

Fatores de Emissão para Emissões Financiadas no Brasil

Estudo Comparativo

Base Brasileira de Fatores de Emissão vs. PCAF/EXIOBASE

Estudo preparado pela DEEP para o Grupo de
Trabalho de Emissões Financiadas da Febraban

Maio de 2026



Fatores de Emissão para Emissões Financiadas no Brasil

Realização:

DEEP

Arthur Covatti

CEO

Gleice Rodrigues

Líder de Carbono

Lucas Tozetti

Head de Serviços

Mauro Zackiewicz

Head de P&D

FEBRABAN – Federação Brasileira de Bancos

Amaury Oliva

Diretor de Sustentabilidade, Cidadania Financeira,
Relações com o Consumidor e Autorregulação

Cintia Oller Cespedes

Gerente de Sustentabilidade

Juan Manuel Pereira Saeta

Assessor de Sustentabilidade

Thaís Naves Tannús

Assessora de Sustentabilidade

Diagramação:

João Victor Franco

Sthefania Silva

Índice

SUMÁRIO EXECUTIVO	4
INTRODUÇÃO	7
O PADRÃO PCAF E O CONTEXTO BRASILEIRO	9
ARCABOUÇO METODOLÓGICO DAS DUAS BASES DE DADOS	12
POR QUE O BRASIL É UM CASO ESPECIAL	21
ANÁLISE EMPÍRICA COMPARATIVA	24
ANÁLISE APLICADA: PORTFÓLIO DO BANCO MODELO S.A.	32
A INFRAESTRUTURA FEBRABAN DEEP	37
IMPLICAÇÕES PARA O MERCADO FINANCEIRO	39
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	44



Sumário

Executivo



Araras

Sumário Executivo

O sistema financeiro brasileiro enfrenta um desafio relevante de qualidade de dados na mensuração de emissões financiadas. Embora o padrão *Partnership for Carbon Accounting Financials (PCAF)* ofereça uma metodologia consolidada e amplamente adotada, as bases de fatores de emissão internacionais disponíveis foram construídas a partir de economias com estruturas produtivas, energéticas e setoriais distintas da brasileira. Como resultado, obtêm-se estimativas consistentes do ponto de vista metodológico, mas com possíveis limitações nos dados de entrada, com diferenças que variam de forma assimétrica entre setores.

A Febraban, em parceria com a DEEP, desenvolveu a **Base Brasileira de Fatores de Emissão** seguindo as mesmas metodologias de Matriz Insumo Produto (em inglês: *EEIO*) consolidadas internacionalmente que fundamentam o PCAF — a inversa de Leontief aplicada a uma matriz insumo-produto e a um vetor de emissões setoriais —, porém calibrada com dados primários nacionais: a Matriz Insumo-Produto do **IBGE** e o Inventário Nacional de Emissões do **MCTI**. O resultado é um arcabouço metodologicamente comparável ao padrão

internacional, mas estruturalmente aderente à economia brasileira.

Este estudo realiza uma comparação empírica entre duas abordagens. De um lado, a base EXIOBASE v3.9 (conceito detalhado no item 3.3) utilizada pelo PCAF, em suas versões Regional (média de economias emergentes) e Nacional (Brasil), calibrada com potenciais de aquecimento global do Intergovernmental *Panel on Climate Change (IPCC) AR5*. De outro, a Base Brasileira de Fatores de Emissão, desenvolvida a partir da Matriz Insumo-Produto brasileira (IBGE/NEREUS) e do Inventário Nacional de Emissões do MCTI, calibrada em AR6 e desagregada até o nível de 1.332 subclasses da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE).

A análise empírica, conduzida sobre o conjunto completo de subclasses da CNAE, mostra que as divergências entre as bases são estruturais e heterogêneas. A base Exiobase Regional tende a superestimar a maioria das CNAEs brasileiras, especialmente em Escopos 1 e 2, ao mesmo tempo em que subestima setores específicos, como resíduos, agropecuária e siderurgia de ferro-gusa. Essas diferenças não são uniformes: variam por setor, por escopo e por direção, e não podem ser



representadas por um fator médio de correção. Em termos agregados, os efeitos podem se compensar em carteiras diversificadas, mas, em nível setorial, atingem ordens de magnitude que afetam diretamente a identificação de atividades intensivas em carbono.

Parte dessas divergências decorre de características estruturais da economia brasileira. Destacam-se a matriz elétrica predominantemente renovável, que reduz as emissões de Escopo 2 em relação à média internacional; o peso das emissões associadas à mudança de uso da terra (LULUCF - conceito detalhado no item 4.3) no inventário nacional; e a estrutura logística e produtiva do país, distinta da média das economias emergentes. Outra parte relevante decorre de diferenças metodológicas entre as abordagens. A Base Brasileira de Fatores de Emissão adota uma estrutura monorregional, com fechamento contábil completo do inventário nacional e alocação explícita de categorias como LULUCF às atividades econômicas. A base PCAF/EXIOBASE, por sua vez, utiliza uma modelagem multirregional, com exclusão deliberada de LULUCF e representação explícita do comércio internacional. Assim, uma fração das diferenças observadas deve ser interpretada como diferença de fronteira analítica, e não como erro de mensuração em sentido estrito.

A granularidade setorial é outro elemento central. Enquanto a Base Brasileira de Fatores de Emissão opera no nível de subclasse da CNAE, compatível com o arcabouço regulatório brasileiro e com aplicações de risco por contraparte, o PCAF/EXIOBASE utiliza agregações amplas, limitadas a um número reduzido de setores. Essa diferença afeta diretamente a capacidade de discriminação de risco, a identificação de hotspots e a aderência

operacional às exigências regulatórias.

A comparação indica que, para aplicações centradas no mercado doméstico — especialmente aquelas alinhadas à regulação brasileira e à gestão de risco por contraparte — o uso de fatores de emissão derivados da estrutura produtiva nacional tende a oferecer maior aderência às diferenças setoriais relevantes. Essa aderência decorre da combinação entre o uso da Matriz Insumo-Produto do IBGE, a consistência com o Inventário Nacional do MCTI e a elevada granularidade setorial. Ao mesmo tempo, essa abordagem envolve escolhas metodológicas específicas, como a alocação de LULUCF, que devem ser explicitamente reconhecidas.

A principal conclusão do estudo é que a escolha da base de fatores de emissão constitui uma decisão material para o sistema financeiro. Ela afeta o nível de emissões financiadas reportadas, a distribuição setorial dessas emissões e a interpretação do risco climático das carteiras.

No contexto brasileiro, a utilização de bases alinhadas à estrutura produtiva nacional tende a produzir resultados mais aderentes à realidade doméstica, desde que suas hipóteses e limitações sejam claramente explicitadas.



1

Introdução



1. Introdução

A mensuração das emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas às carteiras de crédito e investimento tornou-se, nos últimos anos, um imperativo estratégico e regulatório para o sistema financeiro brasileiro. Até 2025, 14 instituições financeiras signatárias do **Partnership for Carbon Accounting Financials (PCAF)** comprometeram-se a medir e divulgar progressivamente suas emissões financiadas de forma anual, grupo que inclui os cinco maiores bancos do país por ativos totais.

O arcabouço regulatório tem avançado de forma consistente. A Resolução BCB n.º 139/2021 e a Resolução CMN n.º 4.943/2021 introduziram a obrigatoriedade do Gerenciamento de Riscos Socioambientais e Climáticos (GRSAC) para instituições financeiras. A Taxonomia Sustentável Brasileira (MF/MMA, 2024) e o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE, Lei 15.042/2024) são ambos estruturados por CNAE, reforçando a necessidade de fatores de emissão com esse nível de granularidade.

O padrão PCAF oferece equações padronizadas para a mensuração de emissões financiadas, mas a metodologia por si só não garante comparabilidade: os dados de entrada, especialmente os fatores de emissão setoriais usados quando não há inventários primários disponíveis, variam significativamente dependendo da fonte escolhida. Este estudo quantifica essas divergências para o Brasil.

A organização do documento é a seguinte: a Seção 2 descreve o padrão PCAF e o contexto regulatório. A Seção 3 apresenta o arcabouço metodológico das duas abordagens comparadas, incluindo uma nota sobre as diferenças de *Global Warming Potential* (GWP). A Seção 4 examina as características estruturais da economia brasileira que tornam o país um caso específico. A Seção 5 apresenta a análise empírica comparativa. A Seção 6 ilustra as divergências com um portfólio fictício. As Seções 7 e 8 apresentam a infraestrutura Febraban | DEEP e suas implicações.

Resolução BCB n.º 139/2021
Regulamenta o Relatório GRSAC, obrigando instituições financeiras a divulgarem seus riscos sociais, ambientais e climáticos. O foco é a transparência e a resiliência do setor frente a crises de sustentabilidade.

Lei n.º 15.042/2024 (SBCE)
Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), regulamentando o mercado de carbono no país para cumprir metas climáticas internacionais.



O Padrão PCAF e o Contexto Brasileiro



2.1 A Categoria 15 e o Padrão PCAF

O Protocolo GHG (*Greenhouse Gas Protocol Corporate Value Chain, Scope 3 Standard, WRI/WBCSD, 2013*) define, em sua Categoria 15, que investidores e credores devem contabilizar as emissões das contrapartes proporcionalmente à sua participação financeira. O *Partnership for Carbon Accounting Financials (PCAF)* traduziu esse conceito em uma norma operacional aplicável a seis classes de ativos por meio do documento *The Global GHG Accounting and Reporting Standard for the Financial Industry (PCAF, 2022)*.

Para operacionalizar o padrão, o PCAF estruturou uma escala de qualidade dos dados (*Data Quality Score, DQS*) de 1 a 5. A DQS 4 corresponde a “emissões estimadas com base em fatores físicos médios setoriais” e a DQS 5 a “estimativas com base em fatores econômicos setoriais”. Quando a instituição financeira dispõe apenas de receita ou do valor do ativo da contraparte, as únicas alternativas operacionais são a DQS 4 ou 5, e isso vale para a ampla maioria das carteiras no Brasil.

Score	Descrição	Dados necessários	Equação principal
1	Inventário GEE auditado + dados financeiros	Inventário auditado, PL+Dívida ou EVIC	$(\text{Saldo}/\text{EVIC}) \times \text{Inventário auditado}$
2	Inventário GEE não auditado + dados financeiros	Inventário não auditado, PL+Dívida ou EVIC	$(\text{Saldo}/\text{EVIC}) \times \text{Inventário não auditado}$
3	Dados primários de produção ou energia	Consumo de energia ou produção física da empresa	$(\text{Saldo}/\text{EVIC}) \times \text{Produção} \times \text{FE}/\text{unidade}$
4	Emissão setorial estimada + dados financeiros	Receita e PL+Dívida, fator de emissão setorial	$(\text{Saldo}/\text{EVIC}) \times \text{Receita} \times \text{FE}/\text{receita}$
5	Emissão setorial estimada + ATR setorial	Apenas saldo devedor e CNAE	$\text{Saldo} \times \text{ATR} \times \text{FE}/\text{receita}$

Tabela 1 — Hierarquia de qualidade de dados do padrão PCAF - tabela simplificada. Fonte: PCAF Global GHG Accounting and Reporting Standard, 2.a ed. (2022).



2.1 A Categoria 15 e o Padrão PCAF

Do ponto de vista do balanço financeiro climático, fatores de emissão são tanto *inputs* contábeis quanto *inputs* de risco. Três efeitos merecem destaque.

- **Efeito alavancagem:** o fator de emissão entra linearmente na fórmula de emissão financiada. Um erro de 3× no fator gera um erro de 3× no reporte. Em carteiras com alta exposição a setores *high-emitting*, isso altera o nível reportado e a direção da série temporal.

- **Efeito de hotspot:** fatores com maior granularidade permitem identificar CNAEs específicos como *hotspots*, condição necessária para a construção de planos de transição creditícia e para o direcionamento de produtos de finanças sustentáveis.

- **Efeito de risco:** a modelagem de risco climático (cenários NGFS, *stress tests* do BCB) consome os fatores de emissão como insumo para cenarização. Fatores regionais agregados induzem homogeneização indesejada entre perfis de risco muito distintos.

Uma mesma carteira pode apresentar diferenças de mais de 50% na emissão financiada reportada conforme a base escolhida. A decisão metodológica é, portanto, materialmente financeira.



Cavião-belo



3

Arcabouço Metodológico das duas Bases de Dados



3.1

Fundamento comum: o modelo EEIO e a inversa de Leontief

Ambas as abordagens partem do mesmo modelo econômico fundamental, a matriz insumo produto ambientalmente estendida (em inglês: *Environmental Extended Input Output Matrix*).

A Matriz Insumo Produto no seu formato puro é uma representação linear de uma economia. Ela incorpora todas as relações econômicas de compra e venda entre os setores de uma economia. A extensão ambiental justamente incorpora os dados de emissão dessa economia, permitindo então o cálculo de fatores de escopo 3.

A principal diferença de uma base de dados nacional para uma base de dados genérica é a escolha da matriz insumo produto e dos dados de emissão.

No caso da Febraban | DEEP, para a construção de uma base de dados nacional, foi utilizada a Matriz Insumo-Produto brasileira (IBGE/NEREUS) e do Inventário Nacional de Emissões do MCTI.

Consideramos que esses dados são os mais representativos e oficiais disponíveis, e contam com ampla acreditação e escrutínio público e são base de diversos compromissos internacionais do Brasil como estado-nação, além de políticas públicas relacionadas a economia e clima.



Guaraná-cipó

NEREUS

O **NEREUS** é um **Núcleo de pesquisa da Universidade de São Paulo – USP** - amplamente reconhecido pelo trabalho de longa data em cima da **Matriz Insumo Produto Brasileira**. A **DEEP** utiliza os dados oficiais (do IBGE) e incorpora várias das boas práticas desenvolvidas e publicadas pelos pesquisadores do NEREUS;

MCTI

O **MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação)** é o órgão federal responsável pela elaboração do Inventário Nacional de Emissões de GEE, submetido pelo Brasil à **UNFCCC** no âmbito das Comunicações Nacionais. Os resultados são publicados via **SIRENE (Sistema de Registro Nacional de Emissões)**, instituído pelo Decreto nº 9.172/2017 como sistema oficial brasileiro de MRV (Monitoramento, Relato e Verificação). A metodologia segue as diretrizes do IPCC e cobre todos os setores e gases relevantes, com série histórica desde 1990. A **DEEP** utiliza esses dados como base de emissões da extensão ambiental da matriz.



Abaixo é feita uma breve derivação da construção de bases de dados de fatores de emissão destacando exatamente onde estão as diferenças entre a Base Brasileira de Fatores de Emissão e a Base de Fatores Internacionalmente Construída.

Seja **A** uma matriz **n×n** de coeficientes técnicos (consumo intermediário de cada setor por unidade de produção);

$$A_{n \times n} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Seja "**y**" o vetor de demanda final por setor;

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

O vetor de produção bruta "**x**" que satisfaz a demanda é dado por:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} ; x = (I - A)^{-1}y$$

Onde **(I - A)⁻¹** é a inversa de *Leontief*.

Se "**f**" é um vetor linha com a emissão direta (Escopo 1) por unidade de produção, o fator total por unidade de demanda final é:

$$f = [f_1 \quad \cdots \quad f_n] ; e = f(I - A)^{-1}$$

Os multiplicadores ambientais de *Leontief*.



A separação em escopos é obtida decompondo f em seus componentes: emissão direta do processo (S1), emissões associadas à eletricidade comprada (S2) e demais componentes do inverso de *Leontief* (S3 upstream). Essa é a convenção adotada tanto pelo PCAF quanto pela Base Brasileira de Fatores de Emissão, e é metodologicamente consistente com o *Corporate Value Chain Standard* do GHG Protocol.

Cabe registrar, portanto, que a Base Brasileira de Fatores de Emissão e as bases internacionais utilizadas pelo PCAF **compartilham o mesmo arcabouço metodológico de fundo**: a abordagem EEIO de *Leontief*, com a separação de escopos S1/S2/S3 derivada do GHG Protocol.

A diferença entre as bases não está na metodologia, mas nas fontes de dados primários: enquanto o PCAF/EXIOBASE alimenta o modelo com a EXIOBASE multirregional global (para a “matriz A”), a Base Brasileira utiliza a Matriz Insumo-Produto do IBGE (para a “matriz A”) e o Inventário Nacional do MCTI (para o “vetor f”) — preservando, assim, a comparabilidade metodológica com o padrão internacional, porém com aderência à estrutura produtiva nacional.

3.2 Base Brasileira de Fatores de Emissão

Construção da Matriz Insumo-Produto

A Base Brasileira de Fatores de Emissão é construída sobre a Matriz Insumo-Produto (MIP) brasileira derivada das Tabelas de Recursos e Usos (TRU) do Sistema de Contas Nacionais do IBGE. O procedimento implementa a metodologia Guilhoto-Sesso Filho (2005, 2010), adaptada por Batista (2020) para a estrutura atual das TRU brasileiras (128 produtos × 68 setores).

O processo parte das planilhas oficiais do IBGE (nível 68) e extrai: matriz de consumo intermediário (CI), matriz de demanda final, vetor de produção, importações e componentes do valor adicionado. A conversão de preços de mercado para preços básicos remove importações, impostos indiretos (ICMS, IPI), margens de comércio e margens de transporte, via a identidade: Preço básico = Preço de consumidor - Importações - Impostos - Margens.



O resultado é uma série anual de matrizes produto × produto (PxP) para o período 2010–2021. A metodologia reproduz matrizes idênticas às obtidas pelo NEREUS/USP, assegurando que a matriz preserve as propriedades estruturais da economia brasileira.

Projeção temporal

Para a versão com granularidade CNAE (a base utilizada na Ferramenta Febraban | DEEP), a projeção temporal dos fatores a partir do ano-base 2020 é realizada mediante a aplicação de um deflator único, preservando a estrutura tecnológica da MIP observada. Esse procedimento é metodologicamente aceitável para atualizações de curto prazo, embora não capture mudanças na estrutura insumo-produto entre setores.

Vetor ambiental e fechamento contábil

O vetor ambiental f é derivado diretamente do Inventário Nacional de Emissões e Remoções de GEE publicado pelo MCTI, organizado pelas categorias do IPCC: Energia (Cat. 1), IPPU (Cat. 2), Agropecuária (Cat. 3), LULUCF (Cat. 4) e Resíduos (Cat. 5).

A Base Brasileira de Fatores de Emissão aplica fechamento contábil completo: todas as emissões nacionais, incluindo LULUCF, são alocadas a alguma atividade econômica por chaves de atribuição físicas. A soma dos Escopos 1 ponderados pela produção setorial, mais as emissões atribuídas ao consumo final, reconstrói o inventário agregado nacional.

A alocação das emissões do inventário segue as categorias IPCC. As emissões de LULUCF são distribuídas às atividades agropecuárias que pressionam as áreas de desmatamento no Brasil. As emissões de combustíveis de uso doméstico e veicular pelo consumidor pessoa física são atribuídas ao consumo final das famílias, fora do escopo intersetorial, preservando o fechamento contábil sem duplicar contagem no cálculo do Escopo 3.



Mapeamento para CNAEs

O mapeamento entre os 128 produtos da MIP e os 1.332 códigos CNAE (subclasse, 7 dígitos) é construído por vetores de especialização produtiva derivados da RAIS/CAGED, ponderados pelo valor da produção setorial. Essa etapa permite que diferentes CNAEs dentro do mesmo produto recebam fatores específicos sempre que for possível rastrear intensidades de emissão distintas. Esse rastreamento foi feito utilizando sempre dados primários e/ou oficiais de produção / consumo obtidos pela equipe de pesquisa da DEEP. Os fatores são expressos em tCO₂e/BRL de preços correntes, para os três escopos.

3.3 PCAF/EXIOBASE

A base PCAF é construída sobre a EXIOBASE v3.9, uma MRIO (Multi-Regional Input-Output) global que cobre 44 países mais 5 agrupamentos regionais de resto do mundo, desagregada em 200 produtos e 163 indústrias, e expressa em euros de 2019. O vetor de emissões utiliza fontes internacionais: IEA (combustão), EDGAR e PRIMAP (não-combustão), FAO/FAOSTAT (agropecuária) e USGS (mineração).

A metodologia PCAF (PCAF, 2023) segue os passos: (1) extração do vetor de intensidade de emissão por setor e país; (2) construção de médias ponderadas pela receita setorial para grupos regionais (UE, Economias Avançadas e Economias Emergentes, onde o Brasil se insere, com China, Índia, Indonésia etc.); (3) remoção de outliers a 3σ; (4) conversão EUR→USD ao câmbio médio anual; (5) ajuste temporal por inflação setorial e variação cambial, preservando as intensidades físicas do ano-base 2022.

Como explicita a própria documentação do PCAF, o fator Regional para o Brasil não representa o Brasil: ele é dominado por China e Índia, países com matrizes energéticas e estruturas produtivas muito distintas das brasileiras. Apesar de existir uma base de dados para Brasil, o PCAF recomenda preferir o Regional em países não-OCDE porque reconhece que a EXIOBASE possui menor disponibilidade de dados primários nesses países, depende de interpolações e está sujeita a erros não-controlados.



3.4

Nota sobre GWP: AR5 versus AR6

A diferença entre os potenciais de aquecimento global (GWP) adotados nas duas bases constitui uma fonte adicional de divergência, mas de magnitude claramente secundária frente aos demais fatores estruturais discutidos neste estudo. A Base Brasileira de Fatores de Emissão utiliza os coeficientes mais recentes do *Intergovernmental Panel on Climate Change*, baseados no AR6 (2021), enquanto a base PCAF/EXIOBASE permanece ancorada no AR5 (2013), herdado diretamente da EXIOBASE v3.9. As diferenças numéricas entre essas convenções são relativamente pequenas para a maioria dos gases, mas não desprezíveis: no caso do óxido nitroso (N₂O), por exemplo, o fator aumenta de 265 no AR5 para 273 no AR6, implicando um acréscimo da ordem de 3%.

Esse efeito incide principalmente sobre setores com maior intensidade de emissões de N₂O, como agropecuária e produção de fertilizantes. Ainda assim, quando propagado para fatores de emissão econômicos e posteriormente para carteiras financeiras típicas, o impacto agregado tende a ser limitado, tipicamente inferior a 2%. Do ponto de vista metodológico, é possível recalcular os fatores da Base Brasileira de Fatores

de Emissão em termos de AR5, o que permitiria isolar completamente essa componente e tornar a comparação estritamente homogênea. Exercícios preliminares indicam que essa harmonização altera marginalmente os resultados, reforçando o caráter de segunda ordem dessa diferença.

Há, entretanto, um argumento de natureza estratégica: iniciar a série de dados brasileira já alinhada ao AR6 constitui uma vantagem institucional relevante. O AR6 representa o estado da arte científico consolidado pelo IPCC e tende a se tornar a referência dominante em divulgações climáticas, taxonomias sustentáveis e padrões contábeis internacionais nos próximos anos. **A adoção precoce evita a necessidade de revisões retroativas da série histórica**, preserva a comparabilidade intertemporal dos dados e antecipa o alinhamento do sistema financeiro brasileiro às convenções mais recentes. Nesse sentido, ainda que o impacto quantitativo imediato seja pequeno, a escolha do AR6 é consistente com uma estratégia de longo prazo orientada à convergência regulatória e à robustez metodológica.





3.5

Quadro-resumo: Diferenças estruturais

Dimensão	Base Brasileira de Fatores de Emissão	PCAF/EXIOBASE
MIP de base	MIP Brasil (IBGE/NEREUS), 128 produtos × 68 setores, ano-base 2020	EXIOBASE v3.9 (MRIO global), 200 produtos × 163 indústrias, ano-base 2019
Escopo geográfico	Monorregional (Brasil); importações tratadas como produção doméstica	Multirregional (44 países + 5 RoW); comércio internacional modelado explicitamente
Granularidade final	1.332 subclasses CNAE (7 dígitos)	17 setores ISIC (+200 produtos EXIOBASE com mapeamento para CNAE não disponibilizado)
Vetor de emissões	Inventário Nacional do MCTI; fechamento contábil completo; GWP-AR6	IEA, EDGAR, PRIMAP, FAO, USGS; calibração global; GWP-AR5
LULUCF	Incluído e alocado a atividades econômicas em linha com o Inventário Nacional	Excluído por decisão metodológica detalhado no item 4.3 (PCAF, 2023, Annex I)
Consumo das famílias	Incluído fora da matriz intersetorial, preservando o fechamento contábil	Não incluído (recorte de produção, não de consumo)
Projeção temporal (versão CNAE)	Deflator único aplicado ao ano-base 2020 (versão CNAE/Febraban)	Inflação setorial + câmbio EUR/USD; sem atualização do vetor físico
Unidade do fator	tCO ₂ e / BRL correntes	kgCO ₂ e / EUR correntes (publicado); convertido para tCO ₂ e/BRL pelos usuários

Tabela 2 — Diferenças estruturais entre Base Brasileira de Fatores de Emissão e PCAF/EXIOBASE.



4

Por que o Brasil é
um Caso Especial



Quatro características estruturais da economia brasileira explicam por que os fatores de emissão nacionais divergem sistematicamente das médias globais e por que o Exiobase Regional, dominado por China e Índia, é um proxy inadequado para a maioria dos setores brasileiros.

4.1 Matriz Elétrica Predominantemente Renovável

O Brasil gera aproximadamente 89% de sua eletricidade a partir de fontes renováveis (hidráulica, eólica, solar e biomassa), contra uma média global de cerca de 30%.

Em países emergentes como China e Índia, que dominam a média do grupo do Exiobase Regional, o carvão térmico ainda responde por 60–70% da matriz elétrica.

O impacto sobre os fatores de emissão é direto: setores intensivos em eletricidade (químicos, metalurgia, cimento, papel e celulose, serviços) têm Escopo 2 muito menor no Brasil do que na média do grupo emergente. O fator Exiobase Regional superestima as emissões de empresas brasileiras eletrointensivas por incorporar intensidades de emissão elétrica ordens de grandeza superiores às brasileiras.

4.2 Dependência Rodoviária e Estrutura Logística

O Brasil é um país de dimensões continentais com alta dependência do modal rodoviário para transporte de cargas (63% do volume transportado, contra 44% nos EUA e médias muito menores em países com densidade ferroviária elevada). Caminhoneiros e frotas logísticas utilizando diesel são o principal vetor de emissões de cadeia de suprimentos para praticamente todos os setores produtivos.

Esse perfil eleva o Escopo 3 (*upstream*) de setores que dependem de insumos transportados por longas distâncias, como agronegócio, construção civil e distribuição varejista. A média global do PCAF não captura a especificidade logística brasileira.



4.3

LULUCF: Uma Categoria Estrutural do Inventário Brasileiro

As emissões por Mudança de Uso do Solo e Florestas (LULUCF) respondem por cerca de 38–40% do inventário nacional de GEE do Brasil, refletindo o desmatamento de florestas tropicais, principalmente Amazônia e Cerrado, para expansão agropecuária segundo o MCTI . Para efeito de comparação, a média dos países do G20 não-LULUCF é inferior a 5% do inventário e causada muitas vezes por fatores não-econômicos (processos naturais, incêndios, projetos de infraestrutura, etc).

O PCAF, em sua documentação metodológica, exclui explicitamente o LULUCF dos fatores da base (PCAF, 2023, Annex I). A Base Brasileira de

Fatores de Emissão inclui e aloca esse componente. Isso explica parte da diferença entre os fatores para setores agropecuários: a Base Brasileira de Fatores de Emissão inclui as emissões de desmatamento associadas à fronteira agrícola; o PCAF não. A decisão do PCAF tem lógica metodológica (o LULUCF não é emissão de um setor produtivo específico no sentido estrito), mas para o contexto brasileiro, ignorar essa categoria seria ignorar uma das principais características do inventário nacional e minimizar a motivação econômica do desmatamento nacional.

4.4

Estrutura Produtiva Específica: Coeficientes Técnicos Brasileiros

Além dos três fatores acima, a estrutura produtiva do Brasil difere da média global em aspectos relevantes: uso de etanol de cana-de-açúcar como combustível veicular (reduz emissões do transporte em comparação com gasolina pura); presença de uma agropecuária tropical com emissões entéricas e de solos muito distintas das agropecuárias temperadas (**emissões tipicamente menores – no caso Brasileiro**); e setor de celulose e papel baseado em florestas plantadas de crescimento rápido, com ciclo de carbono diferente das florestas temperadas.

Esses coeficientes técnicos específicos são capturados pela MIP brasileira e transmitidos aos fatores da Base Brasileira de Fatores de Emissão via a inversa de *Leontief*. A EXIOBASE, calibrada com dado de países com estruturas produtivas distintas, reproduz coeficientes técnicos representativos da média dos emergentes, com pouca aderência ao Brasil.



5

Análise Empírica Comparativa



A comparação empírica foi realizada sobre 1.332 subclasses CNAE, para o ano de 2024, considerando três bases de fatores de emissão: Base Brasileira de Fatores de Emissão, Exiobase Regional e Exiobase Nacional. A análise foi conduzida separadamente para Escopo 1, Escopo 2, Escopo 3 upstream e fator total, de modo a evitar que mecanismos distintos fossem indevidamente agregados em uma única medida.

5.1 Estatísticas descritivas dos fatores

A distribuição dos fatores totais confirma que as três bases têm comportamentos estatísticos muito distintos. A Base Brasileira de Fatores de Emissão apresenta média total de $1,75 \times 10^{-4}$ tCO₂e/R\$ e mediana de $4,40 \times 10^{-5}$ tCO₂e/R\$, revelando uma distribuição altamente assimétrica: a maior parte das CNAEs possui fatores relativamente baixos, mas alguns setores intensivos, especialmente agropecuária, resíduos, esgoto e ferro-gusa, formam uma cauda longa. O Exiobase Regional, por sua vez, apresenta média praticamente igual à da Base Brasileira de Fatores de Emissão,

$1,74 \times 10^{-4}$ tCO₂e/R\$, mas mediana muito superior, $1,48 \times 10^{-4}$ tCO₂e/R\$, e desvio-padrão muito menor.

Isso confirma que o fator regional é mais homogêneo e menos capaz de discriminar diferenças intrassetoriais no Brasil (na prática, apenas 17 fatores sobre os quais todas as CNAEs são alocadas). Já o Exiobase Nacional apresenta média de $4,87 \times 10^{-4}$ tCO₂e/R\$, mediana de $9,80 \times 10^{-5}$ tCO₂e/R\$ e máximo de $1,87 \times 10^{-1}$ tCO₂e/R\$, evidenciando forte influência de outliers.

Base	Média total	Mediana total	Desvio-padrão	Máximo
Base Brasileira de Fatores de Emissão	$1,75 \times 10^{-4}$	$4,40 \times 10^{-5}$	$7,91 \times 10^{-4}$	$1,36 \times 10^{-2}$
Exiobase Regional	$1,74 \times 10^{-4}$	$1,48 \times 10^{-4}$	$1,21 \times 10^{-4}$	$6,28 \times 10^{-5}$
Exiobase Nacional	$4,87 \times 10^{-4}$	$9,80 \times 10^{-5}$	$7,28 \times 10^{-3}$	$1,87 \times 10^{-1}$

Tabela 3 — Estatísticas descritivas do fator total por base, em tCO₂e/R\$. 1.332 subclasses CNAE, 2024.

A igualdade aproximada entre as médias totais da Base Brasileira de Fatores de Emissão e do Exiobase Regional não deve ser interpretada como convergência metodológica. Ela resulta de distribuições muito diferentes: no Exiobase Regional, os fatores são mais concentrados em torno de valores médios; na Base Brasileira de Fatores de Emissão, a média é elevada por poucos setores de alta intensidade. Assim, a análise por mediana, percentis e razões entre bases é mais informativa do que a comparação de médias simples.



5.2 Direção e magnitude das divergências

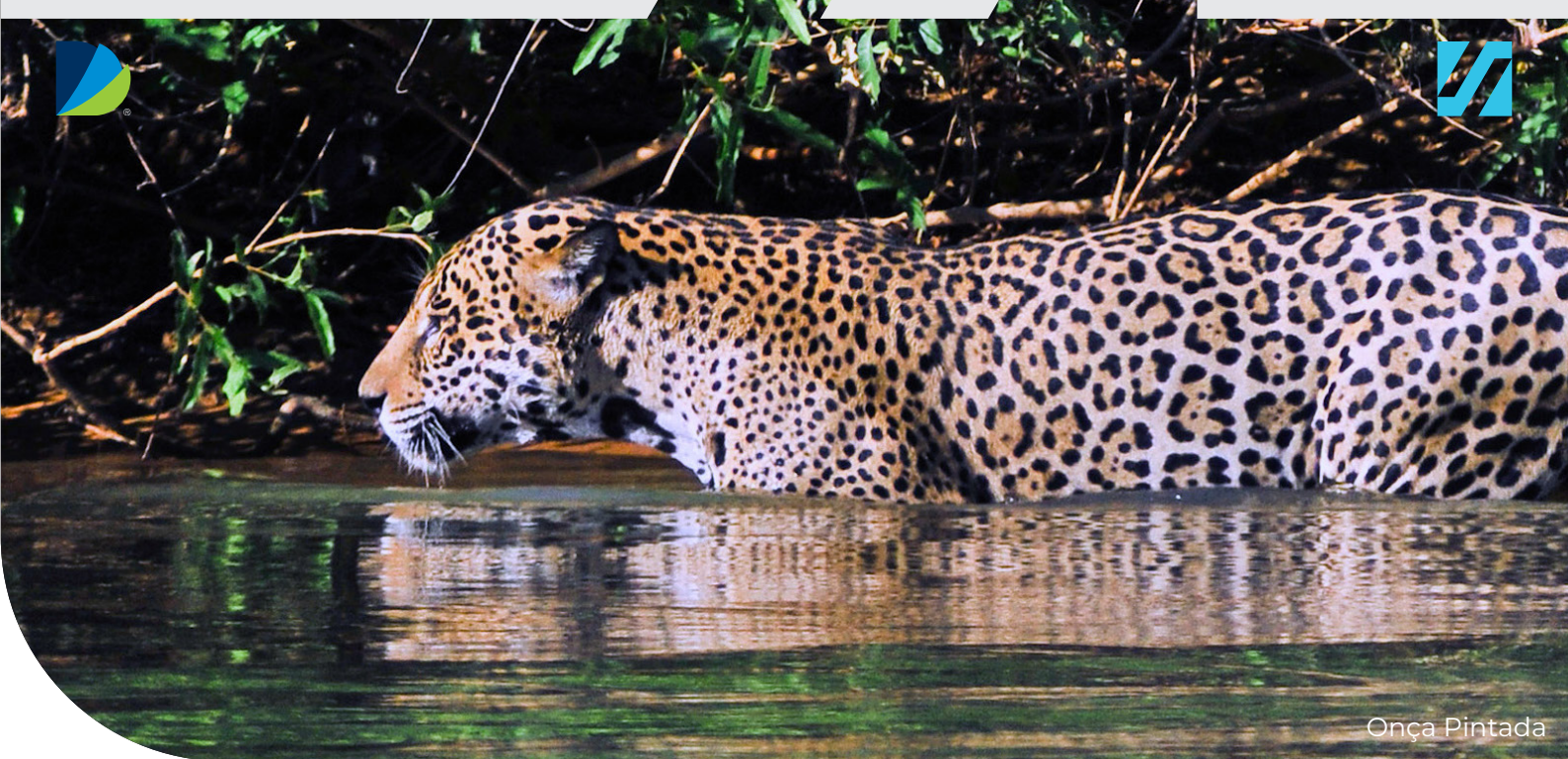
A razão Base Brasileira/Exiobase Regional mostra um viés sistemático de superestimação do fator regional para a maioria das CNAEs. No fator total, a Base Brasileira de Fatores de Emissão é inferior ao Exiobase Regional em 91,0% das subclasses CNAE. A mediana da razão Base Brasileira/Regional é 0,36, o que equivale a dizer que, para a CNAE típica, o Exiobase Regional é cerca de 2,8 vezes maior que o fator da Base Brasileira de Fatores de Emissão. Em 44,6% das CNAEs, a divergência total entre as duas bases supera 3 vezes, em uma direção ou em outra.

A decomposição por escopo mostra que essa divergência não tem uma única causa. No Escopo 1, a mediana Base Brasileira/Regional é apenas 0,15, com 79,1% das CNAEs apresentando divergência superior a 3 vezes. No Escopo 2, a mediana é 0,14, com 72,8% das CNAEs acima desse limiar de divergência. No Escopo 3, a diferença é menos extrema: a mediana Base Brasileira/Regional é 0,42 e a proporção de CNAEs com divergência superior a 3 vezes cai para 28,7%.

Comparação	Escopo	Mediana Base/ PCAF	% em que Base < PCAF	% com divergência > 3×
Base Brasileira / Exiobase Regional	Escopo 1	0,15	91,3%	79,1%
Base Brasileira / Exiobase Regional	Escopo 2	0,14	97,2%	72,8%
Base Brasileira / Exiobase Regional	Escopo 3	0,42	93,0%	28,7%
Base Brasileira / Exiobase Regional	Total	0,36	91,0%	44,6%
Base Brasileira / Exiobase Nacional	Total	0,68	67,3%	22,2%

Tabela 4 — Direção e magnitude das divergências por escopo. Razões medianas e proporção de CNAEs com divergência superior a 3 vezes.

A comparação com o PCAF Nacional é menos assimétrica, mas ainda relevante. No fator total, a mediana Base Brasileira/Nacional é 0,68, indicando maior proximidade entre as bases. Ainda assim, **a Base Brasileira de Fatores de Emissão é inferior ao PCAF Nacional em 67,3% das CNAEs, e 22,2% das subclasses apresentam divergência superior a 3 vezes.** O PCAF Nacional, portanto, reduz parte do viés observado no fator regional, mas não elimina problemas de dispersão e outliers.



Onça Pintada

5.3 Correlação entre bases

As correlações reforçam a distinção entre concordância ordinal e concordância quantitativa. No fator total, a correlação de *Spearman* entre Base Brasileira e PCAF Regional é 0,73, enquanto a correlação de *Pearson* é apenas 0,22. Isso significa que as bases tendem a concordar parcialmente sobre quais setores são mais ou menos intensivos, mas divergem fortemente sobre a magnitude dos fatores.

Escopo	Pearson Base × Regional	Spearman Base × Regional
Escopo 1	0,22	0,50
Escopo 2	0,39	0,24
Escopo 3	0,33	0,76
Total	0,22	0,73

Tabela 5 — Correlações de Pearson (linear) e Spearman (ordinal) entre Base Brasileira de Fatores de Emissão e PCAF Regional, por escopo.

O Escopo 3 apresenta a maior correlação ordinal entre Base Brasileira e PCAF Regional, com *Spearman* de 0,76. Isso sugere que, para emissões *upstream*, as bases preservam melhor a hierarquia relativa entre setores. O Escopo 2, por outro lado, apresenta baixa correlação ordinal, indicando que a diferença de matriz elétrica e de alocação setorial altera significativamente o ranqueamento das atividades. O Escopo 1 também mostra baixa correlação linear, refletindo a influência de setores específicos com emissões diretas muito elevadas na Base Brasileira de Fatores de Emissão.



5.4 Composição por escopo

A composição dos fatores por escopo depende da forma de cálculo. Quando se calcula a média simples da participação de cada escopo dentro de cada CNAE, a Base Brasileira de Fatores de Emissão apresenta participação média de 14,0% no Escopo 1, 4,2% no Escopo 2 e 81,8% no Escopo 3. No entanto, quando se agregam os fatores antes de calcular a participação, isto é, somando os fatores de todas as CNAEs, a composição muda para 57,0%

em Escopo 1, 1,1% em Escopo 2 e 41,8% em Escopo 3.

A segunda medida é mais adequada para interpretar o peso agregado dos escopos na base de fatores; a primeira é mais adequada para interpretar a CNAE típica. Essa distinção deve ser explicitada no texto, pois as conclusões mudam dependendo da métrica adotada.

Base (participação agregada)	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
Base Brasileira de Fatores de Emissão	57,0%	1,1%	41,8%
PCAF Regional	35,5%	6,1%	58,4%
PCAF Nacional	77,4%	0,6%	22,0%

Tabela 6 — Composição agregada por escopo (% sobre o total da base).

A leitura agregada confirma que o PCAF Regional atribui maior peso relativo ao Escopo 3 *upstream* do que a Base Brasileira de Fatores de Emissão, enquanto a Base Brasileira de Fatores de Emissão concentra parcela maior no Escopo 1. Isso é coerente com as diferenças de arquitetura dos modelos: o PCAF Regional, baseado em uma MRIO global, tende a capturar cadeias internacionais de suprimentos; a Base Brasileira de Fatores de Emissão, baseada na MIP brasileira e no inventário nacional, enfatiza emissões diretas e alocadas à estrutura produtiva doméstica.

5.5 Casos setoriais de maior divergência

A análise dos maiores desvios confirma que os casos mais extremos não são exatamente os mesmos quando se considera Escopo 1, Escopo 2, Escopo 3 ou fator total. Para o fator total, os maiores casos em que a Base Brasileira de Fatores de Emissão supera o PCAF Regional concentram-se em alguns tipos de resíduos, pecuária de forma geral e esgoto



CNAE	Atividade	Base Brasileira (Total)	PCAF Regional (Total)	Razão Base/Regional
3821-1/00	Tratamento e disposição de resíduos não perigosos	$5,42 \times 10^{-3}$	$7,53 \times 10^{-5}$	72,0×
3822-0/00	Tratamento e disposição de resíduos perigosos	$5,42 \times 10^{-3}$	$7,53 \times 10^{-5}$	72,0×
0151-2/01	Criação de bovinos para corte	$8,88 \times 10^{-3}$	$3,61 \times 10^{-4}$	24,6×
3701-1/00	Gestão de redes de esgoto	$1,25 \times 10^{-2}$	$6,28 \times 10^{-4}$	19,9×

Tabela 7 — Casos setoriais com maior razão Base Brasileira/PCAF Regional no fator total.

No sentido oposto, isto é, quando o PCAF Regional supera a Base Brasileira de Fatores de Emissão, aparecem principalmente serviços domésticos, água, saneamento auxiliar, energia elétrica e extração mineral.



Açaí



5.6

Interpretação de casos selecionados

Os casos setoriais destacados evidenciam padrões de divergência consistentes, mas de natureza distinta, que devem ser interpretados com cautela. Em todos eles, a diferença entre as bases não decorre de um único fator, mas de uma combinação de estrutura produtiva, fronteira contábil e arquitetura dos modelos utilizados.

Nos setores de tratamento e disposição de resíduos, bem como na gestão de esgoto, as divergências observadas são as mais elevadas da amostra e apresentam elevada robustez empírica. As razões Base Brasileira/PCAF Regional atingem valores da ordem de 70× no fator total, sendo dominadas pelo Escopo 1. Esse resultado é coerente com a relevância das emissões diretas de metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) associadas diretamente à decomposição de resíduos sólidos e ao tratamento de efluentes no inventário brasileiro. Nesses casos, a subestimação pelo fator regional reflete, sobretudo, a incapacidade de médias internacionais agregadas alocarem a intensidade relativa dessas emissões no contexto nacional.

Na agropecuária, em particular na criação de bovinos e ovinos, as divergências também são elevadas, com razões superiores a 20× no fator total. Uma fração relevante decorre das regras de alocação de emissões por mudança de uso da terra (LULUCF) na Base Brasileira de Fatores de Emissão, que ampliam o fator atribuído ao setor (na base internacional, a emissão do desmatamento é excluída da alocação nesses setores).

Por fim, o setor de energia elétrica ilustra um padrão inverso, em que o PCAF Regional supera a Base Brasileira de Fatores de Emissão de forma significativa. As atividades de geração, transmissão e distribuição apresentam fatores no PCAF Regional cerca de uma ordem de grandeza superiores aos da Base Brasileira de Fatores de Emissão. Esse resultado é consistente com a matriz elétrica brasileira, cuja intensidade de carbono é substancialmente inferior à média das economias emergentes que compõem o fator regional. Nesse caso, a divergência decorre principalmente de diferenças estruturais na geração de eletricidade e não de escolhas de fronteira contábil.

Em conjunto, esses casos mostram que as divergências entre as bases são heterogêneas e dependentes do setor e do escopo considerado. Em alguns casos, refletem inadequação de médias internacionais para capturar especificidades nacionais; em outros, decorrem de diferenças na definição do sistema ou na alocação de emissões. A interpretação dos resultados, portanto, deve evitar leituras unidimensionais e reconhecer que a magnitude observada das divergências incorpora simultaneamente múltiplos mecanismos.



5.7 Interpretação de casos selecionados

A principal conclusão empírica é que a divergência entre Base Brasileira de Fatores de Emissão e PCAF/EXIOBASE não é um erro escalar uniforme. Não se trata de aplicar um fator médio de correção ao PCAF Regional para aproximá-lo da realidade brasileira. As diferenças variam por escopo, por setor e por direção. O PCAF Regional tende a superestimar a maioria das CNAEs, especialmente em Escopo 1 e Escopo 2, mas subestima setores específicos.

Essa assimetria tem implicações diretas para instituições financeiras. Duas carteiras com o mesmo volume de crédito, mas composições setoriais distintas, podem ter distorções em direções opostas dependendo da base utilizada.

Assim, a escolha do fator de emissão não afeta apenas o nível agregado de emissões financiadas; ela altera a identificação de hotspots, a priorização de setores para engajamento, a interpretação do risco de transição e a comparabilidade entre instituições.

A evidência empírica reforça, portanto, a utilidade da Base Brasileira de Fatores de Emissão como base nacional para aplicações no sistema financeiro brasileiro, mas também recomenda cautela interpretativa: parte das divergências observadas decorre de diferenças reais de estrutura produtiva, parte decorre de escolhas de fronteira contábil e parte decorre da própria arquitetura dos modelos comparados.

Vale ressaltar, por fim, que não existe necessariamente “um ganho” ou uma “perda” entre os setores. O cálculo assertivo de emissões que aumenta o valor de emissão de um setor, por exemplo, pode significar maior pressão na mudança de práticas, mas também maior disponibilidade de capital para projetos e títulos verdes para descarbonização.

O cálculo correto, no final das contas, é importante para uma alocação correta de capital e risco, que cada Instituição Financeira fará independentemente, mas todos usando a modelagem de carbono mais assertiva possível.

Acreditamos que isso, no médio prazo, beneficia a economia como um todo – e todos os setores que precisam de capital para descarbonizar.



6

Análise Aplicada: Portfólio do Banco Modelo S.A.



Para ilustrar a natureza e a magnitude das divergências, considere o portfólio corporativo hipotético do Banco Modelo S.A., composto por cinco empresas de setores representativos. Todos os dados de empresa são inteiramente fictícios e construídos para fins ilustrativos.

Empresa	CNAE	Saldo (R\$ MM)	Setor	Atividade principal
Agrosoja Centro-Oeste Ltda	0115-6/00	120	Agro	Cultivo de soja
Cimenteira Sudeste S.A.	2320-6/00	80	Indústria	Fabricação de cimento
Distribuidora Energia SP Ltda	3514-0/00	100	Energia	Distribuição de energia elétrica
Transportadora Nacional Ltda	4930-2/02	80	Transporte	Transporte rodoviário de carga
Celulose Florestal S.A.	1710-9/00	100	Indústria florestal	Fabricação de celulose
TOTAL		480		

Tabela 8 — Portfólio fictício do Banco Modelo S.A.

6.2 Cenário A: Cálculo com fatores setoriais (Score 5)

Neste cenário, assume-se que nenhuma empresa possui inventário de emissões disponível. O cálculo é realizado integralmente via Score 5, utilizando fatores de emissão por CNAE e o *Asset Turnover Ratio* (ATR) setorial.

Fatores de emissão utilizados (tCO₂e/R\$)

CNAE	Atividade	Base Brasileira	PCAF Regional
0115-6/00	Cultivo de soja	0,000470	0,000361
2320-6/00	Fabricação de cimento	0,001385	0,000210
3514-0/00	Distribuição de energia elétrica	0,000060	0,000628
4930-2/02	Transporte rodoviário de carga	0,000383	0,000176
1710-9/00	Fabricação de celulose	0,000115	0,000133

Tabela 9 — Fatores de emissão por CNAE para cada base, em tCO₂e/R\$ de receita.



Mina de Magnesita - Brumado/BA

Emissões financiadas estimadas

Empresa	ATR	Emissões — Base Brasileira (tCO ₂ e)	Emissões PCAF Regional (tCO ₂ e)	Razão Base/Regional
Agrosoja Centro-Oeste Ltda	0,80	45.120	34.656	1,3×
Cimenteira Sudeste S.A.	0,80	88.640	13.440	6,6×
Distribuidora Energia SP Ltda	0,30	1.800	18.840	0,1×
Transportadora Nacional Ltda	1,20	36.768	16.896	2,2×
Celulose Florestal S.A.	0,90	10.350	11.970	0,9×
TOTAL		182.678	95.802	1,9×

Tabela 10 — Emissões financiadas (tCO₂e) sob Score 5, calculadas com fatores Base Brasileira e PCAF Regional.



6.3

Interpretação dos resultados

O resultado agregado do portfólio apresenta diferença de aproximadamente 1,9 vezes entre as bases. Esse valor, embora relevante, é inferior às divergências observadas em nível setorial, evidenciando um efeito de compensação entre erros em direções opostas.

A decomposição por empresa revela três padrões distintos:

→ Subestimação pela base internacional.

A cimenteira apresenta emissões 6,6 vezes maiores na base nacional. O transporte rodoviário apresenta fator 2,2 vezes superior. Em ambos os casos, a estrutura produtiva brasileira, mais intensiva em emissões diretas ou logística, não é plenamente capturada pelas médias globais.

→ Superestimação pela base internacional.

A distribuidora de energia apresenta emissões cerca de 10 vezes maiores na base PCAF Regional. A diferença decorre da matriz elétrica brasileira, cuja intensidade de carbono é substancialmente inferior à média das economias emergentes.

→ Convergência relativa entre bases.

Celulose (0,9×) e soja (1,3×) apresentam valores próximos, indicando setores em que a base internacional aproxima razoavelmente a realidade brasileira.

Esse padrão confirma que a divergência não é unidirecional. A base internacional não apenas subestima determinados setores, mas também superestima outros. O resultado agregado depende da composição do portfólio, e não pode ser corrigido por um ajuste escalar simples.

6.4

Cenário B: Uso de inventários corporativos (*scores mistos*)

Considera-se agora um cenário mais próximo da prática, em que duas empresas dispõem de inventários:

- Celulose Florestal S.A.: inventário auditado (Score 1)
- Distribuidora Energia SP Ltda: inventário não auditado (Score 2)



As demais permanecem em Score 5.

Empresa	Score	Emissões (tCO ₂ e)	Cenário A (Base Brasileira)	Varição
Agrosoja Centro-Oeste Ltda	S5	45.120	45.120	0%
Cimenteira Sudeste S.A.	S5	88.640	88.640	0%
Distribuidora Energia SP Ltda	S2	733	1.800	-59%
Transportadora Nacional Ltda	S5	36.768	36.768	0%
Celulose Florestal S.A.	S1	3.500	10.350	-66%
TOTAL		174.761	182.678	-4%

Tabela 11 — Emissões financiadas (tCO₂e) sob Cenário B (scores mistos) e variação contra o Cenário A.

6.5 Interpretação do cenário misto

A introdução de inventários corporativos reduz as emissões estimadas para os setores de energia e celulose. Essa redução decorre do fato de que inventários corporativos típicos cobrem predominantemente Escopos 1 e 2, enquanto o modelo baseado em fatores setoriais incorpora também o Escopo 3 *upstream*. Essa diferença não representa necessariamente maior precisão, mas sim uma mudança na fronteira de mensuração. A metodologia permanece consistente com o padrão PCAF, mas os resultados tornam-se sensíveis à disponibilidade de dados primários.

6.5 Implicação geral

O exercício evidencia três conclusões centrais:

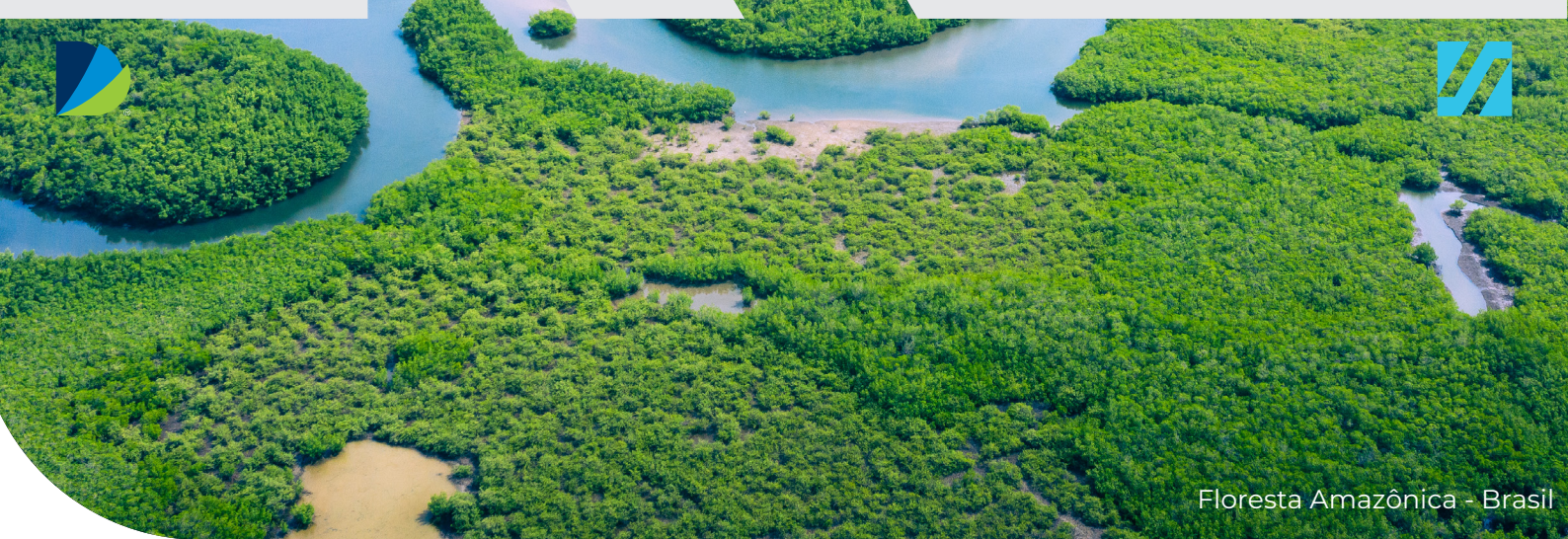
1. A divergência agregada entre bases pode ser moderada em portfólios diversificados;
2. As diferenças são estruturalmente determinadas pela composição setorial;
3. A escolha da base de fatores altera simultaneamente o nível total de emissões, a identificação de setores intensivos e a comparabilidade entre instituições.

A principal implicação é que a mensuração de emissões financiadas não é apenas uma questão metodológica, mas também uma questão de qualidade e aderência dos dados de entrada à realidade econômica analisada.



7

A Infraestrutura Febraban | DEEP



A iniciativa Febraban | DEEP desenvolveu uma infraestrutura integrada de resposta ao desafio de dados descrito neste estudo. Seus três componentes principais são:

- **Base Brasileira de Fatores de Emissão:** base de fatores com 1.332 subclasses CNAE derivadas da Matriz Insumo-Produto brasileira (modelo EEIO de Leontief calibrado com dados nacionais), com três escopos explícitos, atualizada anualmente.

- **Inventários GEE corporativos:** banco de dados com emissões de aproximadamente 543 empresas brasileiras, cobrindo Escopos 1, 2 e 3 para as principais contrapartes do sistema financeiro.

- **Ferramenta Febraban | DEEP v1.1:** planilha Excel que automatiza o cálculo de emissões financiadas para Scores 1, 2, 4 e 5, com lógica padronizada para todos os bancos associados e dados financeiros de cerca de 11.242 CNPJs.

O resultado mais relevante é a comparabilidade. Pela primeira vez, todos os bancos associados à Febraban podem calcular emissões financiadas com os mesmos fatores de emissão, as mesmas equações e as mesmas premissas. Esse é o pré-requisito para que os números do setor financeiro brasileiro sejam comparáveis entre si e confiáveis para decisões de gestão de risco, alocação de capital e cumprimento de regulação climática.

A adoção da Base Brasileira de Fatores de Emissão como referência primária não dispensa a instituição financeira do reporte *PCAF-compliant*: os fatores da Base Brasileira de Fatores de Emissão são diretamente inseríveis em pipelines PCAF Cat. 15. A *Data Quality Score* atribuída permanece 4 (fator econômico) até que o banco passe a dispor de dados primários da contraparte. A Ferramenta Febraban | DEEP implementa essa lógica diretamente: quando inventários primários estão disponíveis (Score 1 ou 2), eles prevalecem automaticamente.

O Score 3 do padrão PCAF requer dados primários de produção física ou consumo energético da contraparte — informações que raramente estão disponíveis em fontes públicas no Brasil. Nos casos em que estão, costumam vir acompanhadas de inventário GEE corporativo, que conduz diretamente aos Scores 1 ou 2 — de qualidade superior no próprio padrão. Por essa razão, a Ferramenta prioriza os Scores 1, 2, 4 e 5.



8

Implicações para o Mercado Financeiro



8.1

A Base Brasileira como referência para o mercado financeiro brasileiro

A evidência empírica apresentada neste estudo aponta na mesma direção em todos os ângulos de análise: para o cálculo de emissões financiadas no Brasil, a Base Brasileira de Fatores de Emissão é a base de fatores metodologicamente mais aderente ao contexto produtivo doméstico. Quatro razões fundamentam essa conclusão.

Primeira: dados primários brasileiros

A Base Brasileira de Fatores de Emissão é construída sobre os mais atuais dados primários brasileiros disponíveis. A Matriz Insumo-Produto do IBGE captura os coeficientes técnicos reais da economia nacional — o quanto cada setor demanda de energia, transporte, insumos agropecuários e serviços por unidade de produção. O vetor de emissões é derivado do Inventário Nacional do MCTI. O PCAF Regional, por contraste, é dominado pela estrutura produtiva de China e Índia, economias com matrizes energéticas, logísticas e produtivas radicalmente distintas da brasileira.

Segunda: inclusão de LULUCF

A Base Brasileira de Fatores de Emissão inclui o LULUCF. As emissões por mudança de uso do solo representam cerca de 40% do inventário nacional brasileiro — a principal categoria omitida pelo PCAF por razões metodológicas que fazem sentido globalmente, mas que tornam os fatores

internacionais estruturalmente deficientes para o contexto brasileiro. Para setores como pecuária bovina e cultivos em fronteira agrícola, ignorar o LULUCF contribui para subestimar o fator real.

Terceira: granularidade CNAE

A Base Brasileira de Fatores de Emissão produz 1.332 fatores em nível de subclasse CNAE — a linguagem operacional de todo o arcabouço regulatório brasileiro (Taxonomia Sustentável BCB, SBCE, GRSAC). O PCAF Regional trabalha com 17 grandes setores ISIC: criação de bovinos para corte e cultivo de algodão recebem o mesmo fator “Agricultura”, embora seus perfis de emissão diverjam por um fator de 19^x. Essa falta de granularidade inviabiliza análises de risco por contraparte, construção de planos de transição creditícia e alinhamento com a taxonomia regulatória.

Quarta: validação contra o inventário nacional

A Base Brasileira de Fatores de Emissão é a única base que pode ser sistematicamente validada contra o inventário nacional. Reconstruir o inventário brasileiro a partir dos fatores garante rastreabilidade metodológica e fundamento para divulgações auditáveis sob IFRS S2. O PCAF Regional não oferece equivalente dessa validação para o contexto brasileiro, porque seus fatores não foram calibrados contra o inventário do MCTI.



9

Conclusão



Este estudo apresentou uma comparação metodológica e empírica entre dois arcabouços para a construção de fatores de emissão aplicados ao cálculo de emissões financiadas no Brasil: a Base Brasileira de Fatores de Emissão, baseada na Matriz Insumo-Produto do IBGE e no Inventário Nacional do MCTI, e a base EXIOBASE v3.9 utilizada no padrão *Partnership for Carbon Accounting Financials*. A análise evidenciou que as diferenças entre as bases são estruturais, sistemáticas e heterogêneas entre setores, com implicações diretas para a mensuração de emissões financiadas e para a comparabilidade entre instituições financeiras.

Do ponto de vista empírico, a comparação sobre as 1.332 subclasses da CNAE mostra

que as divergências não são bem descritas por um ajuste escalar uniforme. Elas variam simultaneamente por escopo, por setor e por direção. A base PCAF Regional tende a superestimar a maioria das CNAEs brasileiras, especialmente em Escopo 1 e Escopo 2, ao mesmo tempo em que subestima de forma relevante setores específicos nos quais a Base Brasileira de Fatores de Emissão apresenta fatores mais elevados. Em carteiras diversificadas, esses efeitos podem se compensar parcialmente, resultando em diferenças agregadas moderadas; no entanto, em nível setorial, as divergências atingem ordens de magnitude que afetam diretamente a identificação de hotspots e a priorização de risco.

A análise por escopo permite qualificar melhor essas diferenças. No Escopo 1, a divergência é dominada pela combinação entre emissões diretas específicas da economia brasileira e escolhas de fronteira contábil, especialmente no tratamento de categorias como LULUCF. No Escopo 2, as diferenças refletem principalmente a matriz elétrica brasileira, significativamente menos intensiva em carbono do que a média das economias emergentes utilizadas na construção do fator regional. No Escopo 3 *upstream*, as divergências são menores em magnitude relativa e apresentam maior correlação ordinal entre as bases, refletindo o fato de que a estrutura de cadeias produtivas é parcialmente capturada por ambas as abordagens, ainda que por arquiteturas distintas.

Essas evidências indicam que parte relevante das diferenças observadas decorre não apenas de imperfeições de dados, mas de escolhas metodológicas e de modelagem. A Base Brasileira de Fatores de Emissão adota uma abordagem monorregional, com fechamento contábil completo do inventário nacional e alocação explícita de categorias como LULUCF às atividades econômicas. A base PCAF/EXIOBASE, por sua vez,



Plantação de Soja
Paraná/PR



Escadaria Selarón
Rio de Janeiro/RJ

utiliza uma estrutura multirregional, com exclusão deliberada de LULUCF e representação explícita do comércio internacional. Assim, uma parcela das divergências deve ser interpretada como diferença de fronteira analítica — e não como erro ou insuficiência de mensuração em sentido estrito.

Nesse contexto, a principal contribuição do estudo é demonstrar que a escolha da base de fatores de emissão constitui uma decisão material para o sistema financeiro. Ela afeta não apenas o nível agregado de emissões financiadas, mas também a distribuição setorial dessas emissões, a identificação de atividades intensivas e, conseqüentemente, a leitura do risco climático das carteiras.

Para aplicações centradas no mercado doméstico — em particular aquelas alinhadas ao arcabouço regulatório brasileiro, estruturado em torno da CNAE — a Base Brasileira de Fatores de Emissão apresenta maior aderência à estrutura produtiva

nacional, em função de três características principais: (i) utilização da Matriz Insumo-Produto do IBGE como representação dos coeficientes técnicos da economia brasileira; (ii) consistência com o Inventário Nacional do MCTI, incluindo categorias relevantes como LULUCF; e (iii) elevada granularidade setorial, compatível com a taxonomia regulatória e com a gestão de risco por contraparte. Essa aderência, no entanto, não elimina limitações inerentes ao modelo, incluindo a dependência de regras de alocação para certas categorias de emissão e a ausência de representação explícita de cadeias internacionais.

No contexto brasileiro, a utilização de fatores alinhados à estrutura produtiva nacional — como os da Base Brasileira de Fatores de Emissão — tende a produzir uma representação mais fiel das diferenças setoriais relevantes para o sistema financeiro doméstico, desde que suas hipóteses e limitações sejam explicitamente reconhecidas e eventualmente superadas.

É importante destacar que a Base Brasileira de Fatores de Emissão, desenvolvida em parceria entre a Febraban e a DEEP, foi construída sob as mesmas metodologias EEIO consolidadas internacionalmente que fundamentam as bases utilizadas no PCAF. A diferença entre os arcabouços não reside no método, mas nos dados primários: a Base Brasileira incorpora a Matriz Insumo-Produto do IBGE, o Inventário Nacional do MCTI e a granularidade das 1.332 subclasses CNAE — três insumos que, combinados, garantem aderência à realidade produtiva, regulatória e setorial do país.

Trata-se, portanto, de aplicar o padrão internacional sobre dados nacionais — e não de criar um padrão paralelo. Essa é a contribuição central da iniciativa Febraban | DEEP para o sistema financeiro brasileiro.



Referências



BATISTA, E. A. Matrizes de insumo-produto: metodologia de estimação. NEREUS/USP, 2020.

GUILHOTO, J. J. M.; SESSO FILHO, U. A. Estimativa da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais. *Economia Aplicada*, v. 9, n. 2, p. 277–299, 2005.

IBGE. Sistema de Contas Nacionais — Tabelas de Recursos e Usos. Rio de Janeiro: IBGE, vários anos. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>.

IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis (AR5). Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis (AR6). Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

MCTI. Terceiro Relatório de Atualização Bienal do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (3BUR). Brasília: MCTI, 2024.

PCAF. The Global GHG Accounting and Reporting Standard for the Financial Industry. 2.^a ed. Partnership for Carbon Accounting Financials, 2022.

PCAF. Methodology for economic-activity-based emission factors for the PCAF Database. Partnership for Carbon Accounting Financials, 2023.

STADLER, K. et al. EXIOBASE 3: developing a time series of detailed environmentally extended multi-regional input-output tables. *Journal of Industrial Ecology*, v. 22, n. 3, p. 502–515, 2018. DOI: 10.1111/jiec.12715.

WRI/WBCSD. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Washington, DC: World Resources Institute, 2011.



Parque das Nações Indígenas/MS

Avenida Brigadeiro Faria
Lima - São Paulo/SP



FEBRABAN

FEBRABAN | FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS

Av. Brig. Faria Lima, 4300 - 4º Andar - Itaim Bibi, São Paulo - SP, 04538-132

sustentabilidade@febraban.org.br

+55 11 3244-9800

portal.febraban.org.br/

Informações e dúvidas devem ser encaminhadas para: sustentabilidade@febraban.org.br



DEEPESG

IMPACT THAT MATTERS

DEEP BRASIL INFORMAÇÃO E TECNOLOGIA S.A.

R. Orós, 146 - Palmeiras de São José, São José dos Campos - SP, 12237-150

deep@deepesg.com

+55 12 39331428

www.deepesg.com

Informações e dúvidas devem ser encaminhadas para: comunicacao@deepesg.com

FEBRABAN

