

Lux Carbon Standard – LuxCS

**LCS002 – Redução de Emissões por meio da  
utilização de Fontes Renováveis na geração de  
Energia Elétrica**

Brasil

Versão 1.0 – outubro de 2024

## **LCS002 – Redução de Emissões por meio da utilização de Fontes Renováveis na geração de Energia Elétrica**

Procedimento metodológico de estruturação, aquisição de dados e elaboração de estimativas de redução de emissões de gases de efeito estufa obtida através de projetos de geração de energia elétrica de fontes renováveis, limpas ou menos emissoras que integram sistemas interligados ou sistemas isolados de distribuição de energia.

Brasil

Versão 1.0 – outubro de 2024

Elaborado por:

**Guilherme do Nascimento**

*Diretor de Descarbonização*

Engenheiro Químico, MSc.

Revisado por:

**Camilla Hillesheim Kraus**

Bacharel em Direito - Especialista em Direito Empresarial

**Ingo Specht**

Engenheiro Mecânico

**Ivan Xavier Junior**

*Diretor de Operações – COO*

Engenheiro Florestal com Aperfeiçoamento em Desenvolvimento Regional

**Luana Tiara Hoffmann**

*Diretora de Soluções Baseadas na Natureza*

Engenheira Florestal, MSc.

**Lucas Gabriel Scharf**

*Auxiliar Técnico do Programa de Remoção*

Acadêmico de Engenharia Florestal

**Thiago Pamplona da Silva Müller**

*Diretor de Governança Corporativa – CGO*

Advogado Especialista em Governança Corporativa

Essa versão do documento está disponibilizada para consulta pública, e todas as contribuições serão analisadas pela equipe técnica da certificadora. Ademais, esta metodologia será revisada periodicamente e atualizada quando necessário, sempre considerando todas as disposições nacionais e internacionais do mercado de carbono. Os direitos de propriedade intelectual contidos neste documento são de propriedade da LuxCS e seus associados.

©Lux Carbon Standard – LuxCS 2024. Todos os direitos reservados. Trechos do presente documento podem ser reproduzidos ou traduzidos, obrigada a citação da fonte.

Lux Carbon Standard – LuxCS<sup>®</sup>, Triple C Protocol<sup>®</sup> e UnCarbonize<sup>®</sup> são todas marcas registradas de propriedade da Lux Carbon Standard Ltda., sendo proibida qualquer espécie de reprodução sem autorização expressa.

# Resumo

Procedimento metodológico de estruturação, aquisição de dados e elaboração de estimativas de redução de emissões de gases de efeito estufa obtida através de projetos de geração de energia elétrica de fontes renováveis, limpas ou menos emissoras que integram sistemas interligados ou sistemas isolados de distribuição de energia.

**Palavras-chaves:** redução. gases de efeito estufa. energia elétrica.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Etapas obrigatórias para o desenvolvimento, implementação e monitoramento dos processos de descarbonização. . . . .	14
Figura 2 – Ações, atividades e informações que devem ser realizados para a comprovação e acompanhamento de um efetivo processo de descarbonização. . .	15
Figura 3 – Aplicação da receita advinda dos créditos de carbono no investimento para a melhoria contínua da estratégia e processos de descarbonização. .	16
Figura 4 – Representação da estimativa de redução de emissões promovida por uma atividade limpa em relação à uma atividade convencional mais intensa em emissões. . . . .	18
Figura 5 – Histórico de composição da geração de energia no SIN. Adaptado de ONS (2023). . . . .	22
Figura 6 – Comparativo da dinâmica dos fatores de emissão estimados para a unidades emissoras que compõem o SIN. Adaptado de Eggleston et al. (2006), UNFCCC (2018), UNFCCC (2020), Ferreira et al. (2022), ONS (2023). .	25

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Fatores de emissão efetiva e de eficiência de combustão para unidades geradoras de energia elétrica. Adaptado de Eggleston et al. (2006), UNFCCC (2020). . . . .	23
Tabela 2 – Taxas (fatores) de emissão de gases de efeito estufa na queima de combustíveis fósseis para geração de energia no SIN. Adaptado de Ferreira et al. (2022). . . . .	24
Tabela 3 – Registro de geração mensal resumido da unidade de reaproveitamento energético de biogás estudada. . . . .	26
Tabela 4 – Estimativa de emissão mensal resumida do projeto. . . . .	27
Tabela 5 – Resumo de geração fotovoltaica em múltiplas unidades que compõem um projeto. . . . .	28
Tabela 6 – Resumo da geração de energia por categoria de termelétrica componente do SIN no período analisado. . . . .	29
Tabela 7 – Resumo da estimativa de emissão diária por categoria termelétrica ao SIN no período analisado. . . . .	29
Tabela 8 – Resumo da estimativa do fator de emissão diário da contribuição termelétrica ao SIN no período analisado. . . . .	30
Tabela 9 – Resumo da estimativa de emissão evitada durante o período analisado. . . . .	30

# Lista de abreviaturas e siglas

CDM	Mecanismo do Desenvolvimento Limpo, do inglês <i>Clean Development Mechanism</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GJ	Giga Joule
GWh	Giga Watt hora
h	Hora
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente
kg	Quilograma
kWh	Quilo Watt hora
MWh	Mega Watt hora
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
SIN	Sistema Interligado Nacional
t <sub>CO<sub>2</sub></sub> <sup>eq</sup>	Tonelada de dióxido de carbono equivalente
TJ	Tera Joule
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, do inglês <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>



# Lista de símbolos

$e$	Energia específica, GJ/t
$E$	Eletricidade, Wh
$\eta$	Eficiência
$f$	Função
$G$	Energia elétrica gerada, kWh, MWh ou GWh
$\lambda$	Fator de emissão, $t_{CO_2^{eq}}/MWh$
$m$	Massa, kg
$\Sigma$	Somatório
$t$	Tempo, h
$w_{CO_2}$	Teor de dióxido de carbono específico na geração de eletricidade, t/GJ
$x_{CO_2}$	Teor de dióxido de carbono específico, t/GJ

# Sumário

	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>1</b>	<b>FUNDAMENTOS</b> . . . . .	<b>12</b>
1.1	Riscos climáticos, mitigação e regulatória . . . . .	12
1.2	Sistema de descarbonização: Análise de barreiras de mercado . . . . .	13
1.3	Deveres de divulgação de informações: Análise de barreiras de regulamentação . . . . .	14
1.4	Crédito de carbono como instrumento de financiamento da transição energética e economia de baixo carbono: Análise de barreiras econômicas . . . . .	15
1.5	Adicionalidade . . . . .	16
1.6	Aplicabilidade . . . . .	17
1.7	Período . . . . .	17
1.8	Vedações . . . . .	17
1.9	Referencial . . . . .	18
<b>2</b>	<b>MODELOS</b> . . . . .	<b>20</b>
2.1	Sistemas Interligados ( <i>on-grid</i> ) . . . . .	21
2.2	Sistemas Isolados ( <i>off-grid</i> ) . . . . .	25
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> . . . . .	<b>26</b>
3.1	Sistema Isolado . . . . .	26
3.1.1	Reaproveitamento energético do biogás da suinocultura industrial . . . . .	26
3.2	Sistema Interligado . . . . .	28
3.2.1	Geração fotovoltaica . . . . .	28
<b>4</b>	<b>ORIENTAÇÕES GERAIS</b> . . . . .	<b>31</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>32</b>

# Introdução

A efetiva transição energética para matrizes renováveis é uma peça-chave na mitigação dos efeitos antrópicos das mudanças climáticas. Estima-se que há uma significativa contribuição por parte da exploração de combustíveis fósseis, como o carvão mineral, o gás natural e os derivados de petróleo, no agravamento dos fenômenos climáticos ao longo das últimas décadas. Através, principalmente, da queima dos combustíveis de origem fóssil, há a transformação de espécies químicas antes estruturadas em compostos de moléculas maiores e depositados em reservatórios geológicos, em moléculas menores, como o monóxido de carbono, dióxido de carbono e óxidos nitrosos, transferidas à atmosfera do planeta, onde estão associadas a fenômenos anormais como o incremento na variação da temperatura média global. Um dos desafios da atualidade é encontrar um compasso entre o desenvolvimento socioeconômico e a redução dos efeitos desse desenvolvimento nas mudanças climáticas, sendo a transição da matriz energética de fontes fósseis para fontes renováveis um elemento fundamental.

Expandir a contribuição de fontes renováveis na geração de energia elétrica é um passo importante na direção da transição energética. Por conta de sua permeabilidade, a energia elétrica distribuída é hoje um elemento básico no desenvolvimento das sociedades e sua grande importância é acompanhada da necessidade inegociável de obtenção, seja de fontes fósseis ou renováveis. Fontes não-fósseis permitem a exploração de sua energia organizada sem o contraponto da formação e lançamento de espécies químicas adicionais à atmosfera do planeta, como na geração hidráulica, fotovoltaica e eólica, ou de modo em que tais gases emitidos não contabilizem uma efetiva adição por originalmente fazerem parte da atmosfera terrestre, como ocorre com a geração através da utilização de biomassa. O Brasil destaca-se nesse setor por apresentar uma riqueza energética única, contando com uma matriz elétrica representada em cerca de dois terços por fontes renováveis, em especial a geração hidráulica. No entanto, esforços no sentido de viabilizar técnica e economicamente a expansão dessa contribuição renovável, doméstica e internacionalmente, são válidos.

A estrutura de mercado do comércio de emissões tem papel importante na promoção de fontes renováveis de geração de energia elétrica. Uma forma de estimar a redução de emissões de gases de efeito estufa promovida pela utilização de uma fonte renovável de energia elétrica consiste da ideia de redução relativa: o fornecimento de uma quantia  $x$  de energia elétrica de fonte renovável evitou que um volume  $y$  de emissões tenha ocorrido, uma vez que a geração da mesma quantia  $x$  de energia elétrica de fonte fóssil está atrelada à emissão de  $y$  gases de efeito estufa em um dado sistema. Com base nesse conceito, as emissões efetivamente evitadas podem ser comercializadas como ativo financeiro do mercado de carbono, de modo que sua receita contribua positivamente com a viabilidade econômica

do setor.

# 1 Fundamentos

A presente estrutura metodológica busca incorporar os princípios que conferem a integridade da certificadora Lux Carbon Standard – LuxCS<sup>®</sup> à estimativa de redução de emissões de gases de efeito estufa em projetos de geração de energia elétrica de fontes renováveis. Os princípios de acuracidade, credibilidade, legitimidade, praticidade e transparência norteiam o padrão<sup>1</sup> Triple C Protocol<sup>®</sup>, padrão de certificação que condensa as diretrizes, regras e procedimentos gerais para validação, verificação e certificação de projetos de remoção e redução de emissões de gases de efeito estufa, de modo a gerar créditos para compensação de carbono, contribuir efetivamente na mitigação das mudanças climáticas e auxiliar na promoção do desenvolvimento sustentável.

A estrutura metodológica *LCS002* se fundamenta em um conjunto de conceitos descritos por:

## 1.1 Riscos climáticos, mitigação e regulatória

Para que os requisitos e exigências existentes na presente metodologia possam ser compreendidos de forma coerente, é necessário estabelecer os fundamentos decorrentes dos eixos da análise de riscos climáticos e sua mitigação e de ação regulatória que exercem influência sobre os processos envolvidos na descarbonização da economia global e, por consequência, dos processos de certificação de créditos de carbono e suas metodologias vinculadas.

Por eixo de riscos climáticos e sua mitigação, entenda-se as influências, *stakeholders*, requisitos, exigências, metas e necessidades de investimento que envolvem os aspectos fundamentais de objetivos de desenvolvimento sustentável da agenda 2030, do Pacto para o Futuro e demais iniciativas globais de resposta à crise e riscos climáticos e sua mitigação.

Neste eixo, não apenas os objetivos macro, mas seus impactos e sistemas envolvidos para a obtenção dos resultados necessários são levados em consideração como, por exemplo, ferramentas de financiamento, sistemas de negociação e rastreabilidade de ativos derivados do mercado, aceleração das atividades e tecnologias meio e fim, entre outros aspectos.

Por eixo de ação regulatória, entenda-se às influências, *stakeholders*, requisitos e exigências determinados por regulamentações nacionais e internacionais em todos os sistemas e setores econômicos impactados pelas mudanças necessárias para a realização dos objetivos determinados pelo eixo de mercado.

---

<sup>1</sup> [https://www.luxcs.org/\\_files/ugd/f5fc77\\_52c78cbdf52e4f6ab0491d26b7c920dc.pdf](https://www.luxcs.org/_files/ugd/f5fc77_52c78cbdf52e4f6ab0491d26b7c920dc.pdf)

Neste eixo, não apenas as regulamentações direcionadas de forma direta ao mercado voluntário de carbono são levadas em consideração, mas também aquelas que geram obrigações de divulgação de informações referentes à riscos climáticos e sustentabilidade e às metas e necessidade de monitoramento de informações que impactem na transição energética e para uma economia de baixo carbono.

## 1.2 Sistema de descarbonização: Análise de barreiras de mercado

Para que qualquer processo de certificação de créditos de carbono, nos termos da presente metodologia, possa demonstrar de forma inequívoca a análise de barreiras, as adicionalidades e impactos necessários e realizados, conforme exigido pelas regras do mercado voluntário de carbono, é necessário compreender que a geração de créditos de carbono é uma etapa existente no sistema de descarbonização da economia global.

O sistema de descarbonização da economia global, com o objetivo de alcançar a transição completa para uma economia de baixo carbono, deve obedecer a três etapas fundamentais:

- a **Inventários de emissões de Gases de Efeito Estufa:** a primeira etapa será sempre a necessidade do levantamento preciso e com alto nível de materialidade e monitoramento das emissões de gases de efeito estufa realizadas por organizações públicas e privadas, com intuito de se construir uma imagem real da quantidade de emissões lançadas na atmosfera terrestre anualmente.
- b **Redução de emissões realizadas:** a segunda etapa será sempre o desenvolvimento, implementação e realização das atividades necessárias para que as organizações emissoras reduzam, de forma eficaz, contínua e sistemática as suas emissões, realizando os investimentos financeiros, de capital humano e tecnológicos necessários. As atividades, ações e investimentos devem ser claramente delimitados e ter seu formato de monitoramento precisos, para garantir elevados níveis de materialidade.
- c **Compensação das emissões não passíveis de redução:** a terceira etapa será sempre a compensação das emissões de gases de efeito estufa, através de créditos de carbono validados e verificados. Referidos créditos devem representar remoções ou redução com alto nível de precisão e integridade e irão compor a contabilidade de organizações públicas e privadas, para o atingimento das metas de descarbonização global.

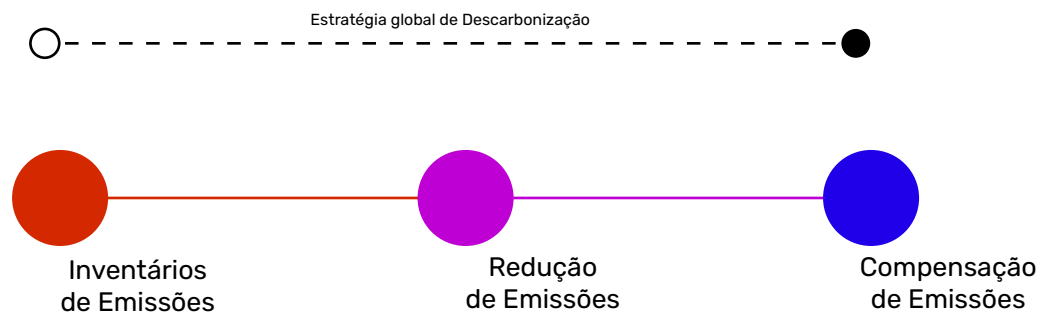


Figura 1 – Etapas obrigatórias para o desenvolvimento, implementação e monitoramento dos processos de descarbonização.

### 1.3 Deveres de divulgação de informações: Análise de barreiras de regulamentação

Dentro das necessidades de se acelerar o processo de análise dos riscos climáticos e sua mitigação e das ações para descarbonização da economia global, diversas ações regulatórias nacionais, internacionais e transnacionais já se encontram em vigência.

As ações regulatórias mais maduras e com efeitos já existentes ou próximos de entrar em existência, dizem respeito a forma como organizações públicas relacionadas à sustentabilidade geral, riscos climáticos e ações de mitigação e compensação de emissões de gases de efeito estufa <sup>2</sup>.

Referidas ações regulatórias têm como fundamento básico a necessidade de se ter precisão nas informações prestadas, transparência e materialidade nos monitoramentos dos dados e ações realizadas, para se obter resultados concretos e expressivos para se alcançar as metas para a transição energética e para uma economia de baixo carbono.

A forma como as informações devem ser fornecidas ao mercado e aos órgãos regulatórios impacta diretamente a forma como a presente metodologia é estruturada e como os processos de certificação oriundos dela devem ser conduzidos.

Neste ponto, desde os critérios técnicos para a geração dos créditos de carbono até as exigências relacionadas às ações e tecnologias aplicadas para mensuração, monitoramento e rastreabilidade, são interpretadas e desenvolvidas para atender aos critérios rigorosos das

<sup>2</sup> Neste sentido, pode-se citar as normas IFRS S-1 e S-2, emitidas pelo *International Sustainability Standards Board* (ISSB), que entram em vigor no Brasil em 2026 (referentes ao ano de 2025). A IFRS S-1 determina as regras de divulgação de informações de sustentabilidade em geral, utilizando critérios do mercado financeiro e de capitais para critérios ESG. A IFRS S-2 determina, de forma mais específica, as regras de divulgação de informações relacionadas aos riscos climáticos e como eles impactam as organizações e como elas contribuem para tais riscos e as formas de mitigação.

ações regulatórias já vigentes e aquelas que devem entrar em vigência em breve<sup>3</sup>.

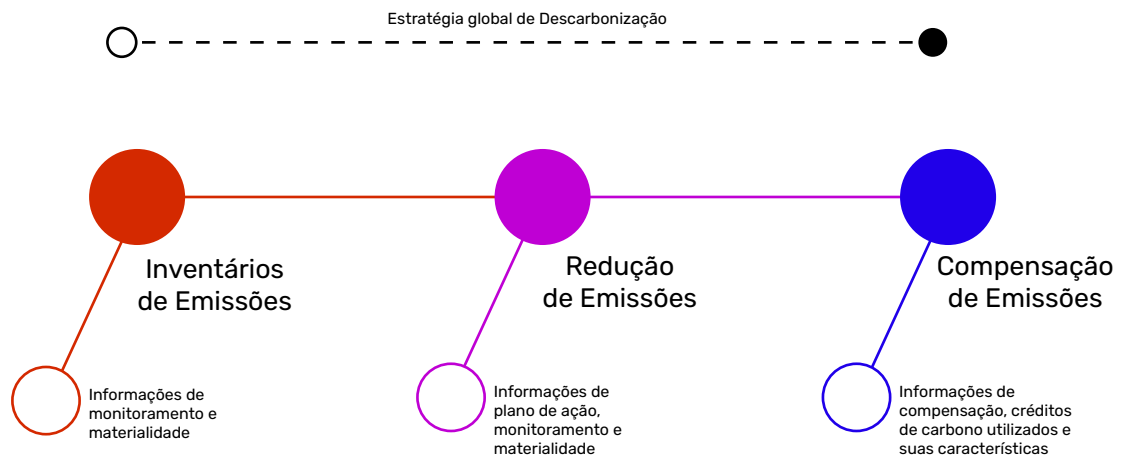


Figura 2 – Ações, atividades e informações que devem ser realizados para a comprovação e acompanhamento de um efetivo processo de descarbonização.

## 1.4 Crédito de carbono como instrumento de financiamento da transição energética e economia de baixo carbono: Análise de barreiras econômicas

Para que seja possível alcançar os objetivos e metas de descarbonização da economia global, com a mitigação dos efeitos dos riscos climáticos e para não atingirmos os pontos de inflexão dos sistemas macro ambientais do clima, são necessários investimentos massivos na transição energética e na transição para uma economia de baixo carbono.

Neste sentido, existe consenso global de que os créditos de carbono advindos do mercado voluntário são instrumentos centrais na obtenção dos recursos financeiros necessários para se acelerar e exponencializar as ações e tecnologias para uma transição energética e para uma economia de baixo carbono no ritmo necessário para evitar uma catástrofe climática<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Pode-se citar, neste ponto, ainda, à *Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)*, legislação da União Europeia que fundamenta as normas de divulgação de informações relacionada à sustentabilidade e riscos climáticos de organizações estabelecidas em solo europeu ou que tenham relações comerciais com o bloco, e o *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)*, que determina que as informações relacionadas às emissões de gases de efeito estufa, suas ações de redução e de compensação sejam expressas e monitoradas precisamente, para cadeias produtivas completas, ou haverá sobretaxação tributária para produtos e serviços vendidos ao bloco europeu.

<sup>4</sup> Neste sentido, a própria regulamentação internacional já vem se posicionando de forma decisiva sobre a natureza financeira dos créditos de carbono do mercado voluntário e sua função de instrumento de financiamento da transição energética e para uma economia de baixo carbono, como exposto através de ori-



Assim, no âmbito da presente metodologia, os créditos de carbono emitidos devem originar receita com sua negociação para remuneração e reinvestimento nas atividades de geração de energia através de meios renováveis e de baixa emissão (adicionalidade econômica).

No entanto, a receita advinda dos créditos de carbono **não** pode ser determinante para a existência do projeto de geração de energia renovável gerador dos créditos de carbono. A sustentabilidade econômica deve vir do próprio negócio de geração de energia, garantindo a sua permanência e participação efetiva a longo prazo na transição energética global.

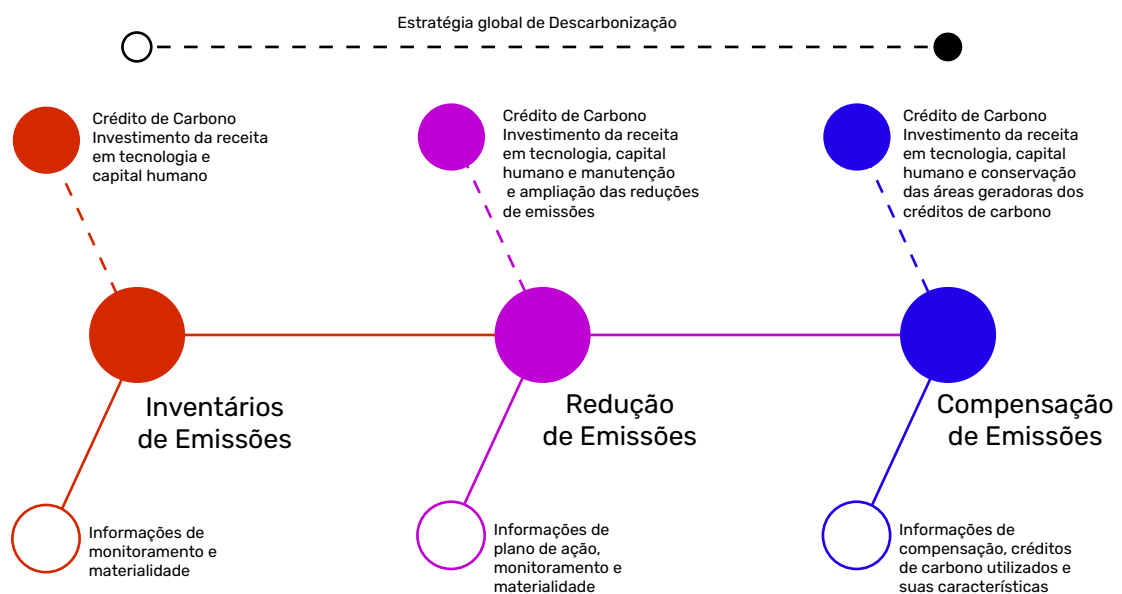


Figura 3 – Aplicação da receita advinda dos créditos de carbono no investimento para a melhoria contínua da estratégia e processos de descarbonização.

## 1.5 Adicionalidade

Projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa através da geração de energia elétrica de fontes renováveis apresentam potencial adicionalidade ao contribuir com o fomento à adesão de tecnologias e processos de maior eficiência e operação mais limpa, promovendo redução efetiva nas taxas globais de uma série de poluentes atmosféricos. Esses poluentes são causadores de perdas diretas à sociedade e ao meio ambiente através de danos

entação emitida pela *International Organization of Securities Commissions (IOSCO)* e recente regulamentação para negociação de créditos de carbono oriundos do mercado voluntário da *Commodity Futures Trading Commission (CFTC RIN 3038-AF40)*.

à saúde e ao bem estar social e indiretamente, através das consequências do agravamento das mudanças climáticas.

Projetos aderentes à presente estrutura metodológica, apresentam ainda a possibilidade de atuação como ferramenta de desenvolvimento social e econômico ao viabilizar o aumento da cobertura de redes de transmissão para fornecimento de energia elétrica à regiões afetadas pela escassez energética, uma condição altamente limitante que afeta diversas regiões nacional e internacionalmente.

## 1.6 Aplicabilidade

Unidades geradoras de energia elétrica de fontes renováveis que integram sistemas interligados (*on-grid*), como centrais hidrelétricas, fotovoltaicas ou eólicas, ou que alimentam sistemas isolados (*off-grid*), como pequenas centrais termelétricas de biomassa ou biogás.

## 1.7 Período

Projetos de redução de emissões elaborados com base no presente documento devem ser, obrigatoriamente, baseados em dados reais com suficiente materialidade, estando vedada a utilização de estimativas baseadas em estimativas. Dessa maneira, somente a energia elétrica de fonte renovável já gerada e distribuída a um sistema poderá servir de base material para um projeto de redução de emissões. Toda energia elétrica de fonte renovável gerada do presente dia para trás, na direção do passado, está em conformidade com o critério temporal de certificação. Do presente dia para frente, na direção do futuro, não há conformidade com o critério temporal de certificação, dada a ausência de materialidade para fundamentar uma possível redução de emissões.

Contudo, mesmo baseados em gerações reais, não atenderão ao critério temporal projetos compostos por ao menos uma unidade de geração de energia renovável que já tenha sido objeto de qualquer tipo de certificação em período sobreposto ao reivindicado.

## 1.8 Vedações

Este documento não contempla modelos de estimativa baseados em projeções para projetos ainda não operantes ou em operação desacompanhada. Isso ocorre porque a ausência de registros de geração energética inviabiliza a determinação segura das reduções de emissões obtidas pela operação. Ou seja, unidades em construção/*start-up* ou unidades operadas em períodos sem registros pela operadora de energia não são consideradas.

Além disso, estão vedados projetos que se enquadram em condições de composição e período já utilizados como objeto de certificação, registro ou lastro em programas de

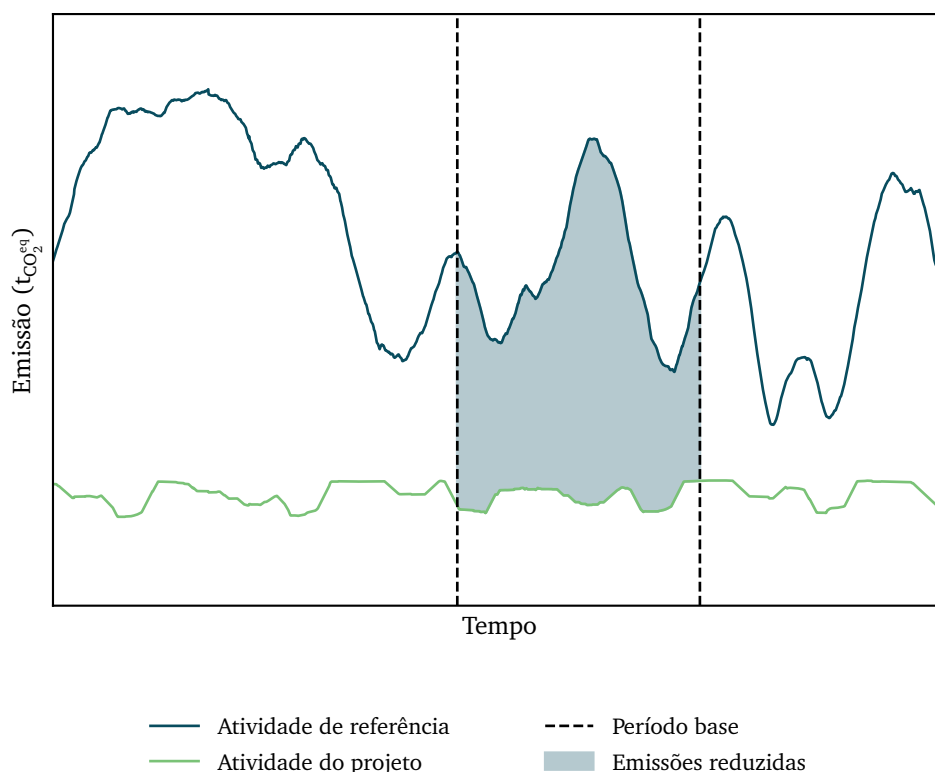


Figura 4 – Representação da estimativa de redução de emissões promovida por uma atividade limpa em relação à uma atividade convencional mais intensa em emissões.

certificação de mercados regulados ou voluntários de comércio de emissões ou pagamento por serviços ambientais. As referidas condições caracterizariam a prática de dupla contagem.

## 1.9 Referencial

A redução de emissões de gases de efeito estufa é uma medida relativa, obtida pela comparação entre a carga de emissões geradas pela execução convencional de uma atividade específica e aquelas geradas por uma execução alternativa da mesma. No contexto da geração de energia elétrica, este processo é ilustrado na 4.

A determinação da carga de emissões específicas de uma parcela ou da integralidade de um sistema energético pode ser realizada através da aplicação de balanços mássicos e/ou energéticos às unidades geradoras que compõem a amostra de referência, no que diz respeito às espécies químicas ligadas ao efeito estufa.

A amostra de referência deve apresentar suficiente aderência e representatividade em relação à atividade do projeto, com limites bem definidos. Dentro das fronteiras da amostra de referência e do projeto são avaliadas as quantidades de combustíveis alimentados, gases emitidos e energia transformada, na forma de balanços.

$$\text{entra} - \text{sai} + \text{gera} - \text{consome} = \text{acúmulo}$$

Uma *referência amostral* deve representar o sistema típico cuja operação é substituída parcial ou integralmente pelo sistema renovável em questão. Um *sistema típico* de geração de energia elétrica é composto por ao menos uma unidade geradora que opera baseada em uma matriz renovável ou fóssil. Uma *unidade geradora* consiste em um sistema fechado de geração de energia elétrica, podendo ser representado por:

- uma pequena célula fotovoltaica com uma geração diária da ordem de alguns Watts hora de energia;
- um gerador de pequeno porte de combustão à diesel com uma geração diária da ordem de alguns Watts hora de energia;
- uma grande hidrelétrica com produção diária na ordem de milhões de Watts hora de energia;
- central termelétrica com produção diária na ordem de milhões de Watts hora de energia.

Uma vez que a emissão de gases de efeito estufa está associada à queima de combustíveis fósseis, é necessário estabelecer uma referência amostral baseada num sistema típico que inclua ao menos uma unidade geradora alimentada por combustível não renovável. O processo de avaliar a capacidade de uma atividade de reduzir emissões atmosféricas de gases de efeito estufa começa pela definição das fronteiras do sistema estudado, ou seja, quais parâmetros serão considerados e quais serão excluídos da análise, juntamente com as razões para tais escolhas. Um sistema bem definido permite estabelecer uma referência amostral representativa de forma adequada. Com os sistemas de referência e de estudo claramente identificados, a etapa seguinte consiste em determinar um modelo que represente as estimativas de emissão para ambas as partes a serem relacionadas.

## 2 Modelos

A carga de emissões de uma unidade geradora é em sua essência estimada na forma da massa de gases de efeito estufa inseridos na atmosfera terrestre durante o processo de transformação da energia disponível sob sua forma química em combustíveis fósseis para a forma de eletricidade distribuída a um sistema energético.

De maneira generalista, todas as unidades de geração termelétrica se baseiam fundamentalmente na combustão de um ou vários hidrocarbonetos em determinadas condições operacionais. A combustão de hidrocarbonetos disponíveis sob a forma de combustíveis fósseis (por exemplo o carvão mineral, gás natural, gasóleo e querosene de aviação) resulta na liberação de energia térmica e na produção de moléculas de gases associados ao efeito estufa, como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). A energia térmica e cinética dos gases de combustão é transformada em energia elétrica através de diversas tecnologias, enquanto os gases da queima são expelidos na atmosfera.

Dessa maneira, uma relação entre a quantidade de eletricidade produzida por uma unidade geradora ( $E$ ) e a quantidade de gases de efeito estufa produzidos ( $m$ ) pode ser estabelecida.

$$m = f(E) \quad (2.1)$$

Uma abordagem simplificada pode ser adotada para descrever essa relação por meio de um fator relacional, aqui descrito como fator de emissão  $\lambda$ .

$$m = \lambda E \quad (2.2)$$

O fator de emissão de gases de efeito estufa de um sistema energético é produto de inúmeros fatores, como, para citar alguns:

- a tecnologia empregada;
- a eficiência do processo;
- o combustível utilizado;
- a geografia do sistema;
- entre outros.

Cada sistema energético possui uma dinâmica própria de complexidade proporcional à quantidade de fatores envolvidos ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) e a modelagem de seu funcionamento consiste da busca pela melhor relação entre precisão e disponibilidade de informação.

$$\lambda = f(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2.3)$$

Determinar o montante de emissões atmosféricas produzidas durante a geração de uma quantia de eletricidade envolve conhecer os principais parâmetros relacionados, de maneira a confeccionar um fator de emissão suficientemente adequado e consistente. Propostas de levantamento de fatores de emissão para sistemas e tecnologias de maior ocorrência foram estudadas nos últimos anos e algumas abordagens são apresentadas no documento *Tool to calculate the emission factor for an electricity system*<sup>1</sup> (UNFCCC, 2018).

A contextualização do cenário em que o sistema de geração renovável está inserido é um importante parâmetro. Nacionalmente, as duas modalidades de geração e distribuição de energia elétrica de maior ocorrência são os Sistemas Interligados e Sistemas Isolados.

## 2.1 Sistemas Interligados (*on-grid*)

No Brasil, o Sistema Interligado Nacional (SIN) consiste em uma rede de captação e fornecimento de energia elétrica que conecta, analisa a demanda e gerencia o abastecimento de grande parte do sistema elétrico industrial e residencial do país. A gestão do fornecimento energético do SIN envolve a operação de unidades geradoras de acordo com a demanda, incluindo a ativação de complexos termelétricos quando a geração de fontes menos emissoras é insuficiente. A Figura 5 apresenta dados históricos da geração de energia elétrica do SIN organizada por fonte energética, segundo os dados registrados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Observa-se que ainda que a maior contribuição energética se origine no sistema hídrico e eólico, as flutuações sazonais intrínsecas à natureza de tais fontes que afetam à geração são reguladas pelo acionamento de usinas alimentadas por combustíveis fósseis, das quais o gás natural aparece com parcela mais representativa.

A determinação da carga de emissões de gases de efeito estufa em sistemas interligados de energia elétrica, também chamados de *on-grid*, baseia-se na ponderação entre a contribuição individual das unidades geradoras de eletricidade e suas respectivas emissões atreladas, como exemplificado no documento da UNFCCC (2018), que apresenta propostas de modelos de estimativa de emissões estruturados da forma abaixo descrita.

<sup>1</sup> [https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-07-v1.1.pdf/history\\_view](https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-07-v1.1.pdf/history_view)

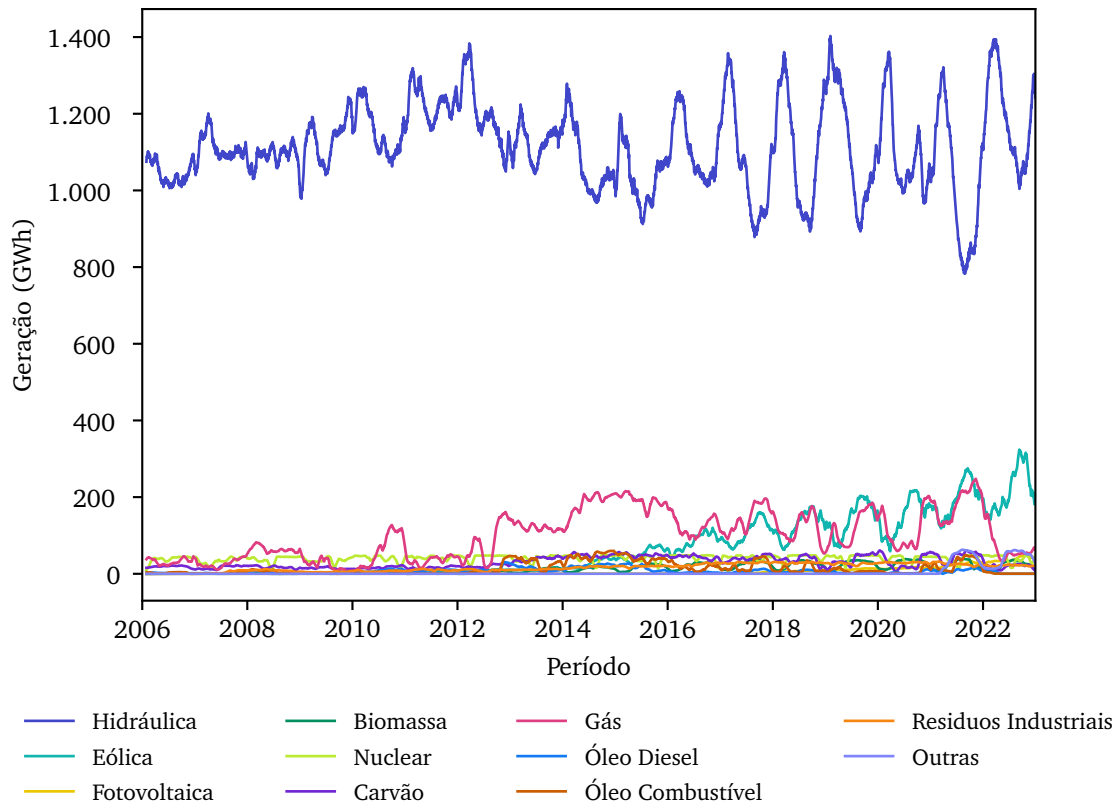


Figura 5 – Histórico de composição da geração de energia no SIN. Adaptado de ONS (2023).

$$\lambda = \frac{\sum_i G_i \cdot \lambda_i}{\sum_i G_i} \tag{2.4}$$

Onde:  $G_i$  = representa a energia elétrica gerada e alimentada ao sistema em um dado período pela unidade geradora  $i$  (MWh);  
 $\lambda_i$  = fator de emissão de  $\text{CO}_2^{\text{eq}}$  da unidade geradora  $i$  (t/MWh);  
 $i$  = unidade geradora que compõe o sistema.

A contribuição individual de cada espécie de unidade geradora pode ser estimada de múltiplas formas. Para casos em que a quantidade de combustível consumido para geração de eletricidade é conhecida, a intensidade de emissão de GEE específica da geração de energia elétrica pode ser aproximada por:

$$\lambda_i = \frac{\sum_i m_{u,i} \cdot e_u \cdot x_{\text{CO}_2,u}}{G_{u,i}} \tag{2.5}$$

Combustível	Fator de emissão efetiva (kg/TJ)		Fator de eficiência padrão (%)	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Carvão mineral	94.600	101.000	35,5	45,0
Óleo Diesel	72.600	74.800	33,0	48,0
Óleo Combustível	75.500	78.800	33,0	48,0
Gás Natural	54.300	58.300	30,0	62,0

Tabela 1 – Fatores de emissão efetiva e de eficiência de combustão para unidades geradoras de energia elétrica. Adaptado de Eggleston et al. (2006), UNFCCC (2020).

- Onde:  $m_{u,i}$  = massa de um combustível  $u$  consumido em uma unidade geradora  $i$  para geração de eletricidade (t);
- $e_u$  = energia específica de um combustível  $u$  (GJ/t);
- $x_{CO_2,u}$  = teor de dióxido de carbono gerado pela combustão de um combustível  $u$  (t/GJ);
- $G_{u,i}$  = energia elétrica gerada pelo combustível  $u$  e alimentada ao sistema em um dado período pela unidade geradora  $i$  (MWh);
- $u$  = tipo de combustível;
- $i$  = unidade geradora que compõe o sistema.

Alternativamente, em casos em que as informações disponíveis se restringem ao montante de energia elétrica gerada por tipo de combustível, a ferramenta propõe a estimativa de emissões específicas na forma de:

$$\lambda_i = \frac{w_{CO_2,u,i} \cdot 3,6}{\eta_i} \quad (2.6)$$

- Onde:  $w_{CO_2,u,i}$  = fator médio de emissão de dióxido de carbono de um combustível  $u$  consumido em uma unidade geradora  $i$  para geração de eletricidade (t/GJ);
- $\eta_i$  = eficiência média de uma unidade geradora  $i$ ;
- $u$  = tipo de combustível;
- $i$  = unidade geradora que compõe o sistema;
- 3,6 = fator de conversão (GJ/MWh).

Para estimativas baseadas em tal modelo, uma estimativa do fator médio de emissão de dióxido de carbono por tipo de combustível e de unidade geradora é sugerida nas Diretrizes para Inventários de Gases de efeito Estufa do IPCC (EGGLESTON et al., 2006).

Os dados apresentados na Tabela 1 se referem à médias baseadas na composição usual dos combustíveis utilizados globalmente na geração de energia elétrica, bem como em



Combustível	Tipo	Taxa de Emissão ( $t_{CO_2^{eq}}/GWh$ )
Carvão mineral	Ciclo Rankine	1.061
Diesel	Motor de combustão	667
Óleo combustível	Motor de combustão	663
Gás natural	Ciclo Brayton	578
Gás natural	Motor de combustão	482
Gás natural	Ciclo combinado	422

Tabela 2 – Taxas (fatores) de emissão de gases de efeito estufa na queima de combustíveis fósseis para geração de energia no SIN. Adaptado de Ferreira et al. (2022).

fatores de eficiência aproximados, que podem apresentar uma ampla variação de acordo com a tecnologia empregada no processo. No Brasil, especificamente, o *Inventário de Emissões Atmosféricas em Usinas Termelétricas*<sup>2</sup> do Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA (FERREIRA et al., 2022) traz uma análise das termelétricas que fazem parte do SIN, com maior aprofundamento no tipo de processo empregado e no combustível utilizado em cada unidade e, com base nessas informações, estima taxas de emissão médias para termelétricas com base no combustível principal e no ciclo de potência empregado.

A Figura 6 apresenta um comparativo entre os fatores de emissão estimados com base nas diferentes abordagens citadas para uma série histórica de geração no SIN. A combinação de fator de emissão alto com baixa eficiência, apresentados na Tabela 1 é denominada IPCC-S (superior), enquanto os valores obtidos para a combinação de fator de emissão baixo e alta eficiência é denominada IPCC-I (inferior). São apresentados também os valores estimados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI-SIN) que, por apresentar uma estimativa baseada no fator de capacidade das usinas, apresentam uma maior variabilidade nos resultados.

Observa-se que a série de emissão específica estimada com base nos dados do IEMA se posiciona na região intermediária entre os limites inferiores e superiores das estimativas obtidas com os parâmetros globais (IPCC-I e IPCC-S), apresentando um ajuste estatístico mais próximo do esperado para estimativas baseadas no uso de dados tier 3 (*i.e.* dados locais), em consonância com as recomendações do IPCC (EGGLESTON et al., 2006).

Por considerar parâmetros específicos de cada espécie de unidade geradora, bem como a composição do SIN, os valores estimados de fator de emissão pelo estudo de Ferreira et al. (2022) (IEMA) demonstram maior representatividade e adequação à estimativa de emissões de gases de efeito estufa, e sua utilização é recomendada na elaboração de projetos de redução de emissões para geração de energia elétrica de fonte renovável *on-grid*.

<sup>2</sup> [https://energiaambiente.org.br/wp-content/uploads/2022/07/IEMA\\_inventariotermeletricas\\_2022.pdf](https://energiaambiente.org.br/wp-content/uploads/2022/07/IEMA_inventariotermeletricas_2022.pdf)

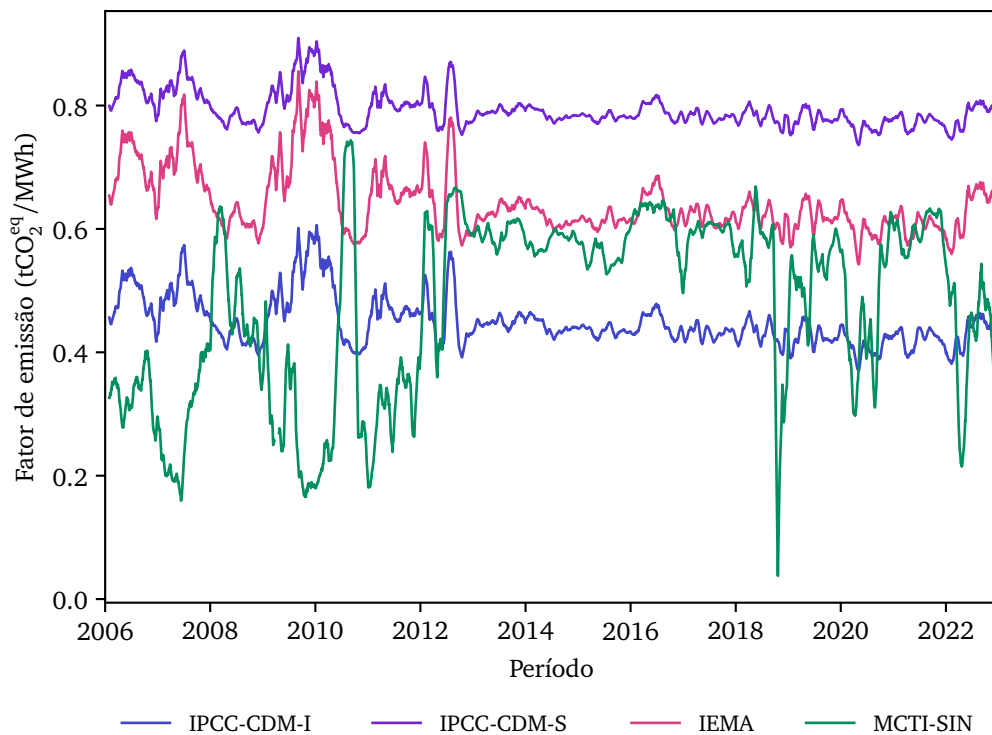


Figura 6 – Comparativo da dinâmica dos fatores de emissão estimados para as unidades emissoras que compõem o SIN. Adaptado de Eggleston et al. (2006), UNFCCC (2018), UNFCCC (2020), Ferreira et al. (2022), ONS (2023).

## 2.2 Sistemas Isolados (*off-grid*)

A modelagem matemática de fatores de emissão empregada em sistemas isolados, conhecidos também como *off-grid*, segue princípios semelhantes àquelas dos sistemas interligados. A principal diferença reside no menor número de unidades geradoras integradas, como pequenas centrais hidrelétricas ou termelétricas, que podem ser compostas de maneira unitária ou multi-componentes. Com um número reduzido e concentrado de pontos de geração e consumo, torna-se mais acessível o levantamento de informações específicas sobre os parâmetros tecnológicos envolvidos, como o tipo de combustível utilizado e a eficiência do sistema ou equipamento.

A abordagem baseada em consumo, via Equação 2.5 ou via balanços de massa e energia do sistema, é a mais recomendada para a estimativa de emissão de gases de efeito estufa em projetos de redução de emissão para geração de energia elétrica de fonte renovável em sistemas *off-grid* por dispor de dados específicos e de maior representatividade estatística.

## 3 Estudo de Caso

A aplicação das abordagens propostas é, nesse momento, exemplificada por meio de estudo de casos típicos de projetos de estimativa de redução de emissões por meio da geração de energia elétrica de matrizes renováveis.

### 3.1 Sistema Isolado

#### 3.1.1 Reaproveitamento energético do biogás da suinocultura industrial

O primeiro caso-modelo proposto se baseia em um sistema de reaproveitamento energético através da biodigestão de resíduos da suinocultura industrial e queima do biogás produzido para geração de energia elétrica utilizada em um complexo industrial regional. Considera-se aqui, um projeto conceitual de uma cadeia de integração de suinocultores industriais dedicada à recepção de resíduos orgânicos em pontos focais onde se encontram unidades de biodigestão de escala industrial. Detalhes do processo de biodigestão e tecnologia empregados na conversão a energia térmica de biogás em energia elétrica não são abordados por serem específicos a cada situação.

O escopo do projeto é dado pela aplicação e pelos valores-base: a energia gerada é empregada na redução da demanda energética do sistema isolado do complexo industrial, considerada para o presente caso como integralmente obtida pela queima de gás natural, enquanto os valores-base de geração energética do sistema de biogás são apresentados na Tabela 3.

Conhecido o histórico de eletricidade fornecida pelo sistema de geração baseado em biogás em detrimento do sistema de gás natural, avança-se para a estimativa de emissões evitadas. A referência amostral para o presente caso hipotético é a redução de utilização de uma caldeira alimentada por fornalha de queima de gás natural. Para estimar a emissão específica (*i.e.* o fator de emissão) do sistema isolado composto por uma unidade de gás

Data	Geração (MWh/dia)
2022-01-01	11,06
2022-01-02	9,04
2022-01-03	9,83
⋮	⋮
2022-01-30	9,16

Tabela 3 – Registro de geração mensal resumido da unidade de reaproveitamento energético de biogás estudada.

Data	Geração (MWh/dia)	Emissão (tCO <sub>2</sub> eq)
2022-01-01	11,06	5,33
2022-01-02	9,04	4,35
2022-01-03	9,83	4,74
⋮	⋮	⋮
2022-01-30	9,16	4,42
<b>Total</b>	<b>307,15</b>	<b>148,05</b>

Tabela 4 – Estimativa de emissão mensal resumida do projeto.

natural, pode-se utilizar um modelo como o dado pela Equação 2.5, onde:

$$\lambda_{gás} = \frac{m_{gás} \cdot e_{gás} \cdot x_{gás}^{CO_2}}{G_{gás}}$$

Onde:  $m_{gás}$  = massa de gás natural consumido na unidade do sistema isolado para geração de eletricidade (t);

$e_{gás}$  = energia específica do gás natural (GJ/t);

$x_{gás}^{CO_2}$  = teor de dióxido de carbono gerado pela combustão do gás natural (t/GJ);

$G_{gás}$  = energia elétrica gerada pela queima do gás natural na unidade geradora (MWh);

Para o presente caso hipotético, admite-se que a relação entre o consumo médio histórico de gás natural na unidade e sua geração média histórica de eletricidade resultam em um fator de emissão médio  $\lambda_{gás}$  de cerca de  $0,482 \text{ t}_{CO_2}^{eq} \text{ MW h}^{-1}$ . Para o primeiro dia da série de dados analisada, a massa de dióxido de carbono equivalente é estimada então pela Equação 2.2, aberta na sequência.

$$m_{n=1}^{CO_2^{eq}} = E_{n=1} \lambda_{gás}$$

$$m_{n=1}^{CO_2^{eq}} = 11,06 \text{ MW h} \cdot 0,482 \frac{\text{t}_{CO_2^{eq}}}{\text{MWh}} = 5,33 \text{ t}_{CO_2^{eq}}$$

Aplicando a operação à todos os valores registrados, obtém-se a estimativa de redução de emissões promovida pelo sistema de geração renovável utilizado no período de tempo analisado, apresentada na Tabela 4.

Para o período de um mês avaliado no projeto, estimou-se que a emissão de gases de efeito estufa evitada pela queima de gás natural para a geração de energia elétrica foi de **148** toneladas de dióxido de carbono equivalente. Isso foi possível graças ao fornecimento de cerca de 307 MW h de energia elétrica ao sistema isolado, obtidos através da queima

de biogás produzido pela biodigestão de dejetos suínos do caso hipotético proposto. Toda energia considerada nesta estimativa foi fornecida à rede isolada do complexo industrial local. Excedentes de geração ou consumo relacionados a sistema interligados não devem ser considerados nesta abordagem.

## 3.2 Sistema Interligado

### 3.2.1 Geração fotovoltaica

O segundo caso-modelo proposto representa a avaliação da redução da emissão de gases de efeito estufa promovida pela geração de energia elétrica em unidades fotovoltaicas e sua distribuição por meio do Sistema Interligado Nacional. Considera-se aqui um projeto conceitual composto por múltiplas unidades geradoras de energia elétrica fotovoltaica que integram um consórcio produtor. A estimativa de redução de emissões para o presente caso se baseia na energia elétrica gerada e alimentada ao sistema interligado.

Assim, o primeiro passo na elaboração da estimativa é quantificar o volume de energia fornecida ao *grid*, com base em registros oficiais fornecidos pela distribuidora de energia local. A Tabela 5 representa as informações relevantes à elaboração de uma estimativa de redução de emissão conforme um histórico de geração.

Data	UG-1 (MWh/dia)	UG-2 (MWh/dia)	UG-3 (MWh/dia)	...	UG-N (MWh/dia)	Geração Total (MWh/dia)
2022-03-01	0,283	0,591	0,189	...	0,044	51,271
2022-03-02	0,291	0,608	0,194	...	0,045	52,736
2022-03-03	0,319	0,668	0,213	...	0,049	57,937
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2022-03-31	0,308	0,643	0,205	...	0,047	55,801
<b>Total</b>	<b>9,425</b>	<b>19,705</b>	<b>6,300</b>	...	<b>1,468</b>	<b>1.707,58</b>

Tabela 5 – Resumo de geração fotovoltaica em múltiplas unidades que compõem um projeto.

Observa-se que, conhecendo o histórico de geração de energia individual de cada unidade produtora, pode-se estimar a geração total do projeto no período de referência. Com um histórico de geração integral para um dado período base, passa-se para a estimativa de coeficientes de emissão relativos. Para o presente caso em estudo, utilizar-se-á o banco de dados de acesso público do *Histórico de Operação - Geração de Energia*<sup>1</sup> do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), organizados em formato resumido na Tabela 6 para o período de referência, por tipo de termelétrica e na sua soma.

<sup>1</sup> [https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao\\_energia.aspx](https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx)

Data	Carvão (MWh)	Gás Natural (MWh)	Óleo Combustível (MWh)	Óleo Diesel (MWh)	Geração Termelétrica (MWh)
2022-03-01	31,81	78,64	0,00	10,25	120,70
2022-03-02	28,73	78,98	0,00	11,43	119,13
2022-03-03	29,89	83,40	0,01	11,54	124,84
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2022-03-31	7,71	50,08	0,07	4,75	62,60

Tabela 6 – Resumo da geração de energia por categoria de termelétrica componente do SIN no período analisado.

Data	Carvão (t)	Gás Natural (t)	Óleo Combustível (t)	Óleo Diesel (t)	Geração Termelétrica (MWh)	Emissão Termelétrica (t)
2022-03-01	33,75	37,96	0,00	6,84	120,70	78,55
2022-03-02	30,48	38,13	0,00	7,62	119,13	76,23
2022-03-03	31,71	40,26	4,35	7,70	124,84	79,68
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2022-03-31	8,18	24,18	0,04	3,16	62,60	35,57

Tabela 7 – Resumo da estimativa de emissão diária por categoria termelétrica ao SIN no período analisado.

Conhecida a contribuição de cada tipo de termelétrica integrante do SIN na geração de eletricidade, pode-se agora estimar o montante de emissões atreladas a tal geração no período base através de fatores de emissão específicos, como os abordados na Tabela 2. Para o dia 01/03/2022, a contribuição das termelétricas baseadas em carvão é dada por:

$$m_{car}^{CO_2^{eq}} = 31,81 \text{ MWh} \cdot 1.061 \frac{t_{CO_2^{eq}}}{GWh} \cdot \frac{1 \text{ GWh}}{1000 \text{ MWh}} = 33,75 t_{CO_2^{eq}}$$

Enquanto a contribuição das termelétricas de gás natural pode ser estimada por:

$$m_{gas}^{CO_2^{eq}} = 78,64 \text{ MWh} \cdot 482 \frac{t_{CO_2^{eq}}}{GWh} \cdot \frac{1 \text{ GWh}}{1000 \text{ MWh}} = 37,96 t_{CO_2^{eq}}$$

Aplicando os fatores específicos às gerações diárias de cada tipo termelétrica, obtêm-se uma estimativa de emissão diária para a energia elétrica fornecida ao SIN, apresentada na Tabela 7.

A razão entre estimativa de emissão total proveniente de termelétricas e a energia elétrica total fornecida por tais ao SIN corresponde ao fator de emissão de referência. Para o dia 01/03/2022, o fator de emissão é dado por:

Data	Geração Termelétrica (MWh)	Emissão Termelétrica (t)	Fator de Emissão (t/MWh)
2022-03-01	120,70	78,55	0,6508
2022-03-02	119,13	76,23	0,6399
2022-03-03	124,84	79,68	0,6382
⋮	⋮	⋮	⋮
2022-03-31	62,60	35,57	0,5681

Tabela 8 – Resumo da estimativa do fator de emissão diário da contribuição termelétrica ao SIN no período analisado.

Data	Total (MWh/dia)	Fator de Emissão (t/MWh)	Emissão Estimada (t/dia)
2022-03-01	59,77	0,6508	38,90
2022-03-02	59,63	0,6399	38,16
2022-03-03	51,29	0,6382	32,73
⋮	⋮	⋮	⋮
2022-03-31	52,40	0,5681	29,77
<b>Soma</b>	-	-	<b>1.026,32</b>

Tabela 9 – Resumo da estimativa de emissão evitada durante o período analisado.

$$\lambda = \frac{78,55 \text{ t}_{\text{CO}_2^{\text{eq}}}}{120,70 \text{ MWh}} = 0,6508 \frac{\text{t}_{\text{CO}_2^{\text{eq}}}}{\text{MWh}}$$

A Tabela 8 apresenta um resumo dos fatores de emissão estimados para o período de referência analisado.

Com base nos fatores de emissão estimados para o período analisado, a estimativa de redução das emissões devido à geração de energia elétrica renovável em um sistema interligado pode ser calculada multiplicando a quantidade de energia gerada pelo respectivo fator de emissão. Para o dia 01/03/2022, o fator de emissão é determinado por:

$$m^{\text{CO}_2^{\text{eq}}} = 51,27 \text{ MWh} \cdot 0,6508 \frac{\text{t}_{\text{CO}_2^{\text{eq}}}}{\text{MWh}} = 38,90 \text{ t}_{\text{CO}_2^{\text{eq}}}$$

A Tabela 9 apresenta um resumo da estimativa de emissão evitada pela energia elétrica renovável gerada pelas unidades integrantes do projeto, no período de referência.

A soma das emissões obtidas em base diária no período de 01/03/2022 a 31/03/2022 corresponde ao total de redução de emissões estimada para o caso estudado, correspondendo a **1.026,32 toneladas** de dióxido de carbono equivalente.

## 4 Orientações Gerais

Condições para certificação de projetos de redução de emissões elaborados com base no presente documento:

- O projeto deve, de seu início à sua conclusão, apresentar adequação às diretrizes e regras estabelecidas pelo padrão Triple C Protocol<sup>®</sup>;
- O projeto deve, de seu início à sua conclusão, ser conduzido no sistema de gestão de projetos da certificadora Lux Carbon Standard – LuxCS<sup>®</sup>, onde toda comunicação e ação entre quaisquer partes envolvidas no processo é registrada e compõe o histórico do ativo gerado;
- Todas as partes envolvidas devem se encontrar em conformidade com os requerimentos e obrigações estabelecidas nos respectivos editais disponibilizados pela certificadora Lux Carbon Standard – LuxCS<sup>®</sup>;
- O projeto deve, de seu início à sua conclusão, seguir o conjunto de etapas e procedimentos estabelecidos pelo padrão Triple C Protocol<sup>®</sup>
- O projeto deve apresentar máximo rigor na sua fundamentação material;
- Apresentar histórico de leituras anuais, mensais, semanais ou diárias da geração disposta na rede de distribuição registrada pela empresa/órgão distribuidor local (*on-grid*);
- Toda e qualquer suposição utilizada na elaboração das estimativas deve ser referenciada e/ou justificada e fundamentada.



# Referências

EGGLESTON, H. et al. 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories. 2006. 23, 24, 25

FERREIRA, A. et al. Inventario de emissões atmosféricas em usinas termelétricas. *Instituto de Energia e Meio Ambiente IEMA*, 2022. 24, 25

ONS. *Operador Nacional do Sistema Elétrico*. 2023. Disponível em: <[https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao\\_energia.aspx](https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx)>. 22, 25

UNFCCC. *Tool to calculate the emission factor for an electricity system*. United Nations Framework Convention on Climate Change, 2018. Disponível em: <[https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v1.1.pdf/history\\_view](https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v1.1.pdf/history_view)>. 21, 25

UNFCCC. *Determining the baseline efficiency of thermal or electric energy generation systems*. United Nations Framework Convention on Climate Change, 2020. Disponível em: <<https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-09-v3.0.pdf>>. 23, 25