

Declaração Ambiental de Produto

Em conformidade com a ISO 14025:2006 e a EN 15804+A2:2019 para

Vergalhão CA-60 para estruturas de concreto armado

Fabricado por **Aço Verde Brasil** S.A.

EPD de múltiplos vergalhões de aço para armadura fabricados, com base nos resultados médios do grupo de produtos

Programa
The Internacional EPD® System
www.environdec.com

Operador do Programa
EPD International AB

Operador Local
EPD® Brasil

Número de registro EPD: EPD-IES-0032319:001

Data da versão: 2026-06-09

Data de validade: 2031-06-09

Data de publicação: 2026-06-09

Escopo geográfico: Brasil

Esta é uma tradução autodeclarada da EPD-IES-0032319:001, disponível em https://www.environdec.com/library/epd32319, sendo publicada exclusivamente para fins informativos e de conveniência. Apensar a EPD original é válida e vinculante entre as partes.

Uma EPD pode ser atualizada ou retirada de publicação caso as condições se alterem. Para encontrar a versão mais recente da EPD e confirmar sua validade, consulte www.environdec.com.

INFORMAÇÕES GERAIS

Informações do Programa

	The International EPD® System	EPD® Brasil
Operador do Programa	EPD International AB Box 210 60 SE – 100 31 Stockholm Sweden www.environdec.com support@environdec.com	Rua Camburiú, 255 Alto da Lapa 05058-020, São Paulo, Brasil www.epdbrasil.com.br epdbrasil@vanzolini.com.br

Responsabilidades: PCR, ACV e verificação independente de terceira parte

Regras de Categoria de Produto (PCR)

Esta declaração é baseada nas regras de categoria de **produto: PCR 2019:14 – Produtos da** construção, versão 2.0.1, 2025-06-05. Baseada na norma CEN EN 15804, que atua como PCR principal. A revisão da PCR foi conduzida pelo Comitê Técnico do International EPD® System. Consulte www.environdec.com para a liste de membros. O painel de revisão pode ser contatado pela Secretaria em www.environdec.com/contact. Presidente da revisão: Rob Rouwette; copresidente: Noa Meron.

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

O estudo de ACV foi conduzido pela consultoria Fundação ECO+, por meio dos especialistas Rebeca Venâncio (rebeca.venancio@basf.com), Ana Carolina Godoy Albino (carolina.godoy@basf.com) e Eduardo Toshio Sugawara (eduardo.toshio-sugawara@basf.com). Para mais informações, acesse www.fundacaoecomais.org.br. Para contato, utilize ecomais@basf.com.

Verificação de terceira parte

O processo de verificação independente e externa (terceira parte) da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e da Declaração Ambiental de Produto (EPD), de acordo com a ISO 14025:2006, foi realizado por meio da verificação da EPD individual, sem ferramenta de ACV/EPD previamente verificada. O verificador de terceira parte é acreditado pelo International EPD System: Diogo Aparecido Lopes Silva, da Universidade Federal de São Carlos.

O proprietário da EPD detém a propriedade, a responsabilidade legal e a responsabilidade exclusiva pela EPD. EPDs da mesma categoria de produto, mas publicadas em programas diferentes, podem não ser comparáveis. Para que duas EPDs sejam comparáveis, devem estar baseadas na mesma PCR (incluindo o mesmo primeiro dígito da versão) ou em PCRs ou versões de PCRs totalmente alinhadas; abranger produtos com funções, desempenhos técnicos e uso idênticos (por exemplo, unidades declaradas/funcionais idênticas); possuir escopo idêntico quanto aos estágios do ciclo de vida incluídos (salvo quando o estágio excluído for demonstrado como insignificante); aplicar métodos de avaliação de impacto idênticos (incluindo a mesma versão dos fatores de caracterização); e estar válidas no momento da comparação. Para mais informações sobre comparabilidade, consulte a EN 15804 e a ISO 14025.

INFORMAÇÕES DA EMPRESA



Grupo Ferroeste

A história do Grupo Ferroeste começou em 24 de outubro de 1968, com a Companhia de Mecanização Rural, prestando serviços agrícolas, florestais e de transporte interno para usinas siderúrgicas. Em 1978, a Siderúrgica Ferroeste foi adquirida, reconstruída e modernizada, permitindo alcançar operações de ponta no setor. Na cidade de Açailândia, Maranhão, as operações tiveram início em 1993, produzindo 60.000 toneladas por ano com a Gusa Nordeste S.A., origem do projeto siderúrgico denominado AVB – Aço Verde do Brasil, a única empresa do mundo a produzir aço verde, livre de combustíveis fósseis.

Fornecer produtos renováveis com qualidade superior, satisfação do cliente e respeito ao meio ambiente. Esses são os três principais pilares que sustentam nosso compromisso corporativo e posicionam a marca Ferroeste como uma das mais respeitadas da indústria brasileira.

O Grupo Ferroeste possui complexos industriais em três estados brasileiros, localizados nas regiões Sudeste e Nordeste do país. Atua com foco em responsabilidade socioambiental, segurança, qualidade e produtividade para alcançar excelentes resultados para suas partes interessadas. A empresa entrega produtos renováveis de alta qualidade, garante prazos de entrega, oferece excelente atendimento ao cliente e minimiza os impactos ambientais inerentes a qualquer atividade produtiva.

Aço Verde do Brasil

A Aço Verde do Brasil S.A. (AVB), integrante do Grupo Ferroeste, foi fundada em 2015 com o propósito de transformar a indústria siderúrgica por meio da sustentabilidade e da inovação. Consolidou-se como a primeira siderúrgica do mundo a produzir aços longos sem o uso de combustíveis fósseis, promovendo uma abordagem pioneira e responsável para a produção de aço com menor impacto ambiental.

A AVB é uma companhia aberta, registrada na categoria "B" junto à Comissão de Valores Mobiliários (CVM), e opera com uma estrutura industrial 100% integrada, moderna e eficiente. A planta da empresa está localizada no município de Açailândia, no sul do Maranhão, de onde atende todo o território nacional com produtos de alto desempenho, baixo teor de impurezas e livres de emissões de combustíveis fósseis.

O modelo produtivo da AVB é baseado no uso de biocarbono, principal insumo utilizado em seus altos-fornos, proveniente de áreas florestais cultivadas de forma sustentável. Essa estratégia permite à empresa operar com baixa pegada de carbono, reconhecida internacionalmente por certificação concedida pela Société Générale de Surveillance (SGS), com base nas diretrizes do Programa Brasileiro GHG Protocol e em metodologias validadas pela World Steel Association (WorldSteel).

Atualmente, a AVB conta com mais de 3.300 empregados distribuídos em sua unidade industrial, áreas florestais plantadas e preservadas nos estados do Maranhão e Piauí, e escritório corporativo localizado em Minas Gerais. Seu compromisso com sustentabilidade, inovação e eficiência operacional posiciona a empresa como um agente relevante na transição para uma economia de baixo carbono.

Informações da empresa
Aço Verde do Brasil
Rod. BR 222 – 14, s.n.
Pequiá/Açailândia, Maranhão
Brasil

Canais de comunicação
www.avb.com.br
+ 55 99 3592 -1600
Jaime Filipe Justino Lacerda, jaime.lacerda@ferroeste.com.br

CERTIFICAÇÕES E NORMAS

Informações ambientais adicionais

O trabalho realizado pela Aço Verde do Brasil ao longo dos anos resultou **na obtenção** de **diversas certificações,** incluindo normas ISO, NBR e I-REC, bem como no **reconhecimento por melhores práticas de** sustentabilidade. Essas conquistas são resultado do forte compromisso da Diretoria Executiva da AVB e de toda sua equipe de empregados.

Meio ambiente

As instalações da AVB envolvidas no processo de fabricação operam sob um Sistema de Gestão Ambiental certificado conforme a ISO 14001:2015 e um Sistema de Gestão da Qualidade certificado conforme a ISO 9001:2015. Além disso, a eletricidade consumida na planta é coberta por certificados I-REC.

Sustentabilidade

A AVB está comprometida com a sustentabilidade por meio de uma Política Ambiental que orienta suas operações e o engajamento das partes interessadas, apoiada por sistemas de gestão integrados com procedimentos e controles definidos. A empresa adotou os requisitos do Carbon Disclosure (CDP) e recebeu o Selo **Ouro do** Programa Brasileiro GHG Protocol, com seu inventário de GEE verificado conforme a ISO 14064-3:2018 e asseguração de terceira parte pela SGS. A AVB também mantém certificação de seu Sistema de Gestão de Responsabilidade Social pela ABNT NBR 16001:2012 e assegura a verificação independente de seu Relatório de Sustentabilidade em conformidade com os princípios GRI pela Bureau Veritas Certification.

Para consultar a lista completa, acesse: https://avb.com.br/certificacoes/

Participação ativa

Além disso, a empresa participa de diversas associações e iniciativas nacionais e internacionais relacionadas a temas ambientais, sociais e de governança.

No âmbito internacional, a AVB é membro da **WorldSteel Association** (WSA) e da **Responsible Steel**, contribuindo para a discussão global sobre sustentabilidade e produção responsável de aço.

No Brasil, a AVB participa por meio do **Instituto Aço Brasil**, atuando em comissões relacionadas a temas ambientais e energéticos, e também é signatária do **InPACTO**, reforçando seu compromisso com a promoção de práticas de trabalho decente e a erradicação do trabalho escravo e de práticas análogas.

AVB AÇO VERDE DO BRASIL

EPD INTERNATIONAL EPD SYSTEM

INFORMAÇÕES DO PRODUTO

A Tabela 1 apresenta informações técnicas sobre o vergalhão CA-60. O vergalhão CA-60 é fabricado pela laminação a quente de tarugos de aço em barras de seção transversal circular, seguida de tratamento térmico com jatos de água de alta pressão para obter as propriedades mecânicas requeridas. Na Aço Verde Brasil (AVB), o CA-60 pode ser produzido em rolos ou barras retas. É produzido a partir de minério de ferro combinado com biocarbono de produção própria, proveniente de plantações florestais manejadas de forma sustentável.



Tabela 1- Informações do Produto.

Informações do Produto	Descrição
Nome do produto	Vergalhão de aço CA-60 laminado a quente
Identificação do produto	Vergalhão CA-60 da Aço Verde do Brasil, produzido pela rota AF/BOF com biocarbono, seguido de laminação a quente.
Descrição do produto	Barra de aço para armadura usada para reforçar concreto na construção civil. A superfície do vergalhão é nervurada para limitar o movimento longitudinal relativo entre o aço e o concreto ao redor. 60 é a classe de resistência que indica a pressão que o vergalhão pode suportar (600 MPa)
Características do produto	Vergalhão de aço-carbono em rolos ou barras retas: Diâmetro de 4.2 mm to 10 mm Peso de 0.071 to 0.617 kg/m
Identificação de código	Grupo UN CPC: 412 (produtos acabados de ferro ou aço), Classe: 4124 (barras e vergalhões de ferro ou aço, laminados a quente) e subclasse: 41242 (outras barras e vergalhões de ferro ou aço não ligado, sem outro processamento além de forjamento, laminação a quente, trefilação a quente ou extrusão, incluindo os torcidos após a laminação)
Escopo geográfico	Açailândia, Maranhão, Brasil
Aplicações	*Construção civil:* usado para reforço de estruturas de concreto armado.

INFORMAÇÕES DO PRODUTO

Informações ambientais adicionais

Certificações e reconhecimentos do produto

Além disso, a AVB possui certificações e reconhecimentos em nível de produto para seus produtos de aço para armadura **CA-50 e CA-60**, demonstrando conformidade com requisitos técnicos e de qualidade aplicáveis e reforçando a confiabilidade e a aceitação desses produtos pelo mercado.



BUREAU VERITAS
Certification

Certificado de Conformidade
BR36707006

FORNECEDOR SOLICITANTE
AÇO VERDE DO BRASIL S.A
ROD. BR 222, Nº69 – GLEBA TINGA, KM 14,5
CEP: 65.930-000 – AÇAILÂNDIA – MA – BRASIL
CNPJ: 07.636.557/0002-70

FABRICANTE
AÇO VERDE DO BRASIL S.A
ROD. BR 222, Nº69 – GLEBA TINGA, KM 14,5
CEP: 65.930-000 – AÇAILÂNDIA – MA – BRASIL
CNPJ: 07.636.557/0002-70

O Bureau Veritas Certification certifica que o Produto constante no item escopo de fornecimento abaixo especificado, foi avaliado e encontrado em conformidade com os requisitos dos documentos de referência.

Documento de Referência

PORTARIA INMETRO Nº 139 DE 19/03/21, ABNT NBR 7480:2007, ABNT NBR 7477:1982

Escopo de fornecimento
BARRAS E FIOS DE AÇO DESTINADOS A ARMADURAS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
FAMÍLIA DE FIOS DE AÇO – CATEGORIA CA-60 – SÉRIE FINA

Data de Início da certificação: 06 DE MARÇO DE 2023.

Data de validade da certificação: 05 DE MARÇO DE 2026.

Este Certificado de Conformidade foi emitido segundo modelo de certificação 5 e é válido somente acompanhado das páginas de 1 a 02. A validade deste Certificado de Conformidade está atrelada à realização das avaliações de manutenção e tratamento de possíveis não conformidades de acordo com as orientações do Bureau Veritas Certification e previstas no RAC específico.

Para verificação da condição atualizada de regularidade deste Certificado de Conformidade deve ser consultado o banco de dados de produtos e serviços certificados do Inmetro.

Número(s) do(s) contrato(s): BR-4017907.

Certificado desde: 06 DE MARÇO DE 2020

Bruno Bomtorim Moreira
Gerente Técnico de Certificação de Produtos

Bureau Veritas Certification
Rua Piauí, 438, Santa Paula
Cep: 09541-150, São Caetano do Sul, SP, Brasil
www.bureauveritas.com.br

Página 1 de 2

OCP 0018

Para confirmar a autenticidade desse documento acesse https://bureauveritas.3dds.digitalcheck/3607094361630171180



BUREAU VERITAS
Certification

Certificado de Conformidade
BR36707007

FORNECEDOR SOLICITANTE
AÇO VERDE DO BRASIL S.A
ROD. BR 222, Nº69 – GLEBA TINGA, KM 14,5
CEP: 65.930-000 – AÇAILÂNDIA – MA – BRASIL
CNPJ: 07.636.557/0002-70

FABRICANTE
AÇO VERDE DO BRASIL S.A
ROD. BR 222, Nº69 – GLEBA TINGA, KM 14,5
CEP: 65.930-000 – AÇAILÂNDIA – MA – BRASIL
CNPJ: 07.636.557/0002-70

O Bureau Veritas Certification certifica que o Produto constante no item escopo de fornecimento abaixo especificado, foi avaliado e encontrado em conformidade com os requisitos dos documentos de referência.

Documento de Referência

PORTARIA INMETRO Nº 139 DE 19/03/21, ABNT NBR 7480:2007, ABNT NBR 7477:1982

Escopo de fornecimento
BARRAS E FIOS DE AÇO DESTINADOS A ARMADURAS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
FAMÍLIA DE FIOS DE AÇO - CA-60 – SÉRIE MÉDIA

Data de Início da certificação: 06 DE MARÇO DE 2023.

Data da validade da certificação: 05 DE MARÇO DE 2026.

Este Certificado de Conformidade foi emitido segundo modelo de certificação 5 e é válido somente acompanhado das páginas de 1 a 02. A validade deste Certificado de Conformidade está atrelada à realização das avaliações de manutenção e tratamento de possíveis não conformidades de acordo com as orientações do Bureau Veritas Certification e previstas no RAC específico.

Para verificação da condição atualizada de regularidade deste Certificado de Conformidade deve ser consultado o banco de dados de produtos e serviços certificados do Inmetro.

Número(s) do(s) contrato(s): BR-4017907.

Certificado desde: 06 DE MARÇO DE 2020

Bruno Bomtorim Moreira
Gerente Técnico de Certificação de Produtos

Bureau Veritas Certification
Rua Piauí, 438, Santa Paula
Cep: 09541-150, São Caetano do Sul, SP, Brasil
www.bureauveritas.com.br

Página 1 de 2

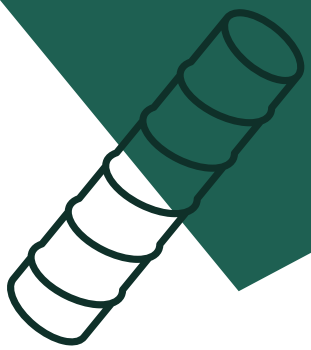
OCP 0018

Para confirmar a autenticidade desse documento acesse https://bureauveritas.3dds.digitalcheck/1090913098741031125



AVB AÇO VERDE DO BRASIL
EPD INTERNATIONAL EPD SYSTEM

DECLARAÇÃO DE CONTEÚDO DO PRODUTO



PRODUTO

A seguir é apresentada uma tabela-resumo com o conteúdo do produto e o detalhamento da identificação das substâncias químicas contidas e sua periculosidade. A matéria-prima do vergalhão de aço laminado a quente é o tarugo; portanto, a Tabela **2** apresentada abaixo mostra o conteúdo de substâncias desse insumo. O produto vergalhão de aço não contém substâncias perigosas. **Nenhuma** das substâncias pode ser incluída na Lista de Substâncias Candidatas de Alta Preocupação (SVHCs), e as matérias-primas utilizadas não fazem parte **da legislação europeia** – EU REACH (EC 1907/2006).

Tabela 2- Declaração de Conteúdo do Produto.

Conteúdo do produto	Massa, %	Material reciclado pós-consumo, % em massa do produto	Material biogênico, % em massa do produto	Material biogênico, kg C/produto ou unidade declarada	Substâncias ambientais e perigosas na Lista SVHC*
Ferro-gusa	71%	0%	0%	0 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas
Sucata de aço	25%	25%	0%	0 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas
Calcário	3%	0%	0%	0 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas
Ferroligas	1%	0%	0%	0 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas
TOTAL	**100%**	**25%**	**0%**	**0 kg C**	

MATERIAL RECICLADO

Procedência dos materiais reciclados (pré-consumo ou pós-consumo) no produto: os materiais reciclados provêm de sucata e derivados utilizados no processo de fabricação.

CONTEÚDO DE CARBONO BIOGÊNICO

De acordo com os requisitos da PCR 2019:14 v2.0.1 e da EN 15804+A2, foram avaliados o conteúdo de material biogênico e o conteúdo correspondente de carbono biogênico do produto declarado. O vergalhão de aço não contém carbono biogênico. A embalagem contém material com carbono biogênico. Os respectivos valores, calculados conforme a PCR 2019:14, v2.0.1, “Anexo 2: Diretrizes para o cálculo do GWP biogênico”, são apresentados neste documento (Tabelas 3 e 4).

DECLARAÇÃO DE CONTEÚDO DO PRODUTO

EMBALAGEM

Embalagem de distribuição: o vergalhão CA-60 em rolos é transportado em berço de madeira; em barras retas, espaçadores de madeira podem ser usados em casos específicos. A Tabela **3** apresenta em detalhe a composição da embalagem de distribuição e seus perigos. O berço e os espaçadores de madeira foram considerados materiais biogênicos e assumidos como contendo aproximadamente 50% de carbono biogênico em massa seca, correspondente a 0,50 kg C por kg de madeira (CEN, 2014; DORAISAMI, DOMKE & MARTIN, 2024). Pregos de aço e revestimento protetor foram considerados materiais não biogênicos. Nenhuma substância listada na Lista Candidata SVHC do REACH acima de 0,1% em massa é adicionada intencionalmente aos materiais de embalagem.

Tabela 3- Declaração de Conteúdo da Embalagem de Distribuição

Conteúdo do produto	Peso, kg por unidade declarada	Peso, % (em relação ao produto)	Material reciclado pós-consumo, % em peso	Material biogênico, % em peso	Material biogênico, kg C/kg	Substâncias ambientais e perigosas na Lista SVHC*
Berço e espaçadores de madeira	18.00	1.80%	0%	0%	0.5 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas
Pregos de aço	0.20	0.02%	0%	0%	0 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas
Revestimento protetor para madeira	0.05	0.01%	0%	0%	0 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas
TOTAL	**18.25**	**1.83%**	**0%**	**0%**	**9.00 kg C**	



AVB AÇO VERDE DO BRASIL

EPD INTERNATIONAL EPD SYSTEM

DECLARAÇÃO DE CONTEÚDO DO PRODUTO

Embalagem do consumidor: o vergalhão CA-50 é embalado e expedido com uma cinta de aço e uma etiqueta de identificação. A embalagem do consumidor é muito baixa em relação ao peso do produto. Como a cinta é feita de aço, não representa material adicional e não é contabilizada separadamente na Declaração de Conteúdo (**Tabela** 4).

Tabela 4- Declaração de Conteúdo da Embalagem do Consumidor.

Conteúdo do produto	Peso, g por unidade declarada	Peso, % (em relação ao produto)	Material reciclado pós-consumo, % em peso	Material biogênico, % em peso	Material biogênico, kg C/kg	Substâncias ambientais e perigosas na Lista SVHC*
Papel (cartão/offset)	1.5	0.2%	0%	100%	0.44 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas
Adesivo (hot-melt)	0.20	0.02%	0%	0%	0 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas
Tinta de impressão	0.05	0.01%	0%	0%	0 kg C	Sem propriedades perigosas conhecidas em condições normais de manuseio.
TOTAL	**1.75**	**0.2%**	**0%**	**0%**	**0.00066 kg C**	

Os materiais de embalagem à base de papel foram considerados materiais biogênicos. Foi adotado um fator de conteúdo de carbono biogênico de 0,44 kg C por kg de papel seco, com base no conteúdo típico de carbono da celulose reportado (CEN, 2014; O'Sullivan et al., 2016). Adesivo e tinta de impressão foram considerados materiais não biogênicos. Nenhuma substância listada na Lista Candidata SVHC do REACH acima de 0,1% em massa é adicionada intencionalmente aos materiais de embalagem do consumidor.

É importante mencionar que, no resultado final apresentado, foi considerada apenas a embalagem do consumidor, pois o estudo segue as fronteiras do sistema definidas como *abordagem do berço ao portão com opções* (A1-A3 + C1-C4 + D), conforme permitido pela PCR 2019:14 versão 2.0.1 aplicável.



AVB AÇO VERDE DO BRASIL
EPD INTERNATIONAL EPD SYSTEM

INFORMAÇÕES DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)



Objetivo e Escopo

O objetivo do estudo é avaliar os impactos ambientais potenciais do vergalhão de aço CA-60 laminado a quente. A comunicação da EPD será business-to-business (B2B). Para uma avaliação abrangente, é essencial considerar os resultados dos módulos C e D, e não apenas os dos módulos A1-A3.

Unidade Declarada

A **unidade declarada** (UD) é igual a **1 (uma) tonelada (t) de vergalhão de aço CA-60 laminado a** quente.

Escopo geográfico

A1: Global

A2: Brasil

A3: Brasil

C1-C4: Global, adaptado ao contexto brasileiro quando possível (composição do diesel e taxa de recuperação)

D: Global

Representatividade temporal

Os dados operacionais primários da AVB referem-se às condições médias de base estimadas para a produção do vergalhão CA-60 em um período inferior a cinco anos. Os dados provêm de informações técnicas fornecidas por especialistas da AVB, abrangendo um período de produção de três anos (2021, 2022 e 2023). Os dados de referência não têm mais de cinco anos.

Base(s) de dados e software de ACV utilizados

Base de dados MLC Sphera Database (CUP 2025.2) e software Sphera LCA for Experts versão 10.6.2.9. A MLC Sphera Database fornece os dados de inventário de ciclo de vida para diversas matérias-primas e materiais de processo obtidos do sistema a montante. Na ausência de conjuntos de dados nessa base, foram utilizados conjuntos disponíveis da base Ecoinvent v3.4. Alguns conjuntos de dados de background adotados neste estudo são baseados no Ecoinvent v3.4 (2017) devido à ausência de conjuntos tecnicamente equivalentes e mais recentes no ambiente de base adotado (MLC Sphera Database CUP2025.2). Foi realizada uma avaliação de possíveis conjuntos substitutos, e não foram identificadas alternativas representativas para os fluxos relevantes. Embora esses conjuntos excedam a representatividade temporal preferida definida pela PCR 2019:14, foram mantidos como proxies porque os fluxos associados são ambientalmente relevantes e não poderiam ser excluídos segundo os critérios de corte aplicáveis. Esse aspecto é reconhecido como limitação do estudo e será tratado em futuras atualizações da EPD quando conjuntos de dados mais recentes estiverem disponíveis.

Avaliação da Qualidade dos Dados

A qualidade dos dados foi avaliada por meio de medidas quantitativas baseadas nos indicadores de qualidade e classificação recomendados pelo International EPD System. Os critérios de temporalidade, localização e representatividade

tecnológica foram avaliados em uma escala média simples de 1 a 5, em que 1 é a melhor nota. Os resultados consolidados das análises de qualidade dos dados primários e secundários do presente estudo são apresentados na **Tabela 5**.

Tabela 5 - Análise da Qualidade dos Dados para dados primários e secundários.

Representatividade	Dados primários da equipe de especialistas da AVB	Dados secundários da base Sphera MLC e da literatura
Estágio do produto		
Tecnológica	1.75	3.07
Temporal	3.00	3.42
Geográfica	1.13	2.78
Precisão	2.00	Não aplicável
Fim de vida		
Tecnológica	-	3.00
Temporal	-	3.17
Geográfica	-	2.17
Precisão	-	Não aplicável
Além da fronteira do sistema		
Tecnológica	3.00	3.00
Temporal	4.00	4.00
Geográfica	4.00	3.33
Precisão	2.00	Não aplicável

Em geral, os dados operacionais da AVB para o processamento do vergalhão CA-60 laminado a quente (representando o escopo 1) são de **boa qualidade**, apresentando **média de 2,11 para os dados primários**. Para os dados de transporte entre unidades, a base são informações da AVB, considerando modo de transporte e distância; as emissões de transporte são calculadas usando a MLC Sphera Database. Contudo, o cálculo considera não apenas os dados primários coletados para o estágio do produto, mas também os dados de substituição incluídos no módulo D. Consequentemente, **o valor médio para os dados primários torna-se 3,33**. O valor de DQR calculado para os **dados secundários usados na ACV do vergalhão é 2,36**, geralmente classificado como '**boa qualidade**'. Ao incluir a base de dados, a **qualidade média encontrada é 3,88** (qualidade razoável). Observa-se que a qualidade dos dados do estudo é boa, com a grande maioria dos dados primários coletada junto aos departamentos técnicos da AVB.

Além disso, a participação de dados primários foi calculada como 48% e é baseada nos resultados de GWP-GHG. Ressalta-se que este é um indicador simplificado de qualidade de dados e não captura todos os aspectos relevantes da qualidade dos dados. O cálculo limita-se aos módulos A1-A3 (estágio do produto), de acordo com os requisitos da PCR 2019:14 e da Diretriz Geral. Por fim, foi conduzido com a empresa um processo de validação e revisão de dados secundários e primários ao longo do estudo, por meio de reuniões virtuais, para reduzir incertezas potenciais e tornar os dados tão consistentes e precisos quanto possível, dentro de suas limitações, também descritas neste documento.

Indicadores e métodos ambientais

Os indicadores ambientais e modelos de caracterização aplicados são descritos na EN 15804+A2 (conforme indicado na PCR 2019:14), já compilados no método denominado EN 15804+A2 LCIA & LCI indicators v1.00 no software Sphera. Os fatores de caracterização aplicados estão associados ao método EF 3.1 (para mais informações, acesse o site da Environdec).

Aspectos relevantes sobre eletricidade:

O consumo de eletricidade reportado pela empresa é anual e está relacionado à quantidade de produto produzida; foi realizado o cálculo necessário para obter o consumo de energia de acordo com a unidade declarada definida.

Para o ano do estudo, a eletricidade consumida no processo produtivo foi baseada em um plano de consumo misto, composto por eletricidade gerada internamente e eletricidade adquirida no mercado. Especificamente para os estágios de fim de vida, a eletricidade consumida corresponde à eletricidade fornecida pela rede elétrica nacional brasileira (grid mix), conforme documentado no BEN 2024, com ano de referência 2023.

A **Tabela 6** descreve a modelagem de eletricidade utilizada na avaliação de ciclo de vida e detalha as fontes de dados, os mixes de eletricidade selecionados e as escolhas de modelagem aplicadas aos diferentes módulos. Para determinar os impactos associados ao consumo de eletricidade no vergalhão de aço, foram utilizados conjuntos de dados da MLC Sphera Database CUP 2025.2 para modelar os diferentes componentes da matriz elétrica brasileira no ano de 2023. Os impactos da eletricidade gerada na matriz elétrica brasileira resultam da modelagem realizada com base nas informações de geração elétrica de 2023. Com exceção da energia gerada internamente pela AVB, o conjunto de dados foi construído conforme as entradas e saídas do processo realizado pelos proprietários da EPD.

Tabela 6- Visão geral da modelagem de eletricidade.

Modelagem de eletricidade	
Seleção para a eletricidade comprada pela AVB	Eletricidade brasileira de fonte hidrelétrica
Conjunto de dados de ICV para a geração de eletricidade usado no módulo A3	BR - Eletricidade de fonte hidrelétrica
Eletricidade específica* (por exemplo, Garantias de Origem, GO) deve ser válida por pelo menos o ano seguinte, e o fabricante deve assumir o compromisso de adquirir GO durante todo o período de validade da EPD.	Fornecimento contratual de eletricidade 100% renovável – fonte hidrelétrica por meio de um Power Purchase Agreement (PPA) com a TRADENER LTDA. O contrato atual é válido até dezembro de 2026, e a AVB expressou sua intenção e compromisso de renovar o acordo posteriormente; o processo de renovação já está em andamento, mas não pôde ser concluído antes da finalização deste estudo.
Seleção da eletricidade para outras atividades	Mix da rede elétrica brasileira
Conjunto de dados de ICV para a geração de eletricidade usado no módulo C1-C4	BR Mix da rede elétrica (mix de produção), adaptado ao BEN 2024
Eletricidade específica* (por exemplo, Garantias de Origem, GO) deve ser válida por pelo menos o ano seguinte, e o fabricante deve assumir o compromisso de adquirir GO durante todo o período de validade da EPD.	Não aplicável.

*Garantias *de Origem (ou similar) devem incluir informações sobre: o fornecedor de eletricidade; o comprador; o mix de eletricidade; a quantidade de eletricidade (em kWh) coberta; e os períodos de emissão e validade do contrato.*

A **Tabela 7** apresenta a composição das fontes de energia por trás do módulo de eletricidade usado nos estágios de fim de vida, com suas respectivas participações e o impacto ambiental calculado expresso por kWh.

Tabela 7- Mix de rede específico do Brasil usado para o consumo de eletricidade nos estágios de fim de vida.

Modelagem de eletricidade	%	Valor (MJ/kWh)
De nuclear	3%	0.111
De lignito	1%	0.0568
De carvão mineral	2%	0.0755
De gases de carvão	1%	0.0598
De gás natural	13%	0.583
De óleo combustível pesado (HFO)	6%	0.255
De biomassa (sólida)	8%	0.327
De biogás	0%	0.00382
De hidrelétrica	62%	2.68
De energia eólica	2%	0.0878
De energia fotovoltaica	2%	0.0734
De resíduos	0%	0.0155

A **Tabela 8** apresenta o impacto da eletricidade por kWh gerado, considerando o mix da rede elétrica nacional brasileira e a energia adquirida pela AVB no mercado, composta por 100% de fonte hidrelétrica.

Tabela 8- Desempenho ambiental da eletricidade por kWh gerado.

Categoria de impacto ambiental	Eletricidade de fonte hidrelétrica	Mix da rede elétrica	Unidade
Mudanças climáticas, total	9.66E-02	3.24E-01	kg CO_2 eq/kWh
Mudanças climáticas, fóssil	1.59E-03	2.51E-01	kg CO_2 eq/kWh
Mudanças climáticas, biogênico	8.95E-02	6.70E-02	kg CO_2 eq/kWh
Mudanças climáticas, mudança no uso do solo	5.45E-03	6.24E-03	kg CO_2 eq/kWh
Depleção da camada de ozônio	5.40E-15	1.94E-10	kg CFC-11 eq/kWh
Acidificação	3.28E-06	3.23E-03	Mol de H+ eq/kWh
Eutrofização, água doce	1.68E-09	1.75E-06	kg P eq/kWh
Eutrofização, marinha	7.59E-07	3.78E-04	kg N eq/kWh
Eutrofização, terrestre	8.28E-06	4.15E-03	Mol de N eq/kWh
Formação de ozônio fotoquímico	3.56E-05	1.07E-03	kg NMVOC eq/kWh
Uso de recursos, minerais e metais	1.48E-08	3.48E-08	kg Sb eq/kWh
Uso de recursos, fósseis	1.05E-02	3.68E+00	MJ/kWh
Uso da água	6.01E-02	4.94E-02	m^3 world eq/kWh

Premissas e Limitações

Seguindo o princípio da transparência, todas as premissas e limitações adotadas na modelagem do sistema de produto são listadas a seguir:

- As seguintes atividades são excluídas da fronteira do sistema deste estudo: viagens de negócios de empregados, deslocamento de empregados (transporte entre casa e local de trabalho) e atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Esses processos são considerados fora do escopo do sistema de produto e assume-se que tenham influência desprezível nos impactos ambientais totais do produto avaliado.
- Os aspectos ambientais associados à produção e manutenção de bens de capital e ao uso de mão de obra não foram incluídos – por exemplo: maquinário, infraestrutura, embalagens, instalações e outros equipamentos utilizados nos processos produtivos. Quanto ao transporte, aspectos ambientais relacionados à construção e manutenção de pavimentos rodoviários e à fabricação de veículos (caminhões) também não foram considerados, pois esses objetos possuem vida útil significativamente longa em relação ao escopo adotado neste estudo. Em relação ao uso de mão de obra, a desconsideração ocorreu porque os aspectos sociais ligados aos serviços executados ao longo do sistema de produto definido não foram objeto do presente estudo. Por outro lado, a produção de combustíveis e as emissões atmosféricas resultantes da queima de combustíveis durante o deslocamento dos modais logísticos foram contabilizadas.
- Os aspectos ambientais da produção, manutenção e fim de vida da infraestrutura e dos bens de capital (por exemplo, edifícios, máquinas e equipamentos) utilizados no sistema de produto são excluídos das fronteiras do sistema. Essa exclusão é consistente com a EN 15804 e com os requisitos da PCR e é considerada uma limitação metodológica, pois potenciais impactos ambientais associados a esses elementos não são contabilizados nos resultados.
- Para o transporte rodoviário, foi considerada a eficiência EURO 5 para caminhões, e as emissões foram calculadas no software LCA for Experts, que utiliza a referência HBEFA 3.3 [Umweltbundesamt Berlin; BUWAL / OFEFP Bern; Umweltbundesamt Wien: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, versão 3.3, http://www.hbefa.net/, Berlin, Bern, Vienna / Alemanha, Suíça, Áustria, 2017] para os cálculos dos fatores de emissão. Para a combustão de combustível, foi realizado um ajuste referente à contabilização da fração de 14% relativa à presença de biodiesel no diesel.
- Para as distâncias de transporte relacionadas ao frete de matérias-primas, foi adotada uma distância média simples, calculada com base nos dados dos anos analisados e dos diversos fornecedores envolvidos. Os valores de distância foram obtidos em registros internos mantidos pela AVB. Essa abordagem permite uma estimativa representativa das distâncias de transporte em diferentes períodos e localidades de fornecedores, assegurando consistência nos dados de inventário da avaliação de ciclo de vida;

▪ Para a conversão de unidades, foram utilizados dados técnicos de densidade e peso dos materiais; os valores adotados são apresentados na **Tabela 9**;

▪ Adoção dos valores médios para as entradas e saídas do processo de produção de fio-máquina, considerando o volume total anual de produção da Aço Verde Brasil (AVB), abrangendo as diferentes composições, diâmetros e bitolas de fio-máquina.

Tabela 9 - Dados técnicos de densidade e peso dos materiais para conversão de unidades.

Parâmetro	Valor	Unidade	Referência
Gás de alto-forno	1,25	kg/Nm^3	Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2012
Gás de convertedor a oxigênio	0,865	kg/Nm^3	Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2012
Oxigênio líquido	1,33	kg/m^3	Dados internos da AVB
Nitrogênio líquido	1,16	kg/m^3	Dados internos da AVB
Argônio líquido	1,66	kg/m^3	Dados internos da AVB
Carvão vegetal (interno e externo)	277	kg/m^3	Dados internos da AVB
Lenha	530	kg/m^3	Dados internos da AVB
Diesel	0.840	kg/L	ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis)

▪ As diferenças identificadas entre as entradas e saídas totais calculadas são atribuídas às quantidades alocadas em estoque. Esses estoques correspondem a matérias-primas, utilidades ou outros insumos que podem não ter sido totalmente consumidos no ano de produção analisado. Em vez disso, podem ser transferidos e utilizados em períodos produtivos subsequentes, dependendo da demanda operacional e das práticas de gestão de estoque.

▪ Adoção de dados secundários de estudos científicos conduzidos por diferentes pesquisadores para definir os fluxos de entrada e saída associados à produção das matérias-primas consumidas, incluindo laterita bruta, agentes antiincrustante, antiespumantes, biocidas, dispersantes, floculantes e inibidores.

▪ Para a extração de laterita do solo, foi adotada uma abordagem de escavação mecânica com carregadeiras e caminhões, com tratamento preparatório mínimo, incluindo peneiramento, secagem ao ar e, em alguns casos, britagem simples (IPAAM, 2023; Governo de Minas Gerais, 2023). Para a combustão de diesel em equipamentos móveis, foram aplicados fatores de emissão do GHG Protocol, correspondentes a 2,675 kg CO_2/L, 0,0001 kg CH_4/L e 0,0001 kg N_2O/L. Quanto à gestão de resíduos grosseiros, assumiu-se que a disposição ocorre em pilha estéril interna, com distância máxima de transporte de 1 km.

▪ Em bases de dados de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), dados de produção específicos ao contexto nacional nem sempre estão disponíveis. Nesses casos, é comum adotar dados originários de outras regiões e, em algumas situações, como aplicado no presente estudo, *utilizar* conjuntos de dados proxy de bases com cobertura temporal fora dos requisitos definidos pela PCR, a fim de assegurar a completude das informações para o sistema de produto analisado.

▪ Em bases de dados de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), dados de produção específicos ao contexto nacional nem sempre estão disponíveis. Nesses casos, frequentemente é necessário usar dados de conjuntos internacionais ou regionais, que podem ser adaptados ou ajustados para aproximar a representatividade tecnológica, geográfica e temporal da produção nacional. Essa limitação pode influenciar a precisão dos resultados e, portanto, deve ser reportada de forma transparente como parte da avaliação da qualidade dos dados.

▪ Não foi possível acessar todos os dados de inventário relacionados às matérias-primas consumidas no processo de produção de vergalhão de aço laminado a quente na base de dados adotada — especificamente para laterita bruta, agentes antiincrustante, antiespumantes, biocidas, dispersantes, floculantes e inibidores. Foram adotados inventários de ciclo de vida correspondentes a um composto genérico dentro de cada categoria de insumo consumido no processo, para produtos como agentes antiincrustante, antiespumantes, biocidas, dispersantes, floculantes e inibidores.

▪ Nos conjuntos de dados específicos, foi conduzido um processo de regionalização, envolvendo o ajuste da matriz energética conforme o relatório BEN 2024 mais recente. Essa regionalização foi necessária devido à indisponibilidade de dados nacionais específicos para determinados insumos e processos, exigindo a adaptação do inventário de ciclo de vida para refletir melhor as condições energéticas regionais e assegurar maior precisão na avaliação ambiental.

▪ Além dos gases mapeados, sabe-se que outras emissões também ocorrem. Portanto, foram realizados cálculos para emissões de gases de efeito estufa — CO_2, CH_4 e N_2O — bem como para consumo de água, com base nas seguintes fontes: (a) combustão de biomassa (palha de arroz, carvão vegetal e madeira picada); (b) combustão de combustível fóssil (diesel e GLP); e (c) reação de calcinação. Os cálculos foram realizados usando valores absolutos de consumo de insumos e geração de produto, combinados com fatores de emissão obtidos na literatura científica e técnica.

▪ Quanto às $\mathrm{emissões}$ de CO_2 da combustão de biomassa, estas foram consideradas equivalentes ao CO_2 $\mathrm{capturado}$ durante o crescimento da biomassa, cancelando-se mutuamente. Isso ocorre porque as remoções de carbono devem ser contabilizadas como valores negativos, refletindo um efeito ambiental positivo. Consequentemente, apenas as emissões biogênicas de CH_4 e N_2O foram efetivamente incluídas no balanço final.

▪ O conteúdo de carbono do produto foi considerado para calcular emissões e remoções. Para a palha de arroz, foi de 40%; para o carvão vegetal, 80%; e para a lenha, 50%. Esses valores foram obtidos nas Diretrizes do IPCC de 2006 – volume 4, Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU).

▪ Para calcular as emissões de gases de efeito estufa (GEE) da queima de biomassa, foi adotada a equação a seguir. $Emissions\ (kg\ GHG)\ generated\ energy\ (TJ) \times emissions\ factor\ (\frac{kg}{TJ})$ A energia gerada (TJ) foi obtida a partir dela. Nesse $E =$

$\frac{(consumed\ mass\ (kg) \times LHV)}{1{,}000{,}000}$ contexto, os valores de 15 MJ/kg e 27,03 MJ/kg, respectivamente, foram adotados para o poder calorífico inferior (PCI) da palha de arroz e do carvão vegetal. Além disso, os fatores de emissão para palha de arroz e carvão vegetal foram obtidos para "combustíveis sólidos de biomassa" presentes na Tabela 2.5 p.2.41 das Diretrizes do IPCC 2006. Os valores são apresentados na **Tabela 10**.

- A equação mencionada acima para o cálculo das emissões de GEE foi adotada para as emissões da queima de coque de petróleo calcinado, gás liquefeito de petróleo e lenha. O valor de PCI e os fatores de emissão adotados para o coque foram obtidos na Tabela 2.5 das Diretrizes do IPCC de 2006 ("petrol coke"), e o valor de PCI e os fatores de emissão adotados para o GLP também foram obtidos nas Diretrizes do IPCC de 2006, Volume 2, Capítulo 2 (combustão estacionária) - Tabela 3.
- Para o óleo diesel, foi adotado o valor do GHG Protocol com base no IPCC para combustão estacionária, conforme indicado na **Tabela 10**.

Tabela 10 - Poder calorífico inferior e fator de emissão para diferentes combustíveis.

Produto	PCI (MJ/kg)	FE para CO_2 (kg/TJ)	FE para CH_4 (kg/TJ)	FE para N_2O (kg/TJ)
Palha de arroz	15.00	-	30.00	4.00
Carvão vegetal	27.03	-	200.00	1.00
Coque	33.00	97,500	0.60	3.00
LPG	46.44	63,000	0.80	3.00
Lenha	15.00	-	30.00	4.00
Diesel	43.0	72,600	0.50	0.10

- O gás de alto-forno produzido pela AVB no processo de produção de ferro-gusa e outros coprodutos têm a seguinte composição: 22% de monóxido de carbono (CO), 21% de dióxido de carbono (CO_2), 51,4% de nitrogênio (N_2), 4,20% de hidrogênio (H_2), 0,7% de oxigênio (O_2) e 0,7% de metano (CH_4). Entre os gases que compõem o gás de alto-forno, apenas o monóxido de carbono e o metano são consumidos durante as reações do processo e podem gerar CO_2. O CO_2 já presente no gás atua como gás inerte, não consumido nas reações e emitido em sua forma original. Contudo, como o gás de alto-forno é produto das reações do minério de ferro, as emissões da queima desse gás não foram contabilizadas, a fim de evitar dupla contagem de emissões.
- O mesmo processo foi usado para produzir carvão vegetal tanto para as subsidiárias da AVB quanto para o carvão comprado comercialmente. O processo de produção consiste na secagem da madeira ao ar livre, em temperatura ambiente.
- O teor de umidade da lenha e do carvão vegetal, tanto para processamento interno quanto externo, é, respectivamente, 29,68% e 5,14% para 2021; 29,68% e 5,65% para 2022; e 29,68% e 5,47% para 2023. A diferença corresponde à liberação de vapor de água durante a secagem, com valores de 24,54% (2021), 24,03% (2022) e 24,21% (2023).
- O software Sphera LCA for Expert's apresenta em suas bases de dados alguns conjuntos do tipo black box, o que significa que os fluxos totais de entradas e saídas do ciclo de vida do material e/ou processo são exibidos como fluxos elementares, tornando impossível

investigar como foi realizada a modelagem dos estágios do ciclo de vida da pré-cadeia avaliada.

- Não foi possível obter dados de entrada e saída específicos para SKUs individuais de fio-máquina (isto é, diferenciados por diâmetro, peso ou bitola), pois tais dados não são monitorados nem registrados nesse nível de detalhe. Em vez disso, os dados de processo são coletados e gerenciados de forma agregada para a produção total de fio-máquina, sem segregação por variante de produto.
- O balanço de massa e energia das matérias-primas, utilidades e produtos auxiliares consumidos apresentou algumas discrepâncias. Essas variações são atribuídas principalmente à existência de estoques de insumos e produtos acabados acumulados ao longo dos períodos avaliados, que impactam a reconciliação entre entradas e saídas reportadas.
- Em bases de dados de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), dados de produção específicos ao contexto nacional nem sempre estão disponíveis. Nesses casos, frequentemente é necessário usar dados de conjuntos internacionais ou regionais, que podem ser adaptados ou ajustados para aproximar a representatividade tecnológica, geográfica e temporal da produção nacional. Essa limitação pode influenciar a precisão dos resultados e, portanto, deve ser reportada de forma transparente como parte da avaliação da qualidade dos dados.
- No processo da AVB para vergalhão de aço laminado a quente, apenas as emissões atmosféricas de SOx, NOx e material particulado provenientes dos processos produtivos são monitoradas e registradas (dados primários).
- Assume-se que a taxa de recuperação do aço para armadura e o processamento de fim de vida associado refletem práticas típicas no contexto brasileiro. Contudo, os insumos relacionados às matérias-primas e aos processos auxiliares usados nas etapas de recuperação e tratamento são baseados em valores de referência da PCR aplicável, que podem não representar plenamente as condições nacionais. Esses valores foram aplicados devido à falta de fontes de dados mais representativas.

Regras de Alocação

O processo de produção do vergalhão de aço CA-60 é um processo multioutput, especificamente nas etapas de alto-forno e aciaria, além do processo auxiliar da planta de gases (processo de obtenção de oxigênio, nitrogênio e argônio). Portanto, para distribuir corretamente o impacto, seguindo o International EPD System (2025) e a PCR 2019:14 (2025), foi realizado um **procedimento de alocação com base em critérios econômicos**. A alocação econômica foi desenvolvida considerando os preços médios estáveis de comercialização da AVB para os produtos e coprodutos (ferro-gusa, escória de alto-forno, pó de carvão e tarugos de aço); e, para alguns produtos e coprodutos (metal quente, gás de alto-forno, gás de convertedor a oxigênio, oxigênio, argônio e nitrogênio), foram aplicados dados secundários também baseados em valores de mercado, para calcular os percentuais de

contribuição correspondentes. É importante observar que, devido à ausência de valor de mercado para os gases gerados no alto-forno e nos processos de aciaria, foi aplicada uma **abordagem de substituição**, considerando o consumo evitado de gás natural por meio do uso interno de gases de processo. Embora o gás natural tenha poder calorífico significativamente maior, esses gases de processo são rotineiramente usados em combinação com coque e carvão vegetal para substituir combustíveis fósseis externos em fornos, assegurando eficiência operacional adequada e reduzindo custos operacionais e impactos ambientais associados. Com base em literatura publicada e práticas setoriais vigentes (WorldSteel Association, 2021a; WorldSteel Association, 2021b; Musial et al., 2022; Arroyo, Pérez & Cuervo-Piñera, 2023; Fricker, 2003), validadas adicionalmente pela equipe técnica da AVB, considerou-se apropriado aplicar essa abordagem proxy, atribuindo o valor financeiro do gás natural tanto ao gás de alto-forno quanto ao gás de aciaria para fins de alocação.

Para o **processo de alto-forno**, os percentuais de contribuição correspondentes à alocação de cargas são 74% para metal quente, 9% para ferro-gusa, 0,21% para escória de alto-forno, 0,11% para pó de carvão e 17% para gás de alto-forno, conforme os custos médios de comercialização.

Para o **processo de aciaria**, os percentuais de contribuição correspondentes à alocação de cargas são 98% para o tarugo de aço e 2% para o gás de convertedor a oxigênio. Para o processo da **planta de gases**, os percentuais de contribuição correspondentes à alocação de cargas são 76% para oxigênio, 23% para nitrogênio e 1% para argônio.

Critérios de corte

Embora a PCR 2019:14 versão 2.0.1 permita a aplicação de uma regra de corte de 1%, também recomenda evitar cortes em dados de inventário, o que significa utilizar todos os dados de inventário disponíveis. Seguindo essa abordagem, todos os fluxos de combustível, energia, materiais e insumos necessários para produzir o vergalhão de aço foram considerados; materiais que poderiam ser usados em manutenção preventiva ou corretiva de máquinas e equipamentos foram desconsiderados, assim como o uso de uniformes, equipamentos de proteção individual ou outros materiais auxiliares.

Embalagem

O produto não possui embalagem de distribuição.

FRONTEIRAS DO SISTEMA



A abordagem berço ao **portão com** módulos de fim de vida **(C1-C4) e além da fronteira** do sistema (módulo D) foi selecionada para o estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), conforme a EN 15804 Seção 5.2 e a PCR 2019:14 (módulos A1-A3 + C1-C4 + D). O ciclo de vida do vergalhão CA-60 da AVB é dividido em três estágios: (i) **estágio** do produto, referido como berço ao portão (módulos A1-A3); (ii) **estágio de** fim de vida (C1-C4); e (iii) processos que ocorrem além **da fronteira do sistema** (benefícios e cargas além da fronteira do sistema, módulo D). O estágio do produto inclui os processos **de alto-forno,** aciaria, **laminação** a quente **e** trefilação. **A** produção de todos os principais insumos (por exemplo, matérias-primas, eletricidade, combustível, água), bem como os fluxos de resíduos incluídos nos estágios do produto, é descrita na **Figura** 1.

Descrição das fronteiras do sistema

Módulos A1 a A3, estágio do produto

As principais matérias-primas utilizadas na produção do vergalhão de aço incluem sucata de aço, coque de petróleo calcinado, dolomita calcinada, cal e ferroligas (como ferrosilício, ferromanganês e silicomanganês). O módulo A1 abrange todos os impactos ambientais associados à extração, processamento e produção dessas matérias-primas. De acordo com as diretrizes de EPD, a sucata de aço utilizada como insumo nos módulos A1-A3 é considerada “sem carga”, com exceção da sucata comprada, para a qual os impactos a montante são contabilizados.

O módulo A2 abrange os impactos ambientais relacionados ao transporte de matérias-primas dos fornecedores até a unidade fabril, incluindo toda a logística a montante. O módulo A3 inclui os impactos gerados durante os processos de fabricação no local, desde o recebimento das matérias-primas até a produção final do vergalhão de aço.

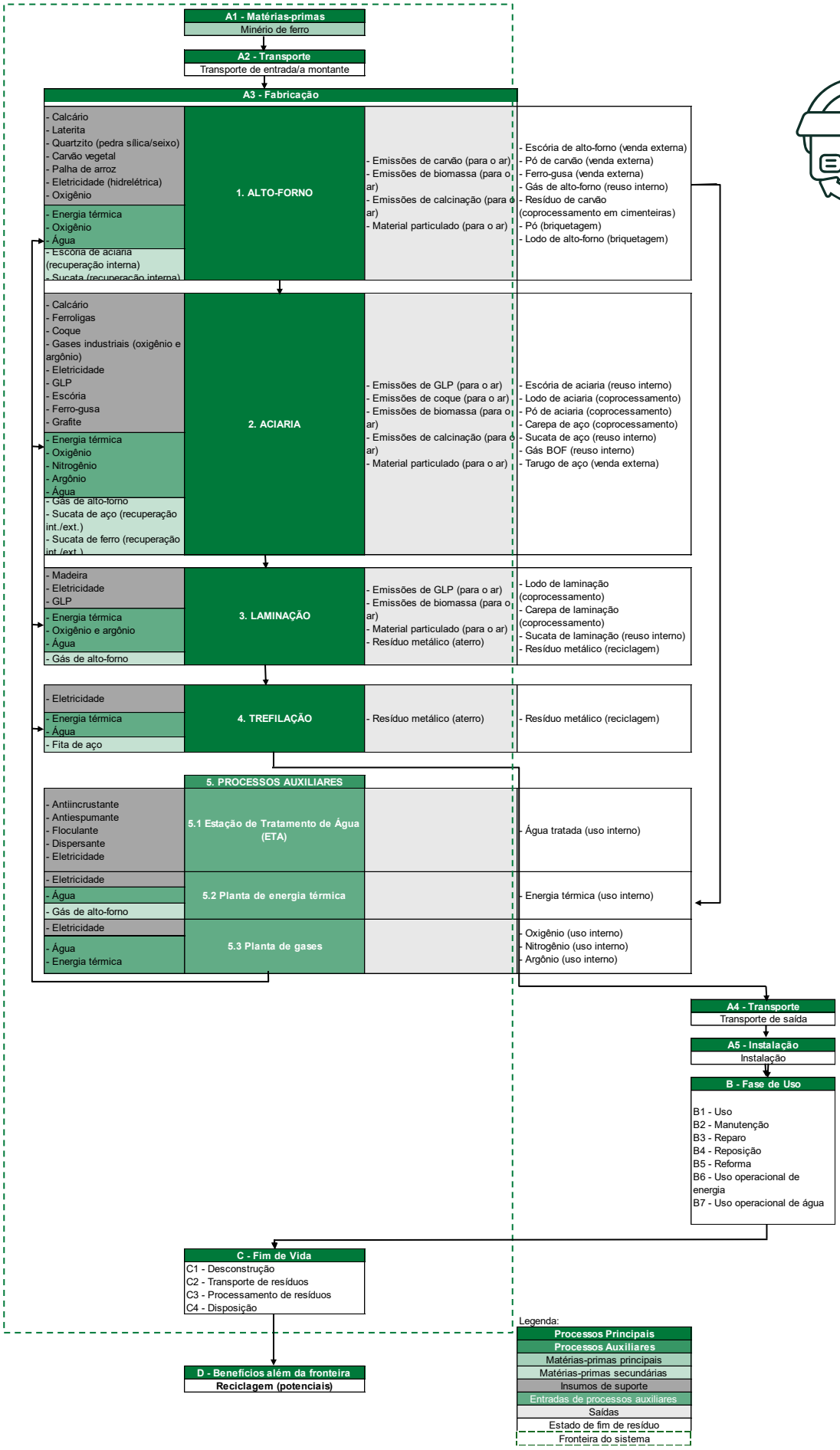


Figura 1- Sistema de produto considerado para o estudo.

Módulos C1 a C4, fim de vida

Cenários representativos para a disposição final do produto foram definidos com base em práticas típicas de gestão de resíduos aplicáveis ao contexto geográfico do estudo (Brasil). A alocação às diferentes rotas de tratamento de resíduos (reciclagem, recuperação e disposição final) foi baseada em dados secundários representativos e/ou literatura técnica, assegurando consistência com o escopo geográfico e tecnológico da avaliação. Na ausência de dados primários específicos, foram aplicadas premissas conservadoras conforme a PCR 2019:14 (Tabela 4. Dados padrão para modelagem dos módulos C1, C2, C3 e C4. Referências: Erlandsoon et al. (2015), OVAM (2017), página 40) – Tabela 11. O **módulo** C1 (Desc**onstrução/Demolição)** considera o impacto ambiental durante o desmonte do produto no local de instalação. A demanda de energia correspondente à demolição/desconstrução de concreto armado foi adotada como proxy descrita na Tabela 4 da PCR 2019:14. Adicionalmente, nas condições brasileiras, Paulino et al. (2023) reportam que aproximadamente **45% dos resíduos pós-demolição são recuperados; esse valor foi usado como cenário de** referência neste estudo. A fração de material pós-demolição não recuperada foi assumida como destinada a aterro. O módulo C2 (transporte para processamento e/ou disposição de **resíduos)** inclui o transporte dos resíduos até instalações de tratamento ou disposição final, com base em distâncias e modais de transporte representativos. De acordo com a PCR 2019:14 (versão 2.0.1), assumiu-se distância de transporte de 80 km, pois o resíduo não é destinado a processos de incineração. O veículo de transporte selecionado corresponde a 'GLO Truck diesel driven, Euro 5, cargo *consumption 20 - 26t gross weight / 17,3t payload', consistente com as especificações* fornecidas na PCR aplicável. O módulo C3 (processamento de resíduos para reuso, **recuperação** e reciclagem) inclui os processos necessários para preparar o resíduo para tratamento subsequente, como triagem, separação e processamento mecânico. Foi assumida taxa de perda de processo de 5%, de acordo com as melhores práticas internas da Fundação Eco+, que conduziu o estudo. O módulo C4 (disposição final) compreende os **fluxos** de resíduos destinados a aterro, de acordo com os cenários de fim de vida definidos. Para este estágio, considerou-se apenas o consumo de diesel associado à compactação de resíduos e operação de aterro (por exemplo, escavação de trincheiras), juntamente com as emissões correspondentes da combustão de combustível.

Tabela 11 - Considerações dos aspectos de fim de vida.

Módulo	Processo	Quantidade	Portador energético
C1	Demolição/desconstrução de concreto/concreto armado	10 kWh/tonelada	Diesel
C2	Transporte	80 km	Caminhão de 16-32 toneladas (EURO 5)

C3	Carga e descarga na unidade de triagem	1.8 kWh/tonelada	Diesel
	Triagem mecânica	2.2 kWh/tonelada	Eletricidade
	Fragmentação do aço	7.4 kWh/tonelada	Diesel
C4	Compactação de resíduos inertes de construção, incluindo reaterro	1.6 kWh/tonelada	Diesel

Os cenários de fim de vida (EoL) de 100% reciclagem e 100% aterro são apresentados posteriormente na seção de resultados.

Módulo D, além da fronteira do sistema

O módulo D ("benefícios e cargas além da fronteira do sistema") representa os impactos ambientais evitados ou incorridos quando materiais recuperados no fim de vida de um produto são utilizados em sistemas de produto **subsequentes.** Dados secundários foram usados para caracterizar tanto o perfil ambiental do material substituído quanto os impactos associados aos processos pós-End-of-Waste (pós-EoW). O ponto de substituição foi definido de acordo com os requisitos da PCR 2019:14 v2.0.1, assegurando consistência entre o produto substituído e o material recuperado.

Neste estudo, **o ponto de substituição corresponde ao material no estágio em que entra no processo de aciaria, ou seja,** sucata preparada e classificada (qualidade média de sucata de mercado) pronta para ser carregada no Convertedor a Oxigênio (BOF). Essa definição assegura que a comparação entre material secundário e primário seja realizada em um estágio funcional equivalente.

Procedimento de cálculo

O valor do fluxo líquido foi obtido pela Equação 1 e, em seguida, o valor de D foi calculado usando a Equação 2.

$$\boldsymbol{F = Y \times (M_{MR,out} - M_{MR,in})} \quad \textbf{(Eq. 1)}$$

$$\boldsymbol{D = \left(F \times Imp_{pEoW}\right) - (F \times Imp_{subt.})} \quad \textbf{(Eq. 2)}$$

Para cada tonelada de aço instalada em uma obra no Brasil, ao final de sua vida útil, 450 kg de resíduos de demolição são recuperados após triagem e tratamento, chegando ao destino final (considerando perda de 5%, 427 kg de resíduos de demolição são recuperados ao final). O restante (550 kg) é perdido devido à aderência ao concreto e é disposto em aterros. Na fase do produto, o aço já apresenta uma porcentagem de sucata, sendo adotada uma faixa de 14% a 25%. Assim, o valor de M_MRin é 143,5 kg e M_MRout é 427,5 kg, e o fator de rendimento é 1. Essa premissa é justificada pela ausência de etapas adicionais de processamento pós-EoW além do transporte do material pós-demolição até a aciaria; portanto, não são consideradas perdas de material nesse estágio. O valor do fluxo líquido é 284,0 kg.

Módulos declarados, escopo geográfico, participação de dados específicos e variação de dados (nos resultados de GWP-GHG)

A Tabela 12 descreve os módulos declarados, o escopo geográfico e a participação de dados específicos.

Tabela 12 - Relato dos módulos declarados e do escopo geográfico.

	Estágio do produto			Distribuição/ fase de instalação		Estágio de uso							Estágio de fim de vida				Além do ciclo de vida do produto
	Fornecimento de matérias-primas	Transporte	Fabricação	Transporte	Distribuição/ instalação	Uso	Manutenção	Reparo	Substituição	Reforma	Uso de energia operacional	Uso de água operacional	Desconstrução/demolição	Transporte	Processamento de resíduos	Disposição	Reuso/recuperação/ Potencial de reciclagem
Módulo	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B5**	**B6**	**B7**	**C1**	**C2**	**C3**	**C4**	**D**
Módulos declarados	X	X	X	ND	ND	ND							X	X	X	X	X
Geografia	GLO	BR	BR	ND	ND	ND							GLO + BR				GLO
Dados específicos	50%	50%	44%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variação do produto	0%					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variação do local	0%					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

X = módulo declarado; ND = módulo não declarado; BR = Brasil; GLO = Global

Nota: Infraestrutura e bens de capital são excluídos desta avaliação, nos processos a montante e centrais. A coleta de dados foi realizada diretamente a partir do Sistema Interno da AVB.

A **Tabela 13** apresenta a declaração e análise da qualidade dos dados para a produção do vergalhão de aço CA-50 laminado a quente. **A participação total de dados primários foi calculada como** 47%.

Tabela 13- Declaração das fontes de dados, anos de referência, categorias de dados e participação de dados primários.

Estágio do ciclo de vida	Processo	Descrição do processo	Tipo de fonte	Fonte	Ano de referência	Categoria de dados	Participação de dados primários nos resultados GWP-GHG para A1-A3
Estágio do produto (A1-A3)	Matérias-primas compradas	Consumo de matérias-primas compradas	Dados coletados	Proprietário da EPD	Média de 2021-2023	50% dados genéricos, 50% dados primários	32%
		Produção das matérias-primas compradas	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	Misto		
	Transporte de matérias-primas até a unidade fabril	Distância entre fornecedor e unidade fabril	Dados coletados	Proprietário da EPD	Média de 2021-2024	50% dados genéricos, 50% dados primários	3%
		Consumo de combustível	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	2023		
		% de composição de biocombustível no combustível no contexto brasileiro	Literatura	Lei Brasileira nº 11.097/2005	2024		
		Emissões de combustão no transporte	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	2023		
	Fabricação do produto (processos auxiliares e emissões)	Consumo de matérias-primas e eletricidade	Dados coletados	Proprietário da EPD	Média de 2021-2023	60% dados genéricos, 40% dados primários	12%
		Produção de matérias-primas e eletricidade	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	Misto		
		Emissões da fabricação do produto	Dados coletados	Proprietário da EPD	Média de 2021-2023		
		Emissões da fabricação do produto (cálculo a partir de dados primários e secundários)	Dados estimados	2006 IPCC Guidelines	2006		
				GHG Protocol	version 2025.0.1		
	Tratamento de resíduos e transporte de resíduos até a unidade de tratamento	Geração de resíduos industriais	Dados coletados	Proprietário da EPD	Média de 2021-2023	60% dados genéricos, 40% dados primários	1%
		Tratamento de resíduos	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	Misto		
		Distância entre unidade fabril e local de tratamento	Dados coletados	Proprietário da EPD	Média de 2021-2023		
		Consumo de combustível	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	2023		
		% de composição de biocombustível no combustível no contexto brasileiro	Literatura	Lei Brasileira nº 11.097/2005	2024		
Fim de vida (C1-C4)	Demolição ou desconstrução (C1)	Consumo de combustível em processos de demolição ou desconstrução	Literatura	PCR 2019:14, v2.0.1	2025	100% dados genéricos	0%

		Produção do combustível comprado	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	Misto		
		Emissões da combustão de combustível em máquinas de demolição (cálculo a partir de dados secundários)	Dados estimados	2006 IPCC Guidelines	2006		
				CETESB	2019		
	Transporte para processamento e/ou disposição de resíduos (C2)	Distância entre o local de demolição e a planta de triagem	Literatura	PCR 2019:14, v2.0.1	2025	100% dados genéricos	0%
		Consumo de combustível	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	2023		
		% de composição de biocombustível no combustível no contexto brasileiro	Literatura	Lei Brasileira nº 11.097/2005	2024		
		Emissões de combustão no transporte	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	2023		
	Processamento de resíduos para recuperação, reuso e reciclagem (C3)	Consumo de combustível e eletricidade	Literatura	PCR 2019:14, v2.0.1	2025	100% dados genéricos	0%
		Produção de eletricidade	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	Misto		
		Produção do combustível comprado	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	Misto		
		Emissões da combustão de combustível em máquinas (cálculo a partir de dados secundários)	Dados estimados	2006 IPCC Guidelines	2006		
				CETESB	2019		
	Disposição (C4)	Consumo de combustível para compactação de resíduos e reaterro	Literatura	PCR 2019:14, v2.0.1	2025	100% dados genéricos	0%
Além da fronteira do sistema (D)		Quantidade de material recuperado ao fim da vida de um produto que pode ser usado para substituição em outros sistemas de produção.	Literatura	Paulino et al., 2023 and Thieves et al., 2022	2022-2023	100% dados genéricos	0%
		Produção do material a ser substituído	Base de dados	Sphera Base de dados (2025.2)	2014		
Participação total de dados primários nos resultados GWP-GHG para A1-A3							**48%**

DESEMPENHO AMBIENTAL

Os resultados estimados de impacto são apenas declarações relativas, que não indicam os pontos finais das categorias de impacto, excedência de valores-limite, margens de segurança e/ou riscos.

Indicadores obrigatórios de categoria de impacto conforme EN 15804

Todos os módulos de informação são reportados e avaliados separadamente. Contudo, a presente EPD também apresenta o impacto total em todos os

Indicador de desempenho ambiental		Unidade	A1	A2	A3	Total (A1-A3)	C1	C2	C3	C4	D
Mudanças climáticas (GWP)	Fóssil	$kgCO_2eq$	677.74	51.97	255.53	985.24	3.25	5.30	0.77	6.69E-02	-932.46
	Biogênico	$kgCO_2eq$	35.70	0.09	90.55	126.34	0.01	0.01	0.07	4.46E-04	-1.93
	Mudança no uso do solo	$kgCO_2eq$	3.14	4.69	2.71	10.54	0.25	0.48	0.11	2.24E-02	0.08
	Total	**$kgCO_2eq$**	**716.59**	**56.75**	**348.79**	**1122.13**	**3.51**	**5.80**	**0.95**	**8.98E-02**	**-934.30**
Criação de ozônio fotoquímico (POF)		kg NMVOCeq	3.44	3.44	0.18	1.59	5.21	0.04	0.01	4.55E-04	-3.26
Depleção da camada de ozônio (ODP)		kg CFC-11eq	6.01E-06	6.01E-06	1.63E-10	1.56E-05	2.16E-05	1.67E-11	1.95E-10	7.78E-13	7.09E-12
Acidificação (AP)		mol H+ eq	4.09	4.09	0.19	2.81	7.09	0.02	0.01	4.11E-04	-8.09
Eutrofização (EP)	Água doce	kg P eq	5.04E-02	7.48E-04	3.11E-02	8.23E-02	4.08E-05	7.70E-05	1.86E-05	3.59E-06	-7.82E-04
	Marinha	kg N eq	0.73	0.09	0.50	1.32	0.01	0.01	2.16E-03	1.86E-04	-1.02
	Terrestre	mol N eq	7.92	1.02	5.39	14.32	0.15	0.11	0.02	1.99E-03	-11.01
Potencial de depleção abiótica (ADP)*	Minerais e metais	kg Sb eq	1.45E-02	3.96E-06	6.78E-04	1.51E-02	2.15E-07	4.06E-07	1.24E-07	1.89E-08	-4.43E-02
	Fóssil	MJ	7681.89	710.88	3656.02	12048.79	38.67	73.05	19.67	3.40E+00	-9686.73
Uso da água (WU)		m^3 world eq	76.83	76.83	0.22	67.07	144.12	0.02	0.02	0.05	-39.90

** Aviso: Os resultados deste indicador de impacto ambiental devem ser usados com cautela, pois as incertezas desses resultados são elevadas ou há experiência limitada com o indicador.*
*** Os resultados do estágio de fim de vida (módulos C1-C4) devem ser considerados ao usar os resultados do estágio do produto (módulos A1-A3). Para serviços, "A1-A3" deve ser substituído por "A1-A5".*

A1 – matéria-prima comprada; A2 – transporte de matérias-primas; A3 – fabricação do produto; A1-A3 – estágio do produto; C1 – demolição/desconstrução; C2 – transporte para processamento e/ou disposição de resíduos; C3 – processamento de resíduos para recuperação, reuso e/ou reciclagem; C4 – disposição; D – além da fronteira do sistema

Impacto ambiental potencial

São apresentados os resultados da Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) para 1 (uma) tonelada de aço CA-60 laminado a quente para armadura. Foram considerados os impactos ambientais dos processos a montante (matérias-primas e transporte) e centrais (emissões primárias e processos auxiliares). Os resultados de desempenho ambiental são expressões relativas e não preveem impactos em pontos finais de categoria, excedência de limites, margens de segurança ou riscos.

Como mostrado, os maiores impactos ambientais estão associados aos estágios que envolvem a extração e produção de matérias-primas, bem como seu transporte até a unidade fabril. Esses estágios dominam a maioria dos indicadores, exceto mudanças climáticas biogênicas e depleção da camada de ozônio. Para esses dois indicadores, a maior contribuição vem do estágio de fabricação, que compreende todas as operações realizadas na fábrica, incluindo a transformação de matérias-primas no produto final, consumo de energia, uso de materiais auxiliares e as emissões e geração de resíduos associadas.

Na **categoria Mudanças** climáticas, fóssil, as matérias-primas compradas (A1) representam aproximadamente 65% do impacto, principalmente devido às atividades de extração e processamento de matérias-primas. A fabricação do produto (A3) responde por 30%, associada à combustão direta e às emissões de processo durante a aciaria e a laminação, enquanto o transporte (A2) contribui com cerca de 5%, refletindo o consumo de combustível na logística de suprimentos. Para Mudanças climáticas, biogênico, as emissões estão predominantemente ligadas à fabricação de matérias-primas (72%), devido ao uso e manuseio de insumos -baseados em biomassa. Os processos de fabricação representam 28%. Na categoria Mudanças climáticas, mudança no uso do solo, os impactos são divididos entre transporte (44%), matérias-primas (29%) e fabricação (27%), indicando que os efeitos de -mudança no uso do solo decorrem tanto da origem das matérias-primas quanto do uso interno de -energia baseada em biomassa, sem contribuição do transporte.

Considerando **Mudanças climáticas,** total, 65% do impacto decorre das atividades de fabricação de matérias-primas, impulsionadas pela produção de insumos e pelo consumo de energia a montante. A fabricação do produto contribui com 30%, vinculada à combustão e às reações de processo, e o transporte responde por 5%. A Formação de **ozônio fotoquímico é influenciada** principalmente pelos processos de fabricação de matérias-primas (64%), devido às emissões de NMVOC provenientes da produção e do transporte de combustíveis fósseis e insumos químicos. A fabricação do produto responde por 32%, relacionada a emissões fugitivas de sistemas internos de -gases de processo, enquanto A2 contribui com 3%. No **indicador de** Depleção da camada de ozônio, o processo de fabricação (A3) domina o impacto com 79%, refletindo emissões associadas a sistemas de utilidades e refrigerantes. As matérias-primas contribuem com 21%.

Para **o Potencial de Acidificação,** as matérias-primas compradas representam 53% do impacto, principalmente devido às emissões de SO_2 e NO_x da geração de eletricidade, mineração e processamento externo de matérias-primas. A fabricação do produto contribui com 44%,

decorrente da combustão em fornos e das operações de laminação, enquanto A2 responde por 3%. A **eutrofização de água doce está** 52% relacionada aos processos de matérias-primas, principalmente devido às emissões associadas à geração de eletricidade e extração de matérias-primas, com a fabricação do produto contribuindo com 47%. A **eutrofização marinha** também é dominada pelos processos de matérias-primas (53%), em grande parte relacionada às emissões de NO_x da logística e geração de energia. A fabricação do produto contribui com 40% e o transporte adiciona 7%. Para a **eutrofização terrestre, as** matérias-primas compradas respondem por 53%, seguidas pela fabricação do produto com 40%, ligada às emissões atmosféricas de nutrientes, enquanto A2 contribui com 7%, principalmente devido ao NO_x gerado pela combustão de combustível.

A depleção abiótica de minerais e metais está fortemente associada às atividades de extração de matérias-primas (93%), refletindo a extração e o beneficiamento de minério de ferro e elementos de liga. A fabricação do produto contribui com 7%, e os impactos do transporte são desprezíveis. A depleção abiótica **de recursos fósseis apresenta** contribuição de 57% das matérias-primas, impulsionada pela energia incorporada nas matérias-primas e combustíveis, enquanto a fabricação do produto responde por 38% devido à demanda de energia térmica, e A2 representa 6% do consumo de combustível no transporte. O uso da água é **distribuído** de forma mais equilibrada, com 45% associado aos processos de matérias-primas, principalmente relacionados à mineração e beneficiamento, e 55% ligado aos processos de fabricação do produto, especialmente operações de resfriamento e laminação.



Indicadores de uso de recursos

Os parâmetros que descrevem o uso de recursos foram avaliados de acordo com a EN 15804+A2. Os resultados da avaliação dos indicadores ambientais que descrevem o uso de recursos e outros indicadores que descrevem fluxos de balanço de materiais e energia para os processos a montante e centrais são apresentados em detalhes a seguir.

Indicadores de uso de recursos	Unidade	Matérias-primas compradas (A1)	Transporte de matérias-primas (A2)	Fabricação do produto (A3)	Total (A1-A3)	Demolição (C1)	Transporte de resíduos (C2)	Processamento de resíduos (C3)	Disposição (C4)	Benefícios além da fronteira (D)
Uso de energia primária renovável (PERE)	[MJ]	16243.34	4.43	8.36	6.89	0.39	26.16	16243.34	4.43	8.36
Uso total de recursos de energia primária renovável (PERT)	[MJ]	16243.34	4.43	8.36	6.89	0.39	26.16	16243.34	4.43	8.36
Uso de energia primária não renovável (PENRE)	[MJ]	12048.79	38.67	73.05	19.67	3.40	-9678.06	12048.79	38.67	73.05
Uso total de recursos de energia primária não renovável (PENRT)	[MJ]	12048.79	38.67	73.05	19.67	3.40	-9678.06	12048.79	38.67	73.05
Uso de combustíveis secundários renováveis (RSF)	[MJ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.80	0.00	0.00	0.00
Uso de combustíveis secundários não renováveis (NRSF)	[MJ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Uso líquido de água doce (FW)	[m3 world equiv.]	20.95	0.00	0.00	0.02	0.00	-0.18	20.95	0.00	0.00

Indicadores de fluxos de saída e resíduos

Fluxos de saída e categorias de resíduos	Unidade	Matérias-primas compradas (A1)	Transporte de matérias-primas (A2)	Fabricação do produto (A3)	Total (A1-A3)	Demolição (C1)	Transporte de resíduos (C2)	Processamento de resíduos (C3)	Disposição (C4)	Benefícios além da fronteira (D)
Resíduos perigosos dispostos (HWD)	**kg**	5.68E-02	4.26E-08	4.53E-07	5.68E-02	2.31E-09	4.37E-09	2.21E-09	2.04E-10	-9.04E-02
Resíduos não perigosos dispostos (NHWD)	**kg**	-9.75E+00	3.82E-01	6.97E-01	-8.67E+00	2.08E-02	3.93E-02	1.18E-02	1.83E-03	0.00E+00
Resíduos radioativos dispostos (RWD)	**kg**	1.29E-01	7.91E-04	1.71E-02	1.47E-01	4.30E-05	8.12E-05	1.44E-04	3.78E-06	0.00E+00

Indicadores adicionais de desempenho ambiental

Indicadores opcionais	Unidade	Matérias-primas compradas (A1)	Transporte de matérias-primas (A2)	Fabricação do produto (A3)	Total (A1-A3)	Demolição (C1)	Transporte de resíduos (C2)	Processamento de resíduos (C3)	Disposição (C4)	Benefícios além da fronteira (D)
GWP-GHG	**kg CO_2 eq**	6.98E+02	4.98E+01	3.41E+02	1.09E+03	3.50E+00	5.08E+00	8.30E-01	8.86E-02	-9.32E+02
Material particulado	**[incidências de doença]**	1.30E-04	1.48E-06	2.27E-04	3.59E-04	2.31E-07	1.47E-07	6.26E-08	4.17E-09	-1.22E+03
Radiação ionizante, saúde humana	**[kBq U235 eq]**	2.37E+01	6.58E-02	1.07E+01	3.45E+01	3.58E-03	6.76E-03	9.43E-03	3.15E-04	-3.90E-05
Ecotoxicidade, água doce	**[CTUe]**	2.25E+03	1.20E+03	1.65E+03	5.09E+03	6.51E+01	1.23E+02	3.05E+01	5.73E+00	-5.87E-06
Toxicidade humana, câncer	**[CTUh]**	1.22E-05	2.10E-08	7.11E-08	1.23E-05	1.14E-09	2.16E-09	6.44E-10	1.01E-10	3.92E+01
Toxicidade humana, não câncer	**[CTUh]**	5.46E-06	5.89E-07	1.68E-06	7.73E-06	3.22E-08	6.05E-08	1.58E-08	2.82E-09	0.00E+00
Uso do solo	**[Pt]**	1.30E-04	1.48E-06	2.27E-04	3.59E-04	2.31E-07	1.47E-07	6.26E-08	4.17E-09	-1.22E+03

** Este indicador contabiliza todos os gases de efeito estufa, exceto a absorção e as emissões de dióxido de carbono biogênico e o carbono biogênico armazenado no produto. Assim, o indicador é idêntico ao GWP-total, exceto que o FC para CO2 biogênico é definido como zero.*

***Aviso 1: Esta categoria de impacto trata principalmente do eventual impacto da radiação ionizante de baixa dose sobre a saúde humana no ciclo do combustível nuclear. Não considera efeitos de possíveis acidentes nucleares, exposição ocupacional nem da disposição de resíduos radioativos em instalações subterrâneas. A radiação ionizante potencial do solo, do radônio e de alguns materiais de construção também não é medida por este indicador.*

****Aviso 2: Os resultados deste indicador de impacto ambiental devem ser usados com cautela, pois as incertezas desses resultados são elevadas ou há experiência limitada com o indicador.*

Resultados de desempenho ambiental (cenário EoL 100% reciclagem)

Indicadores obrigatórios de categoria de impacto conforme EN 15804 (cenário EoL 100% reciclagem)

De acordo com a EN 15804+A2 (Seções 6.2.6, 6.3.9, 7.3.4 e Anexo D) e os requisitos das General Programme Instructions (GPI) v5, Regra A.12.6, esta EPD reporta, além do cenário de fim de vida mais provável, os resultados ambientais para dois cenários hipotéticos: 100% aterro e 100% reciclagem. Esses cenários adicionais são fornecidos para assegurar transparência, permitir comparabilidade contextual e ilustrar a sensibilidade do produto a diferentes rotas de gestão de fim de vida.

Indicador de desempenho ambiental		Unidade	A1	A2	A3	Total (A1-A3)	C1	C2	C3	C4	D
Mudanças climáticas (GWP)	Fóssil	$kgCO_2eq$	677.74	51.97	255.53	985.24	3.25	5.30	0.77	0.00E+00	-2648.02
	Biogênico	$kgCO_2eq$	35.70	0.09	90.55	126.34	0.01	0.01	0.07	0.00E+00	-5.47
	Mudança no uso do solo	$kgCO_2eq$	3.14	4.69	2.71	10.54	0.25	0.48	0.11	0.00E+00	0.24
	Total	**$kgCO_2eq$**	**716.59**	**56.75**	**348.79**	**1122.13**	**3.51**	**5.80**	**0.95**	0.00E+00	**-2653.25**
Criação de ozônio fotoquímico (POF)		kg NMVOCeq	3.44	3.44	0.18	1.59	5.21	0.04	0.01	0.00E+00	-9.26
Depleção da camada de ozônio (ODP)		kg CFC-11eq	6.01E-06	6.01E-06	1.63E-10	1.56E-05	2.16E-05	1.67E-11	1.95E-10	0.00E+00	2.01E-11
Acidificação (AP)		mol H+ eq	4.09	4.09	0.19	2.81	7.09	0.02	0.01	0.00E+00	-22.96
Eutrofização (EP)	Água doce	kg P eq	5.04E-02	7.48E-04	3.11E-02	8.23E-02	4.08E-05	7.70E-05	1.86E-05	0.00E+00	-2.22E-03
	Marinha	kg N eq	0.73	0.09	0.50	1.32	0.01	0.01	2.16E-03	0.00E+00	-2.89
	Terrestre	mol N eq	7.92	1.02	5.39	14.32	0.15	0.11	0.02	0.00E+00	-31.26
Potencial de depleção abiótica (ADP)*	Minerais e metais	kg Sb eq	1.45E-02	3.96E-06	6.78E-04	1.51E-02	2.15E-07	4.06E-07	1.24E-07	0.00E+00	-0.13
	Fóssil	MJ	7681.89	710.88	3656.02	12048.79	38.67	73.05	19.67	0.00E+00	-27,508.53
Uso da água (WU)		m^3 world eq	76.83	76.83	0.22	67.07	144.12	0.02	0.02	0.00E+00	-113.31

Resultados de desempenho ambiental (cenário EoL 100% aterro)

Indicadores obrigatórios de categoria de impacto conforme EN 15804 (cenário EoL 100% aterro)

Indicador de desempenho ambiental		Unidade	A1	A2	A3	Total (A1-A3)	C1	C2	C3	C4	D
Mudanças climáticas (GWP)	Fóssil	$kgCO_2eq$	677.74	51.97	255.53	985.24	3.25	5.30	0.00E+00	1.21E-01	0.00E+00
	Biogênico	$kgCO_2eq$	35.70	0.09	90.55	126.34	0.01	0.01	0.00E+00	8.08E-04	0.00E+00
	Mudança no uso do solo	$kgCO_2eq$	3.14	4.69	2.71	10.54	0.25	0.48	0.00E+00	4.06E-02	0.00E+00
	Total	**$kgCO_2eq$**	**716.59**	**56.75**	**348.79**	**1122.13**	**3.51**	**5.80**	**0.00E+00**	**1.63E-01**	**0.00E+00**
Criação de ozônio fotoquímico (POF)		kg NMVOCeq	3.44	3.44	0.18	1.59	5.21	0.04	0.00E+00	8.27E-04	0.00E+00
Depleção da camada de ozônio (ODP)		kg CFC-11eq	6.01E-06	6.01E-06	1.63E-10	1.56E-05	2.16E-05	1.67E-11	0.00E+00	1.41E-12	0.00E+00
Acidificação (AP)		mol H+ eq	4.09	4.09	0.19	2.81	7.09	0.02	0.00E+00	7.47E-04	0.00E+00
Eutrofização (EP)	Água doce	kg P eq	5.04E-02	7.48E-04	3.11E-02	8.23E-02	4.08E-05	7.70E-05	0.00E+00	6.50E-06	0.00E+00
	Marinha	kg N eq	0.73	0.09	0.50	1.32	0.01	0.01	0.00E+00	3.38E-04	0.00E+00
	Terrestre	mol N eq	7.92	1.02	5.39	14.32	0.15	0.11	0.00E+00	3.62E-03	0.00E+00
Potencial de depleção abiótica (ADP)*	Minerais e metais	kg Sb eq	1.45E-02	3.96E-06	6.78E-04	1.51E-02	2.15E-07	4.06E-07	0.00E+00	3.43E-08	0.00E+00
	Fóssil	MJ	7681.89	710.88	3656.02	12048.79	38.67	73.05	0.00E+00	6.17E+00	0.00E+00
Uso da água (WU)		m^3 world eq	76.83	76.83	0.22	67.07	144.12	0.02	0.00E+00	**1.88E-03**	0.00E+00

ABREVIAÇÕES

ADP Potencial de Depleção Abiótica

ADP-M Potencial de Depleção Abiótica, fóssil

ADP-F Potencial de Depleção Abiótica, minerais e metais

AFOLU Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra

AP Potencial de Acidificação

AR6 Sexto Relatório de Avaliação do IPCC

AVB Aço Verde do Brasil

BEN Balanço Energético Nacional

BF Alto-forno

BFG Gás de alto-forno

BOF Convertedor a oxigênio

BR Brasil

B2B Business-to-business

CA-60 Barra de aço

CEN Comitê Europeu de Normalização

CDP Carbon Disclosure Program

CH4 Metano

CO2 Dióxido de carbono

cPCR Regra complementar de categoria de produto

CUP Pacote exclusivo do cliente

CVM Comissão de Valores Mobiliários

DQA Avaliação da Qualidade dos Dados

DNM Matriz de Necessidade de Dados

DQI Indicadores de Qualidade dos Dados

DQL Níveis de Qualidade dos Dados

DQR Classificação da Qualidade dos Dados

DU Unidade Declarada

EF Fator de Emissão

EPD Declaração Ambiental de Produto

Eq Equivalente

EN 15804 Norma Europeia 15804

EP Potencial de Eutrofização

EP-F Potencial de Eutrofização de Água Doce

EP-M Potencial de Eutrofização Marinha

EP-T Potencial de Eutrofização Terrestre

EoL Fim de vida

EU-PEF Pegada Ambiental de Produto da União Europeia

EURO Normas Europeias de Emissão

FU Unidade Funcional

FW Uso líquido de água doce

GeR Representatividade geográfica

GHG Gases de efeito estufa

GLO Global

GPI Instruções Gerais do Programa

GRI Global Reporting Institute

GWP Potencial de Aquecimento Global

HBEFA Manual de Fatores de Emissão para Transporte Rodoviário

HFO Óleo combustível pesado

IES International EPD System SA

IPCC Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

I-REC Certificado Internacional de Energia Renovável

ISO Organização Internacional de Normalização

LCA Avaliação do Ciclo de Vida

LCA FE Sphera's LCA for Experts Software

LCI Inventário de Ciclo de Vida

LCIA Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida

LPG Gás liquefeito de petróleo

LHV **Poder** calorífico inferior

LUC Mudança no uso do solo

LTDA Sociedade limitada

MJ Megajoules

MLC Conteúdo gerenciado de ACV

N Nitrogênio

ND Não declarado

NH3 Amônia

NM-VOC Compostos orgânicos voláteis não metânicos

N2O Óxido nitroso

NOx Óxidos de nitrogênio

NRSF Uso de combustíveis secundários não renováveis

ODP Potencial de Depleção da Camada de Ozônio

P Precisão

PCR Regras de Categoria de Produto

PENRE Uso de energia primária não renovável excluindo recursos de energia primária não renovável usados como matérias-primas

PENRM Uso de recursos de energia primária não renovável usados como matérias-primas

PENRT Uso total de energia primária não renovável

PERE Recursos de energia primária usados como matérias-primas

PERM Recursos de energia primária renovável usados como matérias-primas

PERT Uso total de energia primária renovável

POCP **Potencial** de Criação de Ozônio Fotoquímico

PPA Contrato de compra de energia

R&D Pesquisa e Desenvolvimento

RSF Uso de combustíveis secundários renováveis

Sb Antimônio

SDS Ficha de Dados de Segurança de Produtos Químicos

SGS Société Générale de Surveillance

SKU Unidade de manutenção de estoque

SM Uso de materiais secundários

SOx Óxidos de enxofre

TeR Representatividade tecnológica

TiR Representatividade temporal

TJ Terajoules

UN CPC United Nations Central Produto Classification

WDP Potencial de privação de água

WSA WorldSteel Association

REFERÊNCIAS

ARROYO, J.; PÉREZ, L.; CUERVO-PIÑERA, V. **CFD modeling and validation of blast furnace gas/natural gas mixture combustión in an experimental industrial furnace**. Processes, v.11, n.2, 2023. https://doi.org/10.3390/pr11020332

CEN. **EN 16449:2014 – Wood and wood-based products – Calculation of the biogenic carbon content of wood and conversion to carbon dioxide**. European Committee for Standardization, Brussels, 2014.

DORAISAMI, M.; DOMKE, G.M.; MARTIN, A.R. **Improving wood carbon fractions for multiscale forest carbon estimation**. Carbon Balance and Management, v.19, n.25, 2004. https://doi.org/10.1186/s13021-024-00272-2.

ERLANDSSON M.; PETERSON, D. **Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda**. Underlagsrapport till kontrollstation 2015. IVL Swedish Environmental Research Institute report number U5176, May 27th 2015.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. CEN. **EN 15804:2012+A2:2019. Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products.** 2019. 92 p.

FRICKER, N. **What are the options for the beneficiation of Blast Furnace Gas?**. International Flame Research Foundation, 2003. https://ifrf.net/research/handbook/what-are-the-options-for-the-beneficiation-of-blast-furnace-gas/.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Parecer nº67/FEAM/URA CM – CAT/2025**. 2025.

INTERNATIONAL EPD SYSTEM. **General Programme Instructions** for **the International EPD System.** Version 4.0. 2025. Published on 2021-03-29. Disponível em: https://www.datocms-assets.com/37502/1617181375-general-programme-instructions-v-4.pdf

INTERNATIONAL EPD SYSTEM. **General Programme Instructions** for **the International EPD System.** Version 5.0.1. 2025. Published on 2025-02-27. Disponível em: https://www.datocms-assets.com/37502/1740651239-gpi5-0-1_20250227.pdf

INTERNATIONAL EPD SYSTEM. **PCR 2019:14 Construction Products (EN 15804+A2), version 2.0.1.** EPD International AB, 2025.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. **ISO 14020:2000. Environmental labels and declarations – General principles**. 2000. 10 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. **ISO 14025:2006. Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures**. 2006. 36 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. **ISO 14040:2014. Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles and framework**. 2014. 21 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. **ISO 14044:2014. Environmental management – Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines**. 2014. 46 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. **ISO 14067:2023. Greenhouse gas – Carbon Footprint of products – Requirements and guidelines for quantification**. 2003. 54 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. IPCC: Geneva, 2006. Volume 2, Chapter 2, Table 2.5. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. IPCC: Geneva, 2006. Volume 4, Chapter 4, Table 4.3, Agriculture, Forest and Others Land Use. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. IPCC: Geneva, 2006. Volume 4, Chapter 4, Table 1.2, Agriculture, Forest and Others Land Use. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html.

INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS (IPAAM). **Projeto Caulim/Kalamazon,** Estudo **de Impacto Ambiental (EIA).** Volume I – Caracterização do Empreendimento. 2023. Disponível: https://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2023/02/EIA-Caulim-Kalamazon-VOLUME-I-Caracterizacao-do-empreendimento.pdf.

MUSIAL, D.; SZWAJA, M.; KURTYKA, M.; SZWAJA, S. **Usage of Converter Gas as a Substitute Fuel for a Tunnel Furnace in Steel Works**. Materials, v.15, n.14, 2022. https://doi.org/10.3390/ma15145054.

O'SULLIVAN, O.S.; HOPKINSON, L.; CROCKATT, M.E; LAIRD, P.; BEBBER, D.P. **Stable forest carbon stocks support current assumption of biogenic carbon neutrality in the case of European – manufactured beverage cartons**. The International Journal of Life Cycle Assessment, v.21, p.118-128, 2016. https://doi.org/10.1007/s11367-015-0989-1.

OVAM. **Environmental profile of building elements** [update 2017]. Available on: https://publicaties.vlaanderen.be/viewfile/26890, acessado em January 2026.

PAULINO, , R.S.; LAZARI, C.H.; MIRANDA, L.F.R.; VOGT V. Atualização do cenário da reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 2008-2020. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.23, n.3, p.83-97, jul./set.2023. ISSN 1678-8621. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212023000300677

Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th Ed., Vol. A12: Iron, Steel, and Ferroalloys, Wiley-VCH, 2012.

WORLDSTEEL ASSOCIATION[a]. **Fact Sheet: Steel Industry co-products**. April, 2021. https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-Steel-industry-co-products.pdf.

WORLDSTEEL ASSOCIATION[b]. **Fact Sheet: Energy use in the steel industry.** April, 2021. https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-energy-in-the-steel-industry-2021-1.pdf.

HISTÓRICO DE VERSÕES

Esta Declaração Ambiental de Produto (EPD) é a versão original desenvolvida de acordo com as Instruções Gerais do Programa (GPI) do International EPD® System, versão 5.0.1. Ela fornece informações transparentes e verificadas sobre o desempenho ambiental do produto ao longo de seu ciclo de vida. Esta versão foi verificada independentemente e registrada no International EPD® System.

Versão	**1.0**
Data	2026-06-09
Observação	Versão original da EPD





BRASIL EPD®

EPD®

www.environdec.com