



**BUREAU
VERITAS**

Bureau Veritas Certification - Brasil

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DO
AGROSILÍCIO CORRETIVO/PLUS –
PEGADA DE CARBONO**

HARSCO MINERAIS Ltda

Versão: 08

Outubro/2023



Tabela 1. Dados da Empresa solicitante

Razão Social	CNPJ	Segmento de Atuação	CNAE
HARSCO MINERAIS LTDA	02.131.267/0001-43	Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio	38.31-9-99
Endereço	Rodovia BR-381, km 195, Núcleo Industrial, Timóteo - MG. CEP: 35.180-001		

Tabela 2. Dados da Empresa executante

Razão Social	CNPJ	Segmento de Atuação	CNAE
BVQI DO BRASIL CERTIFICADORA LTDA	72.368.012/0002-65	Outras atividades profissionais, científicas e técnicas não específicas anteriormente	74.90-1-99
Endereço	Av. Angélica, 2546, Andares 14º, 15º, 16º, Consolação, São Paulo - SP. CEP: 01228-200		

CRÉDITOS

Tabela 3. Equipe Bureau Veritas

Coordenação Técnica Camila Maria Aguiar Torres	camila.torres@bureauveritas.com
Consultores Lucio Fernando de Andrade Samuel Sipert	lucioferpa@gmail.com ssipert@gmail.com

Tabela 4. Equipe responsável – Harsco

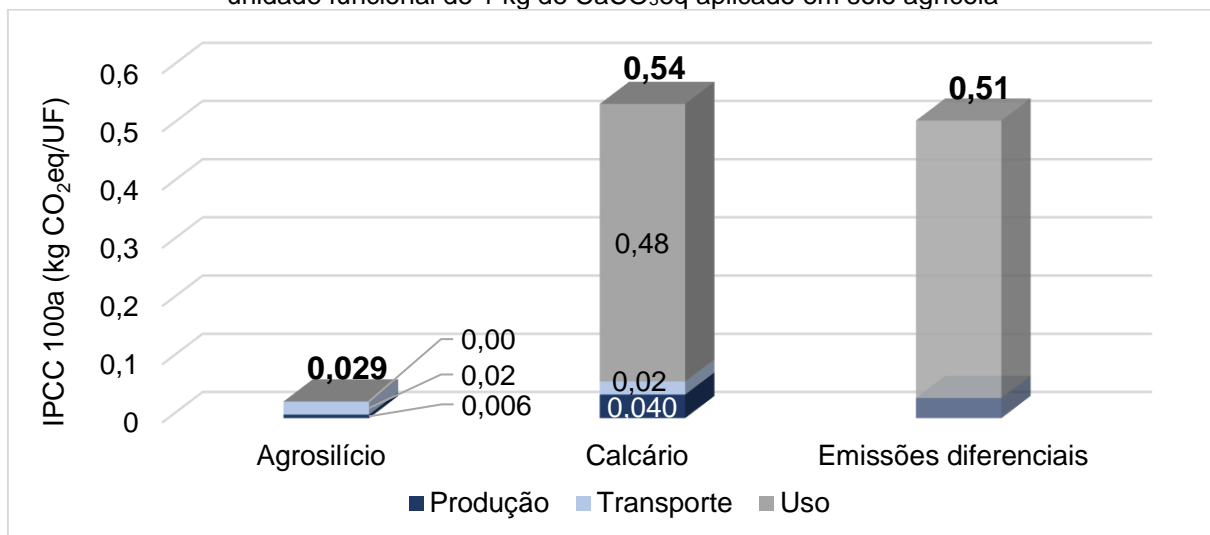
Equipe	Função
Angela Villela	Diretora de EHS
Cristiane Julião	Supervisora de Meio Ambiente e Gestão
Célio Eduardo de Oliveira	Gerente Industrial

SUMÁRIO EXECUTIVO

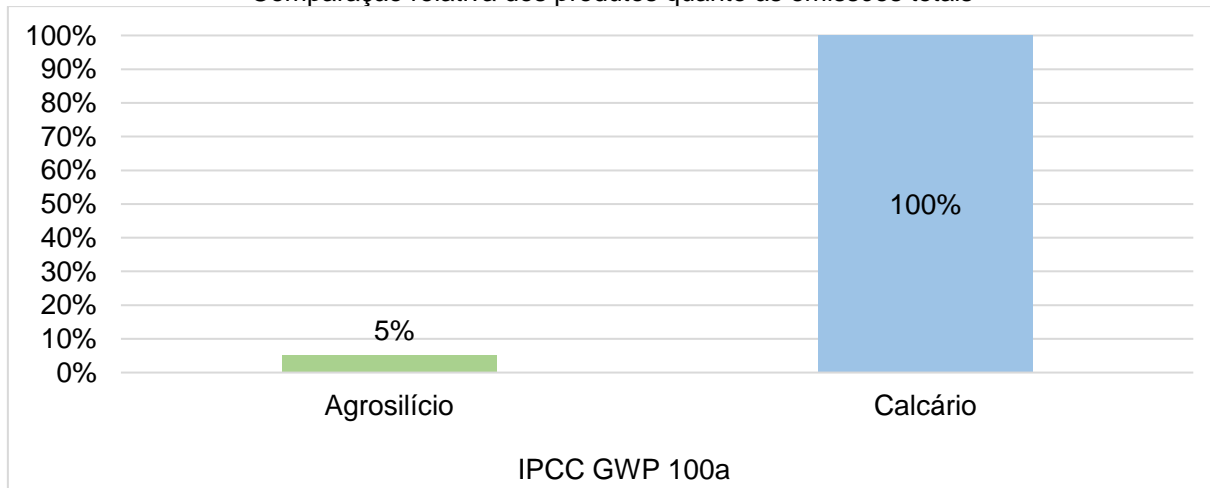
O Agrosilício Plus/Corretivo, produzido e comercializado pela Harsco, é oriundo da escória gerada na produção do aço. A Pegada de Carbono correspondente a aplicação de 1 kg de Agrosilício Corretivo/Plus no solo foi de 0,029 Kg CO₂eq (alocação física). O resultado foi calculado com base no método Global Warming Potential (GWP) para um período de 100 anos, conforme proposto pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

A comparação de impactos de produção desse produto com o calcário agrícola foi realizada baseando-se em dados secundários. Emissão de gases de efeito estufa durante a etapa de uso foram estimados através de fatores extraídos da literatura. Os resultados podem ser vistos abaixo:

Análise comparativa entre a aplicação de Agrosilício Corretivo/Plus e Calcário agrícola, considerando unidade funcional de 1 kg de CaCO₃eq aplicado em solo agrícola



Comparação relativa dos produtos quanto às emissões totais



LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados da Empresa solicitante	2
Tabela 2. Dados da Empresa executante	2
Tabela 3. Equipe Bureau Veritas	3
Tabela 4. Equipe responsável – Harsco.....	3
Tabela 5. Balanço de materiais durante operação para o ano de 2021	16
Tabela 6. Consumo total de combustíveis e energia para o ano de 2021	16
Tabela 7. Cálculo das emissões devido à queima de combustíveis durante produção	17
Tabela 8. Inventário para o transporte de insumos para a Harsco	17
Tabela 9. Inventário para produção de Agrosilício	17
Tabela 10. Produção escoada e distâncias médias percorridas por estado em 2021	18
Tabela 11. Inventário para a aplicação de Agrosilício no solo como CaCO ₃ eq	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de uma ACV	10
Figura 2. Análise do inventário – coleta de dados.....	11
Figura 3. Sistema de produto e fronteiras de análise para as etapas de produção e uso do agrosilício	14
Figura 4. Emissões de GEE para a aplicação de 1 kg de CaCO_3 eq em solo agrícola.....	19
Figura 5. Participação de emissões diretas e indiretas na Pegada de Carbono do Agrosilício Corretivo/Plus	20
Figura 6. Análise comparativa entre a aplicação de Agrosilício Corretivo/Plus e Calcário agrícola, considerando unidade funcional de 1 kg de CaCO_3 eq aplicado em solo agrícola..	21
Figura 7. Comparação relativa dos produtos quanto às emissões totais.....	21

TERMOS E DEFINIÇÕES

Termos e definições aqui apresentação foram extraídos das normas ISO 14040 (ABNT, 2009a) e ISO14044 (ABNT, 2009b):

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida;

Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV): fase da avaliação do ciclo de vida envolvendo a compilação e quantificação das entradas e saídas de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida;

Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV): fase da avaliação do ciclo de vida que visa ao entendimento e à avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do ciclo de vida do produto;

Processo: conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam entradas em saídas;

Produto: qualquer bem ou serviço;

Co-produto: qualquer um entre dois ou mais produtos procedentes do mesmo processo elementar ou sistema de produto;

Matéria-prima: material primário ou secundário que é utilizado para produzir um produto;

Alocação: repartição dos fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e outro(s) sistema(s) de produto;

Sistema de produto: conjunto de processos elementares, com fluxos elementares e de produto, desempenhando uma ou mais funções definidas e que modela o ciclo de vida de um produto;

Fronteira do sistema: conjunto de critérios que especificam quais processos elementares fazem parte de um sistema de produto;

Unidade funcional: desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	BASE CONCEITUAL.....	10
2.1	AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA	10
2.1.1	Definição de objetivo e escopo	11
2.1.2	Análise de inventário de ciclo de vida	11
2.1.3	Avaliação de impacto de ciclo de vida	12
2.1.4	Interpretação de resultados	12
2.2	PEGADA DE CARBONO.....	12
3	AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA - AGROSILÍCIO	13
3.1	DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO	13
3.1.1	Objetivo do estudo.....	13
3.1.2	Sistema de produto e fronteiras analisadas	13
3.1.3	Unidade funcional	14
3.1.4	Tipos e fontes de dados	14
3.1.5	Definição espaço-temporal da análise e dos dados	14
3.1.6	Métodos de alocação	15
3.1.7	Categoria de impacto.....	15
3.1.8	Software e base de dados	15
3.1.9	Omissões.....	15
3.1.10	Análise de incerteza.....	15
3.2	ANÁLISE DE INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV).....	16
3.3	AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA (AICV).....	19
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
	REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o relatório final, elaborado pela Bureau Veritas Certification, cujo objetivo foi avaliar a performance ambiental da produção e aplicação de Agrosilício Corretivo/Plus em solo agrícola através da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) com foco nas emissões de gases de efeito estufa.

O relatório está estruturado em:

- Base conceitual;
- Avaliação de Ciclo de Vida para o Agrosilício;
- Considerações finais.

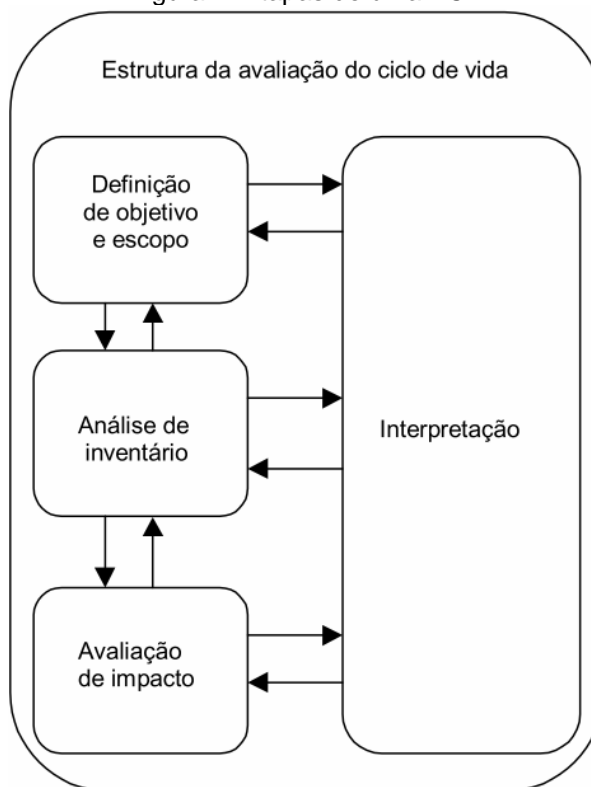
2 BASE CONCEITUAL

2.1 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é um método estruturado e padronizado internacionalmente que quantifica emissões e recursos consumidos em um sistema produtivo associado a qualquer bem ou serviço (produto), e a partir destes dados, estima os impactos relacionados ao consumo de recursos naturais, à saúde humana e ao meio ambiente (EUROPEAN COMMISSION, 2014). A ACV considera todo o ciclo de vida de um produto, ou seja, desde a extração de recurso, até as etapas de produção, uso, tratamento pós-uso e disposição final dos resíduos, sendo utilizado principalmente para comparação de produtos com a mesma função; melhoria do desempenho ambiental de produtos, ecodesign e rotulagem ambiental (IBICT, 2014).

As diretrizes para a realização de uma ACV estão descritas nas normas ISO 14040 (ABNT, 2009a) e ISO 14044 (ABNT, 2009b). De acordo com a estrutura do método, a avaliação é realizada em quatro etapas (Figura 1): (i) definição de objetivo e escopo; (ii) análise de inventário; (iii) avaliação de impacto do ciclo de vida e; (iv) interpretação de resultados. É importante frisar a natureza iterativa da análise, cujas etapas devem ser constantemente revisitadas e reavaliadas (ABNT, 2009a).

Figura 1. Etapas de uma ACV



Fonte: (ABNT, 2009a)

2.1.1 Definição de objetivo e escopo

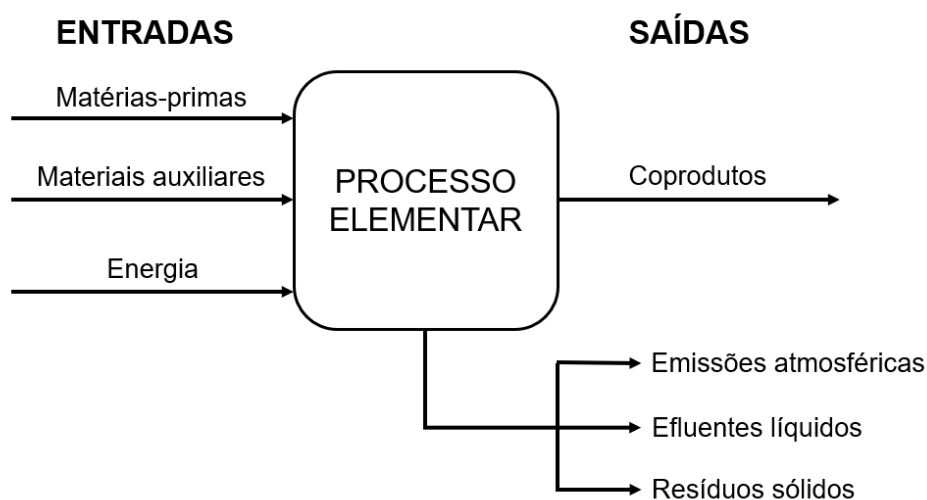
Nesta primeira etapa, são definidos o contexto decisório e a aplicação pretendida para a realização do estudo, o público-alvo, e se existe a intenção de utilizar os resultados em afirmações comparativas. O objetivo deve ser definido de forma clara e não-ambígua, sendo ajustado durante o estudo.

O escopo deve ser bem definido, de modo que atenda de forma satisfatória ao objetivo declarado. Os itens que caracterizam o escopo incluem: o sistema de produto considerado e suas funções, a unidade funcional para análise, a fronteira do sistema, procedimentos de alocação, categorias de impacto selecionados e metodologia utilizada para a avaliação de impactos, requisitos de dados, pressupostos, limitações e requisitos iniciais quanto a qualidade dos dados.

2.1.2 Análise de inventário de ciclo de vida

Esta etapa envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas (matéria e energia) e saídas (emissões e perdas) relevantes de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida. Dados utilizados na consolidação do Inventário de Ciclo de Vida são submetidos à procedimentos de alocação e correlação dos dados à unidade funcional definida no escopo. O produto desta etapa consiste em um conjunto de fluxos de entrada e saída de massa e energia através dos processos que compõem o sistema de produto para o ambiente externo, conforme Figura 2.

Figura 2. Análise do inventário – coleta de dados



Fonte: (IBICT, 2014)

2.1.3 Avaliação de impacto de ciclo de vida

A avaliação de impacto busca identificar e quantificar os impactos potenciais ao meio ambiente associados aos dados obtidos na etapa de inventário de ciclo de vida. Esse processo envolve associar os dados de inventário com categorias de impacto específicas e seus respectivos indicadores. Como resultado, esta fase fornece informações para a interpretação do ciclo de vida, e define o perfil ambiental do produto em análise.

2.1.4 Interpretação de resultados

Nesta última fase, conclusões das etapas anteriores (análise de inventário e avaliação de impacto) são consideradas em conjunto a fim de verificar se os resultados são consistentes com o objetivo e escopo, levantar as principais limitações do estudo e prever recomendações. A metodologia aplicada também deve ser avaliada com base nos requisitos definidos pelas normas vigentes.

2.2 PEGADA DE CARBONO

A pegada de carbono (CFP) é um método consistente com as normas ISO 14040 e ISO 14044 que busca calcular o potencial de contribuição ao aquecimento global através da quantificação de emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo do ciclo de vida de um produto. Requisitos e orientações para o desenvolvimento de um estudo CFP podem ser encontradas na norma ISO/TS 14067 – Gases de efeito estufa - Pegada de carbono de produtos - Requisitos e diretrizes para quantificação (ABNT, 2015).

3 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA - AGROSILÍCIO

3.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO

3.1.1 Objetivo do estudo

Avaliar o impacto ambiental relacionado às emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a produção e aplicação de Agrosilício Corretivo/Plus produzido pela empresa Harsco e comparar seus impactos com os do calcário agrícola, produto concorrente no mercado que possui a mesma função de correção de acidez em solos.

Os resultados proporcionarão um maior entendimento dos impactos ambientais relacionados à cadeia produtiva do produto e maior transparência ao mercado consumidor.

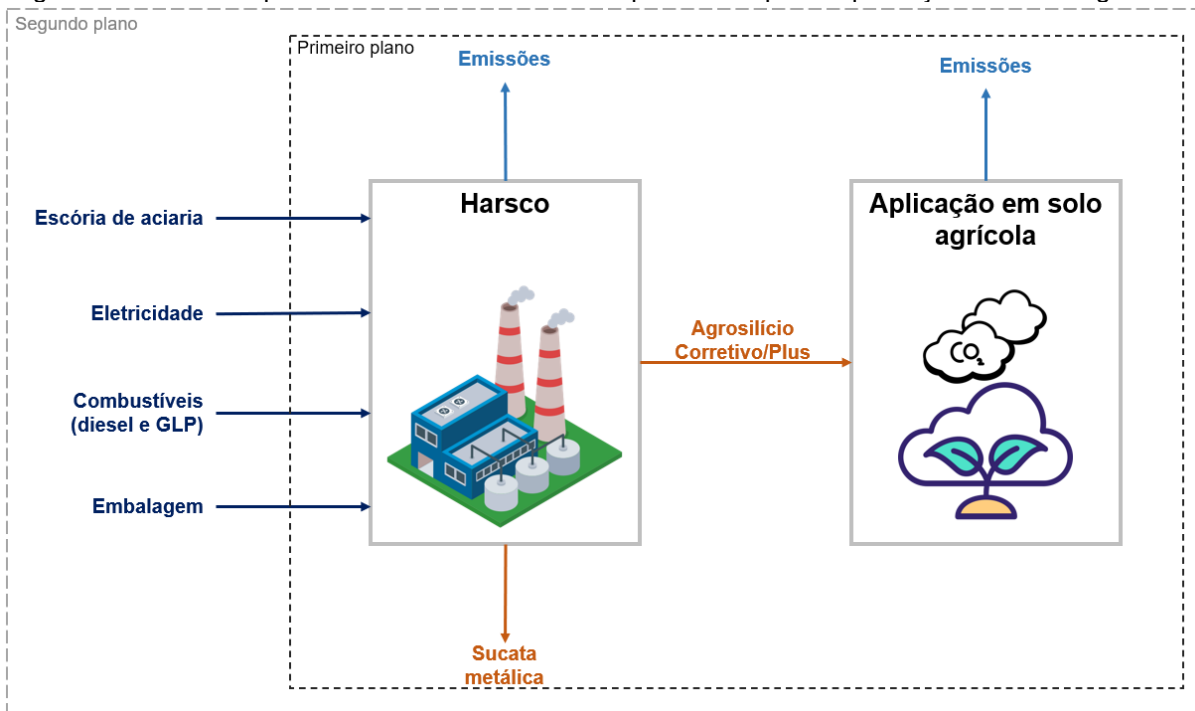
3.1.2 Sistema de produto e fronteiras analisadas

O Agrosilício Corretivo/Plus é um produto composto por silicatos de cálcio (CaSiO_3) e magnésio (MgSiO_3), sendo utilizado principalmente para correção de acidez e fonte de nutrientes (cálcio, magnésio e silício) em solos agrícolas. Sua produção se inicia pelo transporte até a Harsco de escória, gerada durante a produção de aço, onde passa por processo de moagem, separação de resíduo metálico, filtragem, destorroamento, peneiramento e, caso seja comercializado em sacos de 50 kg, embalagem. O processo de produção na usina utiliza energia elétrica, diesel, gás liquefeito de petróleo (GLP) e embalagem de rafia de polipropileno. Coprodutos do processo se resumem à sucata metálica retirada da escória durante a produção, com taxa de geração de 100 kg por tonelada de escória processada. Após a sua produção, o Agrosilício Corretivo/Plus é transportado até o local de utilização através de modal rodoviário.

A fronteira de análise considerada neste estudo teve uma extensão de berço-ao-solo (Figura 3). Em primeiro plano foram considerados os processos que ocorrem na produção e aplicação do produto no solo. Em segundo plano, foram consideradas as cadeias produtivas dos insumos necessários ao primeiro plano, como energia, combustíveis, insumos etc.

A Harsco produz e comercializa quatro produtos diferentes: Agrosilício Corretivo, Agrosilício Plus, Agrosilício S e Agrosilício Mg. Entretanto, esta análise considerou para o ano de estudo apenas os processos que envolvem a produção do Agrosilício Corretivo e Agrosilício Plus, tendo em vista que estes podem ser comparados ao calcário agrícola em termos de unidade funcional.

Figura 3. Sistema de produto e fronteiras de análise para as etapas de produção e uso do agrosilício



3.1.3 Unidade funcional

A unidade funcional (UF) considerada nesta análise foi 1 kg de CaCO_3 equivalente aplicado ao solo. Os resultados serão apresentados com base nesta UF.

3.1.4 Tipos e fontes de dados

Para análise de primeiro plano, foram utilizados dados operacionais disponibilizados pela empresa contratante referente ao ano de 2021, a exemplo do consumo mensal de combustíveis e energia elétrica e balanço anual de materiais durante a produção. Estimativa de emissões decorrentes da queima de combustíveis no primeiro plano utilizaram fatores de emissão extraídos da literatura. A análise dos processos de segundo plano, ou seja, dos processos de produção dos insumos necessários, foi realizada a partir de dados secundários disponíveis no banco de dados do Ecoinvent.

3.1.5 Definição espaço-temporal da análise e dos dados

Dados para os processos de primeiro plano foram referentes a usina de produção de Agrosilício Corretivo/Plus, considerando o ano de 2021.

3.1.6 Métodos de alocação

Para este estudo, não foram utilizados métodos de alocação, com base na premissa que o processo gera apenas um produto: o Agrosilício. A sucata metálica foi considerada um resíduo, não tendo participação nos impactos de produção.

3.1.7 Categoria de impacto

Para a etapa de Análise de Impacto de Ciclo de Vida, considerou-se a categoria de impacto de Mudança climática, através do modelo de caracterização IPCC 100a, criado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). O método avalia o potencial de aquecimento global para as emissões de gases de efeito estufa por unidade funcional para uma linha de base de 100 anos, com indicador de forçamento radioativo infravermelho expresso em quilogramas de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂ eq) (IPCC, 2013).

3.1.8 Software e base de dados

Foi utilizado o software OpenLCA versão 1.11.0 como ferramenta auxiliar para construção dos inventários e cálculos dos impactos do ciclo de vida do sistema de produto. A base de dados utilizada foi o Ecoinvent v3.

3.1.9 Omissões

Não foram incluídas na análise a etapa de construção e descomissionamento da infraestrutura montada para a produção do produto analisado.

3.1.10 Análise de incerteza

As incertezas dos dados foram estimadas com base no método da matriz pedigree (WEIDEMA; WESNÆS, 1996). O método propõe uma abordagem quali-quantitativa para estimar os desvios-padrões geométricos assumindo uma distribuição dos dados lognormal. Cada dado é avaliado com base em cinco critérios além de uma incerteza-básica (função do tipo de dado utilizado). Um *score* de 1 a 5 é atribuído aos critérios de confiabilidade, completude, correlação temporal, correlação geográfica e correlação tecnológica, e através da aplicação de modelo matemático, esses scores geram um desvio-padrão geométrico com um intervalo de confiança de 95 % (GOEDKOOOP *et al.*, 2016).

3.2 ANÁLISE DE INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

Para a construção do inventário, foram utilizados dados primários fornecidos pela empresa referentes à operação durante o período de 2021, compilados na Tabela 5 para o balanço de materiais, e Tabela 6 para o consumo de eletricidade e combustíveis.

Tabela 5. Balanço de materiais durante operação para o ano de 2021

Dados	Quantidade	Unid.	Comentários
Entradas			
Escória de aciaria	243 736,64	ton	Estimado com base em taxa de conversão agrosilício corretivo/ escória de 90 %
Sacaria	780 764	un.	
Saídas			
Agrosilício Corretivo/Plus	219 362,97	ton	-
Sucata metálica	13 042,11	ton	-

Fonte: HARSCO

Tabela 6. Consumo total de combustíveis e energia para o ano de 2021

Mês	Diesel/ L	GLP/ kg	Eletricidade/ kWh
Janeiro	10 479,31	0	262 500
Fevereiro	12 852,74	0	262 150
Março	17 651,49	3 300	317 450
Abril	15 393,67	1 200	267 400
Maio	9 945,10	0	269 500
Junho	15 754,65	0	293 650
Julho	12 517,94	0	290 500
Agosto	17 403,13	0	311 500
Setembro	26 035,25	0	307 650
Outubro	19 799,19	1 600	333 200
Novembro	13 878,79	0	305 200
Dezembro	11 270,84	0	305 900
Total	182 982,10	6 100	3 526 600

Fonte: HARSCO

Considerando que os dados da Tabela 6 representam o consumo total da usina, foi necessário realizar uma alocação referente apenas à produção do Agrosilício Corretivo/Plus. Para esta estimativa, foi adotado o critério físico (mássico) da participação deste produto na produção total da usina, chegando-se a um valor de 83,6 %. Portanto, para a construção do inventário, adotou-se esta taxa para o uso de diesel, GLP e eletricidade.

As emissões decorrentes da queima de combustíveis durante a produção de Agrosilício foram estimadas com base nos fatores de emissão do Protocolo GHG para o gás liquefeito de petróleo e óleo diesel em combustão estacionária (IPCC, 2006). Os resultados para emissão durante a operação em 2021 podem ser vistos na Tabela 7.

Tabela 7. Cálculo das emissões devido à queima de combustíveis durante produção

Combustível	GLP ⁽¹⁾	Diesel ^(1,2)
Consumo anual/ kg	5 099,60	126 967,62
Fator emissão		
CO ₂ / (kgCO ₂ /kg)	2,98	3,19
CH ₄ / (kgCH ₄ /kg)	2,37E-04	4,30E-04
N ₂ O/ (kgN ₂ O/kg)	4,73E-06	2,58E-04
Emissão durante a queima		
CO ₂ / kg	15 196,80	404 556,93
CH ₄ / kg	1,21	54,60
N ₂ O/ kg	0,02	3,28

⁽¹⁾ Fatores de emissão para o GLP extraídas do Protocolo GHG

⁽²⁾ Densidade considerada para o diesel de 0,83 kg/L;

Para o levantamento do transporte necessário para os insumos do processo, foram utilizados dados disponíveis em notas fiscais de compra fornecidas pela empresa. A análise assumiu uma premissa que o caminhão faz o percurso de ida cheio, e volta vazio a sua origem. Distâncias foram estimadas através do Google Maps. O inventário de transporte para os principais insumos pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8. Inventário para o transporte de insumos para a Harsco

Item	Modal	Distância ida+volta (km)	Empresa	Endereço
Sacaria	Rodoviário	3 676	Fiabesa Guararapes S/A	Rod. BR 101 Sul, 6, Km 86, Prazeres, Jaboatão dos Guararapes - PE - CEP: 54.345-160
Diesel	Rodoviário	4	Torque Diesel Ltda.	Rod. BR 381, 2160, Km 195, Cachoeira do Vale, Timóteo - MG - CEP: 35.180-001
GLP	Rodoviário	448	Nacional Gás Butano Distribuidora Ltda.	Rod. BR 381, 0, Distrito Industrial, Jardim Piemont, Betim - MG - CEP: 32.689-898

Com base nessas informações foi possível criar o inventário para a produção de 1 kg de Agrosilício, que pode ser visto na Tabela 9.

Tabela 9. Inventário para produção de Agrosilício

Item	Quantidade	Unidade	DP ²	Processo Ecoinvent
Entradas				
Escória de aciaria	1,111	kg	1,07	-
Sacaria	2,49E-04	kg	1,07	market for textile, non-woven polypropylene - GLO
Diesel	5,79E-04	kg	1,07	market for diesel diesel - BR
GLP	2,32E-05	kg	1,07	market for liquefied petroleum gas - BR
Energia elétrica, média voltagem	1,34E-02	kWh	1,07	market for electricity, medium voltage - BR, South-eastern grid
Transporte, caminhão	9,29E-04	t.km	2,00	market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 - RoW
Saídas				
Produto de referência				
Agrosilício	1,0	kg	-	-
Emissões para o ar				
CO ₂	1,91E-03	kg	1,63	-
CH ₄	2,54E-07	kg	1,89	-
N ₂ O	1,50E-08	kg	1,89	-

DP²: variância dos dados de entrada

Para a aplicação no solo, considerou-se que o Agrosilício possui um poder relativo de neutralização total (PRNT) de 88 % conforme informações cedidas pela empresa, sendo comparável com o PRNT encontrado no calcário agrícola comumente utilizado para correção de acidez em solos agrícolas. Portanto, considerou-se que 1,0 kg de agrosilício realiza a mesma função de correção de acidez no solo que 1 kg de calcário equivalente (CaCO₃ eq). O transporte necessário para aplicação do produto no solo foi estimado com base nas informações de escoamento fornecidas pela empresa para o ano de 2021 (Tabela 10). Através de cálculo de média ponderada estimou-se uma distância média de 245 km até o ponto de aplicação, considerando apenas a distância de ida, assumindo a premissa que o caminhão não volta vazio ao ponto de partida.

Tabela 10. Produção escoada e distâncias médias percorridas por estado em 2021

Estados	Distância média percorrida	Produção escoada	Contribuição da produção escoada
	km	ton	%
BA	566,5	2 135,4	1,0%
CE	2 263,0	34,0	0,0%
DF	954,0	398,0	0,2%
ES	383,5	8 540,0	3,9%
GO	1 083,1	8 291,3	3,8%
MG	140,0	184 588,4	84,1%
MS	1 616,4	731,1	0,3%
MT	1 591,0	604,8	0,3%
PA	2 458,0	32,0	0,0%
PE	1 446,0	367,0	0,2%
PR	1 220,0	41,0	0,0%
RJ	472,4	1 122,9	0,5%
RO	969,0	118,0	0,1%
SP	847,2	12 359,2	5,6%
Total	-	219 363,0	100,0%

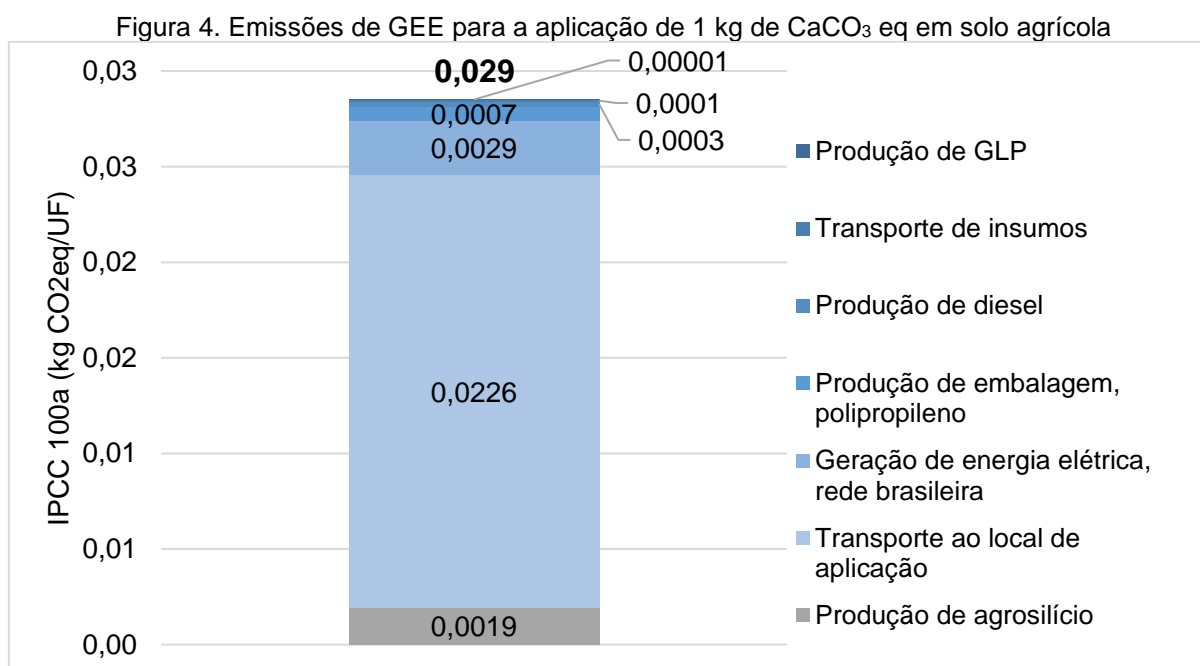
O inventário para a aplicação de 1 kg de Agrosilício como CaCO₃ equivalente no solo pode ser visto na Tabela 11.

Tabela 11. Inventário para a aplicação de Agrosilício no solo como CaCO₃ eq

Item	Quantidade	Unidade	DP ²	Processo Ecoinvent
Entradas				
Agrosilício	1,0	kg	1,07	-
Transporte, caminhão	0,245	t.km	2,00	market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 - RoW
Saídas				
Produto de referência				
CaCO ₃ eq	1,0	kg	-	-

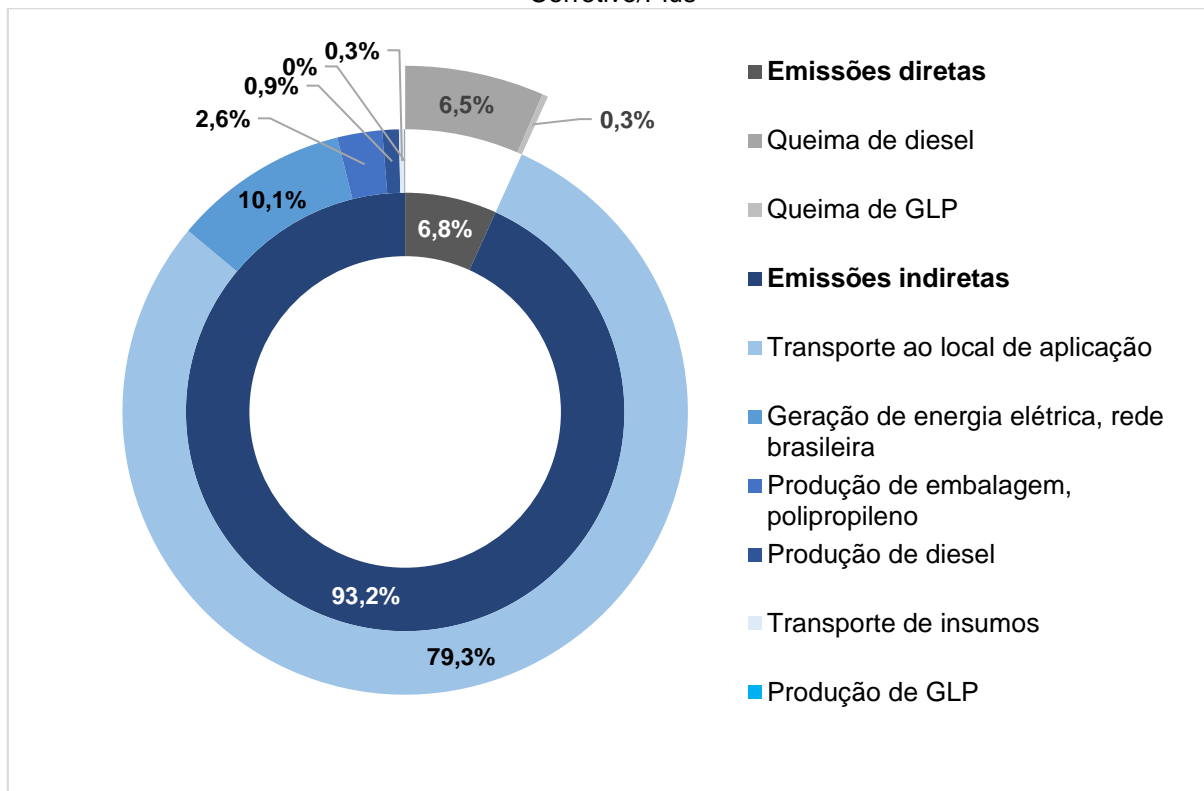
3.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA (AICV)

O resultado geral para a Pegada de Carbono para a aplicação de 1 kg de Agrosilício como CaCO_3eq em solo agrícola pode ser vista na Figura 4. A Pegada de Carbono total foi de 0,029 kg $\text{CO}_2\text{eq/UF}$. Principais contribuições para emissões foram decorrentes dos processos de transporte do produto até o local de aplicação (79,3 % das emissões totais) e geração de energia elétrica da matriz brasileira (10,1 % das emissões totais). É importante observar que não foram incluídos impactos decorrentes da produção da escória, tendo em vista que, sendo um resíduo da produção de aço que seria destinada à aterro sanitário, considera-se que possui pegada de carbono zero ao ser utilizada como matéria prima em um novo processo.



A Figura 5, por sua vez, apresenta as contribuições percentuais para a Pegada de Carbono total. Através da análise do gráfico é possível observar que as emissões diretas, ou seja, relativas à queima de combustíveis dentro da fronteira de primeiro plano representam apenas 6,8 % das emissões totais, com contribuição majoritária da queima de diesel.

Figura 5. Participação de emissões diretas e indiretas na Pegada de Carbono do Agrosilício Corretivo/Plus



O Agrosilício Corretivo/Plus foi comparado com o calcário agrícola com base na mesma unidade funcional. Estimativa de emissão de GEE para a produção do calcário considerando a abordagem de ciclo de vida (berço-ao-portão) utilizaram dados secundários extraídos do banco de dados do Ecoinvent. O cálculo de emissão de CO₂ devido à aplicação de calcário no solo, seguiu as diretrizes propostas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para inventários nacionais de gases de efeito estufa (IPCC, 2006). Resultados da comparação podem ser vistos na Figura 6 e Figura 7.

Figura 6. Análise comparativa entre a aplicação de Agrosilício Corretivo/Plus e Calcário agrícola, considerando unidade funcional de 1 kg de CaCO₃eq aplicado em solo agrícola

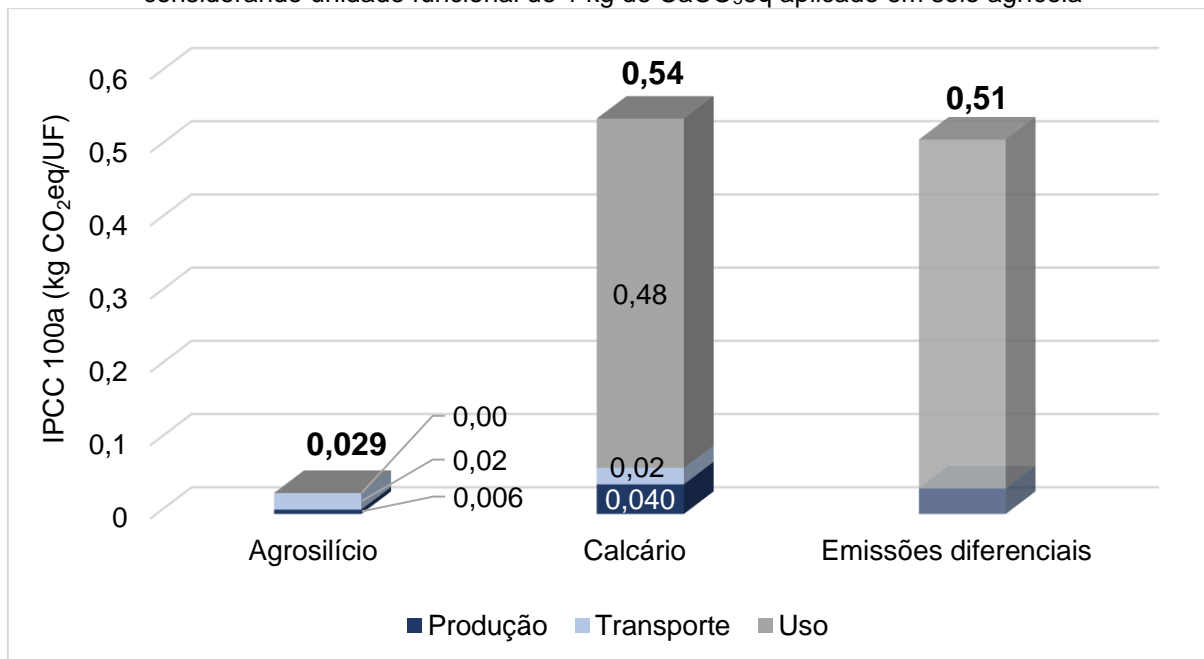
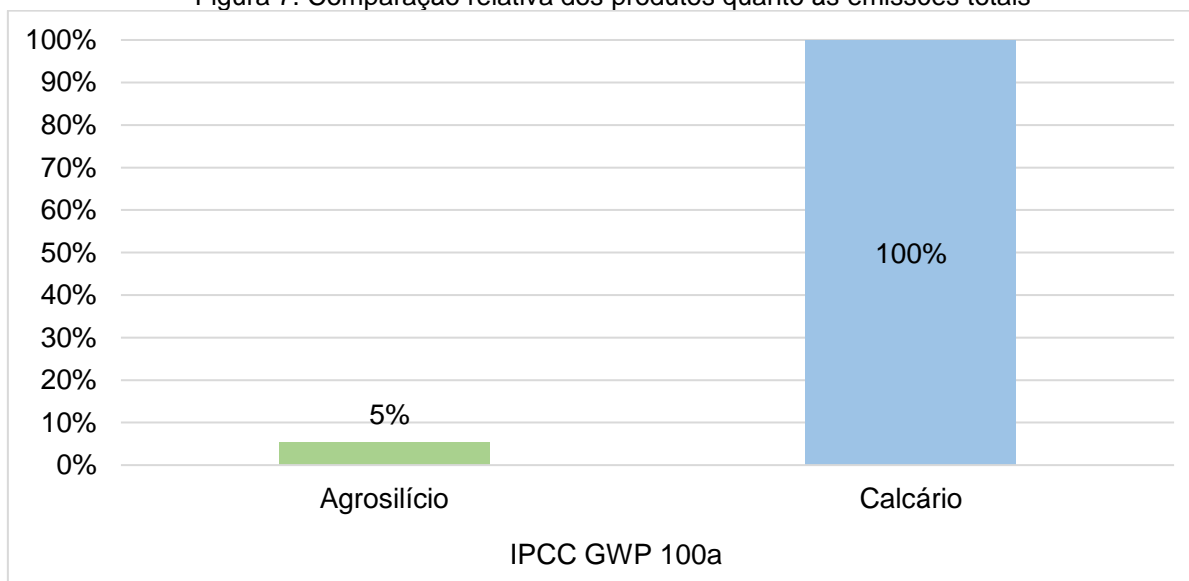


Figura 7. Comparação relativa dos produtos quanto às emissões totais



Comparando os dois produtos em relação à unidade funcional adotada, observa-se que a Pegada de Carbono para a produção de calcário agrícola é cerca de 6,6 vezes maior à da produção de Agrosilício (0,006 kgCO₂eq/UF para o Agrosilício e 0,040 kgCO₂eq/UF para o calcário). A principal diferença entre os produtos, porém, pôde ser notada durante a etapa de uso/aplicação, tendo em vista a reação do calcário agrícola com o solo, que representa um contribuição para as suas emissões totais de cerca de 10 vezes as de produção (0,48 kgCO₂eq/UF). O Agrosilício apresentou maior vantagem neste quesito, tendo em vista que não libera carbono durante a aplicação no solo. Comparando as emissões gerais observa-se

que o uso de Agrosilício Corretivo/Plus representa cerca de 5 % dos impactos totais do uso de calcário, considerando a mesma unidade funcional com base nas premissas adotadas neste estudo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados permite concluir que as emissões indiretas (segundo plano) são as mais representativas para a Pegada de Carbono total do Agrosilício Corretivo/Plus. O transporte do produto para o local de aplicação representou cerca de 84 % das emissões de carbono totais ao longo do ciclo de vida do produto. Considerando apenas as emissões diretas, a queima de diesel foi a principal contribuição.

A comparação do Agrosilício Corretivo/Plus com o calcário agrícola para a mesma unidade funcional (1 kg de CaCO_3eq aplicado no solo) a partir de dados secundários permitiu observar que o valor de Pegada de Carbono para a etapa de produção de calcário é cerca de 6,6 vezes maior que o Agrosilício. Além disto, o calcário agrícola apresenta um alto valor para emissão de CO_2 durante a etapa de uso, o que não ocorre com o Agrosilício Corretivo/Plus. Em termos gerais o impacto de aplicação do calcário agrícola no solo (0,54 kg $\text{CO}_2\text{eq/UF}$) possui uma ordem de grandeza duas vezes maior quando comparado ao Agrosilício Corretivo/Plus (0,029 kg $\text{CO}_2\text{eq/UF}$) para a fronteira definida neste estudo. Em uma análise percentual, a pegada de carbono do Agrosilício Corretivo/Plus é equivalente à 5 % do valor total da pegada do calcário agrícola.

REFERÊNCIAS

- ABNT, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *ISO/TS 14067 - Gases de efeito estufa — Pegada de carbono de produtos — Requisitos e orientações sobre quantificação e comunicação*. . Rio de Janeiro: ABNT/ISO. , 2015
- ABNT, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e estrutura*. . Rio de Janeiro: [s.n.], 2009a
- ABNT, (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *NBR ISO 14044: Avaliação do Ciclo de Vida - Requisitos e orientações*. . Rio de Janeiro: [s.n.], 2009b
- GOEDKOOOP, M. *et al. Introduction to LCA with SimaPro*. . São Francisco: [s.n.], 2016.
Disponível em: <<https://simapro.com/>>.
- IPCC. *Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the national greenhouse gas inventories programme*. . Japan: [s.n.], 2006.
- WEIDEMA, B. P.; WESNÆS, M. S. Data quality management for life cycle inventories-an example of using data quality indicators. *Journal of Cleaner Production*, v. 4, n. 3–4, p. 167–174, 1996.