



TOGETHER FOR  
SUSTAINABILITY

# Aprimorando e alinhando o Relatório do Escopo 3

Artigo Técnico de TfS

Conteúdo Reciclado  
de Massa de Carbono  
Biogênico e Equilíbrio  
Energético

**Contextualização para este Artigo Técnico:**

Com o lançamento do Guia de Pegada de Carbono do Produto (PCF) em novembro de 2022, a Together for Sustainability (TfS) concluiu um de seus projetos mais significativos até o momento. Especialistas de mais de 25 empresas do setor químico uniram esforços para enfrentar o desafio do Escopo 3 da indústria química e desenvolveram o primeiro conjunto de diretrizes específicas para a determinação do PCF. O Guia de PCF será um importante facilitador para empresas responsáveis navegarem nesta "Década de Ação". Durante este trabalho, a TfS identificou potenciais de melhoria para a contabilidade de Gases de Efeito Estufa Corporativos, que são abordados neste Artigo Técnico.

<b>01</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>02</b>
-----------	-------------------------	-----------

<b>02</b>	<b>Carbono Biogênico</b>	
<b>2.1</b>	<b>Contexto e Apresentação do Problema</b> .....	<b>04</b>
<b>2.2</b>	<b>Incompletude do Protocolo de GEE</b> .....	<b>05</b>
<b>2.3</b>	<b>Recomendações e Propostas de Solução</b> .....	<b>05</b>

<b>03</b>	<b>Balanço de Massa / Energia</b>	
<b>3.1</b>	<b>Contexto e Apresentação do Problema</b> .....	<b>07</b>
<b>3.2</b>	<b>Recomendações e Propostas de Solução</b> .....	<b>08</b>
	3.2.2 Recomendações.....	08
	3.2.2 Propostas de Solução.....	08
	3.2.3 Sumário.....	09

<b>04</b>	<b>Conteúdo Reciclado</b>	
<b>4.1</b>	<b>Contexto e Apresentação do Problema</b> .....	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>Lacunas Identificadas no Protocolo de GEE para Conteúdo Reciclado</b> .....	<b>11</b>

<b>05</b>	<b>Visão Geral</b> .....	<b>12</b>
-----------	--------------------------	-----------

<b>13</b>	<b>Referências</b>
-----------	--------------------

<b>15</b>	<b>Abreviaturas</b>
-----------	---------------------

# 01

## Introdução

Diante do urgente desafio global das mudanças climáticas, a humanidade encontra-se em um momento crítico, que requer ação imediata e decisiva [IPCC 2023]. A indústria química, ciente de seu papel crucial, está empenhada em liderar soluções inovadoras para combater a questão iminente das mudanças climáticas. No entanto, no âmbito deste compromisso, um desafio único e complexo se apresenta na busca pela redução de emissões.

No centro deste desafio está a intrínseca relação com materiais de carbono fóssil. Esses materiais não apenas servem como fontes de energia, mas também são insumos essenciais para produtos químicos. O caminho da indústria para descarbonização deve, assim, ter uma abordagem abrangente, que vai além das estratégias de substituição do fornecimento de energia. Agora, a atenção se volta para separação do carbono de fontes fósseis convencionais, adotando alternativas como biomassa, CO<sub>2</sub> atmosférico absorvido e reciclagem inovadora de resíduos [Gabrielli et al 2019], [Schneider et al 2019], [Tan & Vegelan 2022] [McKinsey 2021].

Enquanto a indústria toma atitudes para alcançar um futuro com zero emissões líquidas, uma reavaliação dos padrões de contabilidade de carbono torna-se uma prioridade. O Protocolo de Gases de Efeito Estufa (GEE), um pilar da prestação de contas corporativa, encara a necessidade de recalibrar e refletir com precisão o cenário em evolução dos ciclos de carbono renovável e das tecnologias emergentes. A iniciativa TfS identificou três importantes alterações necessárias para resolver esta questão:

### Contabilização de carbono biogênico

À medida que as fontes de carbono biogênico ganham destaque, torna-se essencial o desenvolvimento de uma estrutura sólida para sua contabilização precisa.

### Balanco de Massa como mecanismo de transição

Reconhecendo as mudanças dinâmicas em andamento, deve-se considerar a adoção de uma abordagem de Balanço de Massa (BM) como um mecanismo baseado no mercado que fortalece a transição da indústria para práticas sustentáveis.

### Materiais e conteúdo reciclados

Com a integração crescente de materiais e conteúdos reciclados na indústria química, existe a necessidade de harmonizar abordagens de contabilização de carbono, para reconhecer os efeitos positivos de uma economia circular nos níveis corporativo e de produtos.

No entanto, o caminho à frente é complexo, com diferentes perspectivas entre setores, órgãos reguladores e partes interessadas. Essa discrepância enfatiza a necessidade de mais pesquisas, diálogos e colaboração coletiva para criar um caminho coerente para o futuro. Entidades neutras, como estabelecadores de padrões e órgãos reguladores, estão aptas a oferecer importante orientação na superação desses desafios, com base nas melhores evidências científicas disponíveis e no apoio de ONGs, do meio acadêmico e da indústria.

Nos próximos capítulos, este artigo técnico embarca em uma jornada exploratória. Cada capítulo aborda os desafios e possíveis soluções para harmonizar metodologias de contabilização de carbono, descobrindo complexidades e estratégias para uma indústria química mais sustentável. O ponto de partida é o carbono biogênico e a necessidade de uma metodologia de contabilização que acompanhe seus fluxos físicos através da tecnosfera [Capítulo 2]. A discussão, então, se volta para as complexidades do balanço de massa e energia [Capítulo 3], antes de se aprofundar nos detalhes das metodologias de contabilidade de conteúdos reciclados [Capítulo 4].

Dentro dessas discussões, são reconhecidas a complexidade e as diferentes perspectivas. É neste contexto que o apelo por pesquisa, cooperação e clareza se torna mais evidente. Através de ideias coletivas da indústria, entidades neutras e partes interessadas, é possível fomentar transparência, comparabilidade e impactos tangíveis. Isso possibilita que as empresas acompanhem metodicamente seus esforços de descarbonização, alinhando-se à urgência fundamental da neutralização de emissões de carbono. Conforme avançamos em direção a um futuro sustentável, o caminho é orientado pela colaboração e compartilhamento de conhecimento, impulsionando o progresso em direção a um mundo mais resiliente e equilibrado.



## 2.1 Contexto e Apresentação do Problema

A indústria química está usando carbono biogênico de materiais de base biológica ou de balanço de biomassa para reduzir a PCF de seus produtos no mercado. A vantagem destes tipos de produtos é que eles possuem carbono biogênico que foi retirado como CO<sub>2</sub> da atmosfera e armazenado em substâncias químicas até ser liberado na atmosfera.

A absorção de CO<sub>2</sub> durante o processo de fotossíntese é uma característica única da biomassa vegetal e resulta na redução de CO<sub>2</sub> na atmosfera. A conversão da biomassa (e seu carbono biogênico incorporado) em produtos representa, de fato, uma remoção de CO<sub>2</sub>, desde que o CO<sub>2</sub> permaneça fora da atmosfera. Este é um benefício do carbono biogênico que deve ser levado em consideração nos cálculos de PCF.

Segundo o protocolo de GEE [Padrão de Escopo 3 da Cadeia de Valor Corporativo do Protocolo de Gases de Efeito Estufa], as empresas que compram produtos com carbono biogênico devem reportar separadamente as emissões e remoções de CO<sub>2</sub> biogênico dos Escopos de GEE. Portanto, a retirada de CO<sub>2</sub> da atmosfera não é considerada no Escopo 3.1 dessa empresa. De maneira similar, as emissões de CO<sub>2</sub> biogênico no final da vida útil (EoL) (por exemplo, durante a combustão ou biodegradação) não são consideradas nos escopos correspondentes, mas separadamente.

Dessa forma, as empresas não conseguem promover devidamente os benefícios de produtos que contêm carbono biogênico na contabilização de GEE do Escopo 3.1. Ao invés disso, a absorção ou as emissões de CO<sub>2</sub> biogênico não devem ser incluídas no inventário do Escopo 3, mas relatadas separadamente na contabilidade do Escopo 3.12.

Atualmente, o protocolo de GEE utiliza o chamado método 0/0, no qual nenhuma remoção e nenhuma emissão biogênica são consideradas na contabilidade de emissões corporativas (apenas separadamente dos escopos).

As vantagens de produtos feitos a partir de carbono biogênico são, portanto, visíveis somente no final de sua vida útil em 3.12, e somente se o CO<sub>2</sub> biogênico for liberado de volta para a atmosfera (por exemplo, por meio da combustão ou biodegradação). De acordo com o método atual de corte sugerido pelo Protocolo de GEE para a reciclagem de materiais (ver capítulo 4), isso implica que o benefício da remoção do CO<sub>2</sub> biogênico da atmosfera não seria considerado na contabilidade de emissões ao reciclar produtos feitos a partir de carbono biogênico.

Com o método 0/0 vigente, o benefício dos materiais biogênicos não é inicialmente contabilizado no escopo onde se encontra e, em segundo lugar, no caso de reciclagem, não é considerado de forma alguma.

Por outro lado, os padrões PCF do produto [Padrão de Produto do Protocolo de GEE], bem como [ISO 14067:2018], solicitam o reporte de um valor de PCF excluindo e incluindo emissões e remoções de GEE biogênicos, assim como o conteúdo de carbono biogênico. Este método é conhecido como abordagem de cálculo -1/+1 e considera tanto as remoções de CO<sub>2</sub> biogênico ao entrar no sistema do produto (como emissões negativas) quanto as emissões geradas na fase de Fim de Vida (como emissões positivas). Isto permite contabilizar o benefício dos materiais de carbono biogênico onde eles aparecem e considerar se os materiais são reciclados.

O método de contabilidade atual do [Padrão da Cadeia de Valor Corporativo (de Escopo 3) do Protocolo de GEE] apresenta desvantagens expressivas para empresas que comercializam produtos contendo carbono biogênico e onde o cliente deseja demonstrar esse benefício no Escopo 3.1 sem depender do cenário incerto de Fim de Vida.

Além disso, a abordagem especificada no [Padrão da Cadeia de Valor Corporativo (Escopo 3) do Protocolo de GEE] não está de acordo com o método de contabilidade de produtos de GEE do [Padrão de Produto do Protocolo de GEE], [ISO 14064-1:2019] ou [ISO 14067:2018], onde

os benefícios da absorção de CO<sub>2</sub> biogênico podem ser considerados diretamente quando o carbono biogênico entra no sistema do produto. Os benefícios dos produtos de carbono biogênico com uma aplicação de longo prazo, que armazenam o carbono removido continuamente, não podem ser requeridos com precisão.

Os benefícios de outras tecnologias, como a "Captura e Uso de Carbono" (CCU) ou "Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono" (BECCS), que removem CO<sub>2</sub> da atmosfera não podem ser precisamente reportados, devido ao método de contabilidade 0/0 para o CO<sub>2</sub> biogênico. Atualmente, o fato do CO<sub>2</sub> não ser emitido de volta à atmosfera nesses sistemas não pode ser considerado. Ao contrário da compensação, que não pode ser considerada na contabilidade de emissões corporativas de acordo com o [Padrão da Cadeia de Valor Corporativo (Escopo 3) do Protocolo de GEE], os benefícios desses tipos de tecnologias estão na mesma cadeia de valor (chamada 'insetting'). Por este motivo, não é viável considerar com precisão as vantagens dessas tecnologias para promover sua utilização. Portanto, a abordagem atual do [Padrão da Cadeia de Valor Corporativo (Escopo 3) do Protocolo de GEE] impede que as empresas promovam os benefícios de seus produtos baseados em CCU biogênico ou BECCS.

## 2.2 Incompletude do Protocolo de GEE

[ISO14067:2018] e [Padrão de Produto do Protocolo de GEE] requerem relatórios separados de emissões e remoções de CO<sub>2</sub> biogênico, mas também permitem a inclusão de todas as emissões e remoções no inventário, adicionadas tanto aos cálculos totais de PCF do berço ao túmulo, quanto aos cálculos parciais de PCF do berço ao portão da fábrica.

Para usos de curto prazo de materiais com incineração, ambas as abordagens são idênticas em considerações de berço ao túmulo. Em aplicações de longo prazo, diferenças significativas serão percebidas, conforme o método final de descarte. A contabilização está incompleta atualmente, uma vez que não demonstra claramente as emissões e remoções pertinentes nos inventários corporativos de GEE dos Escopos 3.1, 3.5 e 3.12.

A versão atual do [Padrão da Cadeia de Valor Corporativo (Escopo 3) do Protocolo de GEE] está incompleta no sentido de que:

- a incineração completa de produtos feitos de carbono biogênico é pressuposta no Fim de Vida (EoL) em todos os casos, mesmo se forem reciclados ou reutilizados;
- o tempo de armazenamento das remoções e emissões de CO<sub>2</sub> não é avaliado e incluído, embora seja mencionado no projeto do [Guia de Setor Terrestre e Remoções do Protocolo de GEE] sem orientações claras. Portanto, os benefícios de um longo armazenamento do CO<sub>2</sub> biogênico não podem ser considerados, atualmente, na contabilização de emissões;
- no caso de outras tecnologias, como CCS ou CCU, que retiram CO<sub>2</sub> da atmosfera, aplica-se o mesmo. Consequentemente, o benefício específico na redução formal de GEE não pode ser reportado;
- o mesmo vale para a absorção e armazenamento de CO<sub>2</sub> biogênico, como produtos que atuam como um sumidouro de carbono por longos períodos.

Essa forma de relatório dificulta o uso e a comercialização de materiais que contêm carbono biogênico na indústria

química e nas indústrias downstream, que podem contribuir significativamente para a redução de GEE. Para todos os casos, considera-se a incineração completa de materiais de carbono biogênico ao final da vida útil. Cenários em que os materiais são usados para aplicações de longa duração, que efetivamente auxiliam na redução de emissões ao armazenar carbono biogênico, não podem ser destacados por meio desse mecanismo de contabilidade.

Informações adicionais poderão ser fornecidas na versão final do [Guia de Setor Terrestre e Remoções do Protocolo de GEE].

## 2.3 Recomendações e Propostas de Solução

Para fins de contabilização corporativa de GEE, o carbono biogênico contido em um produto deve ser considerado como remoção de CO<sub>2</sub> no início de sua produção, assim como em um cálculo de PCF conforme [ISO 14067:2018].

As empresas do setor químico buscam evidenciar os benefícios da diminuição de emissões de GEE no Escopo 3.1 ao adotar materiais com carbono biogênico no lugar de alternativas à base de fósseis, quando possível.

Caso a absorção de carbono biogênico seja considerada no Escopo 3.1, as emissões biogênicas também devem ser consideradas no Escopo 3.12 para usos de curto prazo, de preferência com dados específicos do produto, em vez de estatísticas generalizadas. Para uso de longo prazo e/ou reciclagem, o relatório no Escopo 3.12 precisa ser ajustado para refletir o benefício do uso prolongado. Emissões e remoções de carbono biogênico precisam ser contabilizadas em todos os escopos do Protocolo de GEE. Sempre que houver emissão de CO<sub>2</sub> biogênico, esta deve ser contabilizada como emissão de CO<sub>2</sub> biogênico. Da mesma forma, o CO<sub>2</sub> deve ser considerado com um valor negativo de -1 kg CO<sub>2</sub>e por kg de CO<sub>2</sub> quando for removido. O [Guia PCF de Tfs] permite ambos os cálculos, com e sem a remoção de carbono biogênico.

Ao adotar uma abordagem de -1/+1, é possível prevenir as desvantagens da abordagem atual de relatórios. Portanto, sugerimos utilizar a abordagem contábil de fluxo bruto de -1/+1, conforme já mencionado no [Padrão de Produto do Protocolo de GEE] e de forma mais ampla no [ISO 14064-1:2019]. A agregação de todas as remoções e emissões (biogênicas e fósseis) será viável se os números desagregados também forem relatados.

Muitas empresas químicas estão estabelecendo metas para reduzir as emissões de produtos na categoria Escopo 3.1. Portanto, as empresas precisam ser capazes de estimar os benefícios na contabilização do Escopo 3.1 ao usar materiais biogênicos. De um lado, essa abordagem irá motivar as empresas a realizar ações transformadoras de longo prazo, enquanto, por outro lado, também tornará possível que sejam reconhecidas por seus esforços. Os incentivos também precisam ser contabilizados em um nível corporativo. Dessa forma, é necessária uma harmonização com o cálculo de PCF conforme [ISO 14067:2018] e o Padrão de Produto do Protocolo de GEE.

A Tfs recomenda considerar acuradamente a utilização de materiais com carbono biogênico, permitindo que as empresas reivindiquem a remoção de carbono ao empregar materiais com carbono biogênico no Escopo 3.1. A abordagem deve ser ajustada para que a absorção de CO<sub>2</sub>

biogênico possa ser considerada como um benefício (valor negativo). A contabilização do Escopo 3.1 deve ser alinhada com o cálculo de PCF de produtos com carbono biogênico. A absorção de CO<sub>2</sub> biogênico poderia se tornar um mecanismo de remoção de CO<sub>2</sub> se a durabilidade dos produtos puder ser considerada de longo prazo (em uso, armazenada por um longo período) no fim da vida útil.

Na Figura 1, ambas as abordagens, o -1/+1 e o 0/0, são exibidas e comparadas.

Especificamente, os seguintes pontos devem ser abordados:

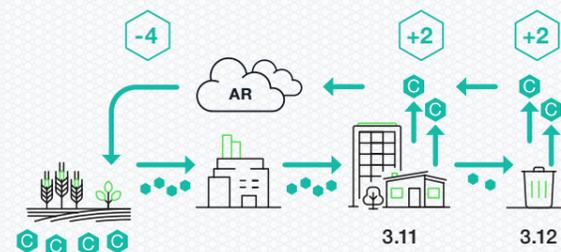
- a possível dupla contagem no Escopo 3.1 quando várias empresas usam o mesmo produto diversas vezes não é considerada tão crítica, em comparação com a prática comum de duplicação de emissões no Escopo 3.12. Portanto, em

todos os inventários de emissões corporativas, as remoções e emissões se compensarão (desde que o CO<sub>2</sub> seja emitido no final da vida útil);

- o processo de reciclagem de materiais que contêm carbono biogênico na abordagem -1/+1 apresenta desafios na contabilização de emissões. Por isso, é crucial alinhar a abordagem para contabilizar a reciclagem com a contabilidade de materiais de carbono biogênico. É importante evitar que o benefício da "remoção CO<sub>2</sub> da atmosfera" seja contabilizado várias vezes ao longo de múltiplos ciclos de vida, sem considerar as respectivas emissões no fim da vida útil. Isto é fundamental, uma vez que, de outra forma, possibilitaria a redução artificial do inventário de emissões corporativas ao considerar o benefício de 1 kg de CO<sub>2</sub> removido múltiplas vezes. A questão é apresentada na Figura 2.

Figura 1 - Comparação das abordagens -1/+1 e 0/0 para o CO<sub>2</sub> biogênico

**ABORDAGEM -1/+1 1 (considerando o CO<sub>2</sub> biogênico)**

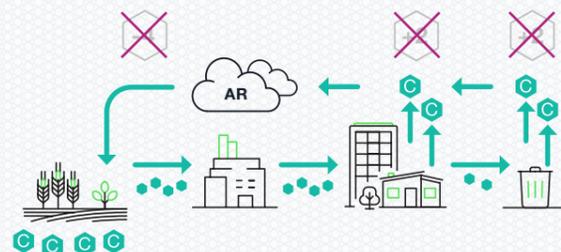


Absorção (-4) e emissão (+2; +2) são contabilizadas

- Escopo 3.1: (-4)
- Escopo 3.11 / Escopo 3.12: (+4)

Total: (-4) + (+4) = 0

**ABORDAGEM 0/0 (sem consideração de CO<sub>2</sub> biogênico)**

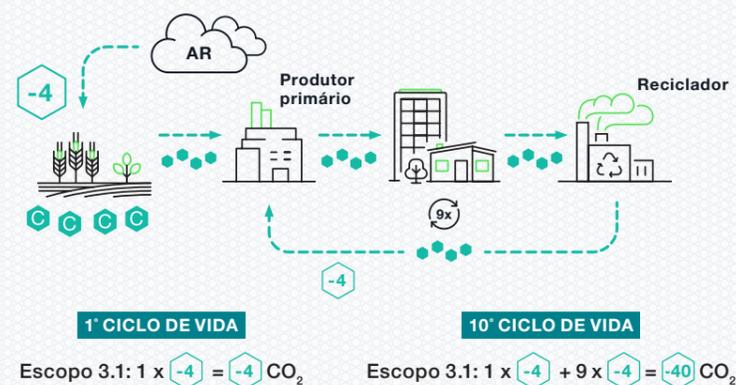


Nem a absorção nem a emissão são contadas (0 !)

- Escopo 3.1: (0)
- Escopo 3.11 / Escopo 3.12: (0)

Total: (0) + (0) = 0

Figura 2 - Problema: Múltipla contagem de créditos de carbono biogênico no sistema de reciclagem



Se a contabilização do crédito de carbono biogênico no Escopo 3.1 for feita em cada ciclo de vida, a absorção calculada de CO<sub>2</sub> é maior do que a absorção real de CO<sub>2</sub>. Por isso, é preciso evitar a contagem múltipla de créditos de carbono biogênico em diversos ciclos de vida.

1º CICLO DE VIDA: Escopo 3.1: 1 x (-4) = -4 CO<sub>2</sub>  
 10º CICLO DE VIDA: Escopo 3.1: 1 x (-4) + 9 x (-4) = -40 CO<sub>2</sub>



**3.1 Contexto e Apresentação do Problema**

O conceito de contabilidade de Balanço de Massa / Energia, uma técnica estabelecida da "Cadeia de Custódia (CoC)" definida na ISO 22095 [ISO 22095:2020], desempenha um papel essencial no fortalecimento da sustentabilidade dos produtos. Isto é alcançado integrando biomassa, materiais reciclados e fontes de energia. Na prática, esta abordagem oferece às indústrias uma maneira otimizada de integrar gradualmente materiais reciclados nos sistemas de produção existentes, juntamente com recursos convencionais. Trata-se de situações em que a segregação física de materiais alternativos e tradicionais durante o processamento não é praticável.

Na esfera da produção química, um número limitado de matérias-primas produz uma ampla gama de produtos. O craqueador a vapor atua como ponto de partida, "quebrando" o nafta — um hidrocarboneto longo — em moléculas menores, como hidrogênio, butenos, etileno e propileno. Estes componentes moleculares servem como unidades básicas para vários produtos, como plásticos, revestimentos, solventes e agentes de proteção de culturas. Entretanto, a alteração da matéria-prima em instalações de grande porte, como craqueadores a vapor, apresenta desafios.

Para o uso de matérias-primas alternativas, como biomassa, em quantidades relativamente baixas em relação ao fornecimento total do craqueador, é adotada a abordagem de Balanço de Massa (BM). Neste caso, a produção química utilizando recursos renováveis ou reciclados segue um método de cálculo para atribuir esses elementos sustentáveis a determinados produtos finais. Isso assegura que produtos que incorporam o método de BM possam ser usados de forma intercambiável com itens fabricados tradicionalmente, sem necessidade de modificações em receitas, processos

ou instalações, ao mesmo tempo em que os benefícios das matérias-primas de baixo carbono podem ser repassados aos clientes que buscam atributos de sustentabilidade.

A aplicação da abordagem de BM no setor químico traz uma série de vantagens, conforme destacado pela BASF [2022]:

1. uma transição facilitada rumo a uma economia circular neutra em carbono ao incorporar matérias-primas sustentáveis na infraestrutura química existente;
2. a produção de produtos ecologicamente corretos mais acessíveis, sem a necessidade de grandes investimentos;
3. escalabilidade flexível, preservando a qualidade consistente do produto;
4. maior transparência para decisões conscientes de aquisições sustentáveis, respaldada por certificação de terceiros;
5. utilização de uma metodologia consolidada, com êxito em vários setores, com o objetivo de facilitar a transição para alternativas sustentáveis na indústria química.

O sistema de contabilidade de BM foi desenvolvido para acompanhar o fluxo de materiais em uma cadeia de valor complexa, não só no setor químico, mas em diversas indústrias. É aplicado em diversos programas consolidados relacionados a práticas de abastecimento sustentável e/ou responsável, como o Conselho de Manejo Florestal (em inglês, FSC) e a Iniciativa Algodão Melhor (em inglês, BCI).

A abordagem "Balanço de Massa / Energia" estabelece um conjunto de regras para atribuir o material de origem biológica ou reciclado a diferentes produtos, possibilitando reivindicar e

comercializar o conteúdo como "biodegradável" ou "circular". Esta situação ainda não está contemplada na versão atual do Protocolo de GEE. Para um fabricante de produtos químicos, a matéria-prima alternativa é apenas mais um insumo que entra no sistema de produção. No processo, será misturada e transformada em diversos outros produtos, mas a quantidade de material alternativo que sai da unidade de produção é igual à que entra nela (dentro das limitações físicas e químicas de eficiência de conversão e perdas).

Por exemplo, diversos processos podem ser aplicados à reciclagem química. Em uma abordagem de Balanço de Massa (BM), os principais insumos, como o óleo de pirólise, podem ser misturados com nafta fóssil em um local de produção química. Isso significa que o material reciclado é distribuído em vários produtos, e que uma abordagem de BM é necessária para calcular o rendimento de plástico a plástico [Broeren et al 2022].

Em sistemas com múltiplas entradas e uma única saída, diferentes matérias-primas com distintas pegadas ecológicas são essenciais para gerar o resultado desejado. Mediante a abordagem de atribuição livre, a contabilização do Balanço de Massa possibilita atribuir as características de base biológica ou recicladas de um insumo à molécula completa do resultado único (onde a massa de entrada equivale à massa de saída, multiplicada por um fator de conversão). No entanto, existe um risco potencial de uma matéria-prima com baixo impacto ambiental ser atribuída à porção da saída, enquanto as pegadas ambientais mais altas de outras matérias-primas são desconsideradas. Para evitar acusações de "greenwashing", é importante evitar essa prática.

## 3.2 Recomendações e Propostas de Solução

### 3.2.1 Recomendações

O cálculo de PCF de um produto BM incluindo carbono biogênico e/ou materiais secundários com uma única entrada do produto BM e a saída de materiais idênticos pode ser facilmente calculado por meio de uma pegada separada para cada produto. Se materiais idênticos provenientes de fontes diferentes são misturados sem transformação adicional, o Balanço de Massa é facilmente realizado. Regras especiais são necessárias, por exemplo, para a etapa de craqueamento a vapor de materiais de base biológica e materiais secundários com balanço de massa, devido à complexa mistura de vários produtos (materiais e combustíveis) feitos com base no fornecimento. Uma solução viável seria utilizar um método de expansão do sistema para os combustíveis exportados para fora do limite do craqueador, enquanto os demais produtos de saída podem ser alocados de acordo com a massa.

Uma vez que os produtos químicos são frequentemente utilizados em combinações complexas, ciclos discretos são possíveis apenas em alguns casos (por exemplo, vidro, metais, alguns plásticos). Além disso, ao movimentar-se pela economia, os produtos frequentemente sofrem misturas adicionais e contaminação, tornando praticamente e economicamente inviável separá-los, mesmo que sejam fisicamente e quimicamente distinguíveis. A reciclagem química pode desempenhar um papel importante na valorização de fluxos de resíduos plásticos no final de suas vidas úteis, permitindo a produção de novos produtos químicos, incluindo plásticos. Será muito desafiador atingir objetivos ambiciosos de reciclagem sem uma ampla e rápida expansão das tecnologias de reciclagem mecânica e química [Ishii & Stuchtey 2022]. A abordagem de Balanço de Massa não está estabelecida no protocolo de GEE atual e, até o momento, não pode ser aplicada. A TFS recomenda a implementação dos seguintes aspectos [TFS PCF Guideline]:

- o Balanço de Massa deve ser considerado como materiais reciclados, de base biológica e outros tipos de materiais, e deve seguir as diretrizes de contabilidade que recomendamos neste artigo técnico;
- o BM deve ser aceito como materiais utilizados diretamente nas cadeias de fornecimento químico. Assim, diferentes modelos de CoC, como por exemplo, Balanço de Massa/Energia, expansão do sistema, entre outros, devem ser aceitos;
- a diluição deste tipo de material em grandes instalações da indústria química deve ser considerada como entrada direta, desde que um esquema de contabilidade e certificação aceite esteja em vigor.
- No caso de biomassa, um método C14 para validar a quantidade "real" de carbono reciclado ou de base biológica não é significativo, já que as quantidades atribuídas não podem ser detectadas com precisão. Segundo a ISO 22095, a abordagem MB é estabelecida como um modelo de Cadeia de Custódia (CoC) e deve enfatizar certas características de sustentabilidade.

### 3.2.2 Propostas de Solução

Para viabilizar uma economia circular com baixas emissões de GEE, é necessária a transição para matérias-primas derivadas de biomassa ou resíduos. O método de Balanço de Massa é uma maneira de atingir esta transição de maneira rápida, econômica, escalável e socialmente aceita para diversos produtos. Incorporar os benefícios dos materiais utilizados no Balanço de Massa/Energia e a expansão do sistema na contabilidade corporativa das empresas é um fator fundamental para relatórios precisos. A proposta a seguir deve ser utilizada como base para futuros desenvolvimentos do protocolo de GEE:

1. a expansão do sistema de Balanço de Massa/Energia deve ser específica do local, permitindo a atribuição da parte sustentável da matéria-prima a um produto ou saída específica — um princípio denominado atribuição livre — para os produtos de um processo;
2. a transferência de créditos renováveis entre múltiplos locais deve seguir os requisitos dos respectivos esquemas de certificação. De qualquer forma, é necessário tornar transparente o uso da transferência entre vários locais;
3. em avaliações de PCF, outros elementos da matéria-prima renovável (como N, H, O) podem ser levados em consideração para o cálculo das quantidades atribuíveis, além do carbono. Todos os insumos de origem renovável podem ser considerados no cálculo de PCF caso tenham um impacto relevante, como é o caso do hidrogênio ou da amônia renováveis;
4. o período contábil (para o balanço das posições vendidas) deve ser de um ano;
5. o Balanço de Massa deve ser certificado conforme um esquema de BM, seguindo esses critérios.

Para que a abordagem BM seja eficaz e amplamente adotada, é fundamental que as regras de cálculo e alocação tenham aplicabilidade geral e sejam sólidas.

Como compostos que entram na cadeia de valor podem ter valores diferentes para o processo químico, mesmo se seu conteúdo atômico for o mesmo, a contabilidade de BM não pode se basear apenas na massa. Em certos casos, o uso de propriedades relacionadas ao valor químico, como o "baixo poder de aquecimento" (PCI), conteúdo de carbono, unidades funcionais, etc., pode ser preferível como base para o cálculo (por exemplo, para resíduos plásticos mistos) ou conteúdo de carbono. De maneira geral, deve-se considerar uma demanda adequada de matérias-primas fósseis, para evitar práticas de "greenwashing" com operações simples.

### 3.2.3 Sumário

Os conceitos de BM asseguram o uso eficiente e sustentável da infraestrutura existente, pois as semelhanças nos processos de conversão são usadas para evitar a instalação duplicada de fontes de carbono renováveis. Por meio do Balanço de Massa, a indústria química adotaria um mecanismo estabelecido, bem reconhecido e aceito em outras indústrias e setores.

Um composto químico proveniente de diferentes tipos de matéria-prima (ex.: fóssil, biomassa, processos circulares) e utilizado em operações de larga escala não pode ser diferenciado por tipos de matéria-prima, pois é quimicamente idêntico. O método BM é necessário para calcular e verificar com precisão a quantidade de conteúdo de carbono renovável ou reciclado atribuído aos produtos. Isto irá garantir a transição para uma indústria química totalmente circular e/ou baseada em biologia.

# 04 Conteúdo Reciclado

## 4.1 Contexto e Apresentação do Problema

Para uma transição eficaz em direção a uma economia circular e para atingir metas de emissão zero, é necessário o uso de materiais secundários, por meio de reutilização e reciclagem. Neste sentido, a indústria química desempenha um papel essencial. Tecnologias como a reciclagem mecânica e química demonstram potencial para reduzir as emissões de GEE ao manter os materiais em um ciclo circular [Ellen MacArthur Foundation 2019]. A redução das emissões de gases de efeito estufa com o uso de materiais reciclados deve ser considerada na contabilidade corporativa de GEE, tanto para os usuários, quanto para os produtores de materiais secundários. Entretanto, o método de contabilização por corte do Protocolo de GEE é insuficiente para lidar com as interações complexas envolvidas.

A estratégia específica para integrar conteúdo reciclado na contabilidade de GEE é detalhada nas páginas 77-79 do [Guia Técnico para o Cálculo de Emissões do Escopo 3]. Segundo essa abordagem, na primeira utilização do produto, os participantes da cadeia de valor não precisam contabilizar os ônus da reciclagem no Escopo 3.5 ou no Escopo 3.12, desde que a reciclagem dos fluxos de resíduos seja comprovada. Os ônus relacionados aos processos de reciclagem são contabilizados no Escopo 3.1 (Bens e Serviços Adquiridos) da empresa que compra e utiliza o produto reciclado, geralmente referido como o segundo usuário. Isto gera uma distribuição desequilibrada dos encargos de reciclagem entre os participantes da cadeia de valor, criando um problema para muitas empresas que direcionam seus esforços de redução de carbono principalmente para as subcategorias do Escopo 3, como 3.1 (Produtos e Serviços Adquiridos) e 3.5 (Resíduos Operacionais). Estes segmentos são componentes integrais da pegada de carbono parcial do produto do berço ao portão da fábrica (PCF), compartilhada com parceiros downstream, formando, assim, uma parte vital do mandato operacional de uma empresa.

Em contrapartida, no Escopo 3.12 (Tratamento no Fim da Vida Útil dos Produtos Vendidos), a redução efetiva das emissões

de GEE possibilitada por um produtor e usuário de material reciclado, que realiza ações diretas para reduzir as emissões e promover uma economia circular, não resulta em uma redução de suas emissões no Escopo 3.12. Fora do controle direto das entidades de relatório, a maioria dos métodos de contabilização do Escopo 3.12 se apoia em suposições de alto nível e estatísticas globais, como as provenientes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico [Estatísticas Globais da OCDE 2022]. A seção a seguir busca abordar os desafios enfrentados pelas empresas químicas na divulgação de emissões de GEE, tanto nos níveis corporativo quanto de PCF, no âmbito atual. O intuito é evidenciar as limitações do atual Padrão de Cadeia de Valor Corporativo de GEE (Escopo 3) do Protocolo de Gases de Efeito Estufa, com a intenção de fomentar uma discussão franca entre os intervenientes.

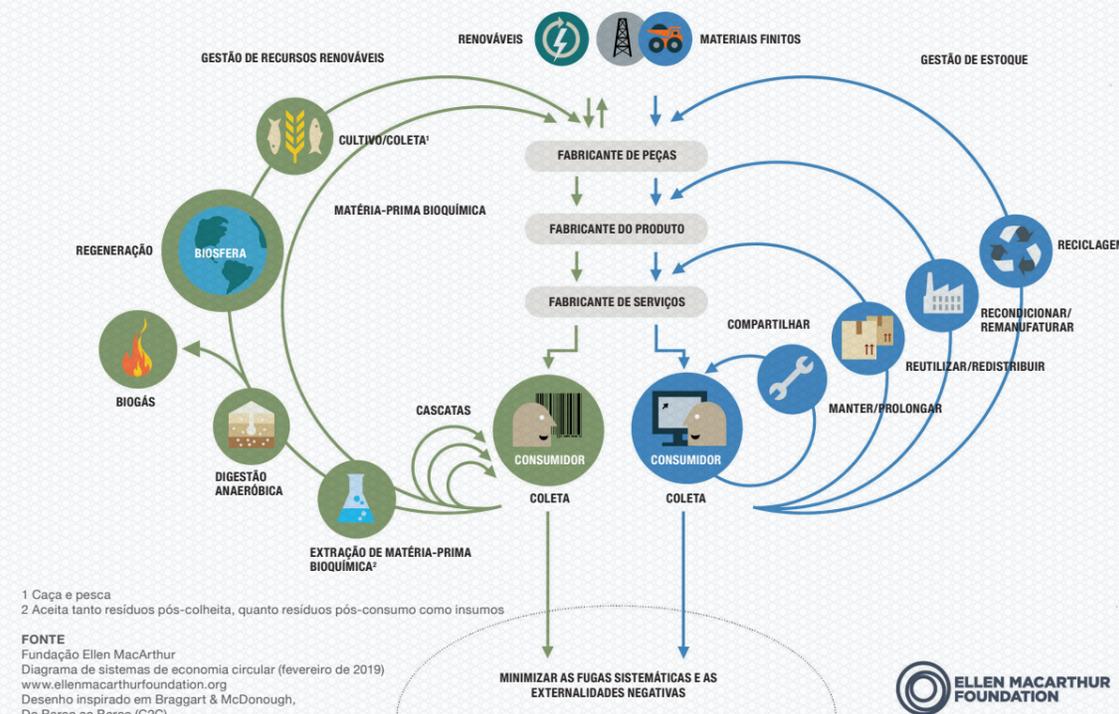
A Figura 3 esquematiza as possibilidades de como os materiais originais podem ser incorporados a uma economia circular e reutilizados de várias formas. Muitas dessas alternativas são aplicáveis à indústria química e devem ser consideradas e associadas a números significativos nos relatórios corporativos das empresas.

O diagrama do sistema da economia circular, também conhecido como diagrama borboleta, representa o fluxo contínuo de materiais em uma economia circular. Nele, existem dois ciclos principais: o ciclo técnico e o ciclo biológico.

## 4.2 Lacunas Identificadas no Protocolo de GEE para Conteúdo Reciclado

**Primeiro Desafio – Restrições na Abordagem de Corte:** O Padrão de Cadeia de Valor Corporativo do Protocolo de GEE (Escopo 3) aplica uma metodologia de corte para todos os materiais. Na etapa do Fim de Vida Útil (EoL), isso resulta no reconhecimento de "benefícios" exclusivamente na subcategoria Escopo 3.12, pois a porção de material reciclado

Figura 3 - O Diagrama Borboleta: Visualizando o Conceito de Economia Circular [Fundação Ellen MacArthur]



é contabilizada com zero emissões (exceto coleta e triagem). Ao mesmo tempo, o impacto ambiental das emissões relacionadas à reciclagem é incluído quando o segundo usuário está adquirindo materiais reciclados (no Escopo 3.1 de upstream). Esta abordagem se torna problemática para os agentes na cadeia de suprimentos upstream, pois o Escopo 3.12 frequentemente está fora de seu controle direto.

Aqui está um exemplo ilustrativo das carências da Abordagem de Corte:

A Empresa A, que fabrica um material a partir de matérias-primas fósseis e tem uma taxa geral de reciclagem de 10%, conforme indicado nas Estatísticas Globais da OCDE [Global OECD Statistics 2022], pode alegar essa taxa de 10% de reciclagem como um corte de suas emissões de carbono no Escopo 3.12. Isto ocorre apesar de não contribuir ativamente para promover a economia circular. Por outro lado, a Empresa B, que oferece o mesmo material com, por exemplo, 20% de conteúdo reciclado, não é plenamente reconhecida, uma vez que é possível considerar a taxa de reciclagem de apenas 10% proveniente das [Estatísticas Globais da OCDE 2022], apesar de ser um participante ativo e promotor da economia circular. Na prática, isto incentiva a Empresa A a continuar operando a partir de matérias-primas fósseis e delegar aos demais agentes da cadeia de valor a busca por maneiras de aumentar a taxa de reciclagem do material.

**Segundo Desafio – Complexidade na Contabilidade da Incineração de Resíduos:** Diversos desafios surgem na contabilização da incineração de resíduos com recuperação de energia e na atribuição do impacto entre o Escopo 3.5 e o Escopo 3.12. Atualmente, a incineração de resíduos é principalmente utilizada como técnica final de tratamento de resíduos, com recuperação de energia como subproduto.

A intensidade das emissões de gases de efeito estufa deste processo é calculada com base no teor de carbono dos resíduos e no valor de aquecimento. De acordo com a abordagem de corte, este impacto é atribuído à energia recuperada. Contudo, este método pode acidentalmente resultar em uma alocação distorcida das emissões de GEE, desestimulando a diminuição proativa de resíduos e os esforços otimizados de recuperação de energia.

**Terceiro Desafio – Ausência de Reconhecimento dos Benefícios da Reciclagem no Escopo 3.1:** Um problema ocorre quando os produtos fabricados por meio da reciclagem exibem um PCF do berço ao portão da fábrica mais alta do que seus equivalentes virgens, apesar de possuírem uma pegada de carbono do berço ao túmulo mais baixa. Como resultado, surge uma situação em que o benefício climático dos materiais reciclados, em comparação com os materiais fósseis, não pode ser considerado nas decisões de compra. Esta falta de transparência dificulta que as empresas adotem com confiança materiais reciclados, prejudicando a transição para uma economia circular.

**Quarto Desafio – Falta de reconhecimento do crescente impacto das Contribuições Circulares:** Uma contribuição completa para a economia circular vai além do que a simples reutilização de materiais. A abordagem atual do protocolo de GEE não reconhece a crescente relevância da economia circular. Não considera abordagens contábeis para: i) produtos com capacidade de reciclagem (por exemplo, um polímero desenvolvido para uma melhor reciclagem); ii) capacidade de reciclagem aprimorada (por exemplo, design para reciclagem na indústria automotiva); e iii) melhoria no processo de reciclagem de outros produtos (por exemplo, com a introdução de aditivos). Uma perspectiva inclusiva dos incentivos da economia circular deve considerar estes aspectos.



# 05

## Visão geral

### Carbônico biogênico

Com uma abordagem de -1/+1 é possível evitar as desvantagens do método atual de relatório. Por isso, a Tfs sugere adotar a abordagem contábil de fluxo bruto de -1/+1. Esta metodologia possibilita que as empresas usem mais carbono biogênico em seus produtos e informem seu uso de forma precisa. A dupla contagem deve ser evitada, e sistemas de contabilização significativos garantirão a rastreabilidade e suporte no futuro.

### Balanço de Massa / Energia

O cálculo PCF de materiais BM de base biológica ou materiais reciclados com uma única saída de materiais idênticos pode ser facilmente calculado por uma pegada separada para cada produto, como se estivessem completamente separados. Ao misturar materiais fisicamente idênticos de fontes distintas sem transformações adicionais, o Balanço de Massa é facilmente realizado. O craqueamento a vapor de materiais de base biológica com BM necessita de regras especiais, pois resulta em uma mistura complexa de várias matérias-primas e combustíveis, influenciada pelo tipo de alimentação.

### Conteúdo Reciclado

Uma nova metodologia de relatórios corporativos é fundamental para impulsionar o progresso da indústria química em direção a uma economia circular, incentivando a eficiência no uso de recursos e a redução das emissões de GEE. Embora seja complicado propor soluções universais para esses desafios complexos, os membros da Tfs almejam estabelecer um diálogo construtivo com as diversas partes interessadas do Protocolo de GEE, com o intuito de alcançar uma metodologia contábil harmonizada e refinada em futuras versões.



## Referências

[BASF 2022], BASF (2022); [https://www.basf.com/global/documents/de/sustainability/we-source-responsably/BASF\\_Mass\\_Balance\\_Factsheet.pdf](https://www.basf.com/global/documents/de/sustainability/we-source-responsably/BASF_Mass_Balance_Factsheet.pdf); (Acessado em 18 de julho de 2023).

[Broeren et al 2022] Broeren, M., Uijtewaal, M., Bergsma, G.; (2022), Monitoramento da reciclagem química – Como incluir a reciclagem química no monitoramento da reciclagem de plásticos? Delft CE (2022), [https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2022/03/CE\\_Delft\\_210126\\_Monitoring\\_Chemical\\_Recycling\\_Def.pdf](https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2022/03/CE_Delft_210126_Monitoring_Chemical_Recycling_Def.pdf), (Acessado em 18 de julho de 2023).

[PEF 2021] Regras de Categoria de Pegada Ambiental do Produto Final e Regras Setoriais de Pegada Ambiental da Organização, [https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/PEFCR\\_OEFSR\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/PEFCR_OEFSR_en.htm) (Acessado em 18 agosto de 2022).

[Gabielli et al 2019] Gabielli, P.; Gazzani, M. and Mazzotti, M.; (2020), O Papel da Captura e Utilização de Carbono, Armazenamento de Carbono e Biomassa para Possibilitar uma Indústria Química com Emissões Líquidas de CO<sub>2</sub> Nulas, Ind. Eng. Chem. Res. 2020, 59, 7033–7045.

[GHG Protocol Land Sector and Removals Guidance] <https://ghgprotocol.org/land-sector-and-removals-guidance> (acessado em 18 de julho de 2023)

[GHG Protocol Scope 2 Guidance] Guia do Escopo 2 do Protocolo de GEE - Uma Emenda ao Padrão Corporativo do Protocolo e GEE, (2015).

[GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard] Padrão de Cadeia de Valor Corporativo do Protocolo de GEE (Escopo 3) Relatórios do Protocolo de GEE, (2011).

[GHG Protocol Product Standard]: Normas de Contabilidade e Relatórios do Ciclo de Vida do Produto do GHG Protocol, (2011).

[GHG Protocol Corporate Standard] Padrão Corporativo do Protocolo de GEE, Um Padrão de Contabilidade e Relatórios Corporativos, (2004).

[Global OECD Statistics 2022], OECD (2022), Estatísticas Globais da OCDE, <https://www.oecd.org/environment/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.htm>] (Acesso em 18 de julho de 2023).

[Ellen MacArthur Foundation 2019] Diagrama dos sistemas da economia circular (fevereiro de 2019) [www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org) Ilustração baseada em Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C); <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>, (Acesso em 30 de agosto de 2023).

[IPCC, 2023]: Seções. Em: Mudanças Climáticas (2023): Relatório de Síntese. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [Equipe Principal de Redação, H. Lee e J. Romero (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

[ISO 14067:2018] Gases de Efeito Estufa - Pegada de Carbono de Produtos - Requisitos e Diretrizes para Quantificação, (2018).

[ISO 14064-1:2018] Gases do Efeito Estufa — Parte 1: Especificação com orientação no nível organizacional para quantificação e relato de emissões e remoções de gases do efeito estufa (2018).

[ISO 22095:2020]; Cadeia de Custódia — Terminologia e Modelos Gerais (2020).

[Ishii & Stuchtey 2022]; Ishii, N., Stuchtey, M. (2022), Produtos Químicos Positivos para o Planeta – Caminhos para a indústria química possibilitar uma economia global sustentável. <https://www.systemiq.earth/wp-content/uploads/2022/10/Main-report-v1.22.pdf>, (Acesso em 18 de julho de 2023).

[McKinsey 2021] McKinsey (2021); Net-Zero Deutschland Chancen und Herausforderungen auf dem Weg zur Klimaneutralität bis 2045, [https://www.mckinsey.com/de/~/media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2021/21-09-10%20net%20zero%20deutschland/mckinsey%20net-zero%20deutschland\\_oktober%202021.pdf](https://www.mckinsey.com/de/~/media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2021/21-09-10%20net%20zero%20deutschland/mckinsey%20net-zero%20deutschland_oktober%202021.pdf), (Acesso em 18 de julho de 2023).

[Schneider et al 2019] Schneider, C., Samadi, S., Holtz, G., Kobiela, G., Lechtenböhrer, S., Witecka, W.; (2019), Klimaneutrale Industrie: Ausführliche Darstellung der Schlüsseltechnologien für die Branchen Stahl, Chemie und Zement. Análise no Auf-trag da Agora Energiewende. Berlim, novembro de 2019.

[Tan & Vegelan 2022] Tan, C. & Vegelan, H. (2022): A indústria química pode se desvincular das matérias-primas fósseis. Veja como em: <https://www.weforum.org/agenda/2022/11/chemical-industry-fossil-fuels-decarbonization/>, (Acesso em 18 de julho de 2023).

[Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions] Protocolo de GEE, Orientações Técnicas para o Cálculo de Emissões do Escopo 3, Suplemento ao Padrão de Contabilidade e Relatórios da Cadeia de Valor Corporativo (Escopo 3), (2013).

[TfS PCF Guideline] O Guia de Pegada de Carbono do Produto para a Indústria Química, Especificação para a Pegada de Carbono do Produto e Contabilidade e Relatórios de Emissões do Escopo 3.1 Corporativo, Together for Sustainability (TfS), 2022.

## Abreviaturas

<b>BCI</b>	Iniciativa Algodão Melhor
<b>BECCS</b>	Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono
<b>CCU</b>	Captura e Uso de Carbono
<b>CCS</b>	Captura e Armazenamento de Carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>CoC</b>	Cadeia de custódia
<b>EOl</b>	Fim de vida
<b>FSC</b>	Conselho de Manejo Florestal
<b>GEE</b>	Gases de Efeito Estufa
<b>ISCC</b>	Certificação Internacional de Sustentabilidade e Carbono
<b>LHV</b>	Baixo poder calorífico
<b>BM</b>	Balanço de massa
<b>ONG</b>	Organização Não Governamental
<b>PCF</b>	Veja Pegada de Carbono do Produto (PCF)
<b>OECD</b>	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico



