biomassa viva advinda da vegetação acima do solo que apresenta a estrutura de caule lignificada, que, para esta metodologia inclui árvores e arbustos. Bambus e palmeiras também serão considerados, desde que apresentem seu próprio método de estimativa de biomassa.   |
| Clareiras de Exploração                               | Áreas de abertura temporária do dossel florestal resultantes da derrubada, processamento e movimentação de árvores durante as operações de exploração florestal no âmbito de um Plano de Manejo Florestal Sustentável.  |
| Combustível Fóssil                                    | É um recurso energético de origem geológica, formado a partir da decomposição e transformação de matéria orgânica ao longo de milhões de anos, composto predominantemente por carbono e hidrogênio, cuja combustão libera energia e resulta na emissão de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) e outros gases de efeito estufa para a atmosfera.   |
| Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )                 | É um gás de efeito estufa naturalmente presente na atmosfera, composto por um átomo de carbono e dois átomos de oxigênio, que absorve e reemite radiação infravermelha, influenciando o balanço radiativo da Terra. É emitido por processos naturais e por atividades antrópicas, como a combustão de combustíveis fósseis, as mudanças no uso da terra e os processos industriais.   |
| Gases de Efeito Estufa (GEE)                          | Gases de efeito estufa conforme definição da ISO 140641:2018: “componente gasoso da atmosfera natural ou antropogênico, que absorve e emite radiação em comprimentos de onda específicos dentro do espectro da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, pela atmosfera e pelas nuvens.”<br><br>São considerados GEE: dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), metano (CH <sub>4</sub> ), óxido nitroso (N <sub>2</sub> O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF <sub>6</sub> ) e trifluoreto de nitrogênio (NF <sub>3</sub> ). |
| Madeira Morta   | Corresponde ao estoque de carbono contido em componentes lenhosos mortos, localizados acima do solo, incluindo árvores mortas em pé, troncos, galhos e  |

| Termo                                 | Definição  |
|---------------------------------------|--|
|                                       | fragmentos de madeira caída com diâmetro igual ou superior ao limite definido metodologicamente.   |
| Manejo Florestal Sustentável          | Manejo florestal sustentável conforme a definição do Código Florestal Brasileiro Art. 3º, inciso VII:<br><br><i>“administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços.”</i> |
| Metano (CH <sub>4</sub> )             | É um gás de efeito estufa naturalmente presente na atmosfera, composto por um átomo de carbono e quatro átomos de hidrogênio, que absorve e reemite radiação infravermelha, influenciando o balanço radiativo da Terra. É emitido por processos naturais e por atividades antrópicas, como a decomposição anaeróbia de matéria orgânica, a fermentação entérica de ruminantes, o manejo de resíduos, a produção e o transporte de combustíveis fósseis.  |
| Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)      | É um gás de efeito estufa naturalmente presente na atmosfera, composto por dois átomos de nitrogênio e um átomo de oxigênio, que absorve e reemite radiação infravermelha, influenciando o balanço radiativo da Terra. É emitido por processos naturais e por atividades antrópicas, especialmente aquelas associadas ao uso de fertilizantes nitrogenados, ao manejo de solos agrícolas, à queima de biomassa e a processos industriais.  |
| Pátios de Estocagem                   | Áreas abertas e geralmente niveladas, implantadas de forma temporária no interior ou na periferia da área sob manejo florestal, destinadas à concentração, organização, medição e estocagem temporária de produtos florestais, especialmente toras, antes do transporte, conforme diretrizes técnicas do IBAMA, do Serviço Florestal Brasileiro e dos órgãos ambientais competentes.   |
| Poder Calorífico Líquido (PCL)        | Poder calorífico líquido conforme a definição da Resolução da ANP nº 40/2013 (e resoluções posteriores que a substituem ou complementam) “é a quantidade de energia liberada pela combustão completa de um combustível, desconsiderando a energia associada à condensação do vapor d’água formado durante a combustão, expressa por unidade de massa ou volume, e utilizada para estimar o conteúdo energético efetivamente disponível para geração de energia.”   |
| Potencial de Aquecimento Global (GWP) | Do inglês, <i>Global Warming Potential</i> , conforme definição da ISO 14064-1:2018: Índice, baseado nas propriedades radiativas dos Gases de Efeito Estufa (GEE), que mede o forçamento radiativo resultante de uma emissão instantânea de uma unidade de massa de um determinado   |

| <b>Termo</b>                | <b>Definição</b>  |
|-----------------------------|---|
|                             | GEE na atmosfera atual, integrado ao longo de um horizonte de tempo escolhido, em relação ao dióxido de carbono.  |
| Produtos Madeireiros        | Corresponde ao estoque de carbono retido em produtos derivados da biomassa lenhosa extraída, incluindo madeira serrada, compensados, painéis, papel e outros produtos de base florestal com diferentes tempos de vida útil, representando o carbono transferido da biomassa florestal para produtos armazenados fora do ecossistema.  |
| Serrapilheira               | Corresponde ao estoque de carbono presente na camada de material orgânico recém-depositado sobre o solo, composta por folhas, galhos finos, frutos, flores e outros detritos vegetais em diferentes estágios iniciais de decomposição. Esse reservatório representa a fração transitória do carbono do ecossistema, situada acima da superfície do solo e abaixo da vegetação viva. |
| Trilhas de Extração         | Faixas lineares temporárias abertas no interior da área sob manejo florestal, destinadas ao deslocamento e arraste de toras desde o local de derrubada até pátios de estocagem ou vias principais, implantadas no âmbito de um Plano de Manejo Florestal Sustentável, conforma diretrizes técnicas do IBAMA, do Serviço Florestal Brasileiro e dos órgãos ambientais competentes.   |
| Volatilização de Nitrogênio | É um processo pelo qual o nitrogênio aplicado ao solo, principalmente na forma de amônia (NH <sub>3</sub> ) ou compostos amoniacais, é convertido em forma gasosa e liberado para a atmosfera, influenciando a disponibilidade de nitrogênio no solo e contribuindo indiretamente para emissões de gases de efeito estufa, como o N <sub>2</sub> O.                                 |

## 2. Introdução

Este módulo estabelece diretrizes para a quantificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e reduções de estoques de carbono em projetos de Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU), abrangendo as emissões decorrentes da queima de biomassa, as emissões de N<sub>2</sub>O associadas à aplicação de fertilizantes nitrogenados e à calagem, emissões provenientes do consumo de combustíveis fósseis por maquinário, bem como as reduções dos estoques de carbono provenientes das atividades de manejo florestal sustentável.

Este documento é composto por sete Seções, à saber: (1) *Acrônimos e Definições*, que apresenta os termos técnicos, conceitos e siglas utilizados ao longo do documento; (2) *Introdução*, que apresenta a contextualização do Módulo de Quantificação de Emissões de Gases de Efeito Estufa e Redução de Estoques de Carbono para Projetos AFOLU e seus objetivos; (3) *Aplicabilidade*, que define o escopo de utilização da ferramenta, os responsáveis por sua aplicação e os momentos em que a avaliação deve ser realizada; (4) *Queima da Biomassa*, que descreve os gases de efeito estufa considerados e apresenta os procedimentos para a quantificação das emissões geradas pela queima da biomassa, incluindo abordagens para estimativa e contabilização das emissões associadas; (5) *Emissões de N<sub>2</sub>O Provenientes de Fertilizantes Nitrogenados e Calagem*, que descreve os parâmetros e procedimentos para a quantificação das emissões de N<sub>2</sub>O associadas ao uso de fertilizantes nitrogenados e à calagem, incluindo a determinação do nitrogênio aplicado, a estimativa das emissões totais, bem como a contabilização das emissões diretas e indiretas decorrentes dessas práticas; (6) *Combustível Fóssil e Maquinário*, que aborda a identificação das fontes de emissão associadas ao uso de combustíveis fósseis em maquinário, o cálculo das emissões totais decorrentes do consumo de combustível e os procedimentos para estimativa do consumo na ausência de medições diretas e (7) *Manejo Florestal Sustentável*, que descreve as atividades relacionadas ao manejo florestal sustentável que podem resultar na redução ou perda dos estoques de carbono, incluindo a caracterização dessas atividades e a quantificação das reduções associadas à abertura de clareiras de exploração e à implantação e operação da infraestrutura de exploração florestal.

### 3. Aplicabilidade

O módulo de mensuração de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e redução de estoques de carbono é aplicável a projetos do setor AFOLU, com o objetivo de contribuir para as estimativas consistentes, transparentes e alinhadas às diretrizes metodológicas reconhecidas. Adicionalmente, podem ser utilizados índices, parâmetros ou fatores de emissão provenientes de fontes regionais ou específicas, desde que acompanhados de justificativa técnica e evidências que demonstrem sua compatibilidade com fontes oficiais e dados nacionais de referência. A adoção desses dados e métodos estará sujeita à análise e aprovação do Programa de Certificação de Créditos de Carbono ECORA e dos Organismos de Validação e Verificação (OVV), de forma a contribuir para a conformidade com os requisitos metodológicos aplicáveis.

Os cálculos previstos neste módulo serão progressivamente integrados à plataforma digital de desenvolvimento de projetos da ECORA. Na plataforma, as estimativas de emissões serão geradas automaticamente a partir da inserção *on-line* dos dados e parâmetros requeridos do Desenvolvedor de Projeto. A memória de cálculo utilizada pela plataforma digital manterá pública as especificações utilizadas nos cálculos de forma auditável e com controle de mudanças entre versão do módulo. Na atualização das versões da memória de cálculos, serão especificadas de forma transparente e auditável as alterações realizadas entre versões. Adicionalmente, serão disponibilizadas orientações sobre os procedimentos aplicáveis aos projetos em função das modificações implementadas.

O Desenvolvedor de Projeto deve realizar a soma cumulativa das contribuições das emissões de GEE e reduções de estoques de carbono abordadas nos tópicos deste módulo, iniciando pelos maiores valores, até atingir, no mínimo, 95% do total das emissões líquidas de GEE do projeto. Os elementos não incluídos na soma cumulativa poderão ser considerados imateriais quando sua contribuição agregada for inferior a 5%<sup>1</sup> das emissões de GEE totais da atividade de projeto, desde que tal exclusão não comprometa a representatividade, a completude e a acurácia das emissões de GEE no Cenário de Projeto. Nesses casos, a justificativa para classificação das emissões como imateriais deverá ser documentada e apresentada ao OVV durante os processos de Validação e/ou Verificação. Caso existam fontes de emissão de GEE combinadas cuja contribuição agregada ultrapasse 5% das emissões totais, estas deverão ser incluídas como emissões líquidas de GEE no Cenário de Projeto.

---

<sup>1</sup> De acordo com a ferramenta do CDM (EB 31, *Tool for testing significance of GHG emissions in AVR CDM project activities*, Versão 01), são consideradas insignificantes e podem ser negligenciadas as emissões cuja soma seja inferior a 5% do total de decréscimos nos reservatórios de carbono e aumentos de emissões, ou inferior a 5% das remoções antropogênicas líquidas por sumidouros, o que for menor. Este procedimento, fundamentado na análise de categorias principais do IPCC, utiliza um limiar acumulado de 95% para identificar as fontes significativas, definindo as fontes externas a este somatório como insignificantes, desde que cumpram o critério de participação inferior a 5% no resultado total. Portanto, foi adotado o critério de 5% como limiar de imaterialidade para a exclusão de fontes de emissão deste projeto.

## 4. Queima da Biomassa

### 4.1 Gases Contabilizados

Para fins de estimativa das emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à queima de biomassa, o Desenvolvedor de Projeto deve contabilizar as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), por serem os gases de efeito estufa gerados pela combustão de biomassa no contexto do setor AFOLU.

As emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) não devem ser contabilizadas no cálculo de emissões por queima da biomassa. Isso ocorre porque o CO<sub>2</sub> liberado nesse processo já é contabilizado pela mudança nos estoques de carbono (biomassa viva, matéria orgânica morta e solos), refletindo o balanço líquido de CO<sub>2</sub>e do sistema. Excepcionalmente, a emissão do gás CO<sub>2</sub> poderá ser contabilizado no cálculo de emissões como queima de biomassa apenas quando houver exigência explícita da metodologia aplicada, devendo, nesses casos, ser demonstrado que não há sobreposição com a contabilização das variações de estoque de carbono. A seleção dos gases contabilizados deve estar em conformidade com as Diretrizes do *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* do IPCC (2006 e refinamentos 2019), doravante IPCC.

O conjunto de gases considerados como emissões pela queima de biomassa deve ser aplicado ao longo do período de crédito do projeto. Não é permitida a inclusão, exclusão ou alteração seletiva de GEEs contabilizados entre períodos de monitoramento, salvo se explicitamente exigido por atualização normativa ou por revisão da metodologia aplicada.

### 4.2 Quantificação das Emissões Geradas pela Queima de Biomassa

A estrutura de variáveis utilizadas para quantificação das emissões de GEE decorrentes da queima de biomassa é apresentada na Figura 1, de forma sequencial. As emissões geradas pela queima de biomassa são quantificadas e reportadas em unidades de tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e).

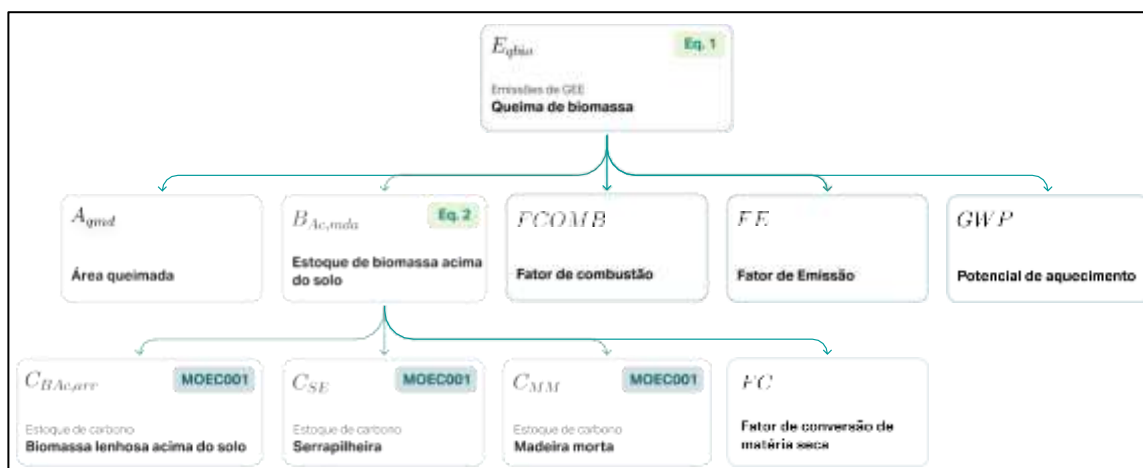


Figura 1. Fluxograma das equações para quantificação das emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de biomassa.

A estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de biomassa deve ser determinada conforme a Equação 1:

$$E_{qbio,e,t} = \sum_{gg=1}^G (((A_{qmd,e,t} * B_{Ac,mda,e,t} * FCOMB_e * FE_{gg,e}) * 10^{-3}) * GWP_{gg}) \quad (1)$$

Onde:

$E_{qbio,e,t}$  = Emissões de gases de GEE devido à queima da biomassa no estrato “e” no ano “t” de cada GEE (CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) (tCO<sub>2</sub>e);

$A_{qmd,e,t}$  = Área queimada no estrato “e” no ano “t” (ha);

$B_{Ac,mda,e,t}$  = Biomassa lenhosa média acima do solo antes da queima no estrato “e” no ano “t” [t de matéria seca (ha)<sup>-1</sup>];

$FCOMB_e$  = Fator de combustão para o estrato “e”;

$FE_{gg,e}$  = Fator de emissão para o gás “g” no estrato “e” [kg (t de matéria seca queimada)<sup>-1</sup>];

$GWP_{gg}$  = Potencial de aquecimento global para o gás “g” [tCO<sub>2</sub>e (t gás g)<sup>-1</sup>];

10<sup>-3</sup> = Utilizado para converter unidades de massa de gás de Kg para tonelada;

g = Gases de efeito estufa;

e = estrato 1, 2, 3.... n;

t = Tempo em anos decorridos desde a Data de Início de Projeto.

Para os valores do fator de combustão para o estrato “e” ( $FCOMB_e$ ) e do fator de emissão para o gás g no estrato “e” ( $FE_{gg,e}$ ), devem ser utilizados os valores da Tabela 2.5 do IPCC (2006, Volume 4, Capítulo 2). Esses valores devem ser atualizados à medida que novas diretrizes ou refinamentos forem publicados pelo IPCC.

A quantidade média de biomassa acima do solo antes da queima para um determinado estrato é estimada seguindo a Equação 2:

$$B_{Ac,mda,e,t} = (C_{BAC,avr,e,t} + C_{MM,e,t} + C_{SE,e,t}) * \frac{12}{44} * \left(\frac{1}{FC}\right) \quad (2)$$

Onde:

$B_{Ac,mda,e,t}$  = Biomassa média acima do solo antes da queima no estrato “e” no ano “t” [t de matéria seca (ha)<sup>-1</sup>];

$C_{BAC,avr,e,t}$  = Estoque de carbono armazenado em biomassa lenhosa acima do solo em árvores no estrato “e” no ano “t” (tCO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup>);

$C_{MM,e,t}$  = Estoque de carbono armazenado na madeira morta no estrato “e” no ano “t” (tCO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup>);

$C_{SE,e,t}$  = Estoque de carbono armazenado na serrapilheira no estrato “e” no ano “t” (tCO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup>);

$\frac{12}{44}$  = Razão inversa entre o peso molecular do CO<sub>2</sub> e o do carbono [tCO<sub>2</sub>e (t C)<sup>-1</sup>];

$\frac{1}{FC}$  = Razão inversa entre o fator de conversão de matéria seca em carbono [t C (t de matéria seca)<sup>-1</sup>];

e = estrato 1, 2, 3.... n;

t = Tempo em anos decorridos desde a Data de Início de Projeto.

O Desenvolvedor de Projetos deve utilizar os valores padrão do IPCC para o fator de conversão de matéria seca em carbono (FC), verificados na Tabela 4.3 do IPCC (2006, Volume 4, Capítulo 4). Esses valores devem ser atualizados à medida que novas diretrizes ou refinamentos forem publicados pelo IPCC.

Os valores do estoque de carbono armazenado em biomassa lenhosa acima do solo em árvores no estrato “e” ( $C_{BAc, arv, e, t}$ ), do estoque de carbono armazenado na madeira morta no estrato “e” ( $C_{MM, e, t}$ ) e do estoque de carbono armazenado na serrapilheira no estrato “e” ( $C_{SE, e, t}$ ), devem ser os mesmos que forem reportados na Verificação do Projeto, obtidos pelo resultado da aplicação do MOEC001: Módulo para Mensuração de Carbono em Vegetação. Se os reservatórios de madeira morta e serrapilheira não forem contabilizados no Cenário de Projeto, estes devem ser excluídos dos cálculos de queima da biomassa.

## 5. Emissões de N<sub>2</sub>O Provenientes de Fertilizantes Nitrogenados e Calagem

### 5.1 Nitrogênio Aplicado

As emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), referentes aos Cenários de Linha de Base e de Projeto, incluindo emissões diretas e indiretas, são quantificadas e reportadas em unidades de tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e).

As emissões estimadas para os Cenários da Linha de Base e do Projeto são expressas em base anual e normalizadas por unidade de área, por hectare (ha).

Para efeitos de contabilização, o ano t<sub>12</sub> corresponde a um período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado associada às culturas implementadas nos limites do projeto.

O cálculo das emissões diretas e indiretas de N<sub>2</sub>O segue a terminologia, os conceitos e as justificativas metodológicas estabelecidos nas Diretrizes do IPCC de 2006 para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, contribuindo para a consistência, transparência e comparabilidade com os inventários nacionais e com os padrões adotados por programas de certificação de créditos de carbono.

#### 5.1.1 Emissões totais de N<sub>2</sub>O provenientes do uso de fertilizantes nitrogenados

A estrutura metodológica para quantificação das emissões de N<sub>2</sub>O provenientes da aplicação de fertilizantes nitrogenados e calagem é apresentada na Figura 2, organizando de forma sequencial as principais variáveis envolvidas no cálculo, incluindo as emissões totais de N<sub>2</sub>O resultantes da aplicação de nitrogênio, as emissões diretas associadas ao uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos e orgânicos, bem como as emissões indiretas de N<sub>2</sub>O, decorrentes da volatilização e das perdas por lixiviação.

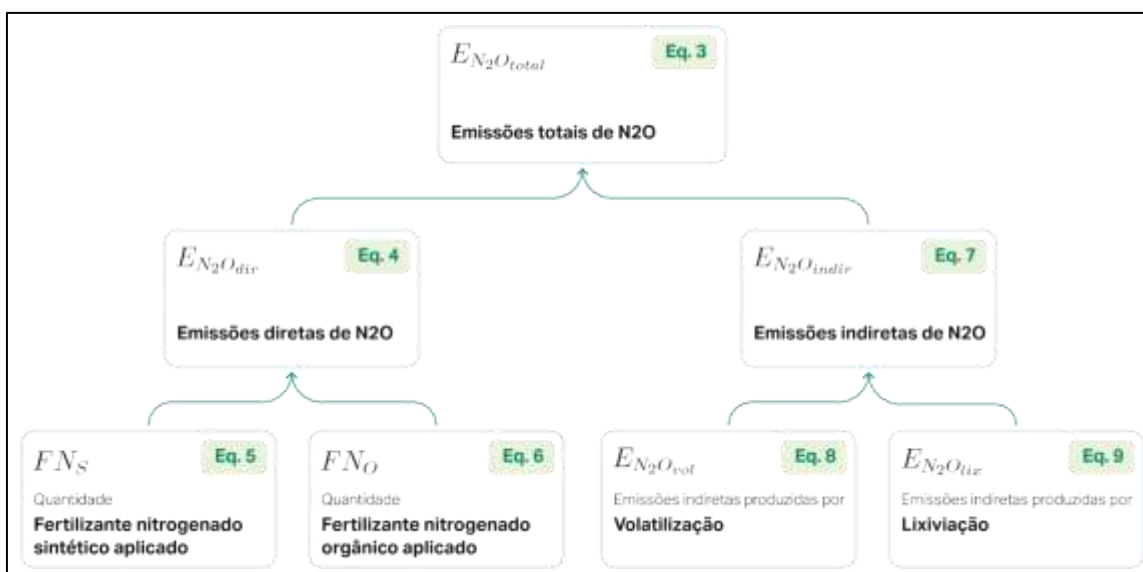


Figura 2. Fluxograma das equações para quantificação das emissões de N<sub>2</sub>O provenientes da aplicação de fertilizantes nitrogenados.

As emissões totais de óxido nitroso provenientes da fertilização nitrogenada deverão ser estimadas utilizando a seguinte Equação 3:

$$E_{N_2O_{total,e,t12}} = E_{N_2O_{didd,e,t12}} + E_{N_2O_{indidd,e,t12}} \quad (3)$$

Onde:

$E_{N_2O_{total,e,t12}}$  = Emissões totais de N<sub>2</sub>O resultante da aplicação de nitrogênio no estrato “e” no ano “t<sub>12</sub>” [tCO<sub>2</sub>e (ha ano)<sup>-1</sup>];

$E_{N_2O_{didd,e,t12}}$  = Emissões diretas de N<sub>2</sub>O provenientes da Área do Projeto no estrato “e” no ano “t<sub>12</sub>” [tCO<sub>2</sub>e (ha ano)<sup>-1</sup>];

$E_{N_2O_{indidd,e,t12}}$  = Emissões indiretas de N<sub>2</sub>O provenientes da Área do Projeto no estrato “e” no ano “t<sub>12</sub>” [tCO<sub>2</sub>e (ha ano)<sup>-1</sup>];

e = estrato 1, 2, 3.... n;

t<sub>12</sub> = Período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado.

### 5.1.2 Emissões diretas de N<sub>2</sub>O provenientes do uso de fertilizantes nitrogenados

As emissões diretas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) associadas à aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo devem ser estimadas considerando-se todas as fontes relevantes de nitrogênio aplicadas nos limites do projeto. Para fins de cálculo, devem ser incluídos tanto os fertilizantes sintéticos quanto os fertilizantes orgânicos, quando aplicável nas áreas do projeto. A quantificação das emissões deve seguir os procedimentos, fatores de emissão e pressupostos metodológicos estabelecidos nas Diretrizes do IPCC, assegurando consistência metodológica entre os Cenários de Linha de Base e de Projeto.

Para o cálculo das emissões diretas deve-se utilizar a Equação 4:

$$E_{N_2O_{didd,e,t12}} = (FN_{S,t12} + FN_{OO,t12}) * FE_{ED} * \frac{44}{28} * N_{2O}_{GWP} \quad (4)$$

Onde:

$E_{N_2O_{didd,e,t12}}$  = Emissões diretas de N<sub>2</sub>O provenientes da Área do Projeto no estrato “e” ano “t<sub>12</sub>” [tCO<sub>2</sub>e (ha ano)<sup>-1</sup>];

$FN_{S,t12}$  = Fertilizante nitrogenado sintético aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t N (ha ano)<sup>-1</sup>];

$FN_{OO,t12}$  = Fertilizante nitrogenado orgânico aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t N (ha ano)<sup>-1</sup>];

$FE_{ED}$  = Fator de emissão para emissões diretas de N<sub>2</sub>O provenientes de entradas de N Mg N<sub>2</sub>O – N (t N entradas)<sup>-1</sup>;

$\frac{44}{28}$  = Razão entre o peso molecular de N<sub>2</sub>O e N [t N<sub>2</sub>O (t N)]<sup>-1</sup>;

$N_{2O}_{GWP}$  = Potencial de aquecimento global para N<sub>2</sub>O [tCO<sub>2</sub>e (t N<sub>2</sub>O)<sup>-1</sup>];

e = estrato 1, 2, 3 .... n;

t<sub>12</sub> = Período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado.

Para os valores do fator de emissão para emissões diretas de N<sub>2</sub>O provenientes de entradas de N Mg N<sub>2</sub>O–N ( $FE_{ED}$ ), o valor a ser adotado deve ser verificado na Tabela 11.1 do IPCC (2006, Volume 4, Capítulo 11), devendo esses valores serem atualizados à medida que novas diretrizes ou refinamentos forem publicados pelo IPCC.

O fertilizante nitrogenado sintético aplicado deve ser calculado utilizando a Equação 5:

$$FN_{S,t12} = MFN_{S,t12} * N_{FS} \quad (5)$$

Onde:

$FN_{S,t12}$  = Fertilizante nitrogenado sintético aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t N(ha ano)<sup>-1</sup>];

$MFN_{S,t12}$  = Massa de fertilizante nitrogenado sintético aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t (ha ano)<sup>-1</sup>];

$N_{FS}$  = Teor de N do fertilizante sintético aplicado [g N (100g de fertilizante)<sup>-1</sup>];

t<sub>12</sub> = Período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado.

O fertilizante nitrogenado orgânico aplicado deve ser calculado utilizando a Equação 6:

$$FN_{OO,t12} = MFN_{OO,t12} * N_{FOO} \quad (6)$$

Onde:

$FN_{OO,t12}$  = Fertilizante nitrogenado orgânico aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t N(ha ano)<sup>-1</sup>];

$MFN_{OO,t12}$  = Massa de fertilizante nitrogenado orgânico aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t (ha ano)<sup>-1</sup>];

$N_{FOO}$  = Teor de N do fertilizante orgânico aplicado [g N (100g de fertilizante)<sup>-1</sup>];

t<sub>12</sub> = Período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado.

### 5.1.3 Emissões indiretas de N<sub>2</sub>O provenientes do uso de fertilizantes nitrogenados

As emissões indiretas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) decorrentes da aplicação de fertilizantes nitrogenados devem ser estimadas considerando-se as perdas de nitrogênio que ocorrem fora do local de aplicação. Para fins de cálculo, devem ser incluídas: (i) as emissões de N<sub>2</sub>O resultantes da volatilização de nitrogênio na forma de amônia (NH<sub>3</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), posteriormente depositados nos solos e corpos d’água; e (ii) as emissões de N<sub>2</sub>O associadas ao nitrogênio perdido por lixiviação e escoamento superficial. A quantificação dessas emissões deve seguir os procedimentos, fatores de emissão e definições metodológicas estabelecidos nas Diretrizes do IPCC, contribuindo para a consistência entre os Cenários de Linha de Base e de Projeto.

As emissões indiretas de N<sub>2</sub>O decorrentes da aplicação de fertilizantes nitrogenados devem ser calculadas por meio da Equação 7:

$$E_{N_2O_{indidd,e,t12}} = E_{N_2O_{vol,t12}} + E_{N_2O_{lix,t12}} \quad (7)$$

Onde:

$E_{N_2O_{indidd,e,t12}}$  = Emissões indiretas de N<sub>2</sub>O provenientes da área do projeto no estrato “e” no ano “t<sub>12</sub>” [tCO<sub>2</sub>e (ha ano)<sup>-1</sup>];

$E_{N_2O_{vol,t12}}$  = Emissões indiretas de N<sub>2</sub>O produzidas pela deposição atmosférica de N volatilizado como resultado da aplicação de N na área do projeto no ano “t<sub>12</sub>” [tCO<sub>2</sub>e (ha ano)<sup>-1</sup>];

$E_{N_2O_{lix,t12}}$  = Emissões indiretas de N<sub>2</sub>O produzidas pela lixiviação e escoamento superficial de N como resultado da aplicação de N na área do projeto no ano “t<sub>12</sub>” [tCO<sub>2</sub>e (ha ano)<sup>-1</sup>];

e = estrato 1, 2, 3.... n;

t<sub>12</sub> = Período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado.

As emissões indiretas de N<sub>2</sub>O produzidas pela deposição atmosférica de N volatilizado deve ser calculado utilizando a Equação 8:

$$E_{N_2O_{vol,t12}} = [(FN_{S,t12} * FracN_S) + (FN_{OO,t12} * FracN_{OO})] * FE_{INV} * \frac{44}{28} * N_2O_{GWP} \quad (8)$$

Onde:

$E_{N_2O_{vol,t12}}$  = Emissões indiretas de N<sub>2</sub>O produzidas pela deposição atmosférica de N volatilizado como resultado da aplicação de N na área do projeto no ano “t<sub>12</sub>” [tCO<sub>2</sub>e (ha ano)<sup>-1</sup>];

$FN_{S,t12}$  = Fertilizante nitrogenado sintético aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t N (ha ano)<sup>-1</sup>];

$FracN_S$  = Fração de N sintético total adicionado ao solo que volatiliza como NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>;

$FN_{OO,t12}$  = Fertilizante nitrogenado orgânico aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t N (ha ano)<sup>-1</sup>];

$FracN_{OO}$  = Fração de N orgânico total adicionado ao solo que volatiliza como NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>;

$FE_{INV}$  = Fator de emissão para emissões indiretas de N<sub>2</sub>O provenientes da deposição atmosférica de N em solos e superfícies de água [t N<sub>2</sub>O – N (t NH<sub>3</sub> – N + NO<sub>x</sub> – N volatilizado)<sup>-1</sup>];

$\frac{44}{28}$  = Razão entre o peso molecular de N<sub>2</sub>O e N [t N<sub>2</sub>O (t N)<sup>-1</sup>];

$N_2O_{GWP}$  = Potencial de aquecimento global para N<sub>2</sub>O [tCO<sub>2</sub>e (t N<sub>2</sub>O)<sup>-1</sup>];

t<sub>12</sub> = Período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado.

As emissões indiretas de N<sub>2</sub>O produzidas pela deposição atmosférica de N lixiviado deve ser calculado utilizando a Equação 9:

$$E_{N_2O_{lix,t12}} = (FN_{S,t12} + FN_{OO,t12}) * FracN_{lix} * FE_{INL} * \frac{44}{28} * N_2O_{GWP} \quad (9)$$

Onde:

$E_{N_2O_{lix,t12}}$  = Emissões indiretas de N<sub>2</sub>O produzidas pela lixiviação e escoamento superficial de N como resultado da aplicação de N na área do projeto no ano “t<sub>12</sub>” [tCO<sub>2</sub>e (ha ano)<sup>-1</sup>];

$FN_{S,t12}$  = Fertilizante nitrogenado sintético aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t N (ha ano)<sup>-1</sup>];

$FN_{OO,t12}$  = Fertilizante nitrogenado orgânico aplicado no ano “t<sub>12</sub>” [t N (ha ano)<sup>-1</sup>];

$FracN_{lix}$  = Fração de N adicionado ao solo (sintético ou orgânico) que é perdido por lixiviação e escoamento superficial;

$FE_{INL}$  = Fator de emissão para emissões indiretas de  $N_2O$  provenientes da lixiviação e escoamento superficial de N ( $t N_2O - N / t N$  lixiviado e escoamento)<sup>-1</sup>;

$\frac{44}{28}$  = Razão entre o peso molecular de  $N_2O$  e N [ $t N_2O (t N)^{-1}$ ];

$N_2O_{GWP}$  = Potencial de aquecimento global para  $N_2O$  [ $tCO_2e (t N_2O)^{-1}$ ];

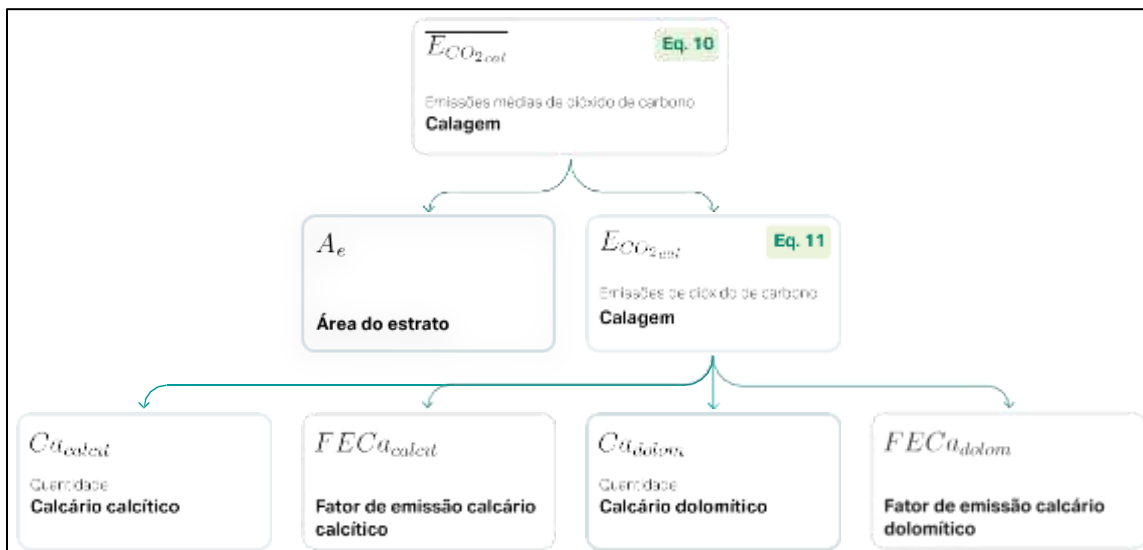
$t_{12}$  = Período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado.

O  $FracN_S$  = Fração de N sintético total adicionado ao solo que volatiliza como  $NH_3$  e  $NO_x$ , o  $FracN_{OO}$  = Fração de N orgânico total adicionado ao solo que volatiliza como  $NH_3$  e  $NO_x$ , o  $FE_{INV}$  = Fator de emissão para emissões indiretas de  $N_2O$  provenientes da deposição atmosférica de N em solos e superfícies de água, o  $FracN_{lixiviado}$  = Fração de N adicionado ao solo (sintético ou orgânico) que é perdido por lixiviação e escoamento superficial e o  $FE_{INL}$  = Fator de emissão para emissões indiretas de  $N_2O$  provenientes da lixiviação e escoamento superficial de N, os valores padrão devem ser verificados na Tabela 11.3 do IPCC (2006, Volume 4, Capítulo 11), devendo esses valores ser atualizados à medida que novas diretrizes ou refinamentos forem publicados pelo IPCC.

## 5.2 Calagem

A aplicação de corretivos de acidez à base de carbonatos, tais como calcário calcítico ( $CaCO_3$ ) ou dolomítico ( $CaMg(CO_3)_2$ ), resulta na liberação de bicarbonato ( $HCO_3$ ), o qual, durante o processo de dissolução no solo, é convertido em dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e água ( $H_2O$ ). Quando a calagem constitui uma prática de manejo melhorado da terra agrícola e as emissões de  $CO_2$  associadas não são consideradas desprezíveis, tais emissões devem ser quantificadas no Cenário de Projeto, de acordo com a abordagem de quantificação aplicável. As emissões geradas pela calagem são quantificadas e reportadas em unidades de tonelada de dióxido de carbono equivalente ( $tCO_2e$ ).

A estrutura de variáveis utilizadas para quantificação das emissões de GEE provenientes da calagem é apresentada na Figura 3.



**Figura 3. Fluxograma das equações para quantificação das emissões de gases de efeito estufa provenientes do uso de calagem.**

Para o cálculo de emissões médias de CO<sub>2</sub> provenientes da calagem deve-se utilizar a Equação 10:

$$\overline{E_{CO_2\text{ cal},e,t12}} = \frac{E_{CO_2\text{ cal},e,t12}}{A_e} \quad (10)$$

Onde:

$\overline{E_{CO_2\text{ cal},e,t12}}$  = Emissões médias de CO<sub>2</sub>e da área provenientes da calagem no estrato “e” no ano “t<sub>12</sub>” (t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>);

$E_{CO_2\text{ cal},e,t12}$  = Emissões de CO<sub>2</sub>e provenientes da calagem no estrato “e” no ano “t<sub>12</sub>” (t CO<sub>2</sub>e);

$A_e$  = Área do estrato (ha);

e = estrato 1, 2, 3 .... n;

t<sub>12</sub> = Período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado.

Para o cálculo das emissões de dióxido de carbono provenientes da calagem deve-se utilizar a Equação 11:

$$E_{CO_2\text{ cal},e,t12} = ((Ca_{calcit,e,t12} * FECa_{calcit}) + (Ca_{dolom,e,t12} * FECa_{dolom})) * \frac{44}{12} \quad (11)$$

Onde:

$E_{CO_2\text{ cal},e,t12}$  = Emissões de CO<sub>2</sub>e provenientes da calagem no estrato “e” no ano “t<sub>12</sub>” (t CO<sub>2</sub>e);

$Ca_{calcit,e,t12}$  = Quantidade de calcário calcítico (CaCO<sub>3</sub>) aplicado no estrato “e” no ano “t<sub>12</sub>” (tonelada);

$FECa_{calcit}$  = Fator de emissão do calcário calcítico [t C (t de calcário)<sup>-1</sup>];

$Ca_{dolom,u,t12}$  = Quantidade de calcário dolomítico ( $CaMg(CO_3)_2$ ) aplicado no estrato “e” no ano “t<sub>12</sub>” (tonelada);

$FEC_{dolom}$  = Fator de emissão do calcário dolomítico [ $t\ C\ (t\ de\ dolomita)^{-1}$ ];

$\frac{44}{12}$  = Razão entre o peso molecular de  $CO_2$  para carbono para converter emissões de  $CO_2 - C$  em emissões de  $CO_2$ ;

e = estrato 1, 2, 3..... n;

$t_{12}$  = Período contínuo de 12 (doze) meses subsequentes à primeira aplicação de fertilizante nitrogenado.

O  $FEC_{calcit}$  = Fator de emissão do calcário calcítico e o  $FEC_{dolom}$  = Fator de emissão do calcário dolomítico, os valores padrão devem ser verificados na seção 11.3 do IPCC (2006, Volume 4, Capítulo 11), devendo esses valores ser atualizados à medida que novas diretrizes ou refinamentos forem publicados pelo IPCC.

## 6. Combustível Fóssil de Maquinário

### 6.1 Identificação das Fontes de Emissão

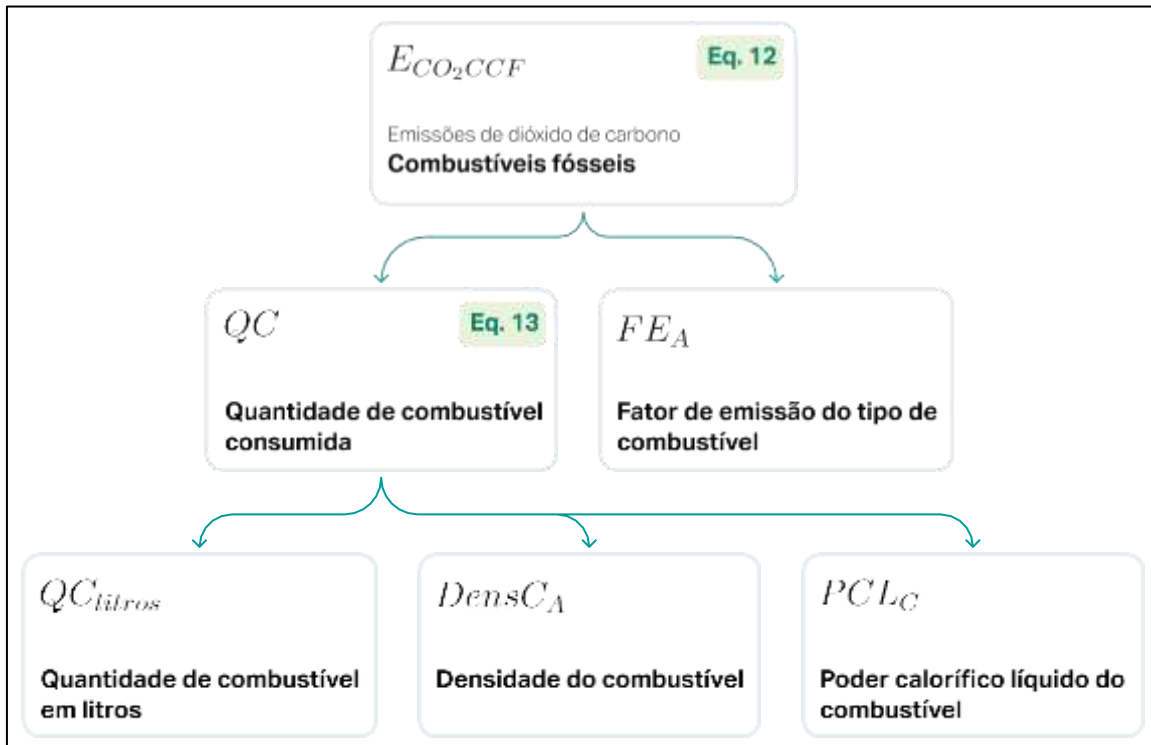
As fontes de emissão de GEE associadas ao uso de combustíveis fósseis provenientes de maquinário são identificadas nos Cenários de Linha de Base e de Projeto, considerando exclusivamente as emissões diretas resultantes da combustão de combustíveis fósseis em equipamentos móveis. Incluem-se, entre outros, tratores, colheitadeiras, caminhões, geradores e equipamentos similares utilizados em operações agrícolas e logísticas internas, tais como preparo do solo, plantio, manejo, colheita e transporte interno.

No Cenário da Linha de Base, são consideradas apenas as emissões que ocorreriam na ausência do projeto, desde que associadas a usos plausíveis, recorrentes e devidamente demonstrados com base no histórico de uso da área ou na prática regional predominante. No Cenário de Projeto, são identificadas as fontes de emissão correspondentes às atividades efetivamente implementadas, contribuindo para consistência metodológica, rastreabilidade e relevância das fontes consideradas.

A estimativa das emissões pode ser realizada com base no consumo direto de combustível ou, alternativamente, a partir de dados de atividade dos equipamentos (como distância percorrida ou horas de operação), desde que sejam aplicados fatores de conversão apropriados para a estimativa do consumo de combustível. O Desenvolvedor de Projeto deve apresentar ao OVV os dados utilizados no monitoramento, bem como os fatores de conversão adotados e as premissas consideradas para a obtenção do consumo de combustível. Em consonância com as diretrizes do IPCC as emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O devem ser, preferencialmente, estimadas a partir do consumo de combustível. Na ausência de dados de consumo, admite-se a estimativa com base em parâmetros de atividade desde que adotados fatores de emissão consistentes e metodologicamente justificáveis.

### 6.2 Cálculo Total das Emissões por Consumo de Combustível

A estrutura de variáveis utilizadas para quantificação das emissões de GEE provenientes do consumo de combustível fóssil é apresentada na Figura 4. As emissões geradas pela combustão de combustíveis fósseis são quantificadas por GEE e reportadas em unidades de tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e).



**Figura 4. Fluxograma das equações para quantificação das emissões de gases de efeito estufa provenientes do consumo de combustível fóssil.**

As emissões associadas às atividades de combustão de combustíveis fósseis durante o período de monitoramento devem ser quantificadas conforme a Equação 12:

$$E_{CO_2CCf,e,t} = \sum_{a=1}^A (QQC_{A,cons,e,t} * FE_A) \quad (12)$$

Onde:

$E_{CO_2CCf,e,t}$  = Emissões líquidas de CO<sub>2</sub>e proveniente da queima de combustíveis fósseis no estrato “e” no ano “t” (t CO<sub>2</sub>e);

$QQC_{A,cons,e,t}$  = Quantidade de combustível do tipo “A” consumida no estrato “e” no ano “t” (TJ);

$FE_A$  = Fator de emissão do tipo de combustível “A” [t CO<sub>2</sub>e (TJ)<sup>-1</sup>];

a = 1, 2, 3 A tipos de combustível (Ex: gasolina, diesel, etc);

e = estrato 1, 2, 3.... n;

t = Tempo em anos decorridos desde a Data de Início de Projeto.

A quantidade anual de combustível consumida, por tipo, no ano t deve ser estimada conforme a Equação 13:

$$QQC_{A,cons,e,t} = (QQC_{litros,A,cons,e,t} * DensC_A * PCL_{C,A}) \div 10^6 \quad (13)$$

Onde:

$QQC_{A,cons,e,t}$  = Quantidade de combustível do tipo “A” consumida no estrato “e” no ano “t” (TJ);

$QQC_{litros,A,cons,e,t}$  = Quantidade de combustível em litros do tipo “A” consumida no estrato “e” no ano “t” (litros);

$DensC_A$  = Densidade do combustível do tipo “A” [kg (litro)<sup>-1</sup>];

$PCL_{C,A}$  = Poder calorífico líquido do combustível do tipo “A” [TJ (Gg)<sup>-1</sup>];

$10^6$  = Utilizado para conversão de unidades, transformando o valor de energia de megajoules (MJ) para terajoules (TJ), conforme requerido para a contabilização de emissões;

e = estrato 1, 2, 3.... n;

t = Tempo em anos decorridos desde a Data de Início de Projeto.

O  $FE_A$  = Fator de emissão do tipo de combustível A, os valores padrão devem ser obtidos nas diretrizes do IPCC (2006, Volume 2, Capítulo 3), devendo ser atualizados à medida que novas diretrizes, refinamentos ou revisões forem oficialmente publicados pelo IPCC. A  $DensC_A$  = Densidade do combustível do tipo A e o  $PCL_{C,A}$  = Poder calorífico líquido do combustível do tipo A, os valores padrão devem ser verificados no relatório anual do BEN – Balanço Energético Nacional, devendo esses valores ser atualizados à medida que novas diretrizes ou refinamentos forem publicados pelo BEN (EPE, 2025).

No Cenário de Projeto, o consumo de combustível fóssil deve ser quantificado de forma desagregada para cada tipo de combustível utilizado e para cada período de monitoramento. Quando aplicável, a quantificação deve utilizar dados mensuráveis e rastreáveis, incluindo, mas não se limitando a: registros operacionais, diários de campo, notas fiscais, controles de abastecimento e outros sistemas de controle equivalentes. Para o cálculo das emissões de GEE por consumo de combustível o Desenvolvedor de Projetos deve seguir uma abordagem hierárquica de dados, confirme a seguinte ordem:

- a. medições diretas, quando controladas pelo Desenvolvedor de Projeto;
- b. registros de abastecimento (por exemplo notas fiscais, controles de consumo);
- c. logs operacionais (por exemplo: horas de operação, distância percorrida);
- d. parâmetros técnicos (por exemplo: consumo específico de fabricantes ou fatores padrão).

### 6.3 Estimativa do Consumo de Combustível na Ausência de Medições Diretas

Na ausência de dados diretos de medição, o consumo de combustível fóssil associado ao uso de maquinário pode ser estimado por meio de abordagens indiretas baseadas em parâmetros de atividade, desde que tecnicamente justificadas, conservadoras e consistentes com as Diretrizes do IPCC aplicáveis (conforme hierarquia de dados apresentada na seção 6.2).

a. Estimativa baseada em parâmetros operacionais do equipamento:

O consumo de combustível pode ser estimado a partir de informações técnicas e operacionais do maquinário, tais como horas de operação, potência nominal, fator médio de carga e consumo específico de combustível. Os parâmetros adotados devem ser compatíveis com o tipo de equipamento e a natureza das operações realizadas, sendo preferencialmente obtidos a partir de manuais de fabricantes, literatura técnica reconhecida ou valores de referência amplamente aceitos.

b. Estimativa baseada em atividade de transporte:

Para veículos utilizados em operações de transporte interno, o consumo de combustível pode ser estimado com base na atividade do veículo, expressa por distância percorrida ou volume de operação, em combinação com fatores médios de consumo apropriados ao tipo de veículo e às condições operacionais.

O Desenvolvedor de Projeto deve documentar de forma clara e transparente a abordagem adotada, incluindo as premissas, parâmetros, fontes de dados e justificativas técnicas utilizadas na estimativa do consumo de combustível. Essa documentação deverá ser disponibilizada para fins de validação e verificação pelo OVV, contribuindo para rastreabilidade, consistência metodológica e auditabilidade dos resultados.

## 7. Manejo Florestal Sustentável

### 7.1 Descrição das Atividades de Redução ou Perda dos Estoques de Carbono

As atividades de manejo florestal sustentável diminuem os estoques de carbono associadas às intervenções necessárias à exploração florestal. Essas emissões estão relacionadas, quando aplicável, às seguintes atividades:

- a. Abertura de clareiras de exploração, incluindo os danos à vegetação remanescente, que resultam em redução temporária dos estoques de carbono da biomassa acima do solo;
- b. Implantação e uso da infraestrutura de exploração florestal, tais como estradas, ramais de arraste, trilhas de extração e pátios de estocagem, associados à conversão temporária de áreas florestais e à perda de carbono.

De acordo com a Lei nº 12.651/2012 do Código Florestal Brasileiro, o manejo sustentável é conceituado no Art. 3º, inciso VII, como:

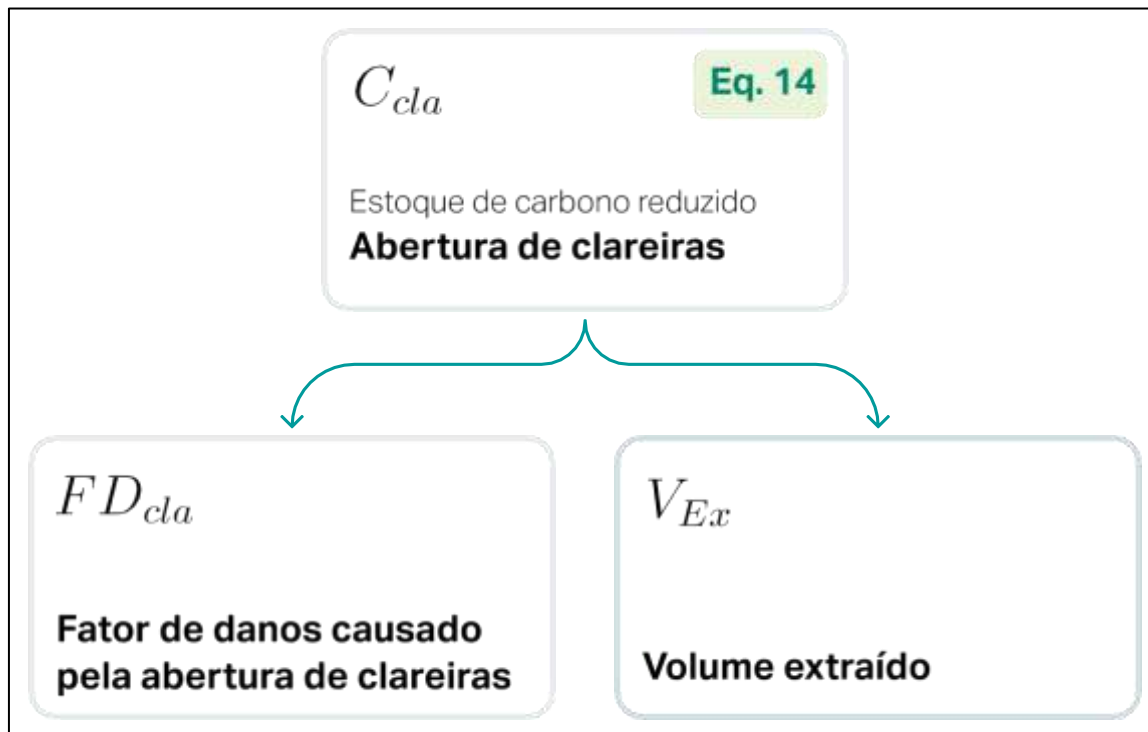
*“...administração da vegetação natural para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras ou não, de múltiplos produtos e subprodutos da flora, bem como a utilização de outros bens e serviços.”*

### 7.2 Atividades Associadas à Redução dos Estoques de Carbono

#### 7.2.1 Redução dos estoques de carbono decorrente da abertura de clareiras de exploração

No Cenário de Projeto, as reduções dos estoques de carbono resultam diretamente da mortalidade de árvores adicionais afetadas por danos colaterais durante as operações de derrubada das árvores comerciais. A emissão líquida no cenário de projeto corresponde aos danos de exploração, sendo calculada pela aplicação do fator de danos ao volume extraído e aos estoques de carbono da biomassa lenhosa acima e abaixo do solo, com posterior agregação para os estratos.

A estrutura de variáveis utilizadas para quantificação da redução dos estoques de carbono decorrente da abertura de clareiras de exploração em manejo florestal sustentável é apresentada na Figura 5. Tais reduções de estoques de carbono são consideradas como emissões provenientes da Atividade de Projeto, sendo quantificadas e reportadas em unidades de tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2e</sub>).



**Figura 5. Fluxograma das equações para quantificação da redução dos estoques de carbono decorrentes da abertura de clareiras de exploração.**

Para o cálculo dos estoques de carbono reduzidos pela abertura de clareiras, deve-se utilizar a Equação 14.

$$C_{cla,e,t} = \sum_{z=1}^z (FD_{cla} * V_{Ex,z,e,t} * \frac{44}{12}) \quad (14)$$

Onde:

$C_{cla,e,t}$  = Estoque de carbono reduzido pela abertura de clareiras de exploração no estrato “e” no ano “t” (t CO<sub>2</sub>e);

$FD_{cla}$  = Fator de danos causado pela abertura de clareiras (t C m<sup>-3</sup>);

$V_{Ex,z,e,t}$  = Volume extraído do estrato de exploração “z”, no estrato “e” no ano “t” (m<sup>3</sup>);

$\frac{44}{12}$  = Razão entre o peso molecular de CO<sub>2</sub> e C;

z = Estratos de exploração florestal;

e = estrato 1, 2, 3 .... n;

t = Tempo em anos decorridos desde a Data de Início de Projeto.

No primeiro nível hierárquico de priorização da escolha metodológica, o Desenvolvedor de Projeto deve calcular o fator de danos associado à abertura de clareiras  $FD_{cla}$  com base em dados primários mensurados em sua própria Área de Projeto, considerando as atividades efetivamente realizadas. O

cálculo deve refletir, no mínimo, a quantidade de biomassa afetada, o grau de distúrbio do solo e a intensidade de exploração da área.

Os dados próprios devem ser priorizados, e a metodologia empregada para a coleta, processamento e análise dessas informações deve ser devidamente documentada, apresentada ao OVV durante as Auditorias de Validação e/ou Verificação.

O Desenvolvedor de Projeto pode utilizar dados primários provenientes de outros projetos sob sua responsabilidade, desde que sejam tecnicamente compatíveis e representativos das condições da Área de Projeto. A utilização desses dados deverá ser devidamente justificada, documentada e disponibilizada para fins de auditoria e rastreabilidade.

No segundo nível hierárquico de priorização da escolha metodológica, o Desenvolvedor de Projeto pode utilizar dados de fator de danos associados à abertura de clareiras de exploração provenientes da literatura científica, desde que esteja em conformidade com as etapas do processo de certificação em que o uso de dados secundários é permitido, conforme estabelecido em cada metodologia. O Desenvolvedor de Projeto deve seguir a seguinte hierarquia de fontes de referência:

1. Fatores de danos associados à abertura de clareiras de exploração provenientes da literatura científica, desde que tais valores sejam tecnicamente compatíveis com as condições da Área de Projeto. Essa utilização deve estar restrita a estudos que apresentem intervalos semelhantes de intensidade de exploração e quantidade de biomassa, garantindo a representatividade e a aderência dos dados ao contexto do projeto. Além disso, a escolha das referências deve ser devidamente justificada e documentada, assegurando transparência e consistência metodológica.
2. Dados regionais obtidos de artigos científicos indexados nas plataformas SciELO, *Web of Science* e Scopus. O dado deve ser proveniente de estudo que apresente erro amostral igual ou inferior a 20%.

O Desenvolvedor de Projeto deve priorizar dados que sejam compatíveis a nível de fitofisionomia (ou formação propriamente dita, de acordo com a definição do IBGE) com a Área de Projeto. Além disso, o dado deve ser referente ao mesmo bioma em que o projeto estiver localizado.

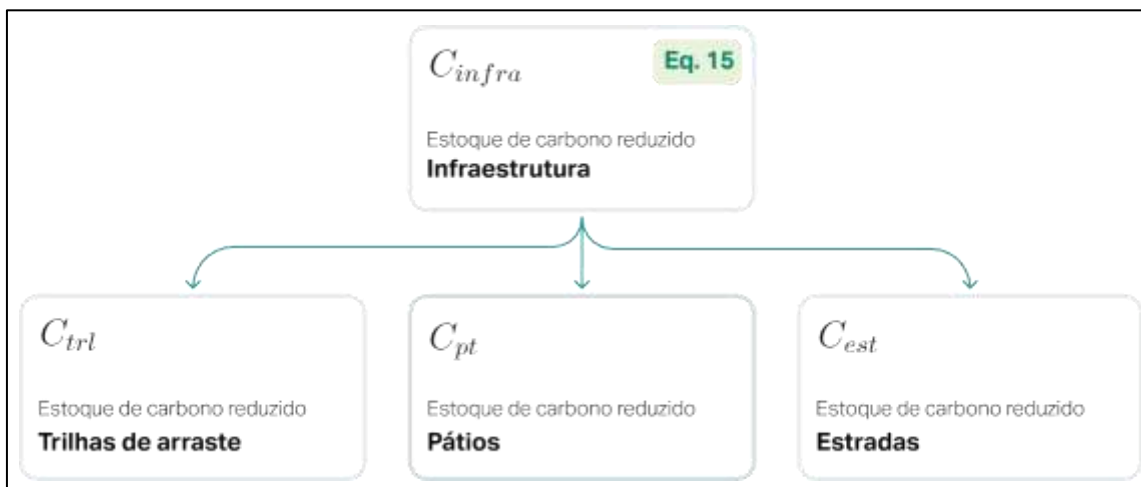
As plataformas indexadas SciELO, *Web of Science* e Scopus foram adotadas como referência para a seleção de artigos científicos, pois realizam processos formais de avaliação conduzidos por comitês científicos e/ou editoriais, com base em critérios técnicos e editoriais, incluindo, mas sem se limitar a revisão por pares, qualidade dos artigos do periódico e contribuição para a área temática.

Caso o Desenvolvedor de Projeto utilize referências científicas não indexadas nas plataformas SciELO, *Web of Science* ou Scopus, deverá apresentar justificativa técnica ao Organismo de Validação e Verificação (OVV) quanto à escolha e adequação dos dados adotados. A justificativa deverá demonstrar a confiabilidade, relevância e aplicabilidade das referências utilizadas ao contexto do projeto.

## **7.2.2 Redução dos estoques de carbono decorrente da implantação e operação da infraestrutura de exploração florestal**

A redução dos estoques de carbono em operações de exploração florestal seletiva está associada à abertura e ao uso de trilhas de extração, pátios de estocagem e estradas florestais. A emissão líquida no Cenário de Projeto corresponde aos danos associados às atividades de exploração e à implantação de infraestrutura, sendo calculada pela aplicação dos fatores de danos aos volumes afetados e aos respectivos estoques de carbono dos reservatórios.

A estrutura metodológica para quantificação da redução dos estoques de carbono decorrente da implantação e operação da infraestrutura de exploração florestal é apresentada na Figura 6, organizando de forma sequencial as principais variáveis envolvidas no cálculo, incluindo o estoque de carbono reduzido em função do fator de danos associado à infraestrutura, do volume extraído do estrato de exploração e do estoque total de carbono em todos os reservatórios, bem como a decomposição do fator de danos nas contribuições das trilhas de extração, pátios de estocagem e abertura de estradas.



**Figura 6. Fluxograma das equações para quantificação da redução dos estoques de carbono decorrente da implantação e operação da infraestrutura de exploração florestal.**

Os resultados são posteriormente agregados para os estratos e estimados conforme a Equação 15.

$$C_{infra,e,t} = \sum_{z=1}^z C_{trl} + C_{pt} + C_{est} \quad (15)$$

$C_{infra,e,t}$  = Estoque de carbono reduzido pela construção de infraestrutura de exploração no estrato “e” no ano “t” (t CO<sub>2</sub>e);

$C_{trl}$  = Estoque de carbono reduzido pela construção de trilhas de arraste no estrato “e” no ano “t” (t CO<sub>2</sub>e);

$C_{pt}$  = Estoque de carbono reduzido pela construção de pátios de estocagem no estrato “e” no ano “t” (t CO<sub>2</sub>e);

$C_{est}$  = Estoque de carbono reduzido pela construção de estradas no estrato “e” no ano “t” (t CO<sub>2</sub>e);

z = Estratos de exploração florestal (adimensional);

e = estrato 1, 2, 3... n;

t = Tempo em anos decorridos desde a Data de Início de Projeto.

No primeiro nível hierárquico de priorização da escolha metodológica, o Desenvolvedor de Projeto deve calcular o fator de danos associado à infraestrutura  $C_{trl}$ ,  $C_{pt}$  e  $C_{est}$  com base em dados primários mensurados em sua própria Área de Projeto, considerando as atividades efetivamente realizadas. O cálculo deve refletir, no mínimo, a quantidade de infraestrutura instalada, as dimensões das aberturas, a quantidade de biomassa afetada, o grau de distúrbio do solo e a intensidade de exploração da área.

Os dados próprios devem ser priorizados, e a metodologia empregada para a coleta, processamento e análise dessas informações deve ser devidamente documentada, apresentada ao Organismo de Validação e Verificação (OVV) e submetida à sua validação.

O Desenvolvedor de Projeto poderá utilizar dados primários provenientes de outros projetos sob sua responsabilidade, desde que sejam tecnicamente compatíveis e representativos das condições da área de aplicação. A utilização desses dados deverá ser devidamente justificada, documentada e disponibilizada para fins de auditoria e rastreabilidade.

No segundo nível hierárquico de priorização da escolha metodológica, o Desenvolvedor de Projeto pode utilizar dados de fator de danos associados à abertura de clareiras de exploração provenientes da literatura científica, desde que esteja em conformidade com as etapas do processo de certificação em que o uso de dados secundários é permitido, conforme estabelecido em cada metodologia. O Desenvolvedor de Projeto deve seguir a seguinte hierarquia de fontes de referência:

1. Fatores de danos associados à abertura de clareiras de exploração provenientes da literatura científica, desde que tais valores sejam tecnicamente compatíveis com as condições da Área de Projeto. Essa utilização deve estar restrita a estudos que apresentem intervalos semelhantes de intensidade de exploração e quantidade de biomassa, garantindo a representatividade e a aderência dos dados ao contexto do projeto. Além disso, a escolha das referências deve ser devidamente justificada e documentada, assegurando transparência e consistência metodológica.
2. Dados regionais obtidos de artigos científicos indexados nas plataformas SciELO, *Web of Science* e Scopus. O dado deve ser proveniente de estudo que apresente erro amostral igual ou inferior a 20%.

O Desenvolvedor de Projeto deve priorizar dados que sejam compatíveis a nível de fitofisionomia (ou formação propriamente dita, de acordo com a definição do IBGE) com a Área de Projeto. Além disso, o dado deve ser referente ao mesmo bioma em que o projeto estiver localizado.

As plataformas indexadas SciELO, *Web of Science* e Scopus foram adotadas como referência para a seleção de artigos científicos, pois realizam processos formais de avaliação conduzidos por comitês científicos e/ou editoriais, com base em critérios técnicos e editoriais, incluindo, mas sem se limitar a revisão por pares, qualidade dos artigos do periódico e contribuição para a área temática.

Caso o Desenvolvedor de Projeto utilize referências científicas não indexadas nas plataformas SciELO, *Web of Science* ou Scopus, deverá apresentar justificativa técnica ao Organismo de Validação e Verificação (OVV) quanto à escolha e adequação dos dados adotados. A justificativa deverá demonstrar a confiabilidade, relevância e aplicabilidade das referências utilizadas ao contexto do projeto.

## 8. Referências

EPE. *2025 Balanço Energético Nacional 2025*. Rio de Janeiro, Brasil: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em: 14 jan. 2026.

IPCC. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>. Acesso em: 6 jan. 2026.

IPCC. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 2: Energy. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. Acesso em: 8 jan. 2026.

IPCC. *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html>. Acesso em: 6 jan. 2026.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Clean Development Mechanism (CDM) Executive Board. Tool for testing significance of GHG emissions in A/R CDM project activities: Version 01. EB 31. [S. l.]: UNFCCC,. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-04-v1.pdf> . Acesso em: 11 mai. 2026.

