



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ANÁLISE DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA UNIDADE
OPERACIONAL DE UMA INDÚSTRIA DE ARAMES EM MINAS GERAIS**

LORENA MATOS SOUZA

Belo Horizonte

2025

LORENA MATOS SOUZA

**ANÁLISE DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA UNIDADE
OPERACIONAL DE UMA INDÚSTRIA DE ARAMES EM MINAS GERAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi

Belo Horizonte
2025

Souza, Lorena Matos.
S729a Análise dos aspectos e impactos ambientais em uma unidade operacional de uma indústria de arames em Minas Gerais / Lorena Matos Souza. – 2025.
96 f. : il.
Orientador: Daniel Brianezi.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Belo Horizonte, 2025.
Bibliografia.

1. ISO 14001. 2. Sistema de Gestão Ambiental. 3. Arame - Indústria - Aspectos ambientais. I. Brianezi, Daniel. II. Título.

CDD: 628

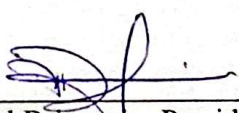
LORENA MATOS SOUZA

**ANÁLISE DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE UMA UNIDADE
OPERACIONAL EM UMA INDÚSTRIA DE ARAMES SITUADA EM MINAS
GERAIS**

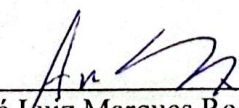
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 10 de Dezembro de 2025

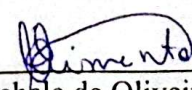
Banca examinadora:



Daniel Brianez – Presidente da Banca Examinadora
Professor - DSc – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Orientador(a)



André Luiz Marques Rocha
Professor - DSc – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais



Michele de Oliveira Pimenta
Analista Ambiental – Belgo Arames

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, sabedoria e serenidade concedidas ao longo desta jornada acadêmica, permitindo que cada desafio fosse superado com fé, coragem, resiliência e perseverança.

Ao meu filho, Gael, fonte inesgotável de amor, força e inspiração. É por ele que busco ser melhor todos os dias. Cada esforço e cada momento de cansaço encontraram sentido por tê-lo como combustível desta jornada. Esta conquista é, acima de tudo, para ele.

Ao meu marido, Rafael, companheiro de todas as horas, pelo apoio, paciência e incentivo. Por dividir comigo os desafios, caminhar ao meu lado em cada etapa desta jornada e acreditar em mim. Seu amor e compreensão foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Jussara e Marquinhos, que nunca mediram esforços sempre acreditaram em mim. Pelos valores que me ensinaram, pela educação que me deram e pelo exemplo de dedicação e honestidade que sempre me inspiraram. Cada conquista é reflexo do amor, da força e do incentivo que me deram em todos os momentos. Esta vitória é também de vocês.

Ao meu irmão, Matheus, e aos demais familiares, que, de alguma forma, estiveram presentes nesta caminhada — seja com palavras de incentivo, gestos de carinho, orações ou apoio nos momentos mais desafiadores, que foram muitos ao longo desses anos.

Ao meu orientador(a), Prof. Dr. Daniel, pela atenção, paciência, compreensão e sabedoria compartilhada durante o desenvolvimento deste trabalho. Sua confiança, comprometimento e incentivo foram essenciais para a concretização desta pesquisa.

As minhas amigas Carolina e Gabriele e demais colegas, por compartilharem momentos de alegria, trocas, aprendizado, por serem apoio nas incertezas e dificuldades ao longo da graduação. Cada conversa e cada risada tornaram essa trajetória mais leve e possível.

A equipe de trabalho, em especial Michele e Wander, por acreditarem em mim e por confiarem no meu trabalho. O apoio de vocês foi fundamental para que eu conseguisse equilibrar os desafios profissionais e acadêmicos.

Ao CEFET-MG e aos professores do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, pelos ensinamentos transmitidos, pela dedicação e pela inspiração profissional e humana.

RESUMO

SOUZA, LORENA. **Análise dos Aspectos e Impactos Ambientais em uma unidade operacional de uma Indústria de Arames em Minas Gerais**. 2025. 96. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

A gestão ambiental tem ganhado relevância crescente diante das demandas por sustentabilidade e do aumento das preocupações relacionadas aos impactos gerados pelas atividades industriais. Nesse contexto, a NBR ISO 14001:2015, com publicação da nova versão prevista para 2026, estabelece diretrizes fundamentais para a identificação, avaliação e controle dos aspectos e impactos ambientais, destacando o Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) como elemento central para a consolidação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) eficaz. Este trabalho teve por objetivo analisar a ferramenta LAIA referente a uma unidade operacional do processo de trefilação em uma indústria de fabricação de arames situada no estado de Minas Gerais, tendo como referência os requisitos estabelecidos no item 6.1.2 da NBR ISO 14001:2015, tomando como exemplo o processo de produção do arame galvanizado utilizado para enfardar celulose. Os objetivos específicos incluem mapear e compreender o processo produtivo, avaliar o LAIA vigente considerando os objetivos e metas ambientais da empresa e analisar a incorporação de novos itens na matriz. Metodologicamente, o estudo foi desenvolvido propondo ajustes e melhorias na matriz LAIA elaborada pela empresa em 2018, através da avaliação documental e histórica. Os principais resultados evidenciaram uma ampliação na identificação de aspectos e impactos ambientais, decorrente do mapeamento detalhado das operações do processo de trefilação, bem como o aprimoramento da abrangência e precisão da matriz, resultando na inclusão de novos itens e na melhoria da sensibilidade do instrumento de análise. Conclui-se que a revisão do LAIA contribui significativamente para o fortalecimento do SGA e para o aprimoramento do desempenho ambiental da organização, oferecendo subsídios relevantes para a prevenção de impactos e para a tomada de decisões mais eficazes no setor metalúrgico.

Palavras-chave: ISO 14001. LAIA. Sistema de Gestão Ambiental. Indústria de Arames.

ABSTRACT

SOUZA, Lorena. *Analysis of Environmental Aspects and Impacts in an Operational Unit of a Wire Manufacturing Industry in Minas Gerais*. 2025. 96 p. Undergraduate Thesis (Bachelor's Degree in Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

Environmental management has gained increasing relevance in light of sustainability demands and growing concerns regarding the impacts generated by industrial activities. In this context, the NBR ISO 14001:2015 standard, with the publication of a new version scheduled for 2026, establishes fundamental guidelines for the identification, assessment, and control of environmental aspects and impacts, highlighting the Environmental Aspects and Impacts Identification (LAIA) as a central element for the consolidation of an effective Environmental Management System (EMS). This study aimed to analyze the LAIA tool applied to an operational unit of the wire drawing process in a wire manufacturing industry located in the state of Minas Gerais, Brazil, based on the requirements established in item 6.1.2 of NBR ISO 14001:2015, using the production process of galvanized wire for cellulose baling as a case study. The specific objectives included mapping and understanding the production process, evaluating the existing LAIA in relation to the company's environmental objectives and targets, and analyzing the incorporation of new items into the matrix. Methodologically, the study was developed by proposing adjustments and improvements to the LAIA matrix prepared by the company in 2018, through documentary and historical analysis. The main results indicated an expansion in the identification of environmental aspects and impacts, resulting from the detailed mapping of wire drawing operations, as well as improvements in the scope and accuracy of the matrix, leading to the inclusion of new items and increased sensitivity of the analytical tool. It is concluded that the revision of the LAIA significantly contributes to strengthening the EMS and enhancing the organization's environmental performance, providing relevant support for impact prevention and more effective decision-making in the metallurgical sector.

Keywords: ISO 14001. LAIA. Environmental Management System. Wire Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Rota Integrada do Aço	17
Figura 02 – Rota Semi Integrada do Aço	18
Figura 03 - Processo Produtivo do Arame	21
Figura 04 - Certificações ISO 9.001 no Mundo	26
Figura 05 - Certificações ISO 14.001 no Mundo	27
Figura 06 - Modelo de Sistema de Gestão Ambiental para Norma ISO 14.001:2015	37
Figura 07 - Processo Produtivo do Arame Galvanizado de Enfardar Celulose	49
Figura 08 - Ciclo de Vida de Produtos	62
Figura 09 - Fluxograma do Processo Produtivo do Arame de Enfardar Celulose	65
Figura 10 - Perspectiva de Ciclo de Vida	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Estrutura ISO 14.001:1996	30
Quadro 02 - Estrutura ISO 14.001:2004	32
Quadro 03 - Estrutura ISO 14.001:2015	34
Quadro 04: Resumo do item 6.1.2 da norma ISO 14004:2018	43
Quadro 05 - Matriz de Correlação de Aspectos e Impactos Ambientais	53
Quadro 06 - Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude do Tipo	54
Quadro 07 - Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Incidência	54
Quadro 08 - Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Situação	55
Quadro 09 - Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Temporalidade	55
Quadro 10 - Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Severidade	57
Quadro 11 - Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Abrangência	58
Quadro 12 - Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Frequência	58
Quadro 13 - Classificação de Significância	59
Quadro 14 - Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Influência	61
Quadro 15 - Caracterização de Aspectos e Impactos em dos Riscos e Oportunidades ..	62
Quadro 16 - Principais Aspectos do Processo Produtivo	66
Quadro 17 - Resultados Ambientais	68
Quadro 18 - Expectativas e Resultados Esperados	72
Quadro 19– Aspectos Implementados na Matriz	79

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

LAIA - Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais

ISO - International Organization for Standardization

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

PDCA - Plan, Do, Check e Act

ESG - Environmental, Social and Governance

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

FMEA - Análise de Modo e Efeito de Falha

YTD - Year To Date

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	A indústria do Aço	16
3.2	A Produção de Arame Galvanizado	20
3.3	Sistema de Gestão Ambiental	23
3.4	International Organization for Standardization – ISO	24
3.5	Histórico da ISO 14.001	28
3.5.1	Norma ISO 14.001 de 1996	30
3.5.2	Norma ISO 14.001 de 2004	31
3.5.3	Norma ISO 14.001 de 2015	33
3.6	Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action)	37
3.7	Economia Circular	40
3.8	Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais	41
4	METODOLOGIA	47
4.1	Caracterização da Empresa	47
4.2	Caracterização do Processo Produtivo	49
4.3	Procedimento de Levantamento de Dados	51
4.3.1	Avaliação do LAIA vigente	51
4.3.1.1	Identificação dos aspectos e impactos ambientais	52
4.3.1.2	Caracterização qualitativa dos aspectos e impactos ambientais	54
4.3.1.2.1	Tipo	54
4.3.1.2.2	Incidência	54
4.3.1.2.3	Situação Operacional	55
4.3.1.2.4	Temporalidade	55
4.3.1.3	Caracterização quantitativa dos aspectos e impactos ambientais	56

4.3.1.3.1	Severidade	57
4.3.1.3.2	Abrangência	57
4.3.1.3.3	Frequência	58
4.3.1.4	Análise de Significância	59
4.3.1.5	Critérios de Controles	60
4.3.2	Sugestão de novos itens para o LAIA	60
4.3.2.1	Influência	61
4.3.2.2	Riscos e Oportunidades	61
4.3.2.3	Etapa do Ciclo de Vida	62
4.3.2.4	Aspectos Legais	63
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
5.1	O processo produtivo	65
5.2	Avaliação do LAIA vigente	67
5.3	Análise de implementação de itens	71
5.3.1	Influência	72
5.3.2	Riscos e Oportunidades	73
5.3.3	Etapa do Ciclo de Vida	73
5.3.4	Aspectos Legais	77
5.4	Comparação entre Matrizes	78
6	CONCLUSÃO	81
7	LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS	83
8	REFERÊNCIAS	84
9	Apêndice I	889
10	Anexo I	92

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por práticas sustentáveis e a intensificação da preocupação com questões ambientais fazem da gestão ambiental uma prioridade para organizações globalmente. Nas últimas décadas, o debate sobre mudanças climáticas, poluição, escassez de recursos naturais e degradação ambiental ganhou relevância em fóruns internacionais, influenciando legislações, políticas públicas e comportamentos de consumidores. Nesse contexto, tornou-se evidente que empresas que buscam permanecer competitivas precisam incorporar critérios ambientais na condução de seus processos, produtos e serviços. Não se trata apenas de cumprir exigências legais, mas de adotar uma postura responsável que dialogue com as expectativas sociais emergentes e que contribua de forma concreta para a sustentabilidade ambiental.

Nesse contexto, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), conforme delineado pela norma ISO 14001, emerge como uma ferramenta crucial para empresas que desejam administrar seus impactos no meio ambiente de forma eficaz. A ISO 14001 oferece um framework que orienta as organizações na criação e execução de políticas, práticas e processos que promovem a sustentabilidade e a responsabilidade ecológica.

A relevância do SGA é evidenciada em diversos aspectos, seja auxiliando na conformidade com regulamentações ambientais ou minimizando o risco de penalidades legais (ISO, 2015). Além disso, a norma propõe a melhoria contínua, permitindo que as empresas identifiquem oportunidades de redução de desperdícios e aumento da eficiência operacional (BHAMU & SINGH SANGWAN, 2014).

A implementação de um SGA pode resultar na redução de custos e na otimização do uso de recursos, o que é especialmente importante em um cenário econômico desafiador. Os principais elementos do SGA incluem a definição de políticas ambientais, a realização de auditorias internas, o monitoramento de desempenho e a implementação de ações corretivas e preventivas.

O procedimento preliminar exigido para implantação de qualquer Sistema de Gestão Ambiental é o Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) - etapa obrigatória e essencial para a efetiva implementação do sistema, em uma organização.

Para auxiliar na identificação de cada aspecto e seu respectivo impacto ambiental, pode-se criar uma matriz de riscos e impactos, que fornecerá informações mais precisas sobre o nível de risco e a relevância de cada um desses aspectos (VERDE GHAI, 2019).

Dentro desse contexto, torna-se fundamental que as organizações certificadas pela ISO 14001:2015 avaliem e gerenciem os aspectos e impactos ambientais de maneira eficaz, visto que isso é crucial para o sucesso do seu Sistema de Gestão Ambiental. Como resultado, as ações adotadas contribuem para o desenvolvimento sustentável e para o bem-estar das futuras gerações.

Além disso, é evidente a importância de se realizar uma análise crítica da matriz de riscos e impactos ambientais utilizada por essas organizações, com base no ciclo Plan, Do, Check, Act - PDCA - ferramenta amplamente empregada na etapa crucial de LAIA para melhoria contínua dos processos ambientais.

Entretanto, a norma ISO 14001 não especifica uma metodologia única para a realização do Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA), limitando-se a exigir que os métodos e critérios adotados sejam coerentes, rastreáveis e adequados ao contexto organizacional. Como consequência, observa-se na literatura e na prática empresarial uma diversidade de abordagens metodológicas para a identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais, o que evidencia uma lacuna no conhecimento quanto à efetividade e à padronização desses métodos.

Essa lacuna torna-se ainda mais evidente a partir de experiências práticas em ambientes organizacionais. Durante vivências de estágio na área de gestão ambiental, foi possível observar que, em muitos casos, o LAIA é elaborado ou atualizado por meio de práticas de reprodução de documentos previamente existentes, caracterizadas pelo uso recorrente de modelos genéricos e pela simples adaptação de matrizes de outras unidades ou empresas.

Nesses contextos, o LAIA deixa de cumprir sua função como instrumento técnico de gestão ambiental e passa a ser tratado apenas como um documento formal, frequentemente revisado apenas em períodos que antecedem auditorias internas ou de certificação, configurando o que é comumente denominado na prática profissional como “LAIA de gaveta”.

Adicionalmente, no geral, a indústria de arames - assim como o setor siderúrgico e metalúrgico - não costuma divulgar informações detalhadas sobre processos produtivos, quantitativos de produção, faturamento ou participação de mercado por produto devido a uma série de motivos estratégicos, competitivos e regulatórios – concorrência acirrada, proteção de mercado, sigilo industrial, ausência de obrigatoriedade legal e/ou volatilidade de preços e demandas.

Como consequência desse cenário, é comum que empresas adotem o LAIA de forma genérica, direcionada principalmente ao atendimento de exigências normativas e auditorias de certificação, sem explorá-lo plenamente como uma ferramenta estratégica essencial para a estruturação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) eficaz e orientado à melhoria contínua, os então chamados de “LAIA de gaveta”, no qual o levantamento é elaborado apenas para atender às exigências da ISO 14001, sem que se explore plenamente seu potencial como ferramenta de gestão estratégica e operacional.

Assim, evidencia-se a necessidade de aprofundar o estudo e a aplicação do LAIA como instrumento técnico de gestão, especialmente em setores industriais com baixa disponibilidade de dados, como o de produção de arames, contribuindo para o aperfeiçoamento das práticas ambientais sustentáveis, o fortalecimento de metodologias de gestão e melhoria contínua no ambiente industrial.

Portanto, essa pesquisa se justifica pela necessidade de alinhamento entre os objetivos empresariais e a preservação do meio ambiente, elementos cruciais para a sobrevivência e o sucesso a longo prazo das organizações na sociedade contemporânea, já que avaliar e controlar de forma adequada os impactos ambientais significativos gerados pelas atividades de uma organização não é apenas uma exigência normativa, mas uma responsabilidade ética e estratégica. (VERDE GHIA, 2019).

A aplicação eficaz do LAIA representa um esforço essencial para o fortalecimento das práticas ambientais sustentáveis, para a internalização da melhoria contínua e para a consolidação de sistemas de gestão ambiental robustos, capazes de contribuir para o bem-estar das gerações atuais e futuras.

2 OBJETIVOS

Este item tem por finalidade apresentar os objetivos que orientam a realização deste estudo, evidenciando a intenção central da pesquisa e os propósitos que conduzem sua execução. Está estruturado em objetivo geral - que expressa a finalidade principal do trabalho - e objetivos específicos - que detalham as etapas e metas necessárias para o alcance do propósito central da pesquisa.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é analisar a ferramenta LAIA referente a uma unidade operacional de uma indústria voltada à fabricação de arames, com base nos requisitos estabelecidos pelo item 6.1.2 da NBR ISO 14001:2015 - tomado como exemplo o arame de enfardar celulose.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Mapear e compreender o processo e operações desenvolvidas pelo setor de produção de arame de enfardar celulose, que compõe a indústria do arame em questão.
- ii. Avaliar o LAIA vigente para o processo em questão concomitante aos objetivos e metas adotados pela empresa.
- iii. Analisar a implementação de novos itens do LAIA.
- iv. Realizar uma análise comparativa entre a matriz vigente e a matriz com novos itens implementados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este item tem por finalidade apresentar a revisão bibliográfica que embasa o desenvolvimento deste estudo, reunindo e discutindo os principais conceitos, teorias e contribuições de autores e normas relacionadas ao tema. Está estruturado nos seguintes tópicos: a indústria do aço, a produção de arame, sistema de gestão ambiental, International Organization for Standardization (ISO), ISO 14.001, ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), economia circular e levantamento de aspectos e impactos ambientais.

3.1 A indústria do Aço

A indústria do aço é um dos principais pilares da economia mundial, exercendo papel essencial no desenvolvimento industrial e tecnológico de diversos países. No Brasil, o setor siderúrgico apresenta grande relevância econômica e estratégica, pois fornece insumos fundamentais para as cadeias produtivas da construção civil, automotiva, de energia, mineração e bens de capital (AKIAMA; SPERS, 2024).

A produção de aço, segundo dados recentes da World Steel Association (2024), alcançou cerca de 33,7 milhões de toneladas no país, evidenciando sua posição de destaque na América Latina. Contudo, o setor enfrenta desafios associados à ociosidade produtiva, aumento de importações e necessidade de adequação ambiental, exigindo maior eficiência tecnológica e sustentabilidade (MANN, 2025).

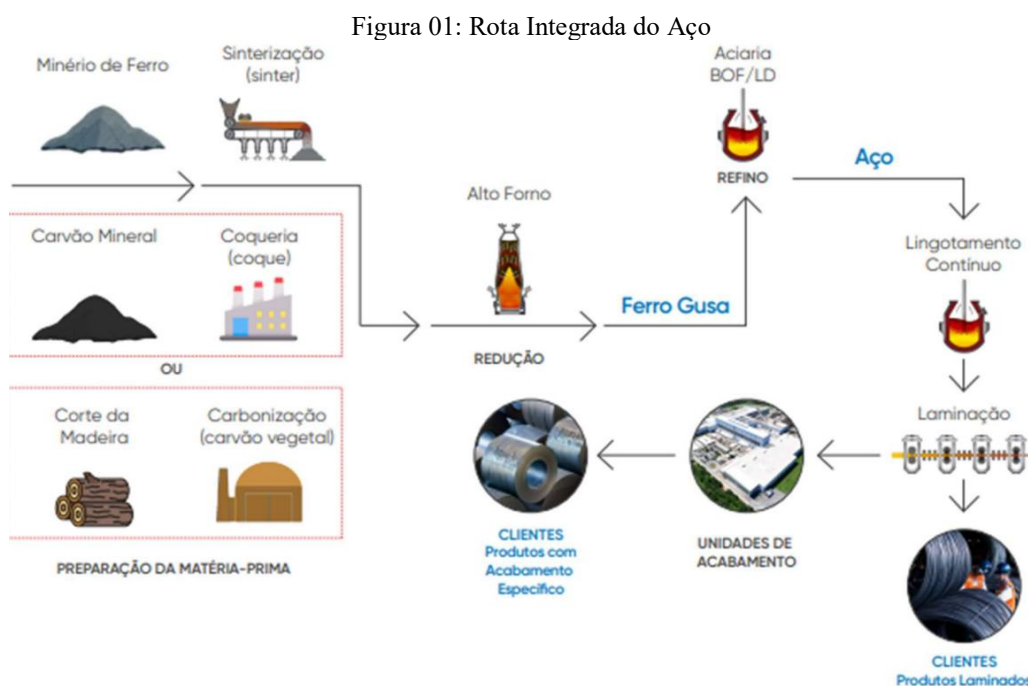
No contexto nacional, destaca-se o estado de Minas Gerais como um dos principais polos siderúrgicos do país, concentrando grande parte das usinas integradas e semi-integradas, além de significativa produção de ferro-gusa. Essa posição estratégica decorre da abundância de recursos minerais, especialmente minério de ferro, da infraestrutura logística consolidada e da tradição histórica da atividade siderúrgica no estado. Minas Gerais desempenha, portanto, papel central na cadeia produtiva do aço e de seus derivados, como fios-máquina e arames, objetos de estudo deste trabalho.

A forte presença da siderurgia em Minas Gerais também intensifica a relevância da gestão ambiental no setor, uma vez que as atividades envolvem elevado consumo energético, uso intensivo de recursos naturais e geração de emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos.

De forma geral, a produção do aço envolve um conjunto de etapas interligadas, desde a obtenção da matéria-prima até a produção do aço bruto, que posteriormente pode ser transformado em produtos semiacabados e acabados, como chapas, barras, fios-máquina e arames.

O processo produtivo do aço inicia-se com a obtenção do ferro-gusa em altos-fornos, seguido da transformação em aço bruto por conversores a oxigênio (rota integrada) ou fornos elétricos a arco (rota semi-integrada). O uso de fornos elétricos tem crescido como alternativa ambientalmente mais viável, por permitir maior aproveitamento de sucata metálica e redução das emissões de gases de efeito estufa (WORLD STEEL ASSOCIATION, 2024).

Na rota integrada (alto-forno/conversor), o minério de ferro é submetido à redução em altos-fornos, resultando na produção de ferro-gusa, conforme a Figura 01. Em seguida, ocorre o refino do ferro-gusa ou da sucata, etapa na qual o material é transformado em aço bruto por meio de conversores a oxigênio (BOF) ou fornos elétricos a arco (EAF). Após o refino, o aço líquido passa pelo processo de solidificação e lingotamento contínuo, no qual são formadas placas, tarugos ou blocos. Por fim, esses semiacabados são submetidos aos processos de laminação, que resultam na produção de materiais como o fio-máquina, o qual constitui a matéria-prima para a fabricação de arames por meio da trefilação.

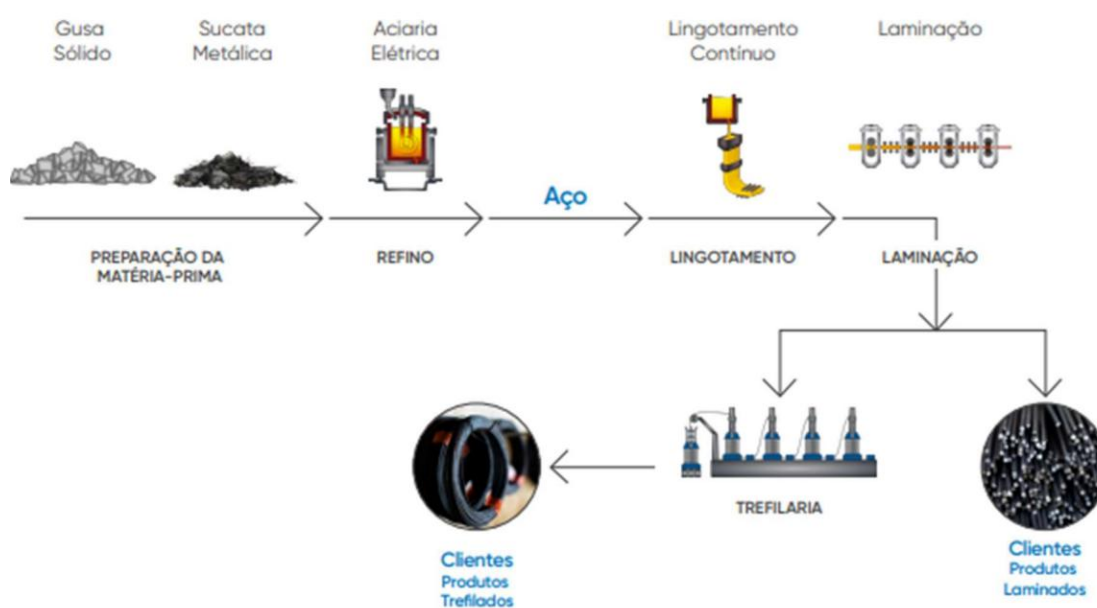


Fonte: ARCELORMITTAL BRASIL (2023)

A rota integrada é tradicionalmente a mais utilizada no Brasil, especialmente em usinas localizadas em Minas Gerais. Nessa rota, o minério de ferro é reduzido em altos-fornos com o uso de coque, gerando o ferro-gusa, que posteriormente é convertido em aço em conversores a oxigênio. Embora seja altamente eficiente em termos produtivos, essa rota apresenta elevado consumo energético e maior intensidade de emissões de dióxido de carbono (CO₂), em função da queima de combustíveis fósseis. Segundo dados internacionais, a produção de aço pela rota integrada emite, em média, entre 2,0 e 2,2 toneladas de CO₂ por tonelada de aço bruto (WORLD STEEL ASSOCIATION, 2024).

Já na rota semi-integrada (forno elétrico a arco), o processo, conforme a Figura 02, inicia-se com a preparação e seleção da sucata metálica, que constitui a principal matéria-prima desse sistema produtivo, podendo ser complementada, em alguns casos, por ferro-gusa ou ferro-esponja. Em seguida, a sucata é submetida ao processo de fusão e refino em fornos elétricos a arco (EAF), nos quais ocorre a transformação do material em aço líquido, com ajustes de composição química conforme as especificações do produto final. Após o refino, o aço líquido é encaminhado para a etapa de solidificação por meio do lingotamento contínuo, resultando na formação de tarugos, blocos ou placas. Posteriormente, esses semiacabados passam pelos processos de laminação, dando origem a produtos como o fio-máquina, que será utilizado como insumo para a fabricação de arames por meio do processo de trefilação.

Figura 02: Rota Semi Integrada do Aço



Fonte: ARCELORMITTAL BRASIL (2023)

A rota semi-integrada, baseada no uso de fornos elétricos a arco (EAF), utiliza majoritariamente sucata metálica como matéria-prima, o que reduz significativamente a necessidade de minério de ferro e coque. Essa alternativa tem ganhado espaço no cenário global e nacional, especialmente por seu menor impacto ambiental.

De forma geral, a produção de aço em fornos elétricos apresenta emissões médias da ordem de 0,3 a 0,6 tonelada de CO₂ por tonelada de aço, dependendo da matriz energética utilizada. Quando associada a fontes renováveis de energia elétrica, essa rota torna-se ainda mais vantajosa do ponto de vista ambiental (WORLD STEEL ASSOCIATION, 2024; IEA, 2020).

Além das diferenças entre rotas produtivas, observa-se uma crescente integração entre produtividade, inovação tecnológica e economia circular na indústria do aço. Akiama e Spers (2024) destacam que a indústria brasileira do aço tem buscado alinhar-se aos princípios da sustentabilidade, investindo em eficiência energética, reaproveitamento de resíduos e modernização de processos. Tais medidas não apenas reduzem os impactos ambientais, mas também elevam a competitividade internacional do setor. Contudo, a transição para práticas mais limpas ainda enfrenta barreiras, como o alto custo de inovação e a necessidade de políticas públicas de incentivo.

O aço é também um material de elevada reciclabilidade, podendo ser reaproveitado inúmeras vezes sem perda de suas propriedades físico-químicas. Essa característica o posiciona como um dos materiais mais sustentáveis no contexto industrial, em especial nas cadeias de transformação e manufatura. O estudo de Mann (2025) evidencia que a circularidade do aço contribui para reduzir a dependência de matérias-primas virgens e minimizar os resíduos industriais, favorecendo práticas de produção mais limpas e alinhadas à agenda climática global.

A inovação tecnológica vem se consolidando como vetor de competitividade na siderurgia contemporânea. A aplicação de inteligência artificial, automação e manutenção preditiva tem otimizado a eficiência operacional e o controle de qualidade, resultando em maior durabilidade de equipamentos e redução de desperdícios (WORLD STEEL ASSOCIATION, 2024). A digitalização dos processos produtivos também fortalece o monitoramento ambiental, permitindo o rastreamento das emissões e o controle do consumo energético em tempo real.

No contexto ambiental, o desafio da descarbonização é um dos mais significativos para o futuro da indústria do aço. Pesquisas recentes apontam que a adoção de rotas de produção baseadas em hidrogênio e o aumento do uso de sucata metálica em fornos elétricos são caminhos promissores para a mitigação de emissões de CO₂ (IEA, 2020). A integração desses processos com a economia circular, somada a práticas de gestão ambiental e certificações ISO 14001, reforça o compromisso do setor com a sustentabilidade e a responsabilidade socioambiental.

Dessa forma, a indústria do aço constitui a base de uma ampla cadeia de transformação, da qual derivam produtos de alta relevância para o desenvolvimento econômico e social. Entre esses produtos, destaca-se o arame, obtido a partir da trefilação do fio-máquina de aço — processo que reduz o diâmetro do material, conferindo-lhe resistência, precisão e versatilidade. (WORLD STEEL ASSOCIATION, 2024; AKIAMA; SPERS, 2024).

O aço, portanto, é a matéria-prima essencial para a fabricação de arames utilizados em segmentos como agronegócio, cercamento, construção civil, automotivo, solda, indústria petrolífera e aplicações especiais — como energia e telecomunicação — evidenciando sua importância estratégica tanto no contexto produtivo quanto ambiental.

3.2 A Produção de Arame Galvanizado

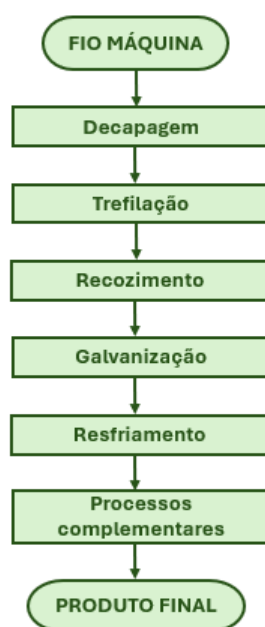
A produção de arames de aço consiste em uma sequência integrada de operações mecânicas e térmicas projetadas para transformar o aço bruto em fios com diferentes diâmetros e propriedades mecânicas específicas, adequadas às exigências de sua aplicação final.

Esse processo envolve transformações físicas e microestruturais sucessivas, que conferem ao material resistência, ductilidade e qualidade superficial compatíveis com o uso industrial em setores como construção civil, agropecuária e manufatura. Trata-se de um sistema produtivo contínuo, no qual cada etapa desempenha papel determinante para garantir a conformidade dimensional, o desempenho mecânico e a durabilidade do produto final.

Cada etapa envolve transformações físicas e químicas cuidadosamente controladas, que podem gerar resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas. A compreensão dessas etapas – conforme a Figura 03 - é essencial não apenas para o entendimento técnico da cadeia produtiva, mas também para o gerenciamento eficiente dos aspectos e impactos ambientais associados.

Ao integrar essas informações ao Sistema de Gestão Ambiental (SGA), torna-se possível planejar ações de mitigação, definir indicadores de desempenho, otimizar o uso de recursos e atender às normas ambientais vigentes, promovendo um processo produtivo mais sustentável e alinhado aos princípios da melhoria contínua.

Figura 01: Processo Produtivo do Arame



Fonte: Elaboração Própria

O fio máquina é produzido através da laminação de tarugos de aço - em que são aquecidos a temperaturas elevadas e deformados por cilindros de laminação até atingirem o diâmetro desejado. Após essa etapa, o material é enrolado em bobinas e resfriados, permitindo a formação de uma camada superficial de óxidos de ferro conhecida como carepa de ferro, composta principalmente por FeO (wustita), FeO_4 (magnetita) e FeO_3 (hematita) (DIETER, 2013).

A decapagem é a etapa responsável pela remoção da carepa formada durante a laminação, garantindo uma superfície limpa e adequada para o processo de trefilação.

Embora a carepa atue como uma proteção temporária contra a corrosão, ela deve ser removida antes do início da trefilação, pois prejudica a lubrificação e acelera o desgaste das ferramentas. Esta operação pode ser realizada através da decapagem química - utilizando soluções ácidas, como o ácido clorídrico (HCl), que dissolvem os óxidos metálicos - ou através da decapagem mecânica - por meio de roletes ou polias que provocam flexões no fio e desprendem a camada de óxidos (FERNANDES, 2020).

A trefilação é um dos processos de conformação mecânica mais utilizados na indústria metalúrgica, especialmente na fabricação de arames, fios e cabos de aço. O princípio básico consiste em reduzir o diâmetro de um fio-máquina ao fazê-lo passar por uma ou várias fieiras, aplicando um esforço de tração controlado. O resultado é um produto de alta precisão dimensional, boa resistência mecânica e excelente acabamento superficial (AÇO BRASIL, 2023). Na trefilação, destaca-se como principais aspectos ambientais o consumo de energia, geração de resíduo lubrificante solidificado (sabão queimado), emissão de ruídos e geração de vapores ácidos.

O recozimento é aplicado ao arame após diversas reduções, com o objetivo de restaurar a ductilidade e eliminar tensões internas. O processo é realizado em fornos de atmosfera controlada, sob temperaturas entre 400 °C e 700 °C, promovendo a recristalização do material (BUONO et al., 1998; SILVA et al., 2022).

A galvanização é um processo de revestimento metálico que tem como finalidade aumentar a resistência à corrosão do arame, recobrando-o com uma camada de zinco (Zn). O método mais comum é a galvanização por imersão a quente, em que o arame passa por um banho fundido de zinco a aproximadamente 450 °C (FERNANDES, 2020; SILVA et al., 2022).

Após o processo de galvanização, o arame passa por uma etapa de resfriamento, garantindo a estabilidade do revestimento e a qualidade superficial do material. Em seguida, é realizado o bobinamento - o arame é cuidadosamente enrolado em bobinas para facilitar o manuseio, o armazenamento e o transporte - e a embalagem. A partir desse ponto, o arame pode seguir para processos complementares, conforme as especificações e finalidades do produto a ser fabricado - como corte, retificação, zincagem adicional, recozimento ou revestimentos especiais - variando de acordo com a aplicação final e os requisitos técnicos do cliente.

3.3 Sistema de Gestão Ambiental

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) foi criado com o intuito de estabelecer e demonstrar uma estrutura eficiente de gestão ambiental, visando a adaptação à economia globalizada e promovendo uma melhor interação entre as organizações e seus diversos públicos de interesse. Isso ocorre paralelamente ao crescente aumento da conscientização pública sobre os danos ambientais e à saúde provocados pelas ações humanas. Assim, o desenvolvimento de processos e produtos com menor impacto ambiental e social tem se tornado um diferencial importante para a competitividade das empresas, tanto no Brasil quanto globalmente (SANTOS, 2021).

A incorporação do desenvolvimento sustentável tornou-se um eixo estruturante dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) desde a década de 1990, período em que se intensificaram as discussões sobre a necessidade de integrar desempenho econômico e responsabilidade ambiental. Na atualidade, essa abordagem tem se fortalecido com a adoção de práticas ESG (Environmental, Social and Governance), por meio das quais as organizações buscam compatibilizar a expansão produtiva com a preservação dos recursos naturais, assegurando a mitigação de impactos ambientais e a promoção de benefícios às gerações futuras (MORAES et al., 2024).

Uma das normas de gestão ambiental em uso é a ISO 14001:2015, que visa aprimorar a preservação ambiental por meio do desenvolvimento e implementação de uma estrutura organizacional, procedimentos, planejamento, práticas e processos que analisem e reduzam os impactos ambientais gerados pelas atividades da organização. A norma inclui diretrizes sobre a política ambiental, os aspectos e impactos ambientais, conformidade legal, adoção de novas tecnologias ambientais, entre outros. Seu objetivo é fornecer orientações para estabelecer, implementar, manter e melhorar continuamente um sistema de gestão ambiental, baseado em uma estrutura comum (TEIXEIRA, 2016).

De acordo com a ISO 14001:2015, a estrutura de um SGA robusto deve conter os seguintes elementos: compreensão do contexto da organização, análise das necessidades e expectativas das partes interessadas em relação ao SGA, definição e implementação da política e objetivos ambientais, participação da alta direção no processo de liderança ambiental, identificação dos aspectos ambientais, conformidade com os requisitos legais e outros requisitos pertinentes.

3.4 International Organization for Standardization – ISO

A International Organization for Standardization (ISO) é uma entidade independente, não governamental e sem fins lucrativos, com sede localizada em Genebra, na Suíça. Através de seus membros e especialistas, a organização cria, de maneira voluntária, normas internacionais que são relevantes para o mercado e que contribuem para a busca de soluções para os desafios globais.

Fundada oficialmente em 23 de fevereiro de 1947, a ISO surgiu do esforço de 65 representantes de 25 países reunidos em Londres em 1946, entre eles o Brasil, representado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Seu objetivo inicial foi estabelecer um sistema internacional de padronização técnica que facilitasse o intercâmbio de bens, serviços e conhecimento entre diferentes nações.

A primeira norma publicada pela organização, em 1951, foi a “ISO/R 1:1951 – Temperatura de referência padrão para medições industriais de comprimento”. Desde então, a ISO consolidou-se como a maior instituição de normalização técnica do mundo, responsável pela criação de padrões internacionais que orientam a fabricação de produtos, o gerenciamento de processos e a prestação de serviços em múltiplos setores da economia.

Atualmente, a ISO conta com 172 organismos nacionais membros, abrangendo praticamente todos os países do mundo. Cada membro representa o sistema nacional de normalização de seu respectivo país, participando das decisões por meio de comitês técnicos (Technical Committees – TCs) que reúnem especialistas das áreas mais diversas. Em 2024, a organização contava com mais de 4.100 comitês e grupos de trabalho ativos, responsáveis pela elaboração e revisão contínua de normas internacionais (ISO, 2024).

De acordo com o relatório *ISO in Figures 2024*, a entidade já publicou mais de 25.700 normas internacionais, abrangendo desde tecnologia da informação, construção civil, transporte, saúde, agricultura, manufatura e energia, até meio ambiente, sustentabilidade e responsabilidade social corporativa. Essas normas têm caráter voluntário, porém exercem forte influência nos mercados globais, promovendo harmonização técnica, redução de barreiras comerciais e aumento da competitividade entre as organizações (ISO, 2024).

Entre as áreas de maior destaque, encontram-se as normas da série ISO 9000, relacionadas à gestão da qualidade; ISO 14000, voltadas à gestão ambiental; ISO 45000, que tratam da saúde e segurança ocupacional; e ISO 50000, voltadas à eficiência energética. Tais normas são amplamente adotadas por empresas industriais que buscam melhoria contínua, otimização de processos, redução de impactos ambientais e fortalecimento da imagem corporativa junto ao mercado e à sociedade.

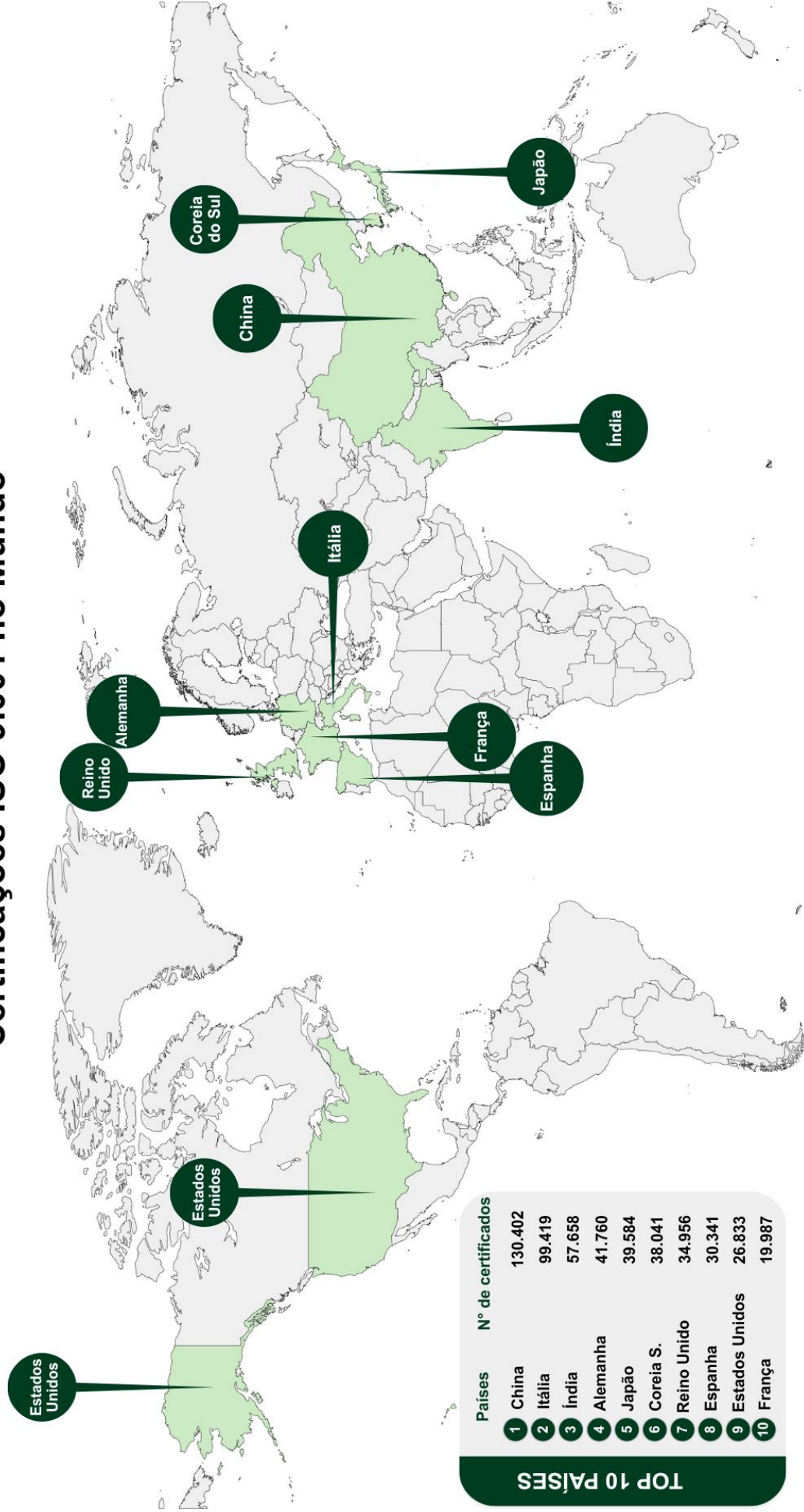
As certificações ISO são emitidas por organismos acreditados independentes, os quais verificam se uma organização cumpre os requisitos específicos de determinada norma internacional. O certificado funciona como um selo de conformidade e qualidade, reconhecido mundialmente, e demonstra o compromisso da empresa com práticas de gestão estruturadas, transparentes e sustentáveis. O processo de certificação exige auditorias periódicas e avaliações documentais e operacionais, que asseguram a manutenção dos padrões estabelecidos.

Dados recentes da *ISO Survey 2023* apontam que os sistemas de gestão mais certificados no mundo são o ISO 9001 (Gestão da Qualidade), com aproximadamente 837 mil certificações, e o ISO 14001 (Gestão Ambiental), com cerca de 300 mil certificações ativas em mais de 180 países. Os países com mais certificações na ISO 9.001 são: China, Itália, Índia, Alemanha, Japão, Coreia (Rep.), Reino Unido, Espanha, Estados Unidos e França (Figura 2). Enquanto os países com mais certificações na ISO 14.001 são: China, Japão, Itália, Reino Unido, Espanha, Índia, Alemanha, Coreia (Rep.), França e Romênia, respectivamente. (Figura 3). Esse número reflete o crescente interesse das organizações em alinhar suas operações a parâmetros internacionais de sustentabilidade e eficiência (CERTIGET, 2024).

No contexto brasileiro, os dados revelam muito sobre a maturidade — e também sobre os desafios — da gestão nas organizações. O Brasil contabiliza cerca de 18.536 certificações ISO 9001 e aproximadamente 3.260 certificações ISO 14001, ficando fora do ranking dos 10 países mais certificados no mundo em ambas as normas, segundo a *ISO Survey 2023*.

Figura 04: Certificações ISO 9.001 no mundo

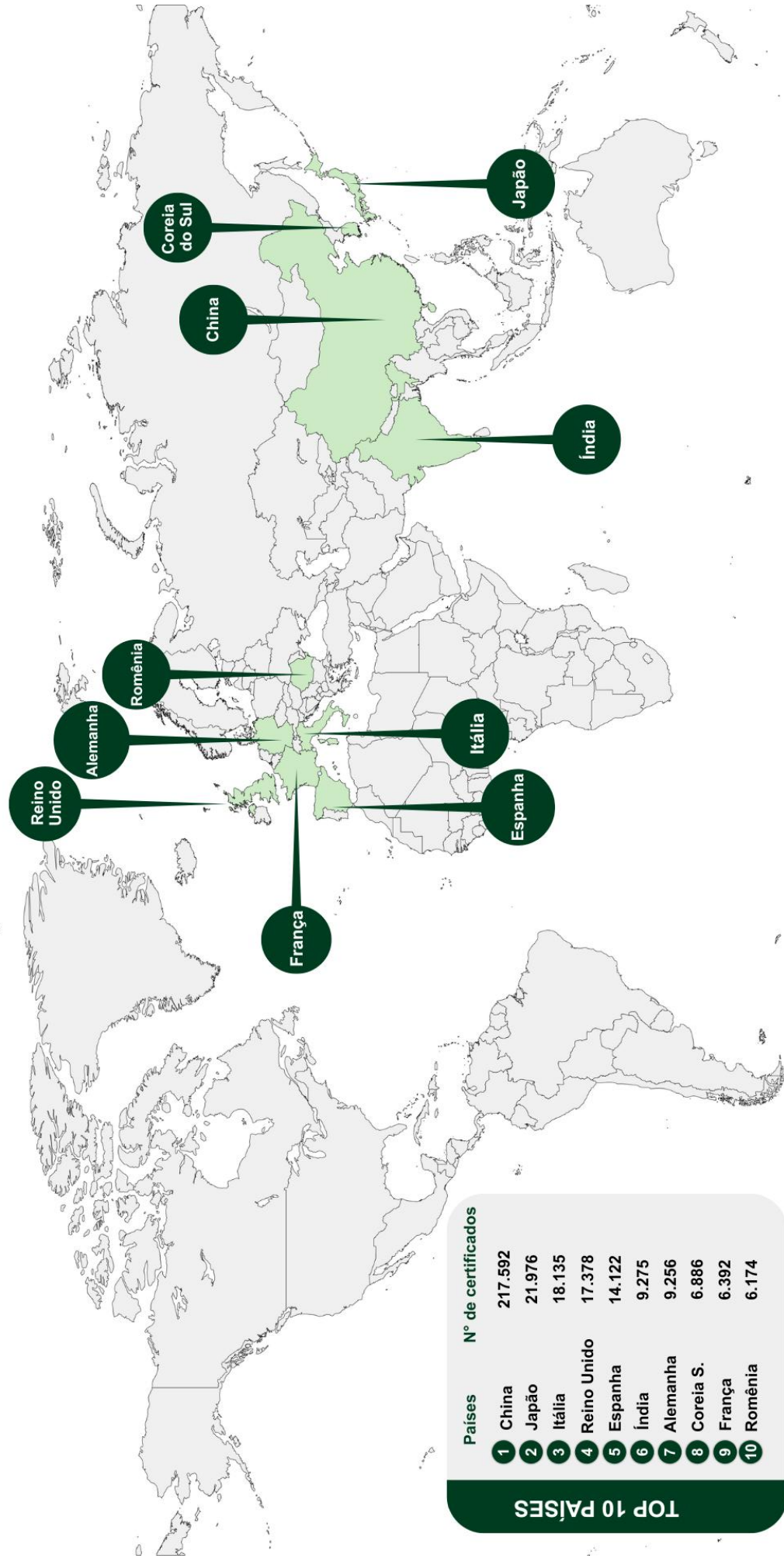
Certificações ISO 9.001 no Mundo



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da Survey (2023), utilizando MapChart

Figura 05: Certificações ISO 14.001 no mundo

Certificações ISO 14.001 no Mundo



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados da Survey (2023), utilizando MapChart

A ISO 14001, em particular, apresenta grande relevância para o campo da Gestão Ambiental Industrial, uma vez que estabelece diretrizes para a identificação e controle dos aspectos e impactos ambientais de processos produtivos, como o de trefilação de arames. Essa norma define os requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) eficaz, que inclui a identificação de riscos e oportunidades ambientais, o monitoramento de indicadores, o atendimento à legislação aplicável e a busca pela melhoria contínua do desempenho ambiental (ABNT NBR ISO 14001:2015).

No contexto da indústria de trefilação, a aplicação dos princípios da ISO 14001 contribui para a gestão responsável dos insumos e resíduos, para o controle de emissões atmosféricas e efluentes líquidos, e para a redução do consumo de energia e recursos naturais. Além disso, a certificação ambiental reforça a credibilidade institucional, aumenta a competitividade no mercado e fortalece o compromisso da empresa com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU.

Assim, a ISO desempenha um papel essencial não apenas na padronização técnica e na qualidade dos processos produtivos, mas também na promoção de práticas sustentáveis e socialmente responsáveis. Ao fornecer um referencial internacional de boas práticas, a organização contribui para o equilíbrio entre desenvolvimento econômico, desempenho industrial e preservação ambiental, servindo como instrumento de apoio à ecoeficiência e à sustentabilidade corporativa.

As Normas ISO fomentam uma competitividade entre as indústrias devido à harmonização das regulamentações entre diferentes países. Além disso, oferecem aos consumidores mais alternativas de escolha, incentivando boas práticas que abordam questões globais importantes, como as mudanças climáticas e facilitando a entrada em novos mercados, pois muitas vezes são exigidas por parceiros comerciais e entidades governamentais. A certificação, portanto, contribui para a credibilidade e a sustentabilidade das organizações, garantindo o cumprimento de práticas reconhecidas internacionalmente.

3.5 Histórico da ISO 14.001

A partir da crescente importância de envolver as empresas com práticas ambientais responsáveis, a ISO iniciou, em 1991, o desenvolvimento da Série ISO 14000,

cujo propósito é assegurar a utilização sustentável dos recursos naturais nos processos de produção, estabelecendo diretrizes internacionais voltadas à gestão ambiental nas organizações. A motivação para a criação da norma está diretamente associada ao cenário global das décadas de 1980 e 1990, marcado pelo avanço da industrialização, pelo aumento dos impactos ambientais e pela necessidade de padronizar práticas empresariais sustentáveis em escala mundial. (ISO, 2015)

Os debates internacionais sobre meio ambiente, especialmente os que ganharam destaque durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), reforçaram a urgência de incorporar aspectos ambientais às estratégias corporativas. A conferência evidenciou que tanto países quanto organizações possuíam instrumentos e legislações ambientais muito distintos, dificultando a adoção de práticas consistentes de preservação e criando barreiras no comércio internacional (ONU, 1992). Diante disso, tornou-se necessário desenvolver um sistema padronizado, auditável e aplicável em diferentes contextos organizacionais. Nesse cenário, a Série ISO 14000 emergiu como resposta à demanda global por uniformização, competitividade e transparência.

Outro fator que impulsionou sua criação foi o aumento dos riscos ambientais e dos passivos legais gerados por operações industriais pouco controladas ou desconectadas das práticas de preservação que começavam a ser exigidas. A ISO buscou, então, estruturar diretrizes que auxiliassem as empresas não apenas a atender à legislação, mas também a prevenir a poluição, reduzir desperdícios, aperfeiçoar o uso de recursos naturais e promover a melhoria contínua em seus processos .

Assim, o desenvolvimento da Série ISO 14000 representou um ponto de transformação na consolidação dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA). O conjunto de normas passou a fornecer instrumentos claros e metodologias organizadas que permitiram às empresas integrar o desempenho ambiental às decisões estratégicas.

Desde então, a família ISO 14000 se consolidou como referência mundial para organizações que buscam aprimorar sua governança ambiental, aumentar a competitividade e atuar de forma sustentável ao longo do tempo (MONTABES; OLIVEIRA, 2007).

3.5.1 Norma ISO 14.001 de 1996

A primeira publicação da Norma ISO 14001 ocorreu em 1996, definindo os requisitos necessários para a implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), promovendo a melhoria do desempenho das empresas por meio do uso eficiente de recursos e da redução de resíduos, resultando em uma vantagem competitiva, já que a norma é aplicável a qualquer tipo ou porte de organização. A estrutura desta versão pode ser visualizada no Quadro 01.

Quadro 01: Estrutura ISO 14.001:1996

1.	Objetivo e Campo de Aplicação
2.	Referências Normativas
3.	Definições
4.	Requisito do Sistema de Gestão Ambiental
4.1.	Requisitos Gerais
4.2.	Política Ambiental
4.3.	Planejamento
	Aspectos Ambientais
	Requisitos Legais e Outros
	Objetivos e Metas
	Programa de Gestão Ambiental
4.4.	Implementação e Operação
	Estrutura e Responsabilidade
	Treinamento, Consciência e Competência
	Comunicação
	Documentação do Sistema de Gestão Ambiental
	Controle de Documentos
	Controle Operacional
	Preparação e Atendimento a Emergências
4.5.	Verificação e Ação Corretiva
	Monitoramento e Medição
	Não conformidade e Ação Corretiva e Preventiva
	Registros
	Auditoria do Sistema de Gestão Ambiental
4.6.	Análise Crítica pela Administração

Fonte: Adaptado de ABNT 14001:1996

O processo de gestão ambiental, na versão de 1996, iniciava-se com a identificação sistemática das atividades da organização e a forma como interagem com o meio ambiente, seguida da avaliação dos impactos ambientais significativos decorrentes dessas interações.

Com base nessa análise, a empresa determinava os aspectos ambientais mais relevantes, possibilitando o estabelecimento de objetivos e metas voltados para as áreas

de maior impacto. A norma, entretanto, não impunha uma metodologia específica para essa identificação e avaliação, conferindo à organização a responsabilidade de desenvolver um procedimento compatível com sua natureza, porte e complexidade.

Esse diagnóstico inicial constituía a base para o planejamento ambiental, orientando a tomada de decisões estratégicas, o controle operacional e a formulação de programas de gestão voltados à prevenção e mitigação dos efeitos adversos ao meio ambiente.

3.5.2 Norma ISO 14.001 de 2004

Cinco anos após sua implementação, a norma passou por um processo de revisão, culminando na versão de 2004. A transição da norma ISO 14001 da versão de 1996 para a de 2004 representou uma evolução na abordagem dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), com o objetivo de aprimorar a clareza, a compatibilidade e a eficácia de sua aplicação. A estrutura da versão de 2004 da norma ISO 14.001, pode ser visualizada posteriormente no Quadro 02.

Embora as mudanças não tenham alterado radicalmente a estrutura da norma, o texto foi refinado para enfatizar a melhoria contínua e a integração com outros sistemas de gestão - destaca-se o alinhamento com a ISO 9.001:2000, para aprimorar a compatibilidade entre normas e facilitar a integração entre sistemas de gestão.

Quadro 02: Estrutura ISO 14.001:2004

1.	Objetivo e Campo de Aplicação
2.	Referências Normativas
3.	Termos e Definições
4.	Requisito do Sistema de Gestão Ambiental
4.1.	Requisitos Gerais
4.2.	Política Ambiental
4.3.	Planejamento
4.3.1.	Aspectos Ambientais
4.3.2.	Requisitos Legais e Outros
4.3.3.	Objetivos, Metas e Programa (s)
4.4.	Implementação e Operação
4.4.1.	Recursos, Funções, Responsabilidade e Autoridade
4.4.2.	Competência, Treinamento e Conscientização
4.4.3.	Comunicação
4.4.4.	Documentação
4.4.5.	Controle de Documentos
4.4.6.	Controle Operacional
4.4.7.	Preparação e Atendimento a Emergências
4.5.	Verificação e Ação Corretiva
4.5.1.	Monitoramento e Medição
4.5.2.	Avaliação da Conformidade
4.5.3.	Não-Conformidade, Ação Corretiva e Ação Preventiva
4.5.4.	Controle de Registros
4.5.5.	Auditoria Interna
4.6.	Análise Crítica pela Direção

Fonte: Adaptado de ABNT 14001:2004

A revisão de 2004 consolidou os elementos já existentes e introduziu ajustes que facilitaram a interpretação e a implementação da norma, tornando-a mais acessível e alinhada às necessidades do contexto empresarial e ambiental da época.

Uma das principais modificações se deu na simplificação da linguagem, que visou tornar os requisitos mais diretos e compreensíveis. A norma passou a exigir explicitamente que a organização estabelecesse, implementasse e mantivesse procedimentos e informações documentadas, reforçando a necessidade de uma execução efetiva das ações, e não apenas de sua definição.

Além disso, no quesito planejamento e avaliação, a revisão trouxe maior detalhamento e formalidade. A identificação de aspectos ambientais, um dos pilares da norma, foi detalhada com a inclusão da necessidade de considerar novos ou planejados desenvolvimentos, produtos, atividades e serviços. Essas mudanças garantiram que a avaliação dos impactos ambientais fosse mais completa e proativa, capturando as alterações decorrentes de mudanças e seguindo as fases da organização.

Em suma, o levantamento de aspectos e impactos ambientais era um componente central da fase de planejamento do SGA, conforme o ciclo PDCA. A norma exigia que a organização estabelecesse e mantivesse procedimentos para identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços que ela pudesse controlar e influenciar. A metodologia adotada focava na avaliação dos impactos diretos decorrentes das operações da empresa, como a geração de resíduos, o consumo de recursos e as emissões atmosféricas dentro dos seus limites organizacionais. A priorização dos aspectos significativos era crucial para a definição de objetivos e metas ambientais, mas a perspectiva permanecia largamente restrita às fronteiras da própria organização, com pouca ênfase na cadeia de valor estendida.

3.5.3 Norma ISO 14001 de 2015

Em 2012, iniciaram os estudos para atualização da ISO 14001 (2004), e o processo de revisão foi fundamentado no Anexo SL - um documento da ISO que estabelece uma estrutura comum para todas as normas de Sistema de Gestão. A versão final, publicada em 2015 (ISO 14001:2015), trouxe essa estrutura unificada, promovendo maior integração e harmonização entre as normas de Sistemas de Gestão, conforme estrutura apresentada no Quadro 03, posteriormente.

As versões de 2004 e 2015 da ISO 14001 representam etapas distintas na evolução da gestão ambiental, refletindo a transição de um sistema focado em conformidade para uma abordagem estratégica e integrada. A versão de 2004 era mais prescritiva e centrada em procedimentos para gerenciar impactos ambientais, enquanto a de 2015 adotou uma abordagem mais flexível e orientada por riscos, incorporando a sustentabilidade diretamente à estratégia organizacional.

Quadro 03: Estrutura ISO 14.001:2015

1. Escopo	
2. Referências Normativas	
3. Termos e Definições	3.1. Termos referentes a organização e liderança 3.2. Termos referentes ao planejamento 3.3. Termos referentes ao suporte e à operação 3.4. Termos Referentes a avaliação de desempenho e melhoria
4. Contexto da Organização	4.1. Entendendo a organização e seu contexto 4.2. Entendendo as necessidades e expectativas das partes interessadas 4.3. Determinando o escopo do sistema de gestão ambiental 4.4. Sistema de gestão ambiental
5. Liderança	5.1. Liderança e comprometimento 5.2. Política Ambiental 5.3. Papéis, responsabilidades e autoridades organizacionais
6. Planejamento	6.1. Ações para Abordar Riscos e Oportunidades 6.1.1. Generalidades 6.1.2. Aspectos Ambientais 6.1.3. Requisitos Legais e Outros Requisitos 6.1.4. Planejamento de Ações 6.2. Objetivos Ambientais e Planejamento para Alcançá-lo 6.2.1. Objetivos Ambientais 6.2.2. Planejamento de Ações para Alcançar os Objetivos Ambientais
7. Apoio	7.1. Recursos 7.2. Competência 7.3. Conscientização 7.4. Comunicação 7.4.1. Generalidades 7.4.2. Comunicação Interna 7.4.3. Comunicação Externa
8. Operação	8.1. Planejamento e Controles Operacionais 8.2. Preparação e Respostas a Emergências
9. Avaliação de Desempenho	9.1. Monitoramento, Medição, Análise e Avaliação 9.1.1. Generalidades 9.1.2. Avaliação do atendimento aos requisitos legais e outros requisitos 9.2. Auditoria Interna 9.2.1. Generalidades 9.2.2. Programa de Auditoria Interna 9.3. Análise Crítica pela Direção
10. Melhoria	10.1. Generalidades 10.2. Não conformidade e Ação Corretiva 10.3. Melhoria Contínua

Fonte: Adaptado de ABNT 14001:2004

A revisão de 2015 expandiu substancialmente a perspectiva da análise de aspectos e impactos, incorporando uma visão mais ampla e estratégica. Uma das mudanças mais relevantes foi a introdução da perspectiva de ciclo de vida, exigindo que as organizações considerem os aspectos e impactos ambientais ao longo de todas as etapas, desde a extração da matéria-prima até o descarte final de produtos ou serviços.

Embora a norma não imponha a realização de uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) completa, essa exigência estimula as empresas a irem além de suas operações diretas, avaliando impactos em toda a cadeia de valor. Com isso, o processo passa a influenciar decisões relacionadas ao design de produtos, à escolha de fornecedores e à gestão da logística.

Outra inovação importante foi a incorporação do contexto da organização como elemento orientador da análise. A partir de 2015, a identificação de aspectos e impactos deve considerar fatores internos e externos, bem como as expectativas das partes interessadas relevantes. Questões como a vulnerabilidade às mudanças climáticas, pressões regulatórias ou a percepção da comunidade local passaram a integrar o processo de avaliação, tornando-o mais robusto e alinhado à realidade do ambiente de negócios em que a organização está inserida.

Além disso, a norma passou a relacionar a análise de aspectos e impactos com a gestão de riscos e oportunidades. Isso representa uma mudança de paradigma, na qual os impactos ambientais deixam de ser vistos apenas como passivos a serem mitigados e passam a ser considerados também como oportunidades estratégicas para inovação, ganho de eficiência e vantagem competitiva. A identificação dos aspectos significativos passa, assim, a compor uma análise mais ampla e integrada dos riscos e oportunidades ambientais.

Por fim, houve uma alteração no que se refere à forma de registro dessas informações. O termo "procedimentos documentados", utilizado na versão de 2004, foi substituído por "informação documentada" na versão de 2015. Essa mudança confere maior flexibilidade às organizações quanto ao nível de formalidade exigido, permitindo que adaptem seus registros à sua realidade operacional, desde que mantenham evidências suficientes para demonstrar como identificam e avaliam os aspectos e impactos ambientais, bem como os critérios adotados nesse processo.

A futura ISO 14001:2026 deverá incorporar avanços significativos para acompanhar as novas demandas ambientais e regulatórias globais. Entre as principais expectativas, destaca-se o fortalecimento dos requisitos relacionados às mudanças climáticas, com maior integração entre o SGA, metas de neutralidade de carbono e compromissos internacionais, como o Acordo de Paris (ISO, 2024).

A norma também deve ampliar diretrizes ligadas à economia circular, incentivando práticas de uso eficiente de recursos, redução de resíduos e tomada de decisões que considerem toda a cadeia de valor, reforçando a necessidade de organizações adotarem práticas ambientais que integrem clima, circularidade, biodiversidade e governança como pilares da sustentabilidade corporativa (IISD, 2024).

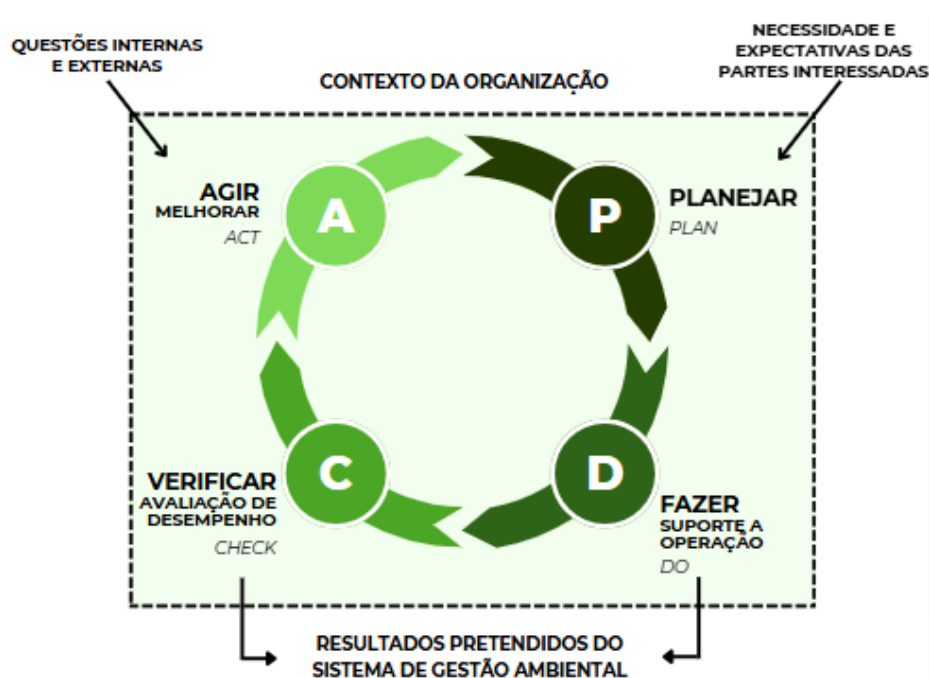
Outra tendência é a inclusão de orientações mais claras sobre proteção da biodiversidade, reconhecendo a importância crescente dos impactos corporativos sobre ecossistemas e serviços ambientais. Além disso, a digitalização dos sistemas de gestão deve ser reforçada, estimulando o uso de tecnologias de monitoramento, análise de dados e automação ambiental, alinhando o SGA às transformações tecnológicas emergentes. A integração do SGA com práticas de ESG e governança também deve ser ampliada, consolidando a gestão ambiental como elemento estratégico das organizações e atendendo às exigências de investidores, mercados regulados e diretrizes globais de reporte (ISO/TC 207, 2023).

O processo de revisão da ISO 14001 encontra-se em estágio avançado. Após a aprovação do *Committee Draft* (CD) e do *Draft International Standard* (DIS) pelo comitê ISO/TC 207, em 2024 e 2025, respectivamente, a revisão segue para a fase final de consolidação do texto, que compõe o *Final Draft International Standard* (FDIS). Essa etapa antecede a publicação oficial da nova edição, prevista para o início de 2026. (ISO/TC 207, 2023).

3.6 Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action)

O Ciclo PDCA (do inglês *Plan, Do, Check, Act*), como ilustra a Figura 1, é uma metodologia de gestão amplamente utilizada para promover a melhoria contínua de processos, o controle de qualidade e a eficiência organizacional. Desenvolvido por Walter A. Shewhart e popularizado por William Edwards Deming na década de 1950, o método tornou-se uma das ferramentas mais difundidas em Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ), Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) e Gestão Integrada (DEMING, 1990; CAMPOS, 2018).

Figura 06 - Modelo de Sistema de Gestão Ambiental para Norma ABNT ISO 14001:2015.



Adaptado de ABNT (2015)

O PDCA é estruturado em quatro etapas cíclicas e interdependentes — Planejar (*Plan*), Fazer (*Do*), Verificar (*Check*) e Agir (*Act*).

- **Planejar (Plan):** consiste em identificar problemas, definir objetivos, metas, indicadores e métodos para alcançá-los. Nessa fase, realiza-se o diagnóstico do processo, a análise de causas e a elaboração de planos de ação.
- **Fazer (Do):** corresponde à execução das ações planejadas, ao treinamento das equipes e à coleta sistemática de dados para posterior análise.
- **Verificar (Check):** envolve o monitoramento e a comparação entre os resultados obtidos e as metas estabelecidas, avaliando a eficácia das ações implementadas.
- **Agir (Act):** fase destinada à padronização das práticas bem-sucedidas e à correção de desvios, reiniciando o ciclo com base nas lições aprendidas (SEIFFERT, 2008; CAMPOS, 2018).

Segundo a ABNT NBR ISO 14001:2015, o Ciclo PDCA é a estrutura básica dos Sistemas de Gestão Ambiental, uma vez que permite planejar, implementar, avaliar e aperfeiçoar continuamente as políticas e os objetivos ambientais de uma organização (ABNT, 2015). Esse modelo cíclico favorece o melhor desempenho ambiental, o cumprimento de requisitos legais e a redução dos impactos ambientais associados às atividades produtivas.

De acordo com Seiffert (2008), a aplicação do PDCA em sistemas de gestão ambiental possibilita a identificação de aspectos e impactos ambientais significativos, a priorização de ações preventivas e corretivas e o monitoramento contínuo dos resultados. O ciclo atua como uma ferramenta de suporte à gestão baseada em evidências, garantindo que as decisões sejam embasadas em dados e indicadores confiáveis.

Campos (2018) destaca que o PDCA contribui não apenas para o controle da qualidade, mas também para a padronização de processos, a otimização de recursos e a consolidação de uma cultura de melhoria contínua. Quando aplicado de forma sistemática, o ciclo reduz falhas operacionais, desperdícios e retrabalhos, gerando eficiência tanto em aspectos técnicos quanto econômicos.

Na perspectiva ambiental, o PDCA permite o monitoramento de indicadores de sustentabilidade, como consumo de energia, uso de recursos hídricos, emissões atmosféricas e geração de resíduos. Sua aplicação possibilita uma gestão mais estruturada e integrada aos princípios da produção mais limpa e da economia circular, como enfatizam Akiama e Spers (2024), ao analisarem a adoção de práticas sustentáveis na indústria brasileira do aço.

Além disso, o PDCA tem sido amplamente incorporado aos Sistemas de Gestão Integrada (SGI), que combinam qualidade, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional, tornando-se um dos pilares das certificações ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001 (SILVA; MENDES, 2022). Essa integração reforça o conceito de que a melhoria contínua é um processo cíclico e permanente, capaz de assegurar resultados consistentes e sustentáveis no longo prazo.

Assim, o Ciclo PDCA configura-se como um instrumento gerencial de alto valor estratégico, aplicável a diferentes contextos industriais e ambientais. Em sistemas de gestão ambiental, sua adoção contribui para o planejamento eficiente de metas, o controle de processos, o atendimento às legislações ambientais e a redução de impactos negativos sobre o meio ambiente. Sua natureza cíclica garante que as organizações aprendam com suas práticas, aprimorem continuamente seus desempenhos e consolidem uma cultura organizacional voltada à sustentabilidade e à excelência operacional.

3.7 Economia Circular

A Economia Circular constitui um modelo de desenvolvimento que busca reorganizar a forma como bens e serviços são produzidos, priorizando o uso inteligente dos recursos naturais, a redução de resíduos e o retorno contínuo de materiais aos sistemas produtivos. Diferentemente da lógica linear tradicional — fundamentada em extrair, fabricar, consumir e descartar — a circularidade procura prolongar a utilização de produtos, minimizar perdas ao longo das cadeias produtivas e fortalecer mecanismos que restaurem os ecossistemas por meio de fluxos fechados de energia e matéria (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

Nessa perspectiva, a Economia Circular representa não apenas uma alternativa ambiental, mas um modelo econômico que se orienta por princípios como diminuição do uso de matérias-primas virgens, extensão da utilidade de produtos, reaproveitamento de componentes e valorização de resíduos. Para que esses ciclos de recursos se fechem, são necessárias soluções tecnológicas, organizacionais e sociais, como ecodesign, simbiose industrial, manufatura reversa, logística reversa, reúso de água e energia, e rotas de valorização de resíduos (GEISSDOERFER et al., 2017).

A adoção desse modelo exige mudanças sistêmicas envolvendo empresas, consumidores, cadeias de suprimentos e políticas públicas. No âmbito empresarial, práticas circulares podem diminuir despesas operacionais, reduzir a dependência de insumos não renováveis e promover maior eficiência energética. Ademais, a incorporação da circularidade tende a fortalecer a competitividade, ao estimular inovação e reduzir vulnerabilidades relacionadas à escassez de recursos ou a novas exigências regulatórias (RITZÉN; SANDSTRÖM, 2017).

Do ponto de vista ambiental, sistemas circulares favorecem a redução da geração de resíduos e a mitigação de impactos sobre água, solo e ar. A diminuição de descartes e o aproveitamento de materiais reduzem pressões sobre aterros, melhoram indicadores ambientais e limitam emissões provenientes das etapas de extração e produção (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017).

No campo social, a Economia Circular contribui para a criação de empregos, para o fortalecimento de economias locais e para a inclusão produtiva, especialmente em cadeias de reciclagem, cooperativas e novos modelos de negócios que emergem da reorganização dos fluxos de materiais (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

Embora apresente vantagens, a transição para sistemas circulares ainda encontra entraves, como desafios tecnológicos, necessidade de investimentos iniciais, ausência de padronização, resistência organizacional e dificuldade de articulação entre diferentes setores. Superar esses obstáculos implica planejamento ambiental estruturado, entendimento aprofundado dos aspectos e impactos associados e adoção de instrumentos de gestão que incorporem a circularidade às rotinas produtivas (BLOMSMA; BRENNAN, 2017).

No contexto da gestão ambiental industrial, a circularidade se destaca por fornecer bases metodológicas que favorecem o uso eficiente de recursos, o reaproveitamento de resíduos, a redução de impactos relevantes e o atendimento a legislações ambientais mais restritivas. Assim, ao ser aplicada nos processos produtivos, ela contribui para prevenir danos ambientais, reduzir custos e impulsionar a melhoria contínua, fortalecendo a sustentabilidade e o desempenho ambiental das organizações (JAWAHIR; BRADLEY, 2016).

3.8 Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais

Conforme disposto na ABNT NBR ISO 14001:2004, um aspecto ambiental é definido como “atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”. Já o impacto ambiental é o efeito — benéfico ou adverso — que ocorre como consequência, total ou parcial, desses aspectos (ABNT ISO 14001, 2015).

Complementando essa definição, a Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), caracteriza impacto ambiental como qualquer alteração das condições físicas, químicas ou biológicas do ambiente, resultante de ações humanas, e que possa afetar diretamente ou indiretamente a saúde pública, a biodiversidade, o bem-estar da população, além de comprometer a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Diversas metodologias vêm sendo propostas na literatura para a identificação e avaliação de aspectos e impactos ambientais (LAIA). Autores como Moreira (2006),

Sanchez (2008) e Seiffert (2011) contribuíram com diferentes abordagens para essa prática. A norma ISO 14001 não prescreve um método específico para a realização do LAIA, apenas ressalta que o procedimento adotado deve garantir coerência nos resultados obtidos e especifica os requisitos que devem ser levados em consideração para construção de um LAIA (ABNT NBR ISO 14001, 2015):

Dentro do escopo definido no sistema de gestão ambiental, a organização deve determinar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços os quais ela possa controlar e aqueles que ela possa influenciar, e seus impactos ambientais associados, considerando uma perspectiva de ciclo de vida.

Ao determinar os aspectos ambientais, a organização deve levar em consideração:

- a) mudanças, incluindo desenvolvimentos planejados ou novos, e atividades, produtos e serviços novos ou modificados;
- b) condições anormais e situações de emergência razoavelmente previsíveis. A organização deve determinar aqueles aspectos que têm ou podem ter um impacto ambiental significativo, ou seja, os aspectos ambientais significativos, por meio do uso de critérios estabelecidos.

A organização deve comunicar seus aspectos ambientais significativos, entre os diversos níveis e funções da organização, como apropriado.

A organização deve manter informações documentadas de seus:

- aspectos e impactos ambientais associados;
- critérios utilizados para determinar seus aspectos ambientais significativos;
- aspectos ambientais significativos.

NOTA: Os aspectos ambientais significativos podem resultar em riscos e oportunidades associados tanto com os aspectos ambientais adversos (ameaças) como com os impactos ambientais benéficos (oportunidades).

A Norma ISO 14.004, publicada em 2018, aprofunda as diretrizes práticas relacionadas à identificação e ao gerenciamento dos aspectos ambientais. Especificamente em seu item 6.1.2, a norma apresenta fundamentos conceituais e interpretações que visam apoiar as organizações na identificação e na compreensão dos impactos ambientais significativos decorrentes de suas atividades, produtos e serviços, conforme o Quadro 04 apresenta resumidamente. Essa abordagem contribui para uma gestão ambiental mais robusta, eficiente e alinhada aos princípios da sustentabilidade e melhoria contínua.

Quadro 04: Resumo do item 6.1.2 da norma ISO 14004:2018

ISO 14004:2018 - Item 6.1.2 - Aspectos Ambientais	
Subitem	Resumo
6.1.2.1 Visão Geral	Este tópico apresenta uma visão geral do tema, fundamentando-se em definições e explicações conceituais, com o intuito de destacar que a formulação da política ambiental, bem como o estabelecimento de objetivos e metas organizacionais, deve estar respaldada no conhecimento dos aspectos e dos impactos ambientais significativos relacionados às atividades da organização.
6.1.2.2 Entendendo atividades, produtos e serviços	Este tópico propõe que a organização compreenda integralmente as atividades, produtos e serviços abrangidos pelo escopo de seu Sistema de Gestão Ambiental (SGA), de modo a possibilitar a identificação dos aspectos e impactos ambientais a eles relacionados.
6.1.2.3 Determinando aspectos ambientais	Este tópico fornece subsídios para que a organização avalie sua capacidade de influenciar os aspectos ambientais relacionados às suas operações. Para isso, podem ser coletadas informações qualitativas e/ou quantitativas referentes às características de suas atividades (exemplo: materiais, processos e tecnologias, etc.).
6.1.2.4 Entendendo os impactos ambientais	Este tópico orienta sobre a importância de um entendimento aprofundado para a determinação da significância dos impactos ambientais. A organização deve adotar uma abordagem compatível com suas necessidades e contexto operacional, desde que essa permita identificar e reconhecer adequadamente: <ul style="list-style-type: none"> - Impactos ambientais de natureza positiva e negativa; - Impactos ambientais reais e potenciais; - Elementos do meio ambiente que possam ser afetados; - Características específicas do local que possam influenciar a magnitude dos impactos; - A natureza das alterações ambientais ocorridas no contexto local.
6.1.2.5 Determinando os aspectos ambientais significativos	Este tópico recomenda que a organização estabeleça critérios específicos para determinar os níveis ou valores de significância dos aspectos e impactos ambientais identificados. É recomendável que esses critérios sejam devidamente documentados, a fim de facilitar o processo de planejamento ambiental. Além disso, destaca-se a importância de manter essas informações constantemente atualizadas e registradas em uma base de dados acessível e organizada.

Fonte: Adaptado de ABNT 14004:2018

Assim, a norma apresenta diretrizes gerais que auxiliam a organização na correlação entre os aspectos ambientais e seus respectivos impactos. Constatase que a identificação e a análise desses elementos são fundamentais para a estruturação, o planejamento estratégico e o aprimoramento contínuo de um Sistema de Gestão Ambiental eficaz.

A efetividade de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) está intrinsecamente vinculada à capacidade da organização em compreender as formas pelas quais suas atividades interagem com o meio ambiente. Nesse contexto, conforme apontam Cavalini (2008), Seiffert (2008) e Roussoulières et al. (2013), o Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) configura-se como um dos elementos centrais do processo de implementação do SGA, podendo comprometer, ou mesmo inviabilizar, sua consolidação quando conduzido de forma inadequada. Tal levantamento consiste na identificação e avaliação, por parte da organização, dos aspectos e impactos ambientais associados às suas operações, com a finalidade de determinar aqueles considerados significativos.

O SGA, ao adotar o ciclo PDCA e a abordagem de risco, exige que a organização determine, avalie e controle seus aspectos ambientais significativos, considerando condições rotineiras, anormais e emergenciais, bem como mudanças previstas e uma perspectiva de ciclo de vida. Embora a norma estabeleça requisitos mínimos para esse processo, ela não prescreve uma metodologia específica, permitindo que as organizações adotem diferentes técnicas desde que coerentes, reprodutíveis e alinhadas com seus objetivos ambientais.

Nesse contexto, a literatura técnica apresenta múltiplas ferramentas para identificação e avaliação de aspectos e impactos, entre as quais destacam-se as abordagens propostas por Moreira (2006), Sanchez (2008) e Seiffert (2011).

Essas metodologias convergem na necessidade de:

- (i) caracterização qualitativa e quantitativa dos aspectos;
- (ii) estabelecimento de critérios claros para determinação da significância;
- (iii) suporte ao planejamento de ações corretivas, preventivas e de melhoria;
- (iv) integração com requisitos legais e outros requisitos aplicáveis.

Além da literatura clássica, estudos realizados no CEFET-MG contribuíram significativamente para o debate metodológico, fornecendo abordagens comparativas, modelos adaptados a diferentes portes empresariais e aplicações em contextos industriais distintos.

Morandi (2020) desenvolveu um estudo comparativo entre duas metodologias de LAIA aplicadas ao setor mecânico industrial. A primeira metodologia analisada utiliza critérios como incidência, classe do impacto, situação operacional, temporalidade, frequência, abrangência e reversibilidade, além de uma matriz de correlação entre aspectos e impactos. A segunda metodologia incorpora elementos de análise de risco, como severidade, probabilidade, controle operacional e relevância, aproximando-se da lógica aplicada em ferramentas como o FMEA. A autora conclui que ambas as metodologias são válidas, mas aponta a primeira como mais adequada a micro e pequenas empresas, em razão de sua maior clareza e acessibilidade operacional.

Penido (2019) propôs uma metodologia de LAIA desenhada especificamente para organizações de micro e pequeno porte, atendendo às exigências da ISO 14001:2015 e incorporando avaliações de requisitos legais, análises preliminares de risco e critérios quali-quantitativos de significância. A autora aplicou o método em dois estudos de caso e evidenciou que, apesar das limitações técnicas e financeiras típicas desse porte empresarial, a adoção de metodologias estruturadas permite melhor identificação de aspectos relevantes e fortalecimento da postura preventiva das organizações.

Já o estudo de Bresson (2022), aplicado à Siemens Healthineers, adotou uma metodologia corporativa padronizada internacionalmente, baseada no documento interno “EHSD 6.1/01”. O modelo contempla identificação de aspectos mensuráveis, avaliação de controles existentes e classificação de impactos significativos por meio de critérios como severidade, probabilidade e magnitude. A autora elaborou três matrizes específicas para distintas áreas operacionais da empresa, demonstrando a importância de segmentar a análise conforme os processos e riscos associados a cada setor.

Os três trabalhos convergem quanto à relevância do LAIA como base estratégica para o SGA, reforçando que sua eficácia depende da robustez metodológica empregada, da clareza dos critérios de avaliação e da integração com requisitos legais e com a política ambiental da organização. Além disso, evidenciam que as diferentes abordagens — comparativas, setoriais ou corporativas — devem ser selecionadas conforme o porte, complexidade e maturidade do sistema de gestão de cada empresa.

Assim, considerando as diretrizes normativas e a literatura técnica, bem como as experiências práticas desenvolvidas no CEFET-MG, constata-se que o LAIA desempenha papel essencial no delineamento de prioridades, no monitoramento do desempenho ambiental e no direcionamento de ações de controle e melhoria contínua. Ele constitui a espinha dorsal de um SGA eficaz, ao permitir que a organização compreenda suas interações com o meio ambiente, avalie seus riscos e oportunidades e atue de maneira sistemática para prevenir impactos adversos e potencializar impactos positivos. Sendo assim, o LAIA constitui um dos mais importantes requisitos para implementação de um Sistema de Gestão Ambiental eficiente, pois nessa fase será definido como os aspectos ambientais serão gerenciados dentro do SGA bem como o nível de gerenciamento.

4 METODOLOGIA

Este item tem por finalidade descrever a metodologia adotada para o desenvolvimento deste estudo, detalhando os procedimentos, técnicas e critérios utilizados em cada etapa da pesquisa.

4.1 Caracterização da Empresa

O presente estudo foi conduzido em uma unidade operacional de uma linha de produção de um produto específico, pertencente a uma indústria de arames - composta por oito unidades industriais distribuídas estrategicamente em diferentes estados do território brasileiro - cuja sede administrativa está localizada no estado de Minas Gerais.

Por razões de confidencialidade e sigilo industrial, o nome da empresa não será divulgado ao longo deste trabalho, sendo a organização identificada apenas de forma descritiva e genérica.

A linha de produtos da empresa é diversificada e adaptada a múltiplos segmentos de mercado, incluindo agronegócios, construção civil, automotivo, solda, aplicações especiais e indústria petrolífera.

Seu portfólio é amplo e estruturado para atender a diferentes setores produtivos, oferecendo soluções que abrangem desde aplicações simples até demandas industriais de maior complexidade. No agronegócio, disponibiliza arames, cordoalhas, cercas pré-fabricadas e acessórios destinados à criação de animais e ao manejo rural. Esses produtos recebem tratamentos específicos para aumentar a durabilidade e resistir às condições adversas do campo, contribuindo para a eficiência das atividades pecuárias e agrícolas.

Na construção civil, a organização atua com materiais voltados ao reforço estrutural, como fios e cordoalhas para concreto protendido, fibras metálicas para melhoria do desempenho mecânico do concreto, além de elementos empregados em obras de contenção e estabilização de taludes. Tais soluções permitem maior segurança, durabilidade e flexibilidade construtiva em projetos de edificações, pavimentação e obras geotécnicas.

O segmento de soldagem é atendido por meio de consumíveis desenvolvidos para diferentes processos industriais, incluindo eletrodos revestidos e arames específicos para soldas MIG/MAG, TIG e por arco submerso. Esses insumos seguem rigorosos padrões de qualidade, assegurando estabilidade durante a operação e confiabilidade nas juntas soldadas, fatores essenciais em ambientes industriais exigentes.

Para aplicações especiais, a empresa produz fios, cabos e cordoalhas que exigem precisão e alto desempenho, utilizados em sistemas de transmissão de energia, telecomunicações, estruturas de fixação e equipamentos variados. Esses materiais são desenvolvidos para suportar esforços repetitivos, variações ambientais e requisitos técnicos mais avançados.

No campo industrial e estrutural, destacam-se os aços destinados a elementos protendidos, empregados em obras que necessitam de elevado desempenho mecânico, como vigas, lajes, peças pré-moldadas e grandes estruturas de infraestrutura. Esses produtos contribuem para construções mais robustas, com menores deformações e maior vida útil.

A área automotiva também é contemplada, com a oferta de fios especializados para compor estruturas internas de pneus, molas mecânicas e outros componentes submetidos a esforços intensos. Esses materiais desempenham papel fundamental na segurança e no desempenho dos veículos, exigindo elevado controle de qualidade e precisão no processo de fabricação.

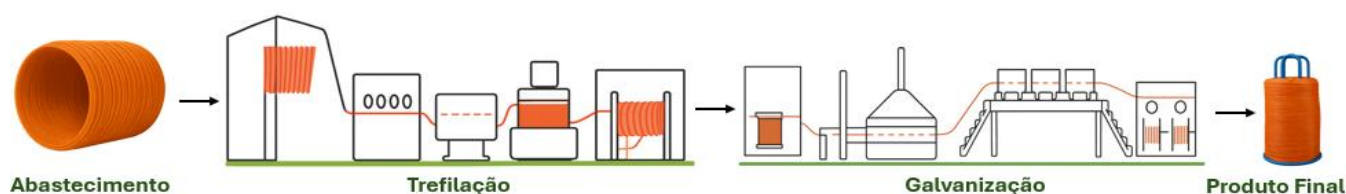
Para a indústria de óleo e gás, a empresa fornece cabos, fios e cordoalhas projetados para atuar em ambientes altamente corrosivos e sob grandes tensões, como em dutos flexíveis e sistemas de exploração e transporte de petróleo. Essa linha demanda tecnologia avançada e rigor técnico, dada a complexidade e o nível de exigência das operações envolvidas.

De maneira geral, o conjunto de soluções ofertadas revela a capacidade tecnológica e produtiva da empresa, evidenciando sua aptidão para atender mercados distintos com produtos que combinam resistência, desempenho e adequação às necessidades específicas de cada segmento.

4.2 Caracterização do Processo Produtivo

Para fins de ilustração de processos e delimitação do objeto de estudo, foram considerados os processos unitários executados para a produção de um produto específico - o Arame de Enfardar Celulose - em que ocorrem os processos de Trefilação (Abastecimento, Decalaminação / Decapagem Mecânica, Trefilação, Bobinamento em Carretel) e Galvanização (Banho de Chumbo, Decapagem Química, Lavagem, Galvanização e Bobinamento em spider) (Figura 07).

Figura 07: Processo Produtivo do Arame Galvanizado de Enfardar Celulose



Fonte: Elaboração Própria, utilizando o Canva (versão gratuita)

O processo produtivo inicia-se com a recepção e inspeção do fio-máquina, ou também chamado de abastecimento da fábrica, fase em que ocorre a preparação e a alimentação da matéria-prima nas linhas de produção. Essa operação envolve o transporte e o posicionamento das bobinas nos desenroladores, garantindo o suprimento contínuo para o processo subsequente.

Na sequência, o material é submetido à decapagem mecânica, também conhecida como decalaminação, com o objetivo remover carepas, óxidos e impurezas da superfície do aço, garantindo melhor aderência do lubrificante e melhor qualidade do produto final. Esse processo, pode ser pelo escovamento ou jateamento abrasivo.

Após a preparação superficial, o fio-máquina segue para a etapa de trefilação propriamente dita, o fio é conduzido por meio de uma sequência de feiras de diâmetros decrescentes, montadas em um equipamento denominado trefiladeira. Essa operação ocorre em múltiplos passes, de forma contínua, resultando na redução progressiva do diâmetro e no aumento do comprimento do material. Os parâmetros operacionais — como velocidade de tração, temperatura do arame e lubrificação — são ajustados conforme o tipo de aço e o diâmetro final desejado.

Concluída a trefilação, o arame é direcionado ao bobinamento em carretel, fase que organiza o material trefilado em bobinas compactas e estruturadas, facilitando tanto o transporte interno quanto o manuseio nas etapas posteriores. Essa operação também permite a realização de verificações preliminares de qualidade, contemplando inspeções visuais e dimensionais que asseguram a conformidade do produto com os parâmetros estabelecidos. O correto bobinamento é fundamental para manter a integridade física do arame e evitar deformações, nós ou tensões desnecessárias.

A etapa subsequente é a estabilização em banho de chumbo, procedimento térmico que visa promover o alívio das tensões internas geradas durante a trefilação e melhorar as propriedades metalúrgicas do material. A imersão controlada do arame no banho contribui para a uniformização microestrutural e para a melhoria da sua estabilidade dimensional.

Após essa fase, o material segue para a decapagem química com ácido clorídrico (HCl), etapa de limpeza complementar destinada à remoção de óxidos residuais e impurezas não eliminadas na decapagem mecânica.

A decapagem química é imediatamente seguida pela lavagem, processo que promove a neutralização e a remoção completa dos resíduos ácidos, garantindo que a superfície esteja devidamente preparada para o processo de recobrimento metálico.

Em seguida, o arame é submetido à galvanização é um processo de revestimento do aço ou do arame com uma camada de zinco, com o objetivo de proteger o material contra a corrosão e aumentar sua durabilidade. Essa camada atua como uma barreira física que impede o contato do aço com o oxigênio e a umidade, além de oferecer proteção catódica. O material previamente limpo e decapado é imerso em um banho de zinco fundido, resultando em uma aderência firme e uniforme. O processo garante excelente resistência a agentes atmosféricos e amplia a vida útil do produto, tornando-o ideal para aplicações externas e em ambientes sujeitos à umidade ou intempéries.

Por fim, o material galvanizado é encaminhado ao bobinamento em spider, etapa final do processo produtivo do arame de enfardar celulose. Nessa fase, o arame revestido é acondicionado em bobinas específicas, que oferecem suporte e estabilidade adequados para produtos galvanizados. O bobinamento em spider contribui para a preservação das características físicas e do revestimento, evitando danos mecânicos e garantindo condições apropriadas para armazenamento, transporte e distribuição. Essa etapa é acompanhada por inspeções finais de qualidade, identificação do produto, procedimentos de controle dimensional e embalagem, assegurando que o produto final atenda rigorosamente às especificações técnicas, requisitos de qualidade e padrões de apresentação atendendo plenamente às especificações técnicas e aos requisitos normativos e comerciais.

4.3 Procedimento de Levantamento de Dados

Para a realização da análise integrada dos aspectos e impactos ambientais, foi conduzida uma análise descritiva do processo produtivo, fundamentada em visitas técnicas in loco durante o período de fevereiro a novembro de 2025, complementadas pela análise documental de registros e informações previamente disponibilizados pela empresa. Essa abordagem metodológica possibilitou uma visualização direta das etapas operacionais, favorecendo a compreensão detalhada do processo.

4.3.1 Avaliação do LAIA vigente

A implementação de SGA eficaz fundamenta-se, primordialmente, na realização do LAIA. O levantamento em questão consiste, em linhas gerais, na seleção prévia dos processos organizacionais — englobando atividades, produtos ou serviços — e, posteriormente, na identificação dos aspectos ambientais correspondentes, na vinculação destes aos respectivos impactos, na classificação dos mesmos e, por fim, na determinação de sua significância.

O LAIA já adotado pela empresa contemplava em sua estrutura a identificação dos aspectos e impactos ambientais, critérios qualitativos (Tipo, Incidência, Situação e Temporalidade) e quantitativos (Severidade, Abrangência e Frequência) em sua estrutura. Os dados foram considerados num recorte temporal de 2019 (ano baseline) até 2025 (considerando o período de janeiro a setembro).

4.3.1.1 Identificação dos aspectos e impactos ambientais

A identificação dos aspectos e impactos ambientais associados a cada processo organizacional — englobando atividades, produtos e serviços — representa a etapa inicial do Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA), uma das fases mais relevantes desse procedimento, uma vez que determinará sua abrangência, consistência e robustez metodológica.

Ao considerar que a relação entre aspectos e impactos ambientais se estabelece sob a lógica de causa e efeito, torna-se necessário, para cada processo identificado, proceder à determinação de seus respectivos aspectos ambientais e, em seguida, relacioná-los aos impactos correspondentes.

Esses impactos podem representar alterações potenciais ou efetivas no meio ambiente, manifestando-se de forma adversa ou benéfica.

Para a identificação dos aspectos e impactos ambientais associados ao processo em estudo foi adotado, pela indústria em questão, como referência a ABNT NBR ISO 14001:2015, considerando especificamente o requisito 6.1.2 — *Aspectos Ambientais* — bem como as orientações complementares presentes em seu Anexo A.

Na determinação de seus aspectos ambientais, a organização pode considerar:

- a) emissões para o ar;
- b) lançamentos em água;
- c) lançamentos em terra;
- d) uso de matérias-primas e recursos naturais;
- e) uso de energia;
- f) emissão de energia (por exemplo calor, radiação, vibração (ruído) e luz);
- g) geração de rejeito e/ou subprodutos;
- h) uso do espaço

Visando maior padronização nessa etapa da metodologia, foi utilizada a matriz de correlação a seguir (Quadro 05):

Quadro 05: Matriz de Correlação de Aspectos e Impactos

Componente Ambiental	Impacto Ambiental	Alteração na biodiversidade	Alteração na fauna	Alteração na flora	Alteração na qualidade da água	Alteração na qualidade do ar	Alteração na qualidade no solo	Alteração paisagística	Esgotamento de recursos naturais	Perturbação da comunidade
	Aspecto Ambiental									
Água	Consumo de Água									
	Geração de Efluentes Hídricos									
Energéticos	Consumo de Energia Elétrica									
	Consumo de Gás									
Recursos Naturais	Consumo de Carvão									
	Consumo de Madeira									
Emergência	Rompimento de Bacia de Contenção									
	Vazamento de Combustível									
	Derramamento de Produto Químico									
	Rompimento de Tubulação de Efluentes									
Ar	Emissão de Gases/Vapores									
	Emissão de Particulado									
Resíduos	Geração de Óleos e Graxas									
	Geração de Resíduos Sólidos									
Ruído	Emissão de Ruído									

Fonte: Elaboração Própria

A partir desta etapa, desdobrou-se em um detalhamento na descrição dos aspectos e impactos associados para o processo de Trefilação. Seguindo para a abordagem das abordagens analíticas complementares: a qualitativa e a quantitativa.

A abordagem qualitativa é utilizada para identificar, interpretar e compreender a natureza dos aspectos e impactos ambientais do processo, considerando fatores como tipo, incidência, situação e temporalidade dos aspectos. Seu foco está na análise descritiva, permitindo avaliar a importância dos efeitos sem recorrer a valores numéricos.

Já a abordagem quantitativa permite mensurar esses impactos por meio de valores numéricos e parâmetros mensuráveis, através da severidade, abrangência e frequência. Nessa etapa, busca-se atribuir valores aos impactos identificados qualitativamente, possibilitando comparações objetivas, priorização de ações e tomada de decisão fundamentada.

Assim, ambas as abordagens se complementam: a qualitativa fornece compreensão contextual e interpretativa, enquanto a quantitativa oferece precisão, objetividade e base numérica para avaliação dos impactos.

4.3.1.2 Caracterização qualitativa dos aspectos e impactos ambientais

A análise qualitativa tem como objetivo primordial a identificação, descrição e interpretação das relações de causalidade entre os aspectos ambientais levantados e os respectivos impactos potenciais ou efetivos sobre os diferentes meios (físico, biótico e antrópico).

Tendo em vista os aspectos e impactos ambientais previamente levantados para o processo, procedeu-se à sua caracterização qualitativa, com a utilização de quatro critérios de análise (Tipo, Incidência, Situação Operacional e Temporalidade).

4.3.1.2.1 Tipo

O critério “tipo” refere-se à natureza da alteração ambiental resultante de determinado aspecto, buscando avaliar os efeitos decorrentes das atividades do processo de uma organização. É um critério que possibilita distinguir se o impacto é de natureza adversa ou benéfica, conforme descrito no Quadro 06.

Quadro 06: Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude do Tipo

Em virtude do Tipo	
Tipo	Descrição
Benéfico	Resultam em impactos positivos para o meio ambiente e para a organização
Adverso	Resultam em impactos negativos para o meio ambiente e para a organização

Fonte: Elaboração Própria

4.3.1.2.2 Incidência

O critério “incidência” se refere à identificação da origem e o nível de controle da organização sobre o aspecto ambiental. Conceitualmente, a incidência permite compreender em que medida a organização incide sobre os efeitos ambientais decorrentes de seus processos - direta ou indiretamente - descrito no Quadro 07.

Quadro 07: Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Incidência

Em virtude da Incidência	
Incidência	Descrição
Direta	O aspecto/impacto está associado às atividades da organização
Indireta	O aspecto/impacto está associado a atividades externas ao empreendimento como de fornecedores, prestadores de serviço ou mesmo cliente

Fonte: Elaboração Própria

4.3.1.2.3 Situação Operacional

O critério “situação operacional” é um critério que visa contextualizar a manifestação do aspecto dentro das condições de operação da organização, permitindo avaliar a vulnerabilidade do ambiente frente às atividades da empresa e identificar oportunidades para prevenir ou minimizar impactos. Assim, a “situação” indica se a condição de operação do processo em que o aspecto ambiental foi gerado - normal, anormal ou emergencial - conforme descrito no Quadro 08.

Quadro 08: Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Situação

Em virtude da Situação Operacional	
Situação Operacional	Descrição
Normal	Relativos à rotina diária do processo produtivo
Anormal	Associados a operações que acontecem, mas que não são rotineiras (reformas de instalações, paradas e partidas programadas de processos, testes, manutenções, alterações em rotinas por motivos específicos)
Emergencial	Associados a situações não planejadas, de risco, de emergências (vazamentos, derramamentos, colapso de estruturas, equipamentos ou instalações, incêndios, explosões etc.) inerentes à atividade/operação que possam causar impacto ambiental

Fonte: Elaboração Própria

4.3.1.2.4 Temporalidade

O critério “temporalidade” busca relacionar o aspecto e o impacto ambiental ao tempo de sua ocorrência, contribuindo para a compreensão de seu ciclo de vida e para o planejamento de medidas preventivas ou corretivas. Além disso, auxilia na distinção de impactos que já ocorreram, os que estão em curso e aqueles que podem ocorrer no futuro, garantindo uma abordagem mais completa e proativa da gestão ambiental, conforme o Quadro 09.

Quadro 09: Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Temporalidade

Em virtude da Temporalidade	
Situação Operacional	Descrição
Presente	Impacto ambiental decorrente de atividade atual
Passado	Impacto ambiental identificado no presente, porém decorrente de atividade do passado
Futuro	Impacto ambiental previsto, decorrente de alterações nas atividades a serem implementadas no futuro

Fonte: Elaboração Própria

4.3.1.3 Caracterização quantitativa dos aspectos e impactos ambientais

A análise quantitativa fundamenta-se na aplicação de critérios técnicos, parâmetros mensuráveis e indicadores previamente definidos, possibilitando a mensuração, a hierarquização e a comparação sistemática dos aspectos identificados. O desdobramento metodológico, estruturado em tais dimensões avaliativas, garante maior robustez científica ao processo, viabilizando a determinação dos aspectos ambientais significativos, os quais constituem subsídios essenciais para a tomada de decisão, a definição de prioridades e a implementação de medidas de gestão no âmbito do Sistema de Gestão Ambiental.

Após caracterizar qualitativamente os impactos proveniente dos aspectos indicados, procedeu-se a avaliação quantitativa, com a utilização de três critérios de análise (Severidade, Abrangência e Frequência) no cenário Potencial e Real.

No cenário Potencial, é considerado na avaliação os aspectos ambientais e impactos ambientais sem a aplicação de medidas de controle, mitigação ou barreiras preventivas, ou seja, analisa-se a gravidade dos impactos caso não existissem sistemas de gestão, equipamentos de proteção, procedimentos operacionais ou práticas de monitoramento ambiental. Essa abordagem permite compreender o risco inerente de cada atividade.

Já no cenário Real, são considerados os controles e atenuantes efetivamente implementados pela organização. Dessa forma, o cenário real representa a situação atual de operação, refletindo o impacto ambiental após a aplicação das medidas de controle existentes, possibilitando comparar a eficácia das ações de mitigação e priorizar eventuais melhorias.

4.3.1.3.1 Severidade

O critério “severidade” tem como objetivo avaliar a intensidade ou gravidade dos impactos ambientais decorrentes de determinado aspecto, considerando a magnitude dos danos potenciais ou efetivos causados ao meio ambiente. Esse critério permite priorizar as ações de controle e mitigação, direcionando esforços para impactos de maior relevância ambiental. Dessa forma, contribui para uma gestão mais eficiente e focada na redução de riscos significativos, conforme o Quadro 10.

Quadro 10: Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Severidade

Em virtude da Severidade								
Valor	Critério							
	Emissão Atmosférica	Efluente Líquido	Resíduos Sólidos	Ruído	Consumo de recursos naturais	Rompimento de Bacia de contenção / Tubulação	Derramamento de Produtos Químicos	Vazamento de Combustível
1 Baixa	Emissões tratadas de acordo com limites legais (Gás de Combustão – GLP e GN- Vapor d’água e Ar quente)	Tratado de acordo com limites legais	-	De acordo com limites legais	Consumo pequeno Ex: estabelecimento comercial, residencial	-	-	-
2 Moderada	-	-	Classe II A Classe II B	-	Consumo médio Ex: trefilaria, caldeiraria	-	-	-
3 Alta	Emissão bruta	Efluente bruto	Classe I	Fora dos limites legais	Consumo grande Ex: siderurgia, cimenteiras	Produto Químico	Produto Químico	Combustível

Fonte: Elaboração Própria

4.3.1.3.2 Abrangência

O critério “abrangência” busca identificar a extensão espacial dos impactos ambientais associados a cada aspecto, analisando se seus efeitos ocorrem em escala local, regional ou global. Essa avaliação é fundamental para compreender o alcance das consequências ambientais e definir o nível de intervenção necessário. Ao determinar a amplitude de um impacto, o critério reforça o planejamento estratégico de medidas corretivas e preventivas, conforme o Quadro 11.

Quadro 11: Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Abrangência

Em virtude da Abrangência								
Valor	Critério							
	Emissão Atmosférica	Efluente Líquido	Resíduos Sólidos	Ruído	Consumo de recursos naturais	Rompimento de Bacia de contenção / Tubulação	Derramamento de Produtos Químicos	Vazamento de Combustível
1 Local	Vapor d'água	-	Disposição controlada	-	Controle de consumo, outorga e licenças	Com inspeção periódica	Com bacia de contenção / Controle de fornecedores	Com inspeção periódica
2 Adjacente	-	-	-	Área industrial	Outorga e licenças	-	-	-
3 Global	Gás ácido, Gás de combustão, Ar quente e Material Particulado (MP)	Efluentes descartados	Disposição sem controle	Área residencial	Consumo sem controle, ausência de outorga e licenças	Sem inspeção periódica	Sem bacia de contenção / Controle de fornecedores	Sem inspeção periódica

Fonte: Elaboração Própria

4.3.1.3.3 Frequência

O critério “frequência” avalia a periodicidade com que um impacto ambiental pode ocorrer, considerando a regularidade e a probabilidade de repetição do evento. Essa análise auxilia na identificação de aspectos que demandam monitoramento contínuo ou ações imediatas, contribuindo para o controle operacional e para a priorização de riscos. Dessa forma, o critério favorece uma abordagem preventiva e sistemática da gestão ambiental, conforme o Quadro 12.

Quadro 12: Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Frequência

Em virtude da Frequência								
Valor	Critério							
	Emissão Atmosférica (h/mês)	Efluente Líquido (L/mês)	Resíduos Sólidos (t/mês)	Ruído	Consumo de recursos naturais (h/mês)	Rompimento de Bacia de contenção / Tubulação (h/mês)	Derramamento de Produtos Químicos (h/mês)	Vazamento de Combustível (h/mês)
1 Rara	Funcionamento ≤ 24	Geração ≤ 100	Geração ≤ 3	-	Funcionamento ≤ 24	Estocagem ≤ 24	Estocagem ≤ 24	Funcionamento ≤ 24
2 Eventual	$24 < \text{Funcionamento} < 168$	$100 < \text{Geração} < 1000$	$3 < \text{Geração} < 100$	Funcionamento Diurno	$24 < \text{Funcionamento} < 168$	$24 < \text{Estocagem} < 168$	$24 < \text{Estocagem} < 168$	$24 < \text{funcionamento} < 168$
3 Frequente	Funcionamento > 168	Geração > 1000	Geração > 100	Funcionamento Noturno	Funcionamento > 168	Estocagem > 168	Estocagem > 168	Funcionamento > 168

Fonte: Elaboração Própria

4.3.1.4 Análise de Significância

A classificação da significância dos aspectos e impactos ambientais, na metodologia em questão, é realizada por meio do cálculo da Classe, definida como o produtório (multiplicação) dos três critérios avaliados: Severidade, Abrangência e Frequência. A equação utilizada é apresentada a seguir:

$$\text{CLASSE} = \text{SEVERIDADE} \times \text{ABRANGÊNCIA} \times \text{FREQUÊNCIA}$$

Nesse método, a pontuação mínima atribuída a um aspecto ambiental é 1 ($1 \times 1 \times 1$), valor que indica a inexistência de efeitos ambientais adversos relevantes. Por outro lado, a pontuação máxima possível é 27 ($3 \times 3 \times 3$), representando um aspecto ambiental de elevada criticidade, capaz de gerar impactos expressivos ao meio ambiente.

A avaliação de significância é conduzida em dois momentos – chamados de Classe Potencial e Classe Real. Na Classe Potencial é considerado a ocorrência do impacto sem a presença de controles ou medidas atenuantes, refletindo a magnitude máxima possível do efeito ambiental. Já na Classe Real é incorporado os controles, barreiras operacionais e ações mitigadoras existentes no processo, resultando em valores iguais ou inferiores à Classe Potencial.

A classificação de aspectos significativos baseia-se no agrupamento definido abaixo:

Quadro 13: Classificação de Significância

Produtório	Classe
1 - 12	Não Significativo
13 - 27	Significativo

Fonte: Elaboração Própria

Sendo assim, os aspectos com classe superior a 12 são considerados significativos, enquanto os aspectos com classe inferior ou igual a 12 são considerados não significativos.

4.3.1.5 Critérios de Controles

A determinação de aspectos significativos baseia-se na pontuação atribuída na Classe Potencial, sendo considerados significativos aqueles que apresentarem valor superior a 12. Esses aspectos devem ser submetidos a procedimentos operacionais específicos indicados nos controles definidos pela organização. Esses controles têm a finalidade de prevenir, minimizar ou mitigar impactos negativos ao meio ambiente, assegurando a conformidade com os requisitos legais e normativos aplicáveis.

Adicionalmente, aspectos significativos cuja Classe Real ultrapasse 12 devem conduzir ao estabelecimento de objetivos e metas ambientais, desde que não se trate de situações emergenciais. Esses objetivos e metas integram programas de gestão ambiental que orientam ações de melhoria contínua e desempenho ambiental.

Nos casos em que a Classe Real também ultrapasse 12 e a situação seja caracterizada como emergencial, torna-se obrigatória a elaboração de um Plano de Emergência (PE), conforme descrito nos controles, garantindo uma resposta rápida e eficaz para minimizar riscos ambientais.

4.3.2 Sugestão de novos itens para o LAIA

A inclusão dos critérios Influência, Riscos e Oportunidades, Etapa do Ciclo de Vida e Aspectos Legais no Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) fundamenta-se na necessidade de tornar a ferramenta mais abrangente, precisa e alinhada às diretrizes da NBR ISO 14001:2015.

4.3.2.1 Influência

O critério “influência” visa avaliar a capacidade da organização de atuar sobre os aspectos ambientais identificados, considerando a perspectiva do ciclo de vida de seus produtos, processos ou serviços, com classificação - influenciável ou controlável - conforme o Quadro 14.

Quadro 14: Caracterização de Aspectos e Impactos em virtude da Influência

Em virtude da Influência	
Influência	Descrição
Influenciável	Aspectos ou impactos ambientais sobre os quais a organização não tem controle total, mas pode exercer influência indireta por meio de terceiros ou práticas externas.
Controlável	Aspectos ou impactos ambientais sobre os quais a organização possui controle direto, podendo gerir e intervir integralmente

Fonte: Elaboração Própria

4.3.2.2 Riscos e Oportunidades

O levantamento de riscos e oportunidades é uma etapa de extrema importância, pois permite não apenas a antecipação de possíveis impactos negativos, mas também a identificação de possibilidades de melhoria e inovação ambiental.

O levantamento de riscos ambientais consiste na análise sistemática dos aspectos que podem representar ameaças à integridade ambiental da organização. Essa abordagem preventiva é fundamental para mitigar danos, evitar sanções legais e preservar a reputação institucional. É uma ferramenta que apoia organizações a manterem suas operações alinhadas com as exigências ambientais e sociais atuais, contribuindo para a adaptação estratégica às novas demandas do mercado.

O reconhecimento de oportunidades ambientais permite que a organização explore alternativas sustentáveis, como a adoção de tecnologias limpas, a melhoria da eficiência energética e a valorização de práticas de economia circular. Essas ações não apenas reduzem os impactos ambientais, mas também geram vantagens competitivas e fortalecem a imagem corporativa. O levantamento de aspectos e impactos ambientais é um processo sistemático que permite às empresas identificar e avaliar os riscos e oportunidades associados às suas atividades, promovendo uma gestão ambiental eficaz e alinhada aos princípios da sustentabilidade (ISO, 2023)

Quadro 15: Caracterização de Aspectos e Impactos em dos Riscos e Oportunidades

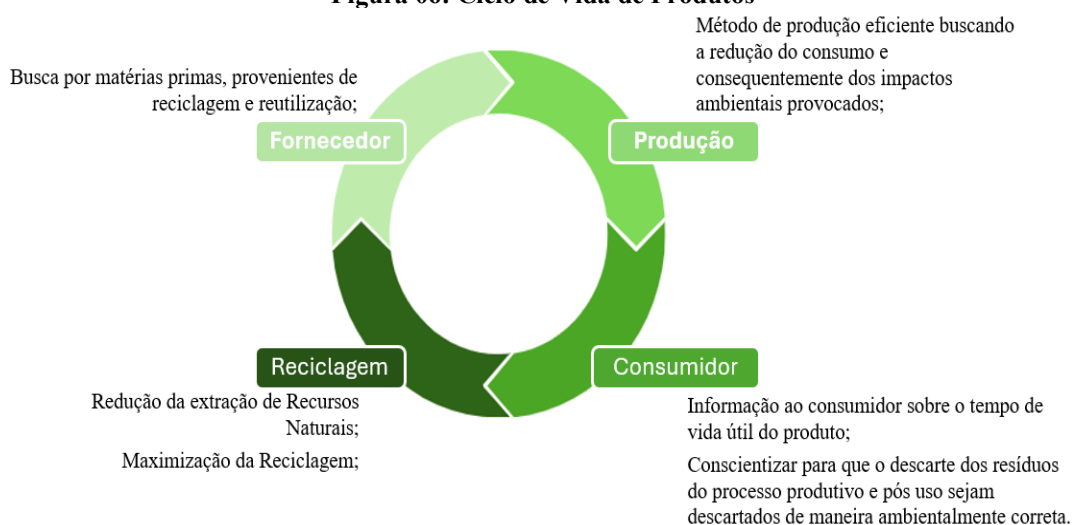
Em virtude dos Riscos e Oportunidades	
Risco	Possíveis ocorrências ou condições que podem gerar impactos ambientais negativos, perdas operacionais, descumprimento de requisitos legais ou falhas nos processos. Representam eventos que ameaçam o desempenho ambiental da organização, exigindo ações preventivas, mitigadoras e monitoramento contínuo.
Oportunidade	Situações ou condições que podem resultar em melhoria do desempenho ambiental, aumento da eficiência, redução de custos, inovação sustentável ou fortalecimento da conformidade legal. Representam elementos positivos que podem ser aproveitados pela organização para aprimorar seus processos e resultados ambientais.

Fonte: Elaboração Própria

4.3.2.3 Etapa do Ciclo de Vida

O ciclo de vida de um produto (Figura 06) compreende todas as etapas necessárias para sua fabricação, iniciando-se na extração e no beneficiamento das matérias-primas, passando pelos processos de produção, distribuição e uso, até chegar ao seu descarte ou destinação final. De acordo com a ISO 14040 (2006), o ciclo de vida é formado por “estágios consecutivos e interligados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou sua geração a partir de recursos naturais até a disposição final”.

Além disso, a lógica de pensamento de ciclo de vida permite considerar a possibilidade de reinserção dos resíduos gerados em novos processos produtivos, contribuindo para a economia circular e para a redução dos impactos ambientais ao longo de toda a cadeia.

Figura 06: Ciclo de Vida de Produtos

Fonte: Elaboração Própria, utilizando o Canva (versão gratuita)

A identificação da etapa do ciclo de vida do processo ou matriz em que os aspectos ambientais foram observados constitui uma prática essencial no contexto do LAIA. Essa etapa permite compreender de maneira precisa em qual fase do processo produtivo — seja na extração de matérias-primas, transporte, produção, uso do produto, logística ou destinação final — ocorrem os impactos ambientais decorrentes das atividades da organização.

A identificação do momento do ciclo em que cada aspecto se manifesta possibilita uma análise detalhada e direcionada, permitindo que sejam adotadas ações preventivas e corretivas específicas para cada etapa. Dessa forma, é possível estabelecer medidas mais eficazes de controle ambiental e até mesmo definição de objetivos e metas - como a redução do consumo de recursos naturais, a minimização da geração de resíduos, a mitigação de emissões atmosféricas e a adoção de tecnologias mais limpas.

Além disso, o reconhecimento das etapas do ciclo de vida auxilia na priorização das ações de melhoria contínua, uma vez que evidencia os pontos críticos do processo produtivo que demandam maior atenção. Tal abordagem contribui para a tomada de decisão estratégica, orientando investimentos e esforços em áreas de maior relevância ambiental e econômica.

Também se destaca que essa identificação fortalece a rastreabilidade e a transparência das práticas ambientais, atendendo às diretrizes das normas internacionais, como as ISO 14001 e ISO 14040, que recomendam a integração da perspectiva de ciclo de vida na gestão ambiental. Dessa forma, evita-se a transferência de impactos entre etapas distintas do processo, promovendo uma visão sistêmica e equilibrada do desempenho ambiental da organização.

Em síntese, a identificação da etapa do ciclo de vida em que os aspectos ambientais foram levantados é uma ferramenta indispensável para o aprimoramento da gestão ambiental. Ela permite compreender a origem e a magnitude dos impactos, apoiar a elaboração de estratégias sustentáveis e consolidar o compromisso institucional com a melhoria contínua e o desenvolvimento sustentável.

4.3.2.4 Aspectos Legais

A inclusão dos aspectos legais na Matriz de Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) é de fundamental importância para garantir que as atividades,

produtos e serviços de uma organização estejam em conformidade com a legislação ambiental vigente. Essa prática fortalece o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) ao integrar, de forma estruturada, os requisitos legais e normativos às análises e decisões operacionais, o cumprimento das obrigações legais, reduz riscos operacionais e promove a melhoria contínua do desempenho ambiental da organização.

Ao considerar os aspectos legais na matriz, cada aspecto ambiental identificado passa a ser avaliado também sob a perspectiva das obrigações legais aplicáveis, o que contribui para uma gestão mais completa e eficaz. Tal abordagem possibilita, entre outros pontos, assegurar a conformidade com leis, decretos, normas técnicas e regulamentos ambientais, reduzindo o risco de infrações, multas e sanções administrativas.

Além disso, a inclusão dos aspectos legais contribui para a prevenção de passivos e riscos jurídicos, uma vez que situações de não conformidade podem ser identificadas e corrigidas previamente, evitando impactos negativos à operação da organização. Também apoia a priorização das ações ambientais, pois aspectos com exigências legais associadas devem receber atenção diferenciada, dada sua relevância para a conformidade institucional e a continuidade das atividades.

Adicionalmente, essa prática está em consonância com os requisitos da ISO 14001, que determina que a organização deve identificar e ter acesso aos requisitos legais e outros requisitos aplicáveis aos seus aspectos ambientais, reforçando a importância de sua inclusão na matriz.

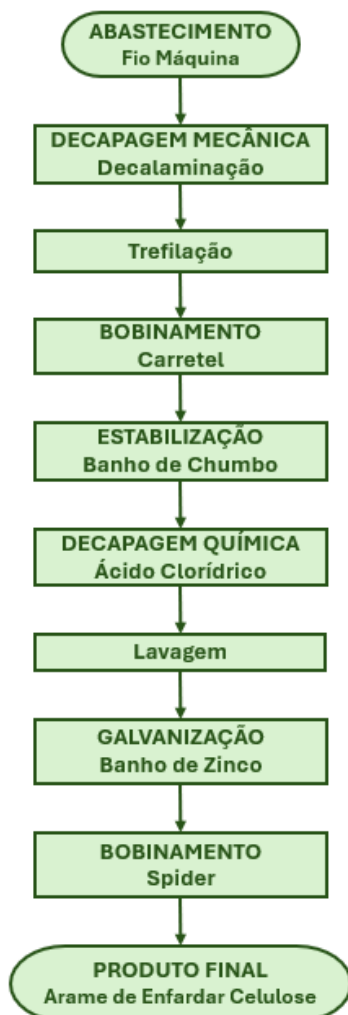
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este item tem por finalidade expor e interpretar os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da pesquisa, buscando relacioná-los com os objetivos propostos e com o referencial teórico adotado. A partir da análise dos dados, procura-se compreender de forma crítica os efeitos, implicações e significados dos resultados no contexto do estudo.

5.1 O processo produtivo

Foi elaborado um fluxograma do processo de produção do arame de enfardar celulose, com o objetivo de mapear e compreender o processo e as operações desenvolvidas pelo setor de trefilação da indústria analisada (Figura 09).

Figura 09: Fluxograma do Processo Produtivo do Arame de Enfardar Celulose



Fonte: Elaboração Própria

O fluxograma permite visualizar de forma clara, ordenada e sistemática todas as etapas que compõem o fluxo produtivo, iniciando no abastecimento do fio-máquina e avançando pelas fases de decapagem mecânica/decalaminação, trefilação, bobinamento, estabilização com banho de chumbo, decapagem química com ácido clorídrico (HCl), lavagem, galvanização com banho de zinco e bobinamento final.

Sua construção possibilitou identificar a sequência lógica do processo, as relações de dependência entre as operações, bem como pontos críticos e interfaces relevantes entre setores. Assim, o fluxograma contribui diretamente para a compreensão detalhada do funcionamento da linha de produção, oferecendo uma representação estruturada que subsidia análises posteriores, como avaliação de impactos ambientais, estudos de eficiência operacional e proposições de melhoria contínua. Além disso foi possível destacar os principais aspectos e impactos de cada etapa do processo, conforme o Quadro 16:

Quadro 16: Principais Aspectos do Processo Produtivo

ETAPA	PRINCIPAIS ASPECTOS
Abastecimento	Combustível (Diesel)
Decalaminação	Carepa de Ferro
	Sucata Metálica
Trefilação	Sabão Queimado
	Energia
Bobinamento (Carretel)	Energia
	Sucata Metálica
Banho de Chumbo	Terra de Chumbo
Decapagem Química	Ácido Clorídrico
	Emissões Atmosféricas
Lavagem	Água
Galvanização	Cinza e Borra de Zinco
Bobinamento (Spider)	Energia
Produto Final	Embalagens

Fonte: Elaboração Própria

5.2 Avaliação do LAIA vigente

Com o intuito de avaliar o LAIA vigente do processo produtivo e verificar a conformidade das operações com os critérios estabelecidos pelo Sistema de Gestão Ambiental, apresenta-se a matriz vigente de aspectos e impactos ambientais, elaborada para o setor em estudo, no anexo I.

A matriz em questão constitui a base metodológica utilizada para reconhecer sistematicamente as interações entre suas atividades, produtos e serviços e o meio ambiente, permitindo a análise de aspectos significativos, contemplando informações referentes às etapas operacionais, à natureza dos impactos associados, aos critérios de significância adotados, às medidas preventivas e corretivas implementadas, proporcionando uma visão abrangente da performance ambiental do processo

A avaliação, realizada entre 2019 e 2025 (janeiro a setembro), dos indicadores ambientais que possuem objetivos, ambições e metas traçadas (percentual de resíduos aterrados, consumo de água, consumo de ácido e consumo de energéticos) permite verificar a efetividade das ações propostas a partir do Levantamento e Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA). De modo geral, os resultados demonstram avanços significativos no desempenho ambiental da organização (Quadro 17), embora ainda existam pontos que demandam aprimoramento para garantir a plena eficácia dos controles operacionais e o atendimento integral às metas estabelecidas.

Vale destacar que para os anos de 2020 e 2021 não foram identificados registros documentados das metas estabelecidas, o que evidencia uma lacuna importante no histórico de informações estratégicas do setor.

Quadro 17: Resultados Ambientais

	2019		2020		2021		2022			2023			2024			2025		
	Baseline	Resultado	Meta	Resultado	Meta	Resultado	Meta	Resultado	Diferença (%)	Resultado	Meta	Diferença (%)	Resultado	Meta	Diferença (%)	Resultado YTD (Jan – Set)	Meta	Diferença (%)
Resíduos Aterrados (%)	26,87	23,60	-	17,62	-	16,41	17,62	- 6,87	+ 14,6	3,61	3,15	+ 14,6	4,14	4,25	- 2,59	9,60	3,32	+ 189,16
Consumo de Água (m³/ton)	1,59	1,53	-	1,6	-	1,56	1,46	+ 6,85	- 12,16	1,30	1,48	- 12,16	1,26	1,26	0	1,10	1,10	0
Consumo de Ácido (m³/ton)	9,67	10,10	-	14,11	-	15,71	12,68	+ 23,90	+ 7,66	14,34	13,32	+ 7,66	13,96	13,5	+ 3,41	13,40	13,90	- 3,60
Energéticos (kW/ton)	885,38	830,70	-	559,38	-	936,59	559,0	+ 67,55	+ 44,50	845,24	584,9	+ 44,50	857,22	863,18	- 0,69	848,42	868,39	- 2,30

Fonte: Elaboração Própria

O indicador de resíduos aterrados apresentou a evolução mais expressiva. Partindo de uma baseline de 26,87% em 2019, houve uma redução contínua nos anos subsequentes, alcançando 3,61% em 2023, valor muito inferior à meta e evidenciando forte avanço no gerenciamento de resíduos e no aumento das taxas de reciclagem. No entanto, no acumulado do ano de 2025 (YTD), o valor de 9,60% está acima da meta projetada (3,32%), esse retrocesso está associado a um resíduo majoritário que anteriormente era destinado a uma tecnologia alternativa, mas que não contava com uma rota secundária de destinação ambientalmente adequada.

Com a descontinuidade do serviço pelo fornecedor responsável, a empresa voltou a encaminhar esse resíduo ao aterro, impactando negativamente o desempenho do indicador. Assim, a discrepância entre o resultado parcial e a meta evidencia a necessidade de intensificação das ações voltadas à redução da disposição final em aterros sanitários, bem como do desenvolvimento e diversificação de tecnologias e alternativas de destinação, ampliando a matriz de possibilidades e mitigando riscos associados à dependência de fornecedores únicos.

Em relação ao consumo de água (m^3/ton), observa-se uma tendência de estabilidade com leve redução ao longo da série histórica, saindo de 1,59 m^3/ton em 2019 para 1,1 m^3/ton no acumulado em 2025, indicando que o uso racional da água ainda constitui um desafio. Isso sinaliza a necessidade de fortalecer práticas de reuso, implementar medições e controles remotos, além de revisar etapas do processo industrial que apresentam maiores perdas ou ineficiências.

O consumo de ácido (kg/ton) demonstrou resultados continuamente desfavoráveis, ou seja, em todos os anos se mantiveram acima das metas estabelecidas. Esse desempenho indica que o processo apresenta limitações operacionais, técnicas ou estruturais que impedem a redução efetiva do uso do insumo.

Assim, o consumo sistematicamente acima das metas evidencia a necessidade de revisão aprofundada do processo, com foco em oportunidades de otimização, atualização tecnológica com medidores online, alertas em tempo real e melhoria contínua, reforçando a importância desse indicador dentro da gestão ambiental e operacional da empresa.

No que se refere ao consumo de energéticos (kW/ton) — composto por Gás Natural, Gás Liquefeito de Petróleo e Energia Elétrica — observou-se uma redução expressiva em 2021 (559,38 kW/ton), diretamente associada aos efeitos da pandemia de COVID-19, que ocasionou queda no ritmo produtivo e, conseqüentemente, menor demanda energética. Nos demais anos, entretanto, o consumo manteve-se consistentemente acima das metas estabelecidas, evidenciando que a eficiência energética ainda não está plenamente consolidada nas práticas operacionais da unidade.

Embora o acumulado do ano (YTD) de 2025 (848,42 kW/ton) se encontre dentro da meta, tal resultado isolado não é suficiente para indicar uma tendência de melhoria contínua, especialmente por se tratar de um período parcial do ano. Assim, reforça-se a necessidade de intensificar as ações voltadas à otimização do uso de energia, incluindo modernização tecnológica, aprimoramento do controle operacional e fortalecimento dos programas de manutenção preventiva, de modo a promover maior estabilidade operacional, redução de custos e alinhamento aos princípios da sustentabilidade.

Além dos aspectos discutidos, destaca-se como ponto crítico de melhoria a ausência de metas registradas para os anos de 2020 e 2021, o que compromete a rastreabilidade do desempenho ambiental no período e dificulta a análise comparativa longitudinal. A inexistência desse histórico impede a verificação da efetividade total do LAIA nesses anos, limita a capacidade de avaliar a consistência das ações de controle implementadas e reduz a precisão na identificação de tendências de melhoria ou regressão. Essa lacuna revela a necessidade de padronizar o registro sistemático de metas e resultados, garantindo que todos os ciclos de planejamento e monitoramento estejam devidamente documentados.

A manutenção de registros completos, coerentes e acessíveis é essencial para assegurar a rastreabilidade do Sistema de Gestão Ambiental, subsidiar auditorias internas e externas, e fortalecer a confiabilidade das análises de desempenho. Dessa forma, a padronização dos dados — especialmente metas anuais, resultados consolidados e justificativas para variações — configura-se como um ponto de melhoria essencial para aprimorar a efetividade do LAIA e garantir que decisões futuras sejam suportadas por um histórico robusto, contínuo e metodologicamente consistente.

Outro ponto de melhoria identificado refere-se ao fato de que os objetivos e metas ambientais são definidos de forma dissociada do LAIA, o que reduz significativamente o

potencial dessa ferramenta como instrumento estratégico de gestão. Quando as metas não são diretamente vinculadas aos aspectos e impactos identificados e classificados como significativos, perde-se a lógica de priorização prevista pelas normas de gestão ambiental e pela boa prática técnica.

Essa desconexão compromete a coerência do planejamento, pois metas podem ser direcionadas a temas de menor relevância ambiental enquanto aspectos críticos, evidenciados pelo LAIA, deixam de receber atenção adequada. Assim, recomenda-se a integração plena entre a avaliação de significância e o processo de definição de objetivos e metas, de modo que o planejamento ambiental reflita, de forma objetiva e proporcional, os riscos e oportunidades identificados. Essa integração é fundamental para assegurar que o Sistema de Gestão Ambiental opere de forma consistente, orientado por evidências e alinhado ao princípio da melhoria contínua.

5.3 Análise de implementação de itens

Com o intuito de aprimorar a matriz de aspectos e impactos ambientais associados ao processo produtivo, apresenta-se, no Apêndice I, a proposta de matriz elaborada especificamente para o setor em estudo.

Com a inclusão dos quatro critérios (Influência, Riscos e Oportunidades, Etapa do Ciclo de Vida e Aspectos Legais) no LAIA, é esperado que a avaliação ambiental se torne mais robusta, sistemática e alinhada às exigências contemporâneas de gestão ambiental. A incorporação desses elementos tende a ampliar a capacidade do levantamento de capturar, de maneira mais fidedigna, a complexidade das interações entre as atividades organizacionais e o meio ambiente, proporcionando uma análise mais completa dos potenciais impactos ambientais ao longo de todo o processo produtivo.

Nesse contexto, prevê-se que tais critérios contribuam para o refinamento da identificação, priorização e interpretação dos aspectos ambientais, orientando decisões gerenciais mais precisas e coerentes com a realidade operacional da organização. As principais expectativas e resultados esperados relacionadas à aplicação desses critérios são sintetizadas no Quadro 18.

Quadro 18: Expectativas e Resultados Esperados

Critério	Expectativas com a Inclusão	Resultados Previstos
Influência	Identificação do grau de controle da empresa sobre os aspectos e impactos ambientais	Priorização mais realista e melhor definição de responsabilidades
Riscos e Oportunidades	Incorporação da lógica de gestão de riscos e identificação de oportunidades	Fortalecimento da prevenção e da melhoria contínua
Etapa do Ciclo de Vida	Ampliação da análise para antes e depois do processo produtivo	Identificação de impactos indiretos relevantes na cadeia
Aspectos Legais	Verificação de aderência às normas e obrigações ambientais	Redução de riscos jurídicos e prevenção de não conformidades

Fonte: Elaboração Própria

5.3.1 Influência

A consideração do critério Influência constitui-se como um elemento essencial para qualificar a abrangência do Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA), uma vez que permite distinguir o grau de controle efetivamente exercido pela organização sobre cada aspecto ambiental identificado. A ISO 14001:2015 orienta que a determinação dos aspectos ambientais deve contemplar não apenas as atividades sob controle direto da empresa, mas também aquelas sobre as quais ela exerce influência, ainda que parcial, como nas relações com fornecedores, prestadores de serviço e parceiros logísticos. Assim, a análise do nível de influência torna-se fundamental para compreender a extensão da responsabilidade ambiental da organização e para definir estratégias diferenciadas de gerenciamento de impactos.

No que diz respeito ao critério Influência na indústria estudada, espera-se que sua aplicação permita identificar de forma mais clara o nível de controle que a organização efetivamente exerce sobre cada aspecto ambiental. A previsão é de que esse critério contribua para distinguir impactos diretamente gerenciáveis daqueles dependentes de terceiros — como fornecedores, transportadores ou prestadores de serviços. Com isso, espera-se que a organização consiga planejar ações mais direcionadas, priorizando intervenções em áreas sob seu controle direto e desenvolvendo estratégias de influência ou comunicação para aspectos sob controle parcial.

Assim, antecipa-se que esse critério amplie a capacidade do LAIA de refletir a realidade operacional da empresa e reforçar a perspectiva de ciclo de vida proposta pela ISO 14001:2015, reforçando sua capacidade de identificar pontos críticos que dependem

não apenas de controles internos, mas também de ações de comunicação, governança e interação com a cadeia de suprimentos. Dessa forma, o critério de influência tende a fortalecer a coerência metodológica do levantamento, contribuindo para estratégias preventivas mais eficazes e compatíveis com a realidade operacional da empresa.

5.3.2 Riscos e Oportunidades

A inclusão do critério Riscos e Oportunidades no Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) representa um avanço significativo na direção de uma gestão ambiental orientada pela lógica preventiva, conforme preconiza a ISO 14001:2015. Esse critério insere no processo de avaliação uma abordagem sistemática de análise de probabilidade, severidade e potencial de melhoria, permitindo que a organização considere não apenas os impactos adversos potenciais, mas também os benefícios ambientais que podem emergir de suas atividades, processos e decisões.

No âmbito da empresa estudada, espera-se que a aplicação desse critério contribua para identificar aspectos ambientais com maior risco, exigindo controles adicionais, revisão de procedimentos e implementação de medidas preventivas. Da mesma forma, prevê-se que oportunidades relevantes — como redução de desperdícios, otimização de energia, reaproveitamento de insumos e adoção de tecnologias mais limpas — sejam evidenciadas como potenciais direcionadores de melhoria contínua.

Espera-se que, ao considerar riscos e oportunidades, o LAIA seja capaz de identificar pontos críticos antes que resultem em impactos ambientais indesejados. A expectativa é de que esse critério permita não apenas priorizar aspectos com maior potencial de dano, mas também evidenciar oportunidades estratégicas como redução de resíduos aterrados, eficiência energética, reaproveitamento de insumos, economia circular e outras ações de melhoria contínua que impactam nas ambições, objetivos e metas.

5.3.3 Etapa do Ciclo de Vida

A perspectiva do Ciclo de Vida configura-se como um componente fundamental para ampliar o escopo do Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA), permitindo que a avaliação dos impactos ambientais ultrapasse a perspectiva restrita das operações internas da organização. A ISO 14001:2015 estabelece que a identificação dos

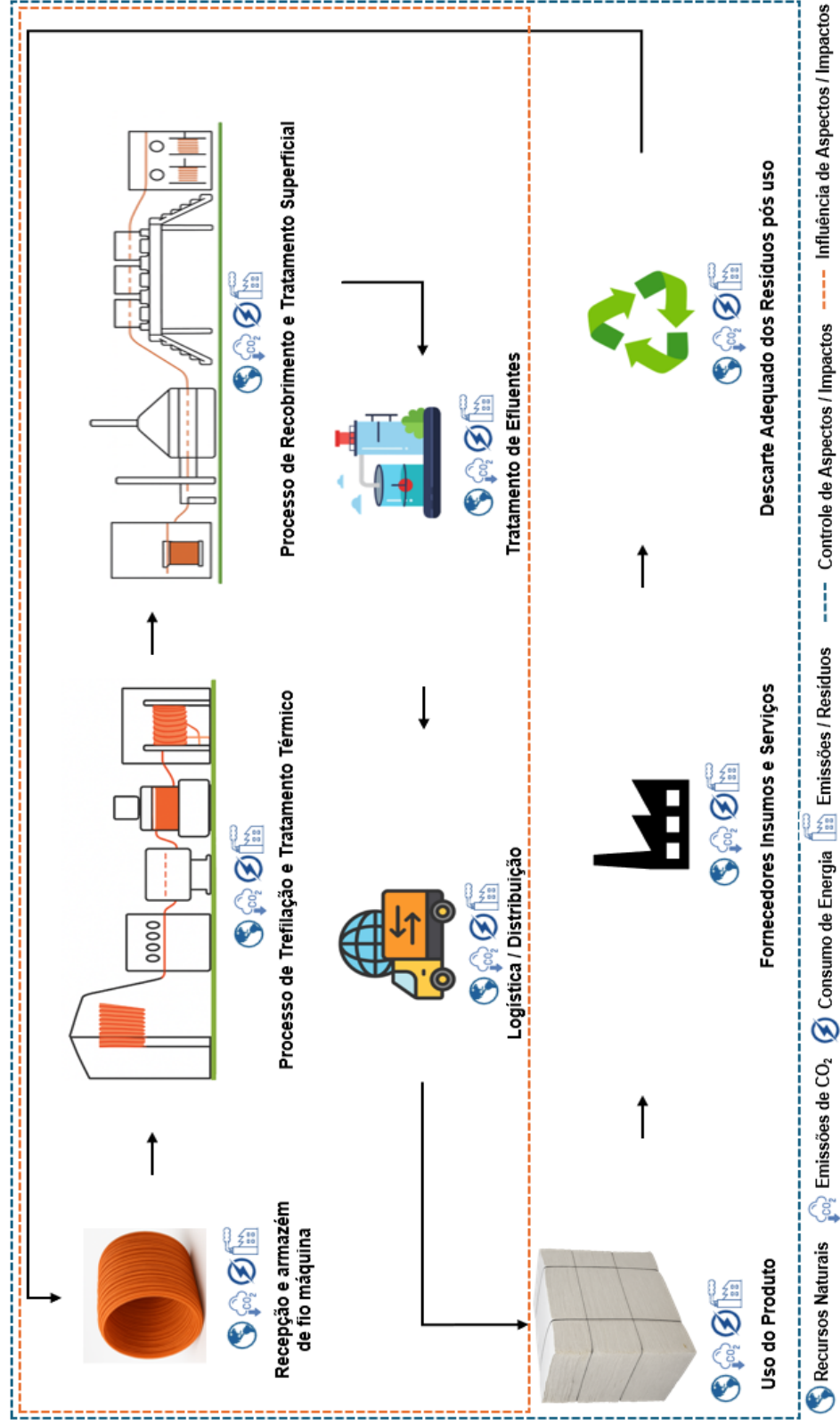
aspectos ambientais deve considerar todas as fases relacionadas ao ciclo de vida do produto, abrangendo desde a aquisição de matérias-primas até o descarte final, incluindo etapas de transporte, uso e pós-uso. A compreensão estruturada dessas etapas possibilita identificar pontos críticos de impacto e reconhecer oportunidades de melhoria ambiental ao longo de toda a cadeia produtiva.

Na empresa estudada, espera-se que a incorporação da Perspectiva de Ciclo de Vida permita que o LAIA amplie o escopo da avaliação para além das fronteiras físicas da empresa, permitindo identificar impactos associados às fases de aquisição de matérias-primas, produção, transporte, uso e descarte final. Não englobando apenas as atividades diretamente executadas no processo industrial, mas também os impactos associados aos fornecedores, aos fluxos logísticos, às etapas intermediárias de beneficiamento e às rotas de destinação e tratamento de resíduos pós-consumo.

A Figura 10, apresentada a seguir, representa o ciclo de vida dos produtos da indústria em estudo, destacando as fases de transformação, transporte, utilização e descarte, bem como os principais pontos de geração de impactos ambientais inerentes ao processo. A ilustração contempla desde a recepção do fio-máquina até os processos de trefilação, tratamento térmico, recobrimento e tratamento superficial, avançando para as etapas de distribuição, uso dos produtos e destinação final ambientalmente adequada.

Figura 08 – Perspectiva de Ciclo de Vida dos Produtos

CICLO DE VIDA DO PRODUTO



Fonte: Elaboração Própria, utilizando o Canva (versão gratuita)

No ciclo demonstrado na Figura 10 é evidenciado o ciclo de vida macro dos produtos. No pontilhado azul, encontram-se as etapas nas quais a empresa detém controle direto sobre seus aspectos e impactos ambientais, permitindo identificar elementos como consumo de energia, uso de recursos naturais e água, além da geração de resíduos sólidos, efluentes e emissões atmosféricas, todos representados graficamente por meio de ícones. Já no pontilhado laranja estão as etapas em que a organização exerce apenas influência, especialmente no que se refere aos aspectos e impactos ambientais vinculados ao uso e ao descarte dos produtos ao término de sua vida útil.

Considerando que o material possui potencial de reciclagem integral, quando descartado adequadamente, ele pode ser reinserido na cadeia siderúrgica para a produção de novos fios-máquina, fechando o ciclo produtivo, caracterizando um processo de circularidade no qual o material pode retornar diversas vezes ao sistema fabril, contribuindo para a redução de impactos ambientais e para o aumento da eficiência no uso de recursos.

Assim, espera-se que essa abordagem amplie a qualidade da avaliação ambiental, reforçando sua aderência às exigências normativas, promovendo maior consistência metodológica ao LAIA e contribuindo para alinhá-lo aos princípios do desenvolvimento sustentável e da melhoria contínua.

A expectativa é de que esse critério evidencie a etapa em que se concentra mais impactos significativos, sejam eles fora do processo produtivo direto - na cadeia de suprimentos e na fase pós-consumo -, na logística e no processo produtivo em si. Além disso, é esperado que essa visão integrada contribua para o fortalecimento de políticas de compras sustentáveis, avaliação de fornecedores e adoção de práticas de logística reversa, proporcionando um LAIA mais completo e alinhado às exigências normativas atuais.

5.3.4 Aspectos Legais

A incorporação do critério Aspectos Legais no Levantamento de Aspectos e Impactos Ambientais (LAIA) representa um dos pilares fundamentais para assegurar que o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) opere em conformidade com a legislação vigente e evite a geração de passivos ambientais, administrativos e reputacionais. A ISO 14001:2015 estabelece que a organização deve identificar, acessar e atualizar continuamente os requisitos legais e outros requisitos aplicáveis às suas atividades, incluindo legislações federais, estaduais e municipais, normas técnicas, resoluções de órgãos reguladores e condicionantes de licenciamento ambiental. Assim, espera-se que a análise baseada em aspectos legais assegure que os impactos ambientais sejam avaliados sob o ponto de vista normativo, permitindo que a empresa compreenda não apenas o potencial de dano ambiental, mas também o risco de descumprimento de obrigações formais.

No contexto em questão, a inclusão desse critério tende a permitir a identificação de aspectos que, mesmo apresentando impacto ambiental moderado, podem assumir elevada relevância devido à existência de legislações específicas que exigem controle rigoroso, como: o tratamento adequado de efluentes conforme resoluções do CONAMA; limites de emissões atmosféricas estabelecidos por normas estaduais; obrigações de rastreabilidade e destinação final de resíduos sólidos conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e o sistema de Manifesto do Transporte de Resíduos; condicionantes previstos nas etapas do licenciamento ambiental; normas de armazenamento e manuseio de produtos químicos; e requisitos de segurança associados a substâncias perigosas. Espera-se que esse critério destaque práticas e/ou atividades que exijam monitoramento regular, laudos técnicos e registros operacionais sob pena de infrações administrativas e responsabilização ambiental.

Além disso, prevê-se que a utilização do critério de aspectos legais contribua para fortalecer a rastreabilidade e a documentação do SGA, uma vez que, para cada aspecto identificado, será necessário indicar a legislação correspondente e os requisitos específicos que orientam seu controle. Essa prática tende a ampliar a transparência da gestão ambiental e facilitar auditorias internas, auditorias externas e inspeções de órgãos ambientais.

Espera-se também que a análise legal favoreça a identificação de lacunas de conformidade e a definição de prioridades de ação, permitindo a construção de planos preventivos, programas de monitoramento e revisões de procedimentos operacionais que reduzam a probabilidade de não conformidades.

Adicionalmente, o critério de aspectos legais amplia a capacidade do LAIA de antecipar riscos regulatórios, identificando potenciais mudanças legislativas que podem impactar processos, padrões de controle ou requisitos de licenciamento. Dessa forma, espera-se que a organização desenvolva uma postura mais proativa no atendimento às normas, reduzindo vulnerabilidades e fortalecendo sua imagem institucional perante órgãos reguladores, clientes e sociedade.

Em síntese, a incorporação dos aspectos legais ao LAIA tende a tornar a avaliação ambiental mais consistente, segura e tecnicamente embasada, permitindo que a empresa identifique e trate de modo prioritário aqueles aspectos associados a obrigações normativas e cujos impactos podem gerar consequências legais relevantes. Espera-se, portanto, que esse critério contribua para consolidar uma gestão ambiental orientada à conformidade, à prevenção de riscos e ao fortalecimento da governança ambiental organizacional.

5.4 Comparação entre Matrizes

A revisão da matriz de aspectos e impactos ambientais constitui uma etapa essencial para assegurar que a ferramenta permaneça coerente com a realidade operacional do processo produtivo e atenda às exigências do Sistema de Gestão Ambiental.

Com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de novos itens no processo de identificação e priorização de aspectos ambientais, realizou-se uma análise comparativa entre a matriz inicial de aspectos e impactos ambientais e a matriz revisada. Essa análise buscou evidenciar as diferenças quantitativas entre as versões e compreender de que forma as sugestões de inclusão de novos itens influenciou quantitativamente nos resultados obtidos.

Em termos quantitativos, observou-se um acréscimo de 10 itens na matriz revisada. A matriz inicial contemplava 59 itens, enquanto a versão atualizada passou a incluir 69 itens, refletindo uma ampliação relevante no nível de detalhamento das atividades e processos avaliados. Tal incremento decorre dos seguintes itens, (Quadro 19) que não haviam sido consideradas anteriormente, proporcionando um diagnóstico mais abrangente e reduzindo lacunas na avaliação ambiental.

Quadro 19 – Aspectos Implementados na Matriz

Nº	Código / Processo	Atividade	Aspecto	Descrição do Aspecto
1	Geral	Abastecimento	Geração de resíduos sólidos	Sucata Metálica
2	Geral	Abastecimento	Emissão de gases/vapores	Empilhadeiras
3	Geral	Abastecimento	Consumo de combustível	Empilhadeiras
4	Geral	Abastecimento	Vazamento de combustível	Empilhadeiras
5	Trefilaria	Bobinamento	Geração de resíduos sólidos	Sucata Metálica
6	Trefilaria	Bobinamento	Consumo de energia elétrica	Energia Elétrica
7	Geral	Banhos Químicos	Geração de resíduos sólidos	PVC / PP tubos, conexões e bombonas
8	Geral	Utilização pelo Cliente	Geração de resíduos sólidos	Arame
9	Geral	Utilização pelo Cliente	Geração de resíduos sólidos	Material de embalagem (Papel, Plástico e Papelão)
10	Geral	Utilização pelo Cliente	Geração de resíduos sólidos	Material de Embalagem contaminado com óleo

Fonte: Elaboração Própria

No que se refere aos aspectos significativos, também foi constatado um aumento consistente. A matriz inicial identificava 37 aspectos significativos, enquanto na matriz revisada identificou-se 44, resultando em uma diferença de 7 aspectos classificados como significativos. Esse resultado indica que a ampliação dos itens avaliados contribuiu diretamente para a identificação de impactos adicionais com relevância potencial, reforçando a sensibilidade da ferramenta de análise.

Apesar do aumento no número de itens e na quantidade de aspectos significativos, verificou-se que o nível de classificação dos aspectos não apresentou alteração entre as versões. Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de que os critérios de avaliação já estavam bem definidos e devidamente delimitados na matriz antiga, garantindo consistência na aplicação dos parâmetros de significância, mesmo após a inclusão dos novos elementos.

De forma geral, a comparação entre a matriz inicial e a matriz revisada demonstra que a atualização metodológica ampliou o escopo e a precisão da análise, sem comprometer a estabilidade dos critérios de classificação. Assim, o processo de revisão contribuiu para fortalecer o diagnóstico ambiental e aprimorar a capacidade do sistema de gestão em identificar e priorizar aspectos relevantes.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que a gestão ambiental, quando aplicada de maneira estruturada, baseada em critérios técnicos e integrada ao planejamento operacional, constitui uma ferramenta estratégica para o fortalecimento da sustentabilidade e para a melhoria contínua do desempenho produtivo e ambiental da organização.

O problema central da pesquisa — verificar se o LAIA vigente apresenta coerência metodológica e efetividade na gestão dos impactos ambientais do processo produtivo — foi respondido de forma substantiva. Os resultados indicaram que o levantamento atualmente empregado apresenta consistência em sua base conceitual e permite a identificação adequada dos aspectos ambientais relevantes. Além disso, verificou-se que o emprego de critérios qualitativos e quantitativos possibilitou a definição de prioridades e a estruturação de controles operacionais específicos para os impactos significativos. Entretanto, observou-se que a metodologia ainda pode ser aperfeiçoada mediante a inclusão de abordagens que incorporem, por exemplo, a análise de riscos e oportunidades, a perspectiva de ciclo de vida e o atendimento mais explícito aos requisitos legais — elementos já previstos na norma ISO 14001:2015, mas ainda não plenamente incorporados ao procedimento vigente da empresa.

Da mesma forma, verificou-se que os indicadores ambientais monitorados entre 2019 e 2025 apresentaram evolução relevante — evidenciando melhorias nos índices de consumo de água, redução de resíduos, otimização do uso de insumos químicos e avanço nas ações de controle de emissões. Esses resultados confirmam a pertinência do LAIA como ferramenta de gestão e reafirmam a contribuição do presente estudo para a melhoria do desempenho ambiental da indústria analisada.

Evidencia-se que o LAIA não deve ser utilizado apenas como instrumento documental para fins de auditoria e certificação, mas sim como um mecanismo ativo de planejamento, tomada de decisão e inovação ambiental — evitando a prática comum dos chamados “LAIA de gaveta”.

Do ponto de vista acadêmico e técnico, a pesquisa contribuiu também para suprir uma lacuna identificada no setor metalúrgico: a escassez de modelos práticos e padronizados de LAIA aplicados especificamente à indústria de trefilação. Assim, o trabalho reforça a relevância de aprofundar o conhecimento científico na área, especialmente por se tratar de um setor estratégico para a economia nacional, intensivo em consumo de recursos naturais e tradicionalmente resistente à divulgação de dados produtivos e ambientais.

Em termos de contribuições práticas, constatou-se que a aplicação de um LAIA estruturado pode fortalecer a conformidade legal e reduzir riscos operacionais, além de subsidiar a definição de metas ambientais e indicadores de desempenho alinhados ao planejamento estratégico da organização. Ademais, favorece a consolidação de uma cultura preventiva e a tomada de decisões fundamentadas em evidências, ampliando o alinhamento do Sistema de Gestão Ambiental aos princípios da economia circular e da sustentabilidade industrial. Como consequência, observa-se também a geração de vantagens competitivas e o fortalecimento da imagem socioambiental da empresa perante o mercado e as partes interessadas.

Portanto, conclui-se que o LAIA é, de fato, a espinha dorsal de um Sistema de Gestão Ambiental eficaz, desde que tratado como instrumento dinâmico, preventivo e integrado à estratégia corporativa. Quando utilizado com rigor metodológico e alinhado às diretrizes da ISO 14001:2015, ele se torna capaz de transformar a gestão ambiental de um mero requisito normativo em um diferencial competitivo e sustentável — o que representa o verdadeiro avanço esperado da indústria contemporânea.

Dessa forma, o presente estudo reafirma que desenvolvimento industrial e responsabilidade ambiental podem coexistir de maneira sinérgica quando conduzidos sob princípios técnicos, científicos e éticos — capazes de promover, simultaneamente, eficiência produtiva, conservação ambiental e compromisso com as gerações futuras.

7 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Diante dos resultados obtidos, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem a aplicação da metodologia proposta para outras unidades industriais e diferentes setores produtivos. Essa abordagem permitirá análises comparativas mais robustas e contribuirá para validar a versatilidade e a abrangência do método. Sugere-se também o desenvolvimento de indicadores ambientais integrados à estratégia corporativa, de forma a relacionar o LAIA aos princípios ESG.

Outro aspecto relevante diz respeito à incorporação de tecnologias digitais — como inteligência artificial, Internet das Coisas e sistemas de monitoramento automatizado —, possibilitando a criação de modelos inteligentes de gestão ambiental.

8 REFERÊNCIAS

AÇO BRASIL. **Anuário Estatístico da Indústria do Aço 2023**. São Paulo, 2023.

AKIAMA, K.; SPERS, E. **Sustentabilidade na indústria metalúrgica: tendências e desafios para 2024**. *Revista Brasileira de Gestão Industrial*, v. 19, n. 1, p. 12–29, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001:2015: **Sistemas de gestão ambiental — Diretrizes gerais para a implementação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Iso, 2015. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14004:2018 – **Sistemas de gestão ambiental — Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018.

ASSOCIAÇÃO MAPCHART. **MapChart — World Map**. MapChart.net, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mapchart.net/world.html>. Acesso em: 27 set. 2025.

ARAÚJO, R. A. **Avaliação de aspectos e impactos ambientais: uma abordagem prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

AZEVEDO, T. A.; MARÇAL, R. F.; CANDIDO, G. A. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. João Pessoa: Editora Universitária, 2017.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BARLA, Fabiano Tavares. **Sistemas de gestão ambiental: evolução, requisitos e processo de certificação segundo a ISO 14001**. São Paulo: Atlas, 2007.

BHAMU, J.; SINGH SANGWAN, K. **A conceptual framework for the implementation of green supply chain management**. *Journal of Cleaner Production*, v. 85, p. 53-64, 2014.

BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. **The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity**. *Journal of Industrial Ecology*, v. 21, n. 3, p. 603-614, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRESSON, I. B. M. **Avaliação dos aspectos e impactos ambientais: estudo de caso Siemens Healthineers, unidade Vespasiano-MG**. 2022. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

BUONO, V. T. L. et al. **Efeitos do envelhecimento por deformação em aços de baixo carbono**. *Revista Matéria*, v. 3, n. 2, p. 45–52, 1998.

CAMPOS, R. L. et al. **Avaliação das causas de rupturas de arames no processo de trefilação do aço**. *Revista Matéria*, v. 26, n. 1, p. 1–12, 2021.

CANVA. *Canva: ferramenta de design gráfico online*. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.canva.com>. Acesso em: 20 out. 2025.

CHAIB, Erick Brizon D'Angelo. **Proposta para implementação de sistema de gestão integrada de meio ambiente, saúde e segurança do trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um estudo de caso da indústria metal-mecânica**. 2015. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.

CUNHA, H. M. **Comportamento da carepa na laminação a quente de aços carbono**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2007.

DEMING, W. E. **Quality, Productivity and Competitive Position**. Cambridge: MIT Press, 1990.

DIAS, R. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2009.

DIETER, G. E. **Mechanical Metallurgy**. McGraw-Hill, 2013.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2015.

FERNANDES, Jonathan; BUSANELLO, Fernando; BEILKE, Magnus; POLACINSKI, Edio. **Etapas Necessárias para Implantação de um Sistema de Gestão Integrado**. Semana Internacional das Engenharias: FAHOR, 2011.

FERNANDES, M. R. **Tecnologia da Trefilação de Metais**. Rio de Janeiro: SENAI, 2020.

FERREIRA, Camila dos Santos; GEROLAMO, Mateus Cecílio. **Análise da relação entre normas de sistema de gestão (ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, NBR 16001 e OHSAS 18001) e a sustentabilidade empresarial**. Gestão & Produção, v. 23, n. 4, p. 689–703, 2016.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **ISO 14001:2015 – Principais alterações**. São Paulo: FIESP, 2015. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/>. Acesso em: 07 out. 2025.

GEISSDOERFER, M. et al. **The Circular Economy – A new sustainability paradigm?** Journal of Cleaner Production, v. 143, p. 757–768, 2017.

HARRINGTON, H. J.; KNIGHT, A. **ISO 14000 implementation: a practical guide to a successful environmental management system**. New York: McGraw-Hill, 2001.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Iron and Steel Technology Roadmap: Towards More Sustainable Steelmaking**. Paris: IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>. Acesso em: 02 nov. 2025.

ISO. **The benefits of ISO certification.** International Organization for Standardization, 2020.

ISO. **ISO 14040: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.** Geneva: International Organization for Standardization, 2006.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14001:2024 — Environmental Management Systems — Requirements with Guidance for Use.** Geneva: ISO, 2024.

ISO/TC 207 Environmental Management. **ISO 14001 Revision — Committee Draft developments and future directions.** Geneva: ISO, 2023. Disponível em: <https://committee.iso.org/tc207>. Acesso em: 05 nov. 2025.

ISO – International Organization for Standardization. **Climate Action and Environmental Management — Guidance for integration into management systems.** Geneva: ISO, 2024.

IISD – International Institute for Sustainable Development. **The future of ISO 14001: trends, climate priorities and global environmental governance.** Winnipeg: IISD, 2024. Disponível em: <https://www.iisd.org>. Acesso em: 05 nov. 2025.

JAPPUR, R.; et al. **Environmental Management Systems: understanding organizational drivers and barriers.** Journal of Environmental Management, v. 91, n. 3, p. 610–620, 2010.

JAWAHIR, I. S.; BRADLEY, R. **Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing.** *Procedia CIRP*, v. 61, p. 4-9, 2016.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. **Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions.** Resources, Conservation & Recycling, v. 127, p. 221-232, 2017.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. **Circular Economy: The Concept and its Limitations.** Ecological Economics, v. 143, p. 37–46, 2018.

MANN, J. **Industrial emissions and environmental performance indicators.** Journal of Environmental Engineering, v. 151, n. 2, p. 1–15, 2025.

MONTABES, L.; OLIVEIRA, J. F. G. **Sistemas de gestão ambiental e a série ISO 14000: vantagens e desafios para a implementação.** Revista Produção, v. 17, n. 3, p. 486-499, 2007.

MORAES, C. L. de; CUNHA, Í. G. F.; OLIVEIRA, M. J. E. de M.; ABDALA, E. C.; REBELATTO, D. A. do Nascimento. **Métricas ESG como determinante do desenvolvimento sustentável das cidades.** Revista Gestão e Desenvolvimento, v. 21, n. 1, p. 146–169, 2024.

MOREIRA, F. M. T. **Gestão Ambiental Empresarial.** São Paulo: Atlas, 2006.

MORANDI, L. M. **Estudo comparativo entre duas metodologias de levantamento de aspectos e impactos ambientais em uma organização do setor mecânico industrial situada em Minas Gerais. 2020.** 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. **The Circular Economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context.** *Journal of Business Ethics*, v. 140, p. 369-380, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Rio de Janeiro: ONU, 1992.

PACHECO, D. A. J.; TEN CATEN, C. S. **Modelos de economia circular e sustentabilidade industrial.** *Revista Produção Online*, v. 18, n. 3, p. 1050–1075, 2018.

PENIDO, A. P. O. M. **Metodologia de levantamento de aspectos e impactos ambientais para micro e pequenas organizações em Minas Gerais segundo os requisitos da ISO 14001:2015. 2019.** 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

PENNA, J. A.; CUNHA, H. M. **Efeitos dos óxidos de ferro na trefilação de arames.** *Revista Metalurgia & Materiais*, v. 32, n. 4, p. 67–75, 1977.

PÉREZ, J. F. **Análisis de impactos ambientales en procesos industriales.** Madrid: Editorial Académica, 2018.

PINTO, L. M. **Processos de Conformação Mecânica: Trefilação.** Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2016.

POMBO, Felipe Ramalho; MAGRINI, Alessandra. **Panorama de aplicação da norma ISO 14001:2015 no Brasil.** *Gestão & Produção*, v. 15, n. 1, p. 1–10, 2008.

RITZÉN, S.; SANDSTRÖM, G. **Barriers to the Circular Economy – Integration of perspectives and domains.** *Procedia CIRP*, v. 64, p. 7-12, 2017.

ROMÃO, Bruno José Patrício et al. **Sustentabilidade corporativa e desempenho organizacional sob a ótica dos objetivos do desenvolvimento sustentável. 2020.**

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495 p.

SANTOS, M. R. **Avaliação de impactos ambientais em processos metalúrgicos.** *Journal of Environmental Technology*, v. 14, n. 3, p. 112–128, 2021.

SARKIS, J. **A strategic decision framework for green supply chain management.** *Journal of Cleaner Production*, v. 11, n. 8, p. 797-809, 2003.

SEIFFERT, M. E. B. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001: Sistemas de Gestão Ambiental: Implantação Objetiva e Econômica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SEIFFERT, M. E. B. **Gestão Ambiental: instrumentos, técnicas e práticas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SILVA, R. A. et al. **Avaliação de desempenho ambiental em unidades industriais: uma revisão aplicada**. Revista Engenharia & Sustentabilidade, v. 7, n. 2, p. 45–60, 2022.

STAHEL, W. R. **The circular economy: A user's guide**. London: Routledge, 2019.

TEIXEIRA, Celimar Azambuja; DE SOUZA, Jamise Pereira. **Análise da Certificação ISO 14001:2015 para a Sustentabilidade e Conformidade da Legislação Ambiental**. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 10, n. 5, p. 82-104, 10 jun. 2016.

VERDE GHAIA (org.). **Etapas para identificação e avaliação de aspectos ambientais – ISO 14001**. 2019. Disponível em: <https://www.verdeghaia.com.br/levantamento-deaspectos-e-impactos/>. Acesso em: 16 nov. 2024.

VIDYASHREE, R.; SHERIFF, S. **Environmental impact assessment in metallurgical wire-drawing processes**. International Journal of Environmental Science, v. 29, n. 4, p. 220–234, 2024.

WORLD STEEL ASSOCIATION. **World Steel in Figures 2024. Brussels: Worldsteel, 2024**. Disponível em: <https://worldsteel.org>. Acesso em: 15 set. 2025.

WRIGHT, J. **Wire Drawing Lubrication Technology**. London: Elsevier, 2011.

PLANILHA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

REVISÃO		21/06/2023	AVALIAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA										CONTROLES			OBSERVAÇÃO						
			CONTROLE																			
			REAL			POTENCIAL			CONTROLE													
SEQUÊNCIA	PROCESSO	ATIVIDADE/TAREFA	ASPECTO	DETALHE	IMPACTO	TIPO	INCIDÊNCIA	SITUAÇÃO	TEMPORALIDADE	SEVERIDADE	ABRANGÊNCIA	FREQUÊNCIA	CLASSE	CONTROLE OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA						
1	Trefilaria	Decalaminação	Geração de resíduos sólidos	Carepa	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	2	12	2	1	2	4	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		
2	Trefilaria	Decalaminação	Geração de resíduos sólidos	Sucata Metálica	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		
3	Trefilaria	Decalaminação	Geração de resíduos sólidos	Etiquetas (Metálica ou Plástica)	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	1	6	2	1	1	2	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		
4	Trefilaria	Trefilação	Geração de resíduos sólidos	Sucata Metálica	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		
5	Trefilaria	Trefilação	Geração de resíduos sólidos	Sabão Queimado	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	2	12	2	1	2	4	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-	Sim	
6	Trefilaria	Trefilação	Geração de resíduos sólidos	Borra Oleosa	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	3	3	2	18	3	1	2	6	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		
7	Trefilaria	Trefilação	Geração de resíduos sólidos	Arnuela de vedação	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	1	6	2	1	1	2	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		
8	Trefilaria	Trefilação	Emissão de particulado	Material Particulado	Alteração da qualidade do ar	A	I	N	A	3	3	3	27	1	3	3	9	Ciclone	Monitoramento de Parâmetros	-		
9	Trefilaria	Trefilação	Consumo de água	Água	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	Monitoramento de consumo	Outorga de Uso da Água	-		
10	Trefilaria	Trefilação	Consumo de energia elétrica	Energia Elétrica	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	Monitoramento de consumo	Controle de Demanda de Energia Elétrica	-		
11	Trefilaria	Trefilação	Geração de resíduos sólidos	Etiquetas (Metálica ou Plástica)	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	2	12	2	1	2	4	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		
12	Banhos Químicos	Banhos Químicos	Geração de resíduos sólidos	PVC / PP tubos, conexões e bombonas	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	3	3	1	9	3	1	1	3	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		
13	Trefilaria	Trefilação	Geração de resíduos sólidos	Material de embalagens	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	2	12	2	1	2	4	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		
14	Tarefas Administrativa	Tarefas Administrativa	Geração de resíduos sólidos	Lixo de escritório, componentes de informática e demais resíduos	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	1	6	2	1	1	2	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-		

Tipo: Adverso (A) ou Benéfico (B)

Incidência: Direta (D) ou Indireta (I)

Situação: Normal (N), Emergencial (E)

Temporalidade: Atual (A), Passado (P) ou Futuro (F)

Severidade, Abrangência e Frequência:
Baixa (1), Média (2) ou Alta (3)

PLANILHA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

REVISÃO		21/06/2023	AVALIAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA										CONTROLES							OBSERVAÇÃO			
			TIPO			INCIDÊNCIA	SITUAÇÃO	TEMPORALIDADE	POTENCIAL			REAL				CONTROLE			OPERACIONAL		OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA
SEQUÊNCIA	PROCESSO	ATIVIDADE/TAREFA	ASPECTO	DETALHE	IMPACTO						SEVERIDADE	ABRANGÊNCIA	FREQUENCIA	CLASSE	CONTROLE OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA	
15	Atividade industrial	Operação das unidades	Emissão de ruído	Ruído industrial	Perturbação do conforto da comunidade	A	D	N	A	3	2	3	18	3	1	3	9	SIM		EPI	Barreira Acústica	-	
16	Galvanização	Desenroladeira	Geração de resíduos sólidos	Sucata Metálica	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM		Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-	
17	Galvanização	Desenroladeira	Geração de resíduos sólidos	Sabão Queimado	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	2	12	2	1	2	4			Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	Sim	
18	Galvanização	Desenroladeira	Geração de resíduos sólidos	Etiquetas (Metálica ou Plástica)	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	1	6	2	1	1	2			Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS		
19	Galvanização	Forno de Austenização	Emissão de gases/vapores	Gás de Combustão - uso de gás natural	Alteração da qualidade do ar	A	D	N	A	1	3	3	9	1	3	3	9			Controle chama de combustao	-		
20	Galvanização	Forno de Austenização	Geração de resíduos sólidos	Sucata Metálica	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM		Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-	
21	Galvanização	Forno de Austenização	Consumo de gás	Gás Natural	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM		Monitoramento de consumo	Controle de demanda Gas Natural	-	
22	Galvanização	Banho de Chumbo	Geração de resíduos sólidos	Terra de Chumbo	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	3	3	2	18	3	1	2	6	SIM		Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-	
23	Galvanização	Banho de Chumbo	Derramamento de produto	Chumbo Líquido	Alteração da qualidade do solo	A	D	E	A	3	3	3	27	3	1	3	9	SIM		Bacia de Contenção	-	-	PAE
24	Galvanização	Banho de Chumbo	Emissão de gases/vapores	Gás de Combustão - uso de gás natural	Alteração da qualidade do ar	A	D	N	A	1	3	3	9	1	3	3	9			Controle consumo energia elétrica	-	-	
25	Galvanização	Banho de Chumbo (moinha de carvão)	Emissão de particulado	Material particulado	Alteração da qualidade do ar	A	D	N	A	3	3	3	27	1	3	3	9	SIM		Monitoramento de Parâmetros	-	-	
26	Galvanização	Banho de Chumbo	Emissão de gases/vapores	Ar quente	Alteração da qualidade do ar	A	D	N	A	1	3	3	9	1	3	3	9			Controle consumo energia elétrica	-	-	
27	Galvanização	Banho de Chumbo	Consumo de gás	Gás Natural	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM		Monitoramento de consumo	Controle de demanda Gas Natural	-	
28	Galvanização	Banho de Chumbo	Consumo de carvão	Carvão Mineral	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM		Controle de fornecedores	-	-	
29	Galvanização	Resfriamento	Geração de resíduos sólidos	Lama de limpeza de tanque	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	3	3	2	18	1	1	2	2	SIM		Monitoramento de Parâmetros	Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	PPA - 2690 - AMAS	
30	Galvanização	Resfriamento	Emissão de gases/vapores	Vapor de água	Alteração da qualidade do ar	A	D	N	A	1	1	3	3	1	1	3	3			-	-	-	

PLANILHA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS																											
REVISÃO	21/06/2023	AVALIAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA										CONTROLES															
		ASPECTO		DETALHE	IMPACTO	TIPO	INCIDÊNCIA	SITUAÇÃO	POTENCIAL						REAL				CONTROLE			CONTROLES					
									SEVERIDADE	ABRANGÊNCIA	FREQUÊNCIA	CLASSE	SEVERIDADE	ABRANGÊNCIA	FREQUÊNCIA	CLASSE	CONTROLE OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS									PLANO DE EMERGÊNCIA
SEQUÊNCIA		ATIVIDADE/TAREFA																									
31	Galvanização	Resfriamento	Consumo de água	Água para resfriamento do arame	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM				Monitoramento de consumo	Outorga de Uso da Água	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA
32	Galvanização	Decapagem química	Geração de efluentes hídricos	Efluente contaminado com produtos químicos	Alteração da qualidade da água e do solo	A	D	N	A	3	3	3	27	1	3	3	9	SIM				Monitoramento de Parâmetros	Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	PPO 1322 - GMUT			
33	Galvanização	Decapagem química	Emissão de gases/vapores	Gases ácidos	Alteração da qualidade do ar	A	D	N	A	3	3	3	27	1	3	3	9	SIM				Monitoramento de Parâmetros	Lavador de Gases	PPO 1325 - GMUT			
34	Galvanização	Decapagem química	Geração de resíduos sólidos	Lama de limpeza de tanque	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	3	3	2	18	1	1	2	2	SIM				Monitoramento de Parâmetros	Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	PPA - 2690 - AMAS			
35	Galvanização	Decapagem química	Consumo de água	Água para montagem do banho	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM				Monitoramento de consumo	Outorga de Uso da Água				
36	Galvanização	Sugador de Gotas após decaparia	Emissão de gases/vapores	Gases ácidos	Alteração da qualidade do ar	A	D	N	A	3	3	3	27	1	3	3	9	SIM				Monitoramento de Parâmetros	Lavador de Gases	PPO 1325 - GMUT			
37	Galvanização	Sugador de Gotas	Consumo de energia elétrica	Energia Elétrica	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM				Monitoramento de consumo	Controle de Demanda de Energia Elétrica				
38	Galvanização	Lavagem	Geração de efluentes hídricos	Efluente contaminado com produtos químicos	Alteração da qualidade da água e do solo	A	D	N	A	3	3	3	27	1	3	3	9	SIM				Monitoramento de Parâmetros	Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	-			
39	Galvanização	Lavagem	Consumo de água	Água para lavagem do arame	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM				Monitoramento de consumo	Outorga de Uso da Água				
40	Galvanização	Banho de Zinco	Geração de resíduos sólidos	Kevlar	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	1	6	2	1	1	2				Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS					
41	Galvanização	Banho de Zinco	Geração de resíduos sólidos	Borra e Cinza de Zinco	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM				Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-			
42	Galvanização	Banho de Zinco	Emissão de gases/vapores	Gás de Combustão - uso de gás natural	Alteração da qualidade do ar	A	D	N	A	1	3	3	9	1	3	3	9				Controle chama de combustao	-					
43	Galvanização	Banho de Zinco	Consumo de gás	Gás Natural	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM				Monitoramento de consumo	Controle de demanda Gas Natural	-			
44	Galvanização	Resfriamento	Consumo de água	Água para resfriamento do arame	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM				Monitoramento de consumo	Outorga de Uso da Água				
45	Galvanização	Bobinamento	Geração de resíduos sólidos	Sucata Metálica	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	SIM				Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-			

PLANILHA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS																								
AVALIAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA												CONTROLES												
REVISÃO	21/06/2023	AVALIAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA										CONTROLE			CONTROLES			OBSERVAÇÃO						
		POTENCIAL			REAL			CONTROLE				OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA	OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA							
SEQUÊNCIA	PROCESSO	ATIVIDADE/TAREFA	ASPECTO	DETALHE	IMPACTO	TIPO	INCIDÊNCIA	SITUAÇÃO	TEMPORALIDADE	SEVERIDADE	ABRANGÊNCIA							FREQÜÊNCIA	CLASSE	CONTROLE OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA	OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS
46	Galvanização	Bobinamento	Geração de resíduos sólidos	Etiquetas (Metálica ou Plástica)	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	1	6	2	1	1	2	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS					
47	Galvanização	Bobinamento	Consumo de energia elétrica	Energia Elétrica	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	Monitoramento de consumo	Controle de Demanda de Energia Elétrica					
48	Galvanização	Banho de Zinco	Geração de resíduos sólidos	Gaveta	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	1	6	2	1	1	2	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS					
49	Expedição	Embalagens	Geração de resíduos sólidos	Sucata Metálica	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-				
50	Expedição	Embalagens	Geração de resíduos sólidos	Madeira	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	2	12	2	1	2	4	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS					
51	Expedição	Embalagens	Geração de resíduos sólidos	Material de Embalagem (Papel, Plástico e Papelão)	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	2	12	2	1	2	4	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS					
52	Expedição	Embalagens	Consumo de energia elétrica	Energia Elétrica	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	Monitoramento de consumo	Controle de Demanda de Energia Elétrica					
53	Expedição	Embalagens	Consumo de madeira	Carretel e fechamento	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	2	3	12	Controle de fornecedores	-					
54	Galvanização	Desenrolamento	Consumo de energia elétrica	Energia Elétrica	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	Monitoramento de consumo	Controle de Demanda de Energia Elétrica					
55	Galvanização	Banho de Chumbo	Consumo de carvão	Moinha de Carvão	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	2	3	12	Controle de fornecedores	-					
56	Manutenção mecânica, elétrica, civil e eletrônica	Execução de Atendimento	Geração de resíduos sólidos	Pilhas, Baterias, lâmpadas, vidro, entulho, tintas, terra, madeira, metal e outros resíduos	Alteração da qualidade do solo	A	I	N	A	3	3	1	9	3	1	1	3	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-				
57	Tarefas Administrativa	Higiene Pessoal	Geração de efluentes hídricos	Esgoto Sanitário	Alteração da qualidade da água e do solo	A	D	N	A	3	3	3	27	1	3	3	9	Tratamento esgota pela Copasa	-					
58	Higiene Pessoal	Higiene Pessoal	Geração de resíduos sólidos	Papel Toalha / Higienico Usado	Alteração da qualidade do solo	A	D	N	A	2	3	1	6	2	1	1	2	Central de Armazenamento Temporário de Resíduos	PPA - 2690 - AMAS	-				
59	Tarefas Administrativa e operação das unidades	Higiene Pessoal e operação das unidades	Consumo de energia elétrica	Energia Elétrica	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	2	3	3	18	2	1	3	6	Monitoramento e controle de consumo	Controle de Demanda de Energia Elétrica (BBA Contagem)					

PLANILHA DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS																								
AVALIAÇÃO DE SIGNIFICÂNCIA																								
REVISÃO	21/06/2023	PROCESSO	ASPECTO	DETALHE	IMPACTO	POTENCIAL								REAL				CONTROLE		CONTROLES				
						SEVERIDADE	ABRANGÊNCIA	FREQUÊNCIA	CLASSE	SEVERIDADE	ABRANGÊNCIA	FREQUÊNCIA	CLASSE	CONTROLE	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA								
SEQUÊNCIA						TEMPORALIDADE										INCIDÊNCIA	SITUAÇÃO							
						A	2	3	3	3	18	2	1	3	6	SIM			PLANO DE EMERGÊNCIA	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OBJETIVOS E METAS	PLANO DE EMERGÊNCIA	
60	Higiene Pessoal	Consumo de água	Higientização de pessoas	Esgotamento de recursos naturais	A	D	N	A	A	2	3	3	3	3	3	6	SIM			Monitoramento e controle de consumo	Operacional	Operacional	Objetivos e metas	Plano de emergência
61	Externo	Rompimento de Bacia de Contenção	Combustível	Alteração da qualidade da água e do solo	A	I	E	A	A	3	3	3	27	3	1	3	9	SIM	SIM	Treinamento operacional	Fiscalização	Operacional	Objetivos e metas	Plano de emergência
						A														Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Treinamento operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano de emergência	
																				Controle operacional	Fiscalização	Objetivos e metas	Plano	