

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

Willian Loiola Júnior

ANÁLISE DO CONTEÚDO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL  
PARA VERIFICAÇÃO DA INTEGRAÇÃO ENTRE A ETAPA PRÉVIA DE  
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E O SISTEMA DE GESTÃO  
AMBIENTAL EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

São Carlos

2023



Willian Loiola Júnior

ANÁLISE DO CONTEÚDO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL  
PARA VERIFICAÇÃO DA INTEGRAÇÃO ENTRE A ETAPA PRÉVIA DE  
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E O SISTEMA DE GESTÃO  
AMBIENTAL EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Ambiental, da Escola de  
Engenharia de São Carlos da Universidade de  
São Paulo, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Montañó

São Carlos

2023

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

J95a	<p>Júnior, Willian Loiola</p> <p>Análise do conteúdo do estudo de impacto ambiental para verificação da integração entre a etapa prévia de avaliação de impactos ambientais e o sistema de gestão ambiental em uma indústria siderúrgica / Willian Loiola Júnior; orientador Marcelo Montañó. São Carlos, 2023.</p> <p>Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2023.</p> <p>1. Estudo de impacto ambiental. 2. Sistema de gestão ambiental. 3. Siderurgia. I. Título.</p>
------	--

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

## FOLHA DE JULGAMENTO

---

Candidato(a): **Willian Loliola Junior**

Data da Defesa: 14/11/2023

Comissão Julgadora:

Resultado:

**Marcelo Montaña (Orientador(a))**

APROVADO

**Jeferson Botelho Rodrigues**

APROVADO

**José Eduardo Matheus Évora**

APROVADO



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação



## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao corpo docente da Universidade de São Paulo, campus São Carlos, em especial aos professores do curso de Engenharia Ambiental, por sempre estarem dispostos a ensinar seus alunos, tirarem suas dúvidas e por sempre estarem abertos a ajudar e apoiar o corpo discente.

Agradeço a todos colegas e amigos com quem convivi durante os últimos anos e com quem pude compartilhar os corredores e salas da instituição, pelos momentos de união e solidariedade, assim como pelas ocasiões de alegria e felicidade.

Agradeço principalmente a minha família e aqueles que estão mais próximos de mim por sempre me apoiarem e me incentivarem a atingir meus objetivos, agradeço por sempre estarem comigo.





## RESUMO

JÚNIOR, W. L. **Análise do conteúdo do estudo de impacto ambiental para verificação da integração entre a etapa prévia de avaliação de impactos ambientais e o sistema de gestão ambiental em uma indústria siderúrgica.** 2023. 68 f Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023

Com o desenvolver de práticas ambientais e o aumento da popularidade do tema, devido tanto a grande repercussão do assunto no mundo, quanto aos incentivos e cobranças por parte da população e principalmente do governo, muitas empresas atualizaram seus planejamentos para que a gestão ambiental fosse parte integral de seu processo logístico. Entretanto, mesmo com o grande potencial contribuidor do sistema a melhoria de desempenho econômico e ambiental das empresas, muitas vezes os processos de planejamento, desenvolvimento e operação de um empreendimento acabam por apresentarem lacunas dentro de suas elaborações, tendo como ponto de partida focal da AIA, da qual contribui de forma abrangente no licenciamento de empreendimento no Brasil através de seus principais instrumentos (EIA/RIMA), e o SGA, que acaba por atuar de forma secundária e deliberativa, ficando ao rigor da empresa ou empreendimento de adotar práticas que o englobam, intensificando assim a lacuna dentro do sistema. O trabalho em questão tem como objetivo avaliar o potencial de adesão do EIA de uma usina de laminação do setor siderúrgico ao SGA, através da identificação dos impactos listados no relatório técnico do empreendimento e da análise de sua elaboração, podendo então avaliar o grau de conexão e planejamento das medidas mitigadoras de impactos ambientais com o modelo de integração entre EIA e SGA. Dessa maneira é possível verificar a adesão de cada medida ao sistema de gestão ambiental, avaliando quatro pontos chave, sendo o caráter de melhoria contínua como sendo o aspecto principal do modelo, possibilitando então, atribuir uma porcentagem de adesão do relatório ao sistema. Com os resultados finalizados, é visível o caráter e importância dada aos impactos dentro do setor siderúrgico, o que justifica os níveis de adesão para cada área de impacto (terrestre, aquático e atmosférico), contudo mesmo o setor atribuindo níveis de relevância diferentes aos impactos listados, é indispensável que mesmo as menores medidas sejam planejadas com o SGA em mente, desse forma todo o processo adotará um caráter integrado, possibilitando assim um melhor controle de possíveis impactos e consequentemente levando a obtenção de melhores resultados dentro do setor.

Palavras-chave: Estudo de impacto ambiental. Sistema de gestão ambiental. Siderurgia.



## ABSTRACT

JÚNIOR, W. L. **Analysis of the content of the environmental impact study to verify the integration between the previous environmental impact assessment stage and the environmental management system in a steel industry.** 2023. 68 f Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023

With the development of environmental practices and the increase in popularity of the subject, due both to the great repercussions of the subject around the world and to the incentives and demands made by the population and especially by the government, many companies have updated their planning so that environmental management is an integral part of their logistics process. However, even with the system's great potential to contribute to improving companies' economic and environmental performance, the planning, development and operation processes of an enterprise often end up with gaps in their preparation, with the EIA as the focal starting point, which contributes comprehensively to the licensing of enterprises in Brazil through its main instruments (EIA/RIMA), and the EMS, which ends up acting in a secondary and deliberative way, leaving it up to the company or enterprise to adopt practices that encompass it, thus intensifying the gap within the system. The aim of the work in question is to evaluate the potential adherence of the EIS of a rolling mill in the steel sector to the EMS, by identifying the impacts listed in the technical report of the project and analyzing its preparation, in order to assess the degree of connection and planning of measures to mitigate environmental impacts with the integration model between EIS and EMS. In this way, it is possible to verify the adherence of each measure to the environmental management system, evaluating four key points, with the character of continuous improvement being the main aspect of the model, making it possible to assign a percentage of adherence of the report to the system. With the results finalized, the character and importance given to the impacts within the steel sector is visible, which justifies the levels of adherence for each impact area (terrestrial, aquatic and atmospheric). However, even though the sector attributes different levels of relevance to the impacts listed, it is essential that even the smallest measures are planned with the EMS in mind, so that the whole process adopts an integrated character, thus enabling better control of possible impacts and consequently leading to better results within the sector.

**Keywords:** Environmental impact assessment. Environmental management system. Steel industry.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Reserva e produção mundial .....	28
Figura 2: Visão geral do processo siderúrgico e seus produtos .....	29
Figura 3: Comparação entre processos .....	35
Figura 4: Ciclo de ação dentro dos processos.....	36
Figura 5: Modelo de integração dos pontos.....	36
Figura 6: Mapa do local da Usina de Caucaia .....	37
Figura 7: Croqui da usina de Laminação de Caucaia .....	38
Figura 8: Croqui do espaço total atrelado a usina de Caucaia.....	38
Figura 9: Bacia Hidrográfica do Rio Cauípe e a área do empreendimento .....	39
Figura 10: Mapa geológico do Estado do Ceará .....	40
Figura 11: Amostragem dos tipos geológicos do local.....	41
Figura 12: Gráficos de absorção, densidade e porosidade de diferentes tipos de rochas .....	41
Figura 13: Índice de aridez do estado do Ceará.....	42
Figura 14: Média anual de precipitações na usina em Caucaia .....	43
Figura 15: AII - Área de Influência Indireta.....	44
Figura 16: Área delimitada pela usina e suas ADA e AID (antes da implantação da usina) ....	44
Figura 17: Modelo proposto de integração da AIA e do SGA.....	45
Figura 18: Porosidade de diferentes solos e a resistência a penetração em densidades naturais .....	49
Figura 19: Crescimento da muda em diferentes densidades em diferentes tipos de solos .....	49
Figura 20: Linhas de pressão exercidas por tratores de mesmo peso utilizando pneus convencionais e esteira .....	50
Figura 21: Carepa de ferro (pó de ferro).....	51
Figura 22: Rio Tigre durante o período de estiagem .....	51
Figura 23: Relação entre qualidade (q) do parâmetro e seu peso (w) .....	52
Figura 24: Limites de emissões atreladas ao processo de calor por combustão de gás natural	54



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Emissões de CO <sub>2</sub> por tonelada de aço produzido.....	29
Tabela 2: Modelo de lista avaliativa .....	46
Tabela 3: Dados de referência dos valores atrelados ao gás natural.....	53
Tabela 4: Características dos pontos de emissão e seus níveis.....	53
Tabela 5: Lista de verificação de impactos atmosféricos .....	54
Tabela 6: Lista de verificação de impactos terrestres .....	56
Tabela 7: Lista de verificação de impactos aquáticos.....	57





## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Aderência ao modelo de integração EIA x SGA .....	59
Gráfico 2: Aderência real ao modelo de integração EIA x SGA .....	60
Gráfico 3: Aderência do EIA ao modelo de integração com SGA .....	61



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	–	American Society for Testing and Materials
AISIT	–	American Iron and Steel Institute
SAE	–	Society of Automotive Engineers: SAE J404
LaSid	–	Laboratório de Siderurgia UFRGS
SGA	–	Sistema de Gestão Ambiental
ADA	–	Área Diretamente Afetada
UNEP	–	United Nations Environment Programme
AIA	–	Avaliação de Impacto Ambiental
EIA	–	Estudo de Impacto Ambiental
RIMA	–	Relatório de Impacto Ambiental
CONAMA	–	Conselho Nacional de Meio Ambiente
ADA	–	Área Diretamente Afetada
AID	–	Área de Influência Direta
AII	–	Área de Influência Indireta



## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	23
2.	OBJETIVO .....	26
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	28
3.1	ANÁLISE DO PROCESSO SIDERÚRGICO .....	28
3.2	ANÁLISE DO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	30
3.3	ANÁLISE DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL.....	31
3.4	INTEGRAÇÃO DO EIA COM SGA .....	32
4.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	35
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO .....	37
4.1.1	DESCRIÇÃO DO LOCAL DO EMPREENDIMENTO.....	37
4.1.2	CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DA REGIÃO.....	41
4.1.3	BIODIVERSIDADE LOCAL .....	43
4.2	RELAÇÃO E INTEGRAÇÃO ENTRE O EIA DA UNIDADE E SGA.....	45
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	48
5.1	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	48
5.1.1	IMPACTOS TERRESTRES.....	48
5.1.2	IMPACTOS AQUÁTICOS .....	51
5.1.3	IMPACTOS ATMOSFÉRICOS.....	52
5.2	ANÁLISES DE ADERÊNCIA AO MODELO DE INTEGRAÇÃO .....	54
5.2.1	MITIGAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS ATMOSFÉRICOS.....	54
5.2.2	MITIGAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS TERRESTRES .....	56
5.2.3	MITIGAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS AQUÁTICOS.....	57
5.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	58
6.	CONCLUSÃO.....	63
	REFERENCIAS .....	66



## 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento do desenvolvimento industrial dentro e fora do país, o crescente encadeamento de impactos ambientais oriundos dos impulsos tecnológicos proporcionados pela globalização vem se mostrando cada vez mais aparentes dentro do cenário mundial, provocando um certo motivo para que a sociedade buscasse por novos métodos de amenizar e solucionar os efeitos negativos oriundos desse desenvolvimento (SANTOS, 2009). Como cadeia fomentadora de impulsos, a sociedade moderna passou a requerer constantes fluxos de investimento provenientes das empresas para solucionar os problemas ambientais gerados pelas mesmas, uma vez que um dos métodos mais eficientes para solucionar um problema no âmbito ambiental é abordá-lo em sua cadeia produtiva (identificando ações que possam ser feitas para evitar ou ao menos mitigar tais acontecimentos). Tais exigências passaram a ser parte crucial e determinante do desempenho, tanto financeiro quanto público, das empresas atuais. Isso se deve aos aumentos de impactos ambientais recorrentes e consequentemente um aumento da sensibilidade social em relação a eles, incentivando assim as empresas a adotarem uma postura mais voltada e preocupada com o meio ambiente (DIAS; HENKES; ROSSATO, 2022).

Como método de integração da variável ambiental dentro de empresas e indústrias, são propostos diferentes modelos para implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), estabelecendo assim um conjunto de procedimentos que tem como objetivo a proteção ao meio ambiente, ao cumprimento das legislações estabelecidas e a identificar oportunidades de melhorias com base no desempenho da empresa, auxiliando assim no melhor controle e desenvolvimento sustentável de um empreendimento (FURUKAWA, 2022).

Entretanto, o desenvolvimento e aplicação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) se mostra relutante e repetitivo na maioria das vezes, isso pois o sistema, apesar de sua maleabilidade para ser inserido no processo de qualquer empresa trazendo inúmeros benefícios, sua continuidade e integração se mostram processos árduos a serem aplicados (SILVEIRA; ALVES; FLAVIANO, 2014).

Algo muito comum de acontecer dentro de empreendimentos, principalmente industriais, é a dissonância entre os estudos de impactos ambientais (EIA) elaborados para a implementação e operação dos empreendimentos e um sistema integrado de sistema de gestão ambiental (SGA), que aborde ambos desde sua fase inicial (SANCHES, 2016). Muitas empresas elaboram seus EIAs e AIAs visando somente a aprovação da implementação do empreendimento no local desejado, contudo, muitas das medidas propostas dentro de seus documentos não foram pensadas para estarem de acordo com o modelo proposto de SGA, isso leva muitas vezes ao abandono das medidas por parte da empresa após a aprovação da implantação e operação do empreendimento ou acaba levando ao retrabalho de elaborar novas medidas de mitigação de impactos ambientais. Isso é causado devido a uma falta de encadeamento ou conexão entre os documentos elaborados para fase de planejamento, implementação e operação de um empreendimento e os documentos emitidos posteriormente para se adequar aos requerimentos dos stakeholders, sendo assim algo muito temporário (JUNIOR; LOFRANO, 2020).

Como exemplo desta discrepância e dificuldade de assimilação entre etapas dentro do desenvolvimento de um EIA de um empreendimento, foi tomado como ponto focal, o EIA da usina de laminação de aço de Caucaia, atrelado ao grupo siderúrgico Gerdau Aços Longos S.A.

Tal documento foi tomado como base de estudos para a análise e caracterização da falha de encadeamento por praticidade, uma vez que as análises provenientes do decorrer do trabalho podem ser aplicadas da mesma maneira em outros empreendimentos.

Com o intuito de identificar e analisar os aspectos abordados dentro do EIA da usina de laminação de Caucaia, a tese vai destrinchar os componentes presentes dentro do documento que serviram para a escolha das medidas mitigadoras do empreendimento. Também será feita a análise e comparação das medidas proporcionadas com base na tese de (SANCHES, 2016) no qual é elaborada uma proposta de um modelo de integração entre AIA e SGA, dessa forma, ao final do estudo, será possível visualizar de maneira prática e rápida o nível de adesão do EIA da unidade em relação as práticas SGA, averiguando e entendendo o nível de preocupação do empreendimento com práticas sustentáveis que se estabelecem desde o seu início. Tais levantamentos e análises feitas sobre o documento de estudo de impacto ambiental vão servir como identificador de níveis de adesão do empreendimento ao sistema de gestão ambiental.

O setor de siderurgia foi escolhido devido ao seu grande impacto ambiental e econômico no mundo, uma vez que os processos de mineração intensiva dos recursos base para o processo (minério de ferro e carvão) gera um impacto extremo nos recursos naturais, sendo mais agravante ao uso do solo e da água, podendo muitas vezes competir com outras formas de uso dos recursos naturais de uma região, forçando a remoção de pontos de agricultura, turismo, pesca, pastoril etc. Além desses impactos gerados na fase inicial do processo siderúrgico (obtenção de matéria prima) também é gerado um grande impacto socioeconômico na região onde este é implementado, uma vez que por conta de sua característica de grande investimento, uma grande quantidade de mão de obra é necessária, contudo, em primeira instância tal acontecimento pode aparentar ser algo favorável para as comunidades no local, contudo, as vagas de emprego disponibilizadas nesta etapa produtiva se mostram extremamente insalubres, ao mesmo tempo que não exige uma mão de obra qualificada, o que gera uma desigualdade socioeconômica ainda maior nas regiões onde são implementadas (MILANEZ; SCOTTO; JÚNIOR; BOSSI; KATO, 2013).

Juntamente com os desenvolvimentos tecnológicos dentro do campo de desenvolvimento siderúrgico, os impactos ao ambiente no entorno dos empreendimentos também acabam por se desenvolver no quesito abrangência e frequência se tornando em uma linha crescente em paralelo a linha de desenvolvimento de novas técnica dentro do processo de produção de aço e seus produtos (NOGUEIRA; MADUREIRA, 2022).





## 2. OBJETIVO

A tese em questão tem como seu objetivo geral analisar o conteúdo do EIA de uma usina siderúrgica, localizada no município de Caucaia no Ceará (se encontrando a oeste da cidade de Fortaleza) durante o processo de confecção de aço, mais especificamente durante a etapa de laminação do aço, a fim de identificar os impactos provenientes das fases de produção do metal e a partir desses levantamentos avaliar a integração do estudo de impactos ambientais da unidade com o sistema de gestão ambiental verificando assim o condicionamento do empreendimento a sistemas de mitigação ambiental de forma integrada elaborada no início do planejamento da instalação do mesmo.

De forma mais específica, o trabalho terá como foco desenvolver os seguintes objetivos:

- Analisar e verificar o EIA da unidade e seus impactos ambientais atrelados ao processo produtivo da laminação;
- Integrar as questões de impactos oriundas da unidade e citadas no EIA com SGA, avaliando a efetividade das medidas propostas e sua capacidade de melhoria e redução de impactos;
- Avaliar as medidas adotadas pela empresa para reduzir os impactos ambientais assim como sua adesão ao modelo de integração entre EIA e SGA;



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Antes de adentrar os aspectos do local do empreendimento estudado e analisar os impactos ambientais presentes no mesmo e quais medidas mitigatórias são propostas pelo seu EIA, para poder então averiguar sua integração com o sistema de SGA, primeiro é necessário entender os 4 aspectos base desse estudo, sendo eles a magnitude e funcionamento do processo que o EIA retrata, assim como o funcionamento de um estudo de impactos ambientais, as características e aspectos do sistema de gestão ambiental e pôr fim a possibilidade de integração entre ambos.

#### 3.1 ANÁLISE DO PROCESSO SIDERÚRGICO

As siderúrgicas representam um dos grandes pilares do ramo industrial brasileiro, se mostrando presente fortemente tanto no mercado nacional, quanto no internacional (GOMAES, 2016). Este ramo de negócios, além de proporcionar diversas vagas de emprego por ano, também participa de forma crucial na produção de aço mundial, sendo responsável pela confecção de 56,7% do volume de aço global no ano de 2020 (VIANA, 2021). Isso se deve as formações geológicas do território brasileiro, uma vez que o mesmo apresenta uma das maiores reservas de minério de ferro do mundo, chegando a 30 bilhões de toneladas, estando em 5º lugar dentre os países com as maiores reservas, sendo eles Ucrânia, Rússia, China e Austrália (JESUS, 2007).

Figura 1: Reserva e produção mundial

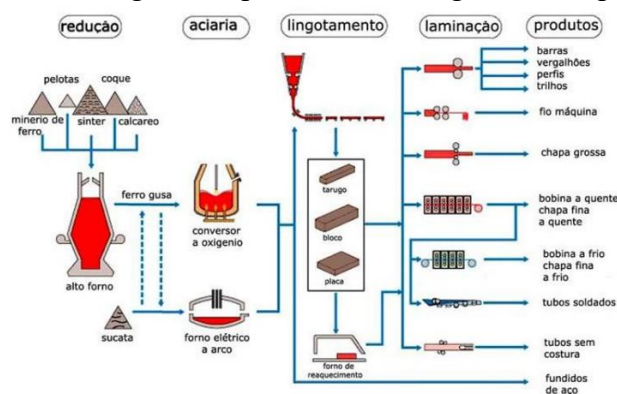
Discriminação Países	Reservas <sup>(1)</sup> (10 <sup>6</sup> t)		Produção (10 <sup>6</sup> t)		
	2007 <sup>(2)</sup>	%	2006 <sup>(3)</sup>	2007 <sup>(4)</sup>	%
Brasil	33.233	9,8	317.800	354.674	18,6
África do Sul	2.300	0,7	41.000	40.000	2,4
Austrália	45.000	13,2	275.000	320.000	16,0
Canadá	3.900	1,1	34.000	33.000	2,0
China	46.000	13,5	588.000	600.000	30,8
Estados Unidos	15.000	4,4	53.000	52.000	3,2
Índia	9.800	2,9	140.000	160.000	8,9
Rússia	56.000	16,5	102.000	110.000	6,2
Ucrânia	68.000	20	74.000	78.000	4,3
Outros Países	60.767	17,8	175.200	154.326	7,6
Total	340.000	100,0	1.800.000	1.900.000	100,0

Fonte: JESUS; DNPM/DIDEM; USGS, 2007

Dessa maneira, é visível a importância do setor para o país, contudo, sua importância não pode ofuscar os impactos ambientais que o mesmo possui a tendencia de proporcionar, possuindo diversas fontes de impactos em cada uma de suas etapas do ciclo produtivo. As fontes poluidoras do processo siderúrgico se mostram abrangentes durante suas fases, podendo alterar seu meio de propagação de acordo com a etapa produtiva, como por exemplo durante o processo de mineração, no qual os impactos ambientais mais comuns se resumem a impactos terrestres e aquáticos devido a intensa exploração do solo, levando ao seu desgaste a contaminação com resíduos do processo de mineração, que além de contaminarem a área local tanto em sua superfície quanto seu subsolo, podendo impactar diretamente com os lençóis freáticos, também possuem a tendencia de gerar danos aos ambientes aquáticos nas redondezas, levando a morte de micro e macro espécies de vertebrados fundamentais para o equilíbrio do ecossistema (RIBEIRO *et al*, 2019).

De forma geral o processo se inicia com a redução da matéria prima e seus insumos (minério de ferro, pelotas, sinter, calcário e coque) dentro dos altos fornos das usinas siderúrgicas formando então o produto conhecido como ferro gusa, o qual (com ou sem a adição de sucata) é enviado para conversores de oxigênio que são responsáveis por amolecer o material e dar as propriedades específicas do material (caráter carbônico e níveis de especialidade), sendo então levado para o processo de lingotamento e por fim de laminação, de onde saem os produtos de aço prontos para o mercado, que serão transportados ao redor do país (SCHEID,2011).

Figura 2: Visão geral do processo siderúrgico e seus produtos



Fonte: Scheid, 2011

Os impactos não cessam após a fase de mineração, eles se transformam e se adaptam as novas etapas, sendo a principal forma atrelada as emissões provenientes dos processos seguintes. Durante o decorrer do ciclo produtivo do aço, os níveis de emissões adotam valores altos que acabam se mantendo durante as fases seguintes, como é possível observar na tabela a seguir, variando um pouco de fase para fase até seu último processo produtivo, a laminação (OLIVEIRA, 2014).

Tabela 1: Emissões de CO<sub>2</sub> por tonelada de aço produzido

Fator de emissão de CO <sub>2</sub>	
Tipo de atividade	Fator de emissão (t CO <sub>2</sub> /t)
Alto-forno	1,35
BOF	1,46
Forno elétrico a Arco	0,08
Open Hearth Furnace	1,72
Sinterização	0,2
Coqueira	0,56

Fonte: Oliveira, 2014 *apud* IPCC, 2006

Fora as emissões provenientes durante o processo produtivo base, também não podem ser descartada as emissões secundárias que ocorrem durante essas fases, sendo elas oriundas dos veículos de transporte dentro das usinas e campos de armazenamento de material. Com o foco de melhoria dos processos, é necessário que ações sejam feita dentro de todas as etapas entretanto, cada fase apresenta suas dificuldades e desafios, logo é necessário estabelecer planos

de ação para cada etapa o processo, sendo o processo de laminação o mais indicado para se iniciar essas melhorias e modificações, uma vez que dentro todos os processos, este apresenta uma cadeia mais “simples” e mais aberta para novas implementações, sendo assim, o desafio primário se torna o foco principal de novas tecnologias e opções mais sustentáveis, uma vez que todo progresso é realizado a partir de uma pequena ação inicial, com isso uma unidade é adotada para ser fontes de estudos, na qual serão implementados novas opções e em caso de sucesso de diminuição de impactos sem modificação dos resultados produtivos, tais medidas podem ser adotadas por outras unidades que possuem a mesma etapa produtiva, sendo aplicada gradativamente nos outros processos de forma decrescente na cadeia produtiva, sendo a primeira fase a última a sofrer modificações.

### 3.2 ANÁLISE DO ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

O Estudo de Impacto Ambientai (EIA) é um dos instrumentos de análise oriundos da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), o qual é responsável pela identificação e análise de futuros impactos provenientes de ações de empreendimentos (SANTOS; MORAES, 2004). Sua utilização se deu como obrigatória devido as exigências de instituições financeiras responsáveis pelo financiamento de projetos governamentais, sendo assim ocorreu o processo de regulamentação do AIA, após ser introduzida pela Lei nº 6.938/1981 que dispõem sobre a política nacional de meio ambiente, através da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº001/1986, com a adaptação dos órgão ambientais responsáveis (o IBAMA por exemplo) realizada após sua elaboração (LOGICAAMBIENTAL, 2023).

Subsequentemente, o EIA e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), são componentes cruciais do AIA, contudo, ambos possuem suas similaridades e suas diferenças. O EIA consiste em um relatório técnico referente aos impactos ambientais e pontos relevantes levantados no estudo, já o RIMA é uma versão do EIA com uma linguagem menos técnica (mais simplificada) voltada para a população, uma vez que é necessário parte do envolvimento da população para o desenvolvimento do RIMA, através de auditorias públicas, petições e congressos abertos, tornando assim o estudo da localidade transparente a população que se situa no entrono do empreendimento (MORAES, 2022).

O EIA é composto por 7 etapas principais, podendo variar de estudo para estudo, sendo elas:

#### **1. Obtenção das informações gerais do empreendimento**

- a. Sendo tais informações os aspectos básicos dele, como seu histórico, porte, objetivos, localização geográfica, principais atividades, cronogramas etc.

#### **2. Caracterização do empreendimento**

- a. Nesta etapa são estabelecidas as fases que iram compor o desenvolvimento do empreendimento, sendo elas as fases de planejamento, implantação e operação.

#### **3. Área de influência**

- a. Durante essa fase, são delimitados os espaços geográficos atrelados ao empreendimento e seus arredores que podem vir a ser impactados, sendo assim identificando as áreas diretamente e indiretamente afetadas, mapeando-as.

#### **4. Diagnóstico ambiental**

- a. Chegando agora à parte mais extensa e detalhada de um EIA, a etapa 4 consiste na identificação dos pontos ambientais que podem vir a ser modificados devido à presença e as ações do empreendimento, se voltando ao detalhamento dos

meios físicos, aquáticos e atmosféricos. Avaliando por consequência os meios bióticos, abióticos e antrópicos.

#### **5. Análise dos impactos ambientais**

- a. Após o detalhamento dos pontos ambientais, é necessário ser realizado em seguida a análise dos impactos atrelados a cada meio levantado na etapa anterior, se atentando aos pontos de pressão ambiental e ecológica realizado pela implantação do empreendimento, podendo assim listá-los para mitigações futuras.

#### **6. Proposta de medidas mitigadoras**

- a. Levando em consideração os impactos levantados, são elaboradas medidas para mitigar e prevenir que tais acontecimentos venham a se tornar realidade, ou caso venham, que o impacto oriundo deles seja diminuto. Dessa forma, é proposto medida que levem em consideração, não somente os impactos em si, mas também que consideram as próprias ferramentas utilizadas para a mitigação desses impactos, com o intuito de não gerar um acúmulo subsequente ou trocando um efeito por outro.

#### **7. Programa de monitoramento e acompanhamento dos impactos**

- a. Por fim, é realizado um cronograma, ou método de monitoramento dos impactos mitigados e não mitigados do empreendimento, podendo então realizar análises de solo, água e atmosféricas para verificar o andamento das medidas, assim como para verificar o avanço de possíveis impactos novos ou de algum que tenha ficado obscurecido por outra mitigações.

Tais etapas podem ser encontradas nos EIAs elaborados para empreendimentos de grande e pequeno porte, tendo seus métodos avaliativos se diferindo de autor para autor, de empresa para empresa. Mas todos atingindo o mesmo objetivo de elaborar um EIA e aprovar a implantação de um empreendimento (MATAI, 2018)

### **3.3 ANÁLISE DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL**

Para compreender o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), primeiro é preciso entender sua origem e necessidade de criação. Ele consiste em uma ferramenta que compões inúmeras práticas e procedimentos utilizada por empresas e negócios para adequar suas atividades produtivas principais (muitas vezes responsáveis pelo lucro do negócio) com técnicas de sustentabilidade através da identificação, controle e minimização dos impactos ambientais oriundos de seu processo produtivo, promovendo assim uma gestão mais sustentável, sendo mais consciente com os recursos naturais utilizados e com os impactos que seus processos podem vir a proporcionar no ambiente ao seu entorno (WILLICH, 2023).

Contudo, o desenvolvimento e necessidade de utilização do SGA não são provenientes somente de ideias de sustentabilidade e vontade de mudança, sua origem tem início a partir do momento que as crescentes preocupações com questões ambientais deram início a uma nova fase dentro do mercado mundial de incentivos de práticas mais sustentáveis, resultando em uma grande pressão comercial e social sobre as empresas que não se atualizam com essas novas práticas, tendo sua utilização comprovada por trazer benefícios econômicos e ambientais para aqueles que realizam a adesão do sistema a suas ações (ESTEVES; HENKES, 2016).

Segundo a Resolução CONAMA nº 306/02, o sistema de gestão ambiental (que serve de base para o SGA) é definido como sendo a direção e controle da utilização de recursos naturais

e dos riscos ambientais acometidos ao meio ambiente, contudo, a resolução também afirma que isso é realizado por intermédio do SGA, que por sua vez é representado como parte do sistema de gestão global que tem como objetivo estruturar a organização com práticas sustentáveis, e atividades que abrangem o desenvolvimento mais ambientalmente correto (LEMA, 2020).

Sua utilização do sistema se mostrou benéfica ao integrar as questões de sustentabilidade, juntamente com a adesão dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e práticas de *Environmental Social and Governance* (ESG), resultando na mudança de cultura de empresas e trazendo com isso novas oportunidades de negócios, assim como investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), assim como inovação, gerando assim novos critérios para o estabelecimento de empreendimentos (FURUKAWA, 2022).

Por fim, sua utilização acaba por trazer mais benefícios do que malefícios aos negócios implementados sendo eles a utilização consciente de recursos naturais, assim como aumento de investimentos em tecnologias voltadas para as práticas ESG, levando então a uma melhor aplicabilidade de legislações ambientais, resultando tudo isso em uma diminuição de riscos ambientais e um aumento no desenvolvimento sustentável (EDUARDO, 2019).

### 3.4 INTEGRAÇÃO DO EIA COM SGA

Falar sobre a integração do SGA com o AIA, subsequente com o EIA e com o RIMA, se mostra como sendo uma tarefa um pouco complicada, uma vez que suas obrigações são diferentes, enquanto um apresenta uma obrigação por lei para que o funcionamento e implantação do empreendimento seja legalizado, o outro consiste apenas em normas adotadas por empresas.

A implementação do EIA se mostra com um caráter obrigatório para a aprovação da implantação de alguns, uma vez que o órgão ambiental estadual exige a elaboração de um EIA/RIMA para que se possa dar continuidade na implantação de qualquer empreendimento que venha a ser um potencial causador de impactos ambientais no seu local de implantação (BARTO, 2018).

Já a implementação do SGA não é algo que seja de obrigação das empresas, mas sim algo recomendado, uma vez que ele consiste em um compromisso voluntário adotado pela organização com o objetivo de adotar medidas e práticas sustentáveis atreladas a sua gestão ambiental, seguindo valores e normas padronizadas pela ISO 14.001, sendo assim sua obrigação não é necessária (SANTOS, 2018). Sendo assim sua adesão fica ao rigor da empresa e seus planos de sustentabilidade, que podem considerar os impactos futuros da empresa, assim como pressões do público e dos investidores.

Assim sendo, a integração dos dois assuntos não é algo garantido dentro das empresas e indústrias, um por ser um instrumento de gestão ambiental pública e outro por ser um instrumento de gestão ambiental privada, a questão de integração de ambos se mostra mais difícil de analisar devido à ausência de trabalhos que abordem o tema (sendo parte justificável pelo caráter optativo do SGA), entretanto ambos os instrumentos apresentam características semelhantes, contudo, tais semelhanças acabam por serem esquecidas pelos elaboradores, gerando assim um retrabalho de elaboração do estudo. Para a integração de ambos instrumentos ser efetiva, é necessário que ao já se possuir o EIA, a implementação do SGA deve ser feita após uma análise detalhada do instrumento base do licenciamento do empreendimento, pois muitas vezes, medidas que vão vir a serem propostas ou análises ou levantamentos de dados que devem ser feitos podem ter sido elaborados previamente no estudo, possibilitando assim



um desenvolvimento e implantação mais rápida do SGA, consequentemente incentivando o aumento de práticas desse calibre dentro da própria empresa e de outras que se testemunhem o desenvolvimento e crescimento sustentável de uma organização com um sistema de gestão ambiental integrado (VASCONCELOS, 2019; SANCHES, 2016).

Por fim, o crescente desenvolvimento de técnicas e necessidades envolvendo SGA e o EIA vão impulsionar a elaboração de sistemas mais integrados que por sua vez possibilitam assim a integração de ambos com a utilização de um modelo a ser inserido em futuros empreendimentos que permite com que outros instrumentos de política ambiental possam ser integrados futuramente a esses dois gerando assim uma gestão ambiental integrada.



## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

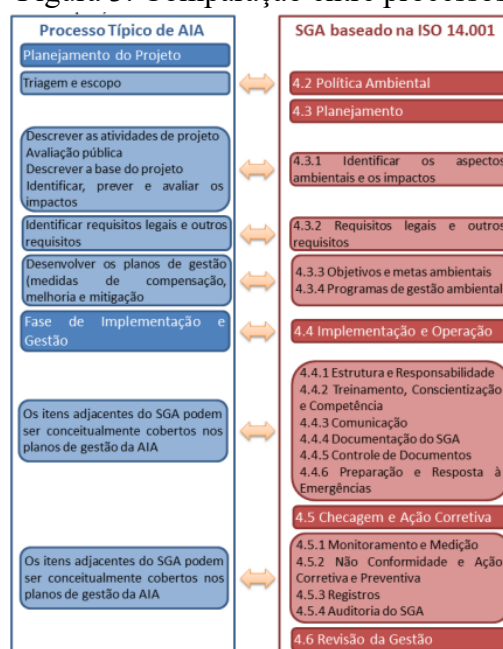
O processo será abordado através de duas escalas, uma voltada na utilização do EIA da unidade com o intuito de focalizar nos impactos externos a empresa, e outra voltada para a integração do EIA com, visando aspectos de processo de mitigação de impactos ambientais mais integrados.

Para a elaboração do estudo, foram levados em consideração todos os aspectos ambientais referenciado no documento do EIA, sendo assim, a análise levou em consideração os impactos listados no relatório, assim como os possíveis impactos futuros oriundos do empreendimento para uma melhor compreensão do cenário e sua magnitude. Dessa forma, foi possível subdividir a análise em duas frentes, uma focando na análise das citações, e outra as revisitando para realização dos levantamentos técnicos e analíticos.

Na primeira frente, será utilizado do próprio EIA da unidade, juntamente de documentos técnicos de georreferenciamento e teses voltadas para mitigação de impactos e caracterização de impactos voltados as etapas do processo de laminação, não se restringindo somente ao processo produtivo em si, mas também para os processos adjacentes aos processos que estejam localizados dentro dos limites delimitados pelo espaço geográfico da usina de Caucaia. Nesta frente o desenvolvimento dos resultados e discussões irá girar em torno destes documentos específicos, uma vez que retratam os pontos listados dentro do local.

Já na segunda frente, os documentos utilizados anteriormente também vão ser revisitados para a reelaboração e compilação dos pontos atrelados a unidade e seu EIA, contudo, outro material que será de extrema importância para o desenvolvimento desta segunda frente e futuramente da conclusão da tese, é a tese de Sanches (2016). As informações e análises apresentadas nesta monografia vão servir para a estabelecer a relação e integrar o EIA da unidade com o SGA, seguindo os pontos de comparação apresentados na figura a seguir:

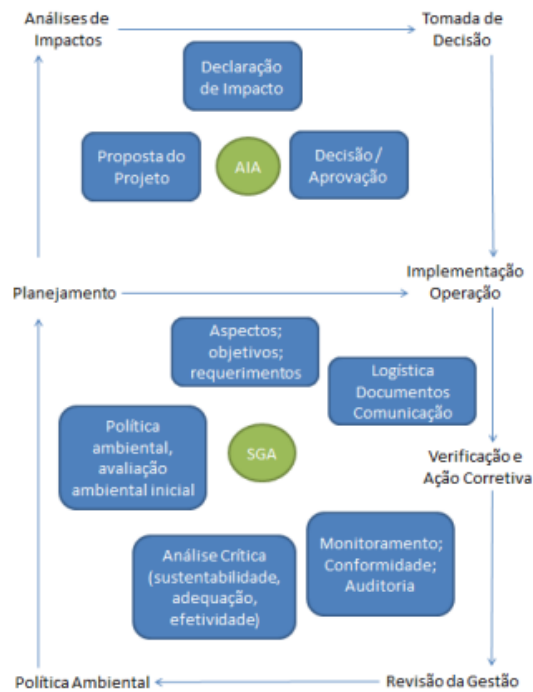
Figura 3: Comparação entre processos



Fonte: Sanches, 2016

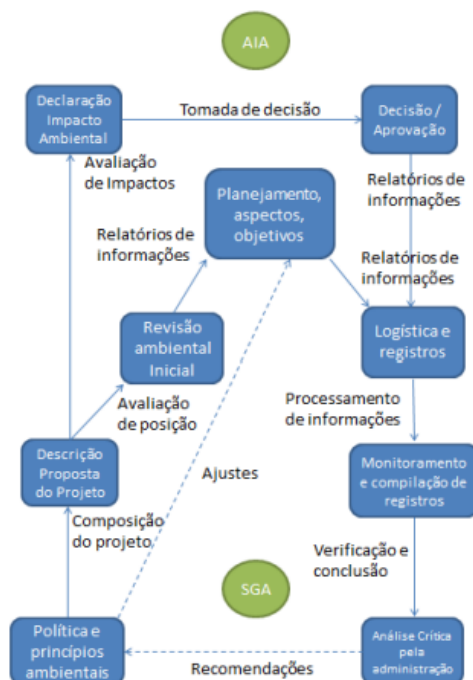
Sendo analisado ambos os pontos, será possível estabelecer uma perspectiva ente os dois pontos (EIA e SGA) e consequentemente será possível integrá-los dentro de um sistema único e mais bem estabelecido. Dessa forma com a junção dos dados provenientes do EIA, será viável a realização de uma análise empírica sobre o encadeamento dos sistemas, resultando assim em uma nota aplicada ao local referente a sua capacidade de integração.

Figura 4: Ciclo de ação dentro dos processos



Fonte: Sanches, 2016 *apud* Perdicoúlis, 2012

Figura 5: Modelo de integração dos pontos



Fonte: Sanches, 2016 *apud* Perdicoulis, 2012

A implementação da usina leva a alterações nas condições ambientais do local implantado e da região em seu entorno, uma vez que sua implementação levou a impermeabilização de solos, aumento do tráfego de veículos pesados na região, juntamente com o aumento de ruídos e do aumento da iluminação da área, modificando assim os hábitos noturnos dos animais que residem no entorno (INFOAMBIENTAL, 2012). Isso mostra que o empreendimento é propenso a realização de modificações intensas na região, podendo abranger todo o espectro de significância dos níveis e duração dos impactos. Para poder avaliar tais questões com mais profundidade e concreticidade, é necessário analisar ponto a ponto os aspectos que esses impactos abrangem, sendo assim, a avaliação e caracterização dos meios principais de transporte e residência das linhas de alteração climáticas e ambientais se mostra fundamental no desenvolvimento da tese.

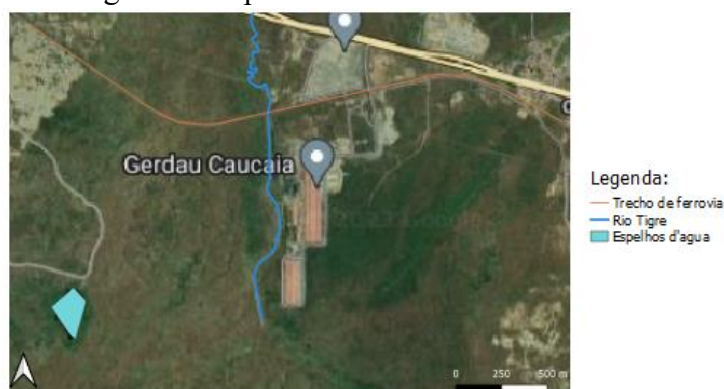
#### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

Com o objetivo de criar uma base de estudos abrangente sobre a região, é crucial identificar e documentar os impactos ambientais resultantes das atividades do empreendimento. Para isso, é essencial considerar as características climáticas, georreferenciamento e biológicas. Essas informações fornecerão uma base sólida para realizar análises de impacto mais concretas e coerentes com as particularidades da região no futuro.

##### 4.1.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento da usina de laminação de Caucaia se localiza na rodovia BR 222, no Km 32, no distrito de Guararu, dentro do município de Caucaia no estado do Ceará. A localização com uma área disponível de 148,3480 hectares, na qual está contido um trecho da Ferrovia Transnordestina, assim como um trecho de aproximadamente 1.3 Km de extensão do Rio Tigre, com a Usina estando a uma distância de 190 m (em linha reta) do rio em questão.

Figura 6: Mapa do local da Usina de Caucaia

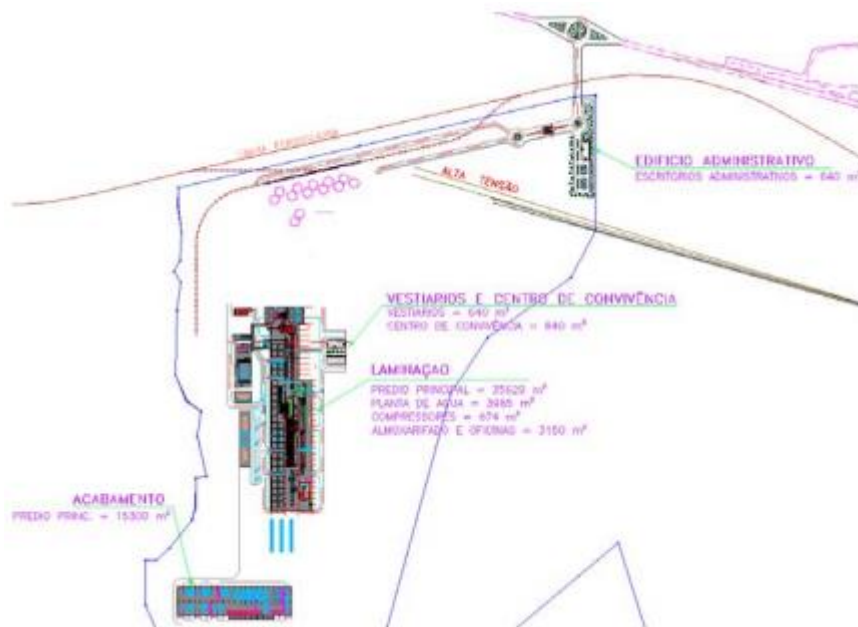


Fonte: Autoral, 2023

Dentro desses 148 hectares, a usina utiliza 43.429 m<sup>2</sup>, sendo o espaço restante voltado para outros usos que forem surgindo durante o processo, como espaço a mais para

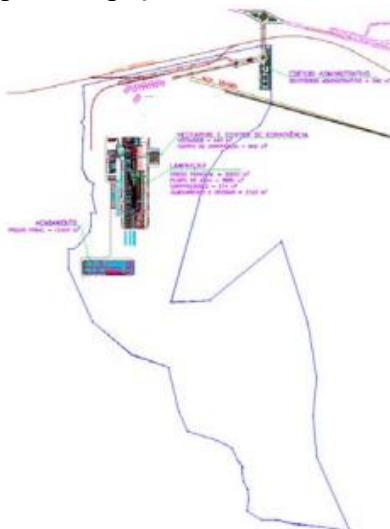
armazenamento ou para implementação de futuros maquinários. A seguir é possível visualizar as dimensões do empreendimento em relação ao seu espaço total, através do seu croqui, é detalhado as estruturas presentes e suas dimensões.

Figura 7: Croqui da usina de Laminação de Caucaia



Fonte: Infoambiental, *apud* Russula, 2012 – Adaptado pelo Autor

Figura 8: Croqui do espaço total atrelado a usina de Caucaia



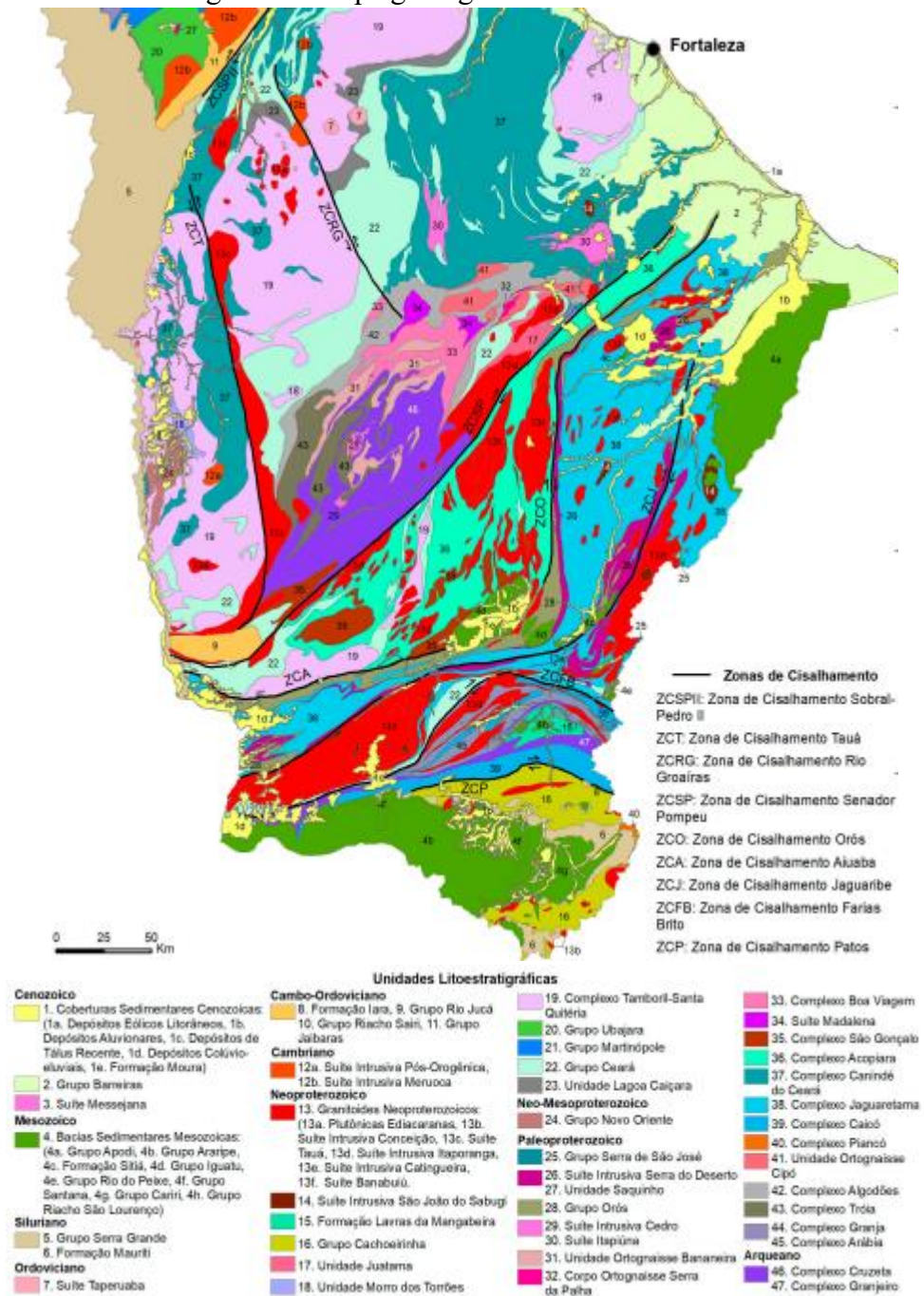
Fonte: Infoambiental, *apud* Russula, 2012 – Adaptado pelo Autor

Para o desenvolvimento seguinte da caracterização e espaçamento geográfico e geomorfológico da região de implementação do empreendimento, será considerada a bacia hidrográfica do rio Cauípe, na qual está localizado em sua integridade todo o corpo hídrico do Rio Tigre, conseqüentemente a usina implementada na região, tem como sua área de impacto principal (ou área diretamente afetada – ADA) a região da Bacia do Rio Cauípe. A seguir é possível visualizar a bacia com a área de implantação da usina de Caucaia.





Figura 10: Mapa geológico do Estado do Ceará



Fonte: PINÉO, 2021 – Adaptado pelo Autor

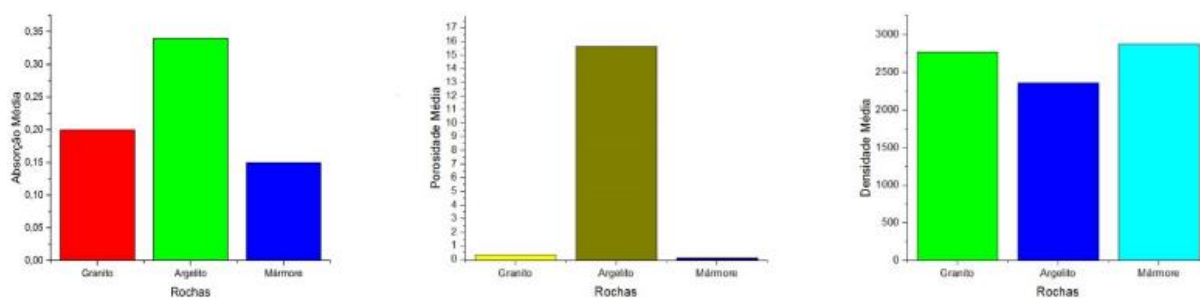


Figura 11: Amostragem dos tipos geológicos do local



Fonte: Fonte: CPRM, 2021 – Adaptado pelo Autor

Figura 12: Gráficos de absorção, densidade e porosidade de diferentes tipos de rochas



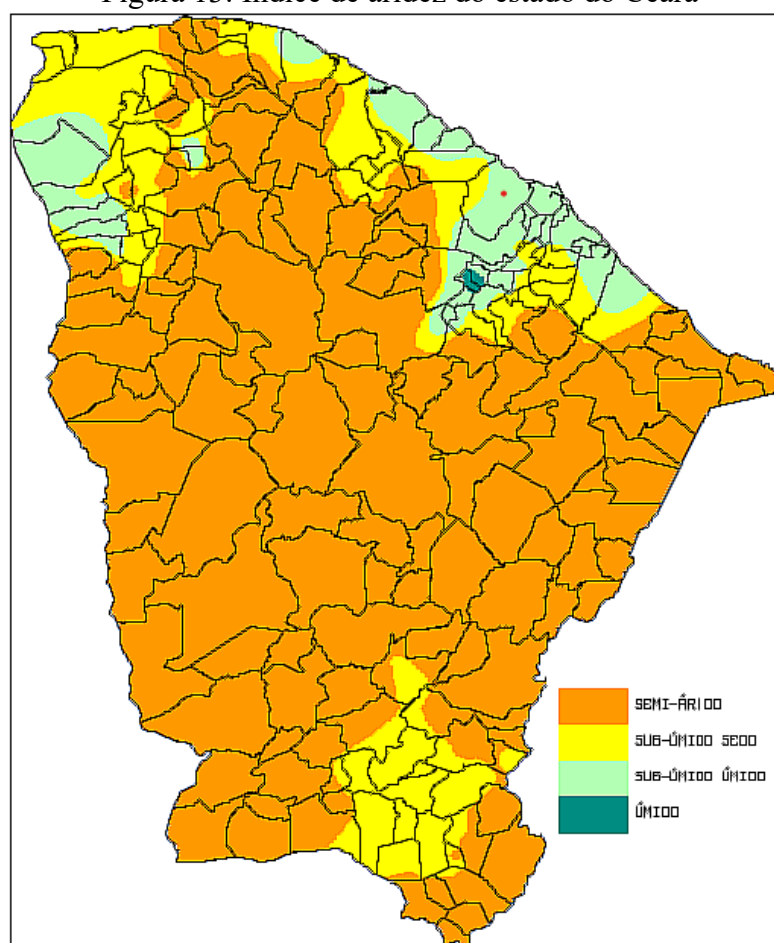
Fonte: Cruz *et al.*, 2022

Ao analisar a tipologia geomorfológica da região, suas características apresentadas devem ser levadas em consideração ao analisar os impactos ambientais possíveis no local de um empreendimento. Mesmo não possuindo altos teores de porosidade, o solo ainda é capaz de absorver quantidades consideráveis de poluentes, contudo, não o suficiente para chegar a um lençol freático ou para formar uma pluma de contaminação, entretanto, é o suficiente para ficar retido na camada superficial do solo, afetando assim a fauna e flora local, sendo mais agravante nas proximidades de rios e suas vegetações ciliares (CRUZ *et al.*, 2022).

#### 4.1.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA DA REGIÃO

O clima na região do Ceará, acaba apresentando uma característica constante e histórica da região, sendo ela o aspecto escasso atrelado aos índices pluviométricos da região nordeste. No estado do Ceará em particular, sua característica climática se assemelha aqueles de locais semiáridos com seus índices pluviométricos irregulares aos longos dos anos, que juntando ao baixo índice pluviométrico variando entre 250 mm e 800 mm. Em especial, a região abordada nos estudos desta tese, está contida em um dos pouquíssimos bolsões de clima subúmido da região do Ceará, como é possível observar no mapa a seguir, a região de Caucaia (demarcada pelo ponto vermelho) se localiza dentro da região descrita anteriormente, segundo a classificação da UNEP (1992) (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) da ONU (FUNCEME, 2019):

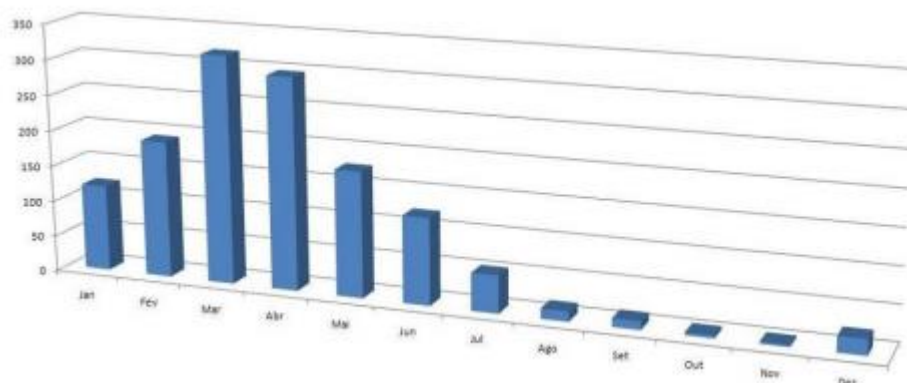
Figura 13: Índice de aridez do estado do Ceará



Fonte: Funceme, 2019 – Adaptado pelo autor

Com essas informações características definidas, juntamente pelos índices pluviométricos mensais estabelecidos pelo próprio site da Funceme, foi estabelecido pelos estudos prévios obtidos no EIA/RIMA da unidade de Caucaia um gráfico de médias mensais de precipitações com o passar dos anos na região da usina, com ano base inicial de 1974 até o ano de 2009, no qual é possível observar que a região em si obtém um aumento em seus índices pluviométricos durante o primeiro semestre de todo ano, especificando os dois meses centrais de março e abril, atingindo valores de 300 mm médios na região.

Figura 14: Média anual de precipitações na usina em Caucaia



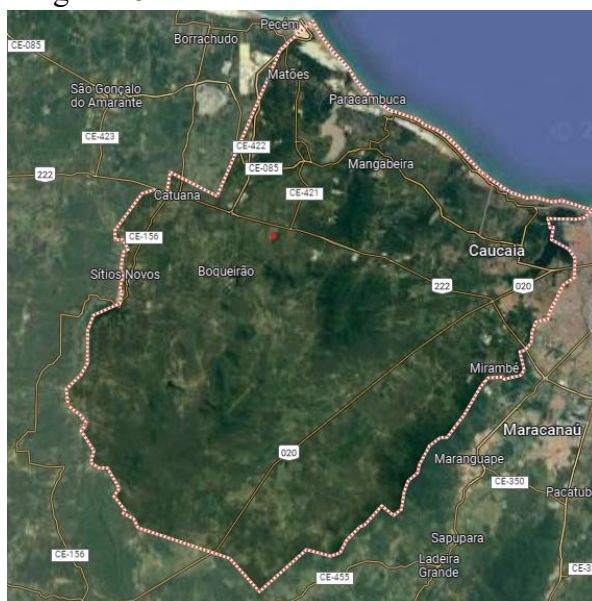
Fonte: Infoambiental, 2012

Com tais informações é possível determinar padrões comportamentais de espalhamento de impactos através de vias hídricas precipitáveis, ou seja, é possível averiguar a capacidade de contaminação de possíveis poluentes em caso de despejo no solo e em caso de precipitação no local. Por avaliação prévia e histórica, a região em si apresenta uma característica de frequência de chuvas fixa, possuindo um curto período de cheia, no qual os níveis de precipitação são abundantes, seguido de um longo período de seca que assola a região do nordeste em um todo.

#### 4.1.3 BIODIVERSIDADE LOCAL

Para compreender a questão da biodiversidade local, primeiro é preciso entender que a usina implantada (assim como outros tipos de empreendimento) não afeta somente a área diretamente no seu entorno, mas também nas regiões que se encontram ao redor de seu raio de possível impacto. Para isso são utilizados três termos específicos, sendo eles ADA (Área de Influência Diretamente Afetada) que está diretamente atrelado à área que o empreendimento utiliza, sendo assim, essa localização em si irá sofrer os impactos diretos do empreendimento, AID (Área de Influência Direta) se refere à extensão da área do empreendimento, sendo a área que fica no entorno do local do empreendimento, sendo ainda possível sofrer impactos diretos, contudo com menos possibilidade e com uma carga menor e por fim a AII (Área de Influência Indireta) que representa a área mais afastada do empreendimento, englobando assim as duas outras anteriores, nela os impactos oriundos do empreendimento se mostram como traços finos, ou até mesmo resquícios (TRILHOAMBIENTAL, 2023). Olhando de uma perspectiva geográfica, a ADA seria a usina e os limites de sua propriedade, a AID está atrelada à região no entorno da usina, como as cidades do lado, pastos, vias, residências e população, e por fim a AII seria o próprio município de Caucaia.

Figura 15: AII - Área de Influência Indireta



Fonte: Google Earth, 2023 – Adaptado pelo autor

Figura 16: Área delimitada pela usina e suas ADA e AID (antes da implantação da usina)



Fonte: Infoambiental, 2012

A vegetação da região é categorizada como uma vegetação de caatinga “savaizada”, sendo a principal formação vegetal no local, fora ela, é possível encontrar um pequeno resquício de vegetação de mangue presente na mata ciliar nas proximidades de corpos hídricos, como é no caso do Rio Ceará (mais distante da região estudada) ou nos bolsões hídricos (pequenos reservatórios) encontrados pela região, assim como no Rio Tigre (um dos braços do rio Cauípe), conforme a Prefeitura de Caucaia (2023).

Pelo fato da vegetação estar adaptada ao clima da região, ela reage imediatamente aos períodos de seca e cheia que ocorrem na localidade, mostrando o quão resiliente o sistema pode ser, contudo tal resiliência acompanha uma fragilidade, uma vez que tais mudanças adaptam o sistema a um cronograma de alterações, caso algo novo seja introduzido, como possíveis impactos, tais mudanças podem levar a uma fragilidade da biosfera local. Como é possível observar pela mudança drástica da paisagem da região, elas apresentam um fator de



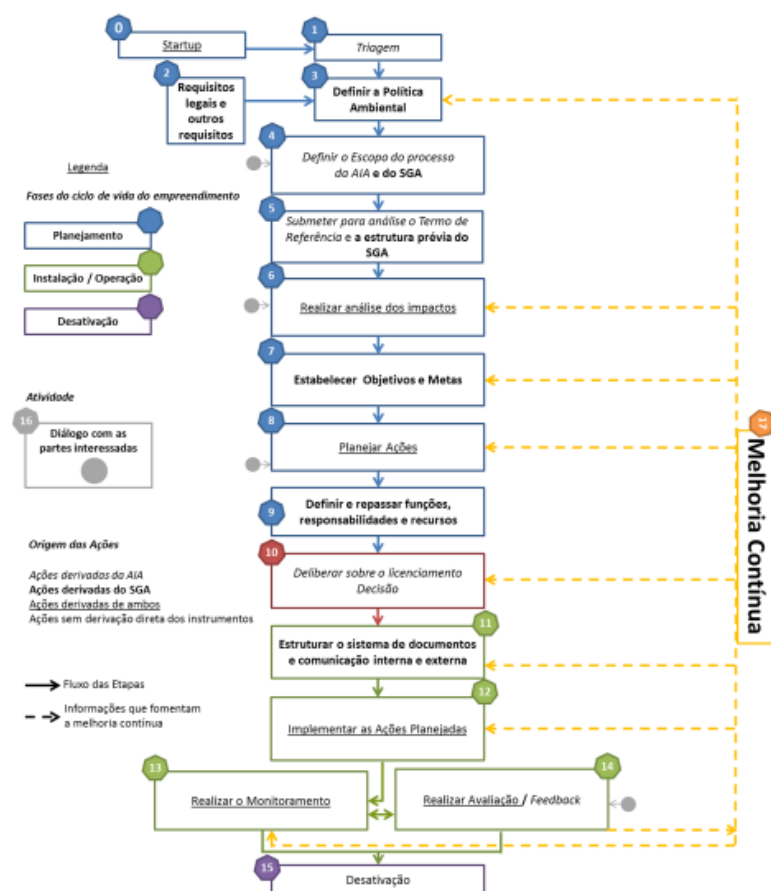
transformação e renovação constante, sendo aplicado as vegetações mais arbóreas, ciliares, de mangue, impactando não somente a vida vegetal, mas também a vida animal e macro e microbiótica da região.

## 4.2 RELAÇÃO E INTEGRAÇÃO ENTRE O EIA DA UNIDADE E SGA

Para o desenvolver a análise da aderência do estudo as práticas SGA é verificado se seu planejamento e eficiência estão de acordo com o sistema de gestão ambiental proposto pela ISO 14.001 e os pontos de conexão entre o EIA e o SGA estabelecidos pela autora da tese conhecida como “Proposta de um modelo conceitual de integração entre a avaliação de impacto ambiental e o sistema de gestão ambiental baseado na ISO 14.001” da autora Roberta Sanches.

Seguindo a mesma lógica aplicada anteriormente, será avaliado primeiramente as medidas propostas para mitigação e controle dos impactos oriundos do processo de laminação, abrangendo todas as etapas que acontecem dentro da usina, contudo, a análise será feita em relação as propostas estabelecidas pelo EIA/RIMA da unidade, consequentemente, analisando os pontos propostos que levaram a obtenção da licença de implantação e operação (LI e LO). Sendo assim, a análise será subdividida em três tópicos, sendo cada um voltado a um tipo de fonte de impactos (atmosféricos, terrestres e aquáticos).

Figura 17: Modelo proposto de integração da AIA e do SGA



Fonte: Sanches, 2016

Os pontos que serão apresentados na análise a seguir vão ser avaliados com base no modelo conceitual para integração entre AIA e o SGA elaborado por Sanches em 2016. Como

é observado no modelo anterior, a análise será feita com base nos itens 12, 13, 14 e 17, os quais seguem os seguintes padrões:

Segundo a descrição do modelo elaborada por Sanches (2016), o ponto 12 (Implementar as ações planejadas) segue como diretriz a seguinte descrição:

As ações planejadas devem ser colocadas em prática, incluindo a verificação das previsões realizadas, a necessidade de alterações, os estabelecimentos de treinamentos, bem como a implementação do SGA estruturado, todos com base no plano preliminar elaborado.

Já para o ponto 13 (Realizar o monitoramento), Sanches o descreve da seguinte maneira:

Essa etapa do modelo compreende as atividades a serem desenvolvidas que terão como objetivo verificar a efetividade da implementação das ações, medidas, planos e programas propostos, bem como identificar se o previsto se concretizou e constatar a conformidade com as políticas estabelecidas, os planos e decisões da agência, corrigindo deficiências quando necessário.

No ponto seguinte com temática de realização de feedback e avaliação, ela o descreve a seguir:

Possibilitar a identificações de ações não previstas no planejamento, incorporando-as ao processo, além de avaliar o desempenho do sistema (incluindo a Política, os objetivos e metas) e a necessidade de revisão.

E por fim, o último ponto (17) de melhoria contínua:

O modelo segue um fluxo não linear, com loops de feedback, de maneira que toda a informação necessária seja recolhida nesse processo. Caso haja necessidade, revisões e correções serão procedidas nas diferentes fases do modelo no intuito de corrigir deficiências identificadas durante o monitoramento.

O método aplicado de avaliação de integração do sistema de SGA ao EIA elaborado e aprovado para a construção da usina de laminação de Caucaia (atualmente em funcionamento) seguirá um modelo de lista de verificação, sendo os pontos principais abordando qual o impacto presente no âmbito abordado no subtópico, seguido das medidas atenuantes para mitigação e controle de tais impactos, que por sua vez vão ser averiguadas separadamente, com o intuito de atingir um resultado que possa ser visível numericamente, possibilitando assim uma compreensão mais rápida dos resultados e da conformidade do documento com o modelo de integração. A seguir é indicado como o modelo de lista de verificação irá funcionar.

Tabela 2: Modelo de lista avaliativa

<b>Impacto ambiental</b>	<b>Medidas mitigadoras</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>17</b>
Impacto atrelado a emissões	Medida mitigadora 1	X			
Impacto atrelado ao solo	Medida mitigadora 2	X	X		X
Impacto atrelado a água	Medida mitigadora 3			X	

Fonte: Autoral, 2023

No momento da análise final, o modelo irá permitir uma transformar os espaços marcados em um valor percentual (com base nos espaços totais), conseqüentemente será atribuída uma nota para o EIA da usina, com base no quanto ela se até ao sistema SGA, sendo possível (com base na nota) propor soluções mitigadoras para o próprio funcionamento e gestão de negócio.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

O funcionamento da usina de laminação de Caucaia possui um funcionamento diferente das outras usinas do setor siderúrgicos pertencentes a empresa Gerdau, por sua magnitude ser bem menor do que uma usina com aciaria, a abrangência de seus impactos não pode ser comparada como igual, contudo, isso não significa que tais impactos, comumente visto como ínfimos, não causem repercussões significativas no seu entorno, podendo até (em caso de desprezo das possíveis consequências) tomar dimensões muito maiores do que habitualmente teria. Por isso é crucial identificar os impactos possíveis e atuais presentes dentro do processo para futuramente serem mitigados, diminuindo assim o efeito.

Durante a fase de funcionamento da usina de laminação, o aço proveniente de outras usinas passa por algumas etapas fundamentais para atingir o formato do produto final e finalmente ser direcionado para o mercado. Ele consiste em 5 etapas (como é mencionado no EIA), sendo elas o armazenamento dos tarugos que serão utilizados durante o processo, seguido do aquecimento do forno, no qual é utilizado gás natural, sendo fonte padrão de aquecimento para as usinas de laminação da empresa. Após ignição do forno, os tarugos passam pelo trem (ou esteira) de laminação, no qual o aço será moldado, passando por processos de afinamento e corte das chapas produzida, em seguida percorrendo o processo de resfriamento realizado com água proveniente de uma estação de tratamento próprio localizada ao lado do prédio principal. Por fim, o produto volta para o armazenamento para ser transportado para pontos de venda ou para locais de uso final do aço laminado (INFOAMBIENTAL, 2012).

Tais etapas do processo produtivo da laminação, apresentam ou sugerem possíveis impactos ambientais atrelados ao seu desenvolvimento e operação, como as emissões provenientes do forno e dos caminhões de transporte, a poluição sonora presente no local e impactos atrelados a água, solo, fauna e flora locacional, para analisá-los, tais pontos serão subdivididos em suas fontes de disseminação dos impactos, sendo elas pela atmosfera, solo e água.

#### 5.1.1 IMPACTOS TERRESTRES

Durante a elaboração do processo de laminação do aço, incluindo a chegada do material, sua confecção e transporte final, existem alguns impactos atrelados aos sistemas terrestres dentro deste ciclo, afetando não somente as características físicas e químicas do solo em si, mas também a fauna e flora local.

Dentre esses impactos podem ser citados a pressão física que a utilização de caminhões causa sobre o solo, compactando-o, leva a algumas consequências tanto no solo em si, quanto no desenvolvimento da flora no seu entorno (SEIXAS, 1988).

Ao avaliar de forma detalhada as características de tipos de solo e seus graus de compatibilidade, ZISA (1980) elaborou uma tabela e contendo a porosidade dos solos siltosos e arenosos (como exemplos) para estudar os efeitos da compressão em diferentes características geológicas, utilizando uma mesma espécie de planta (pinheiro austríaco). Nisso é possível observar o desenvolvimento da planta de acordo com a densidade aplicada sobre as mudas.



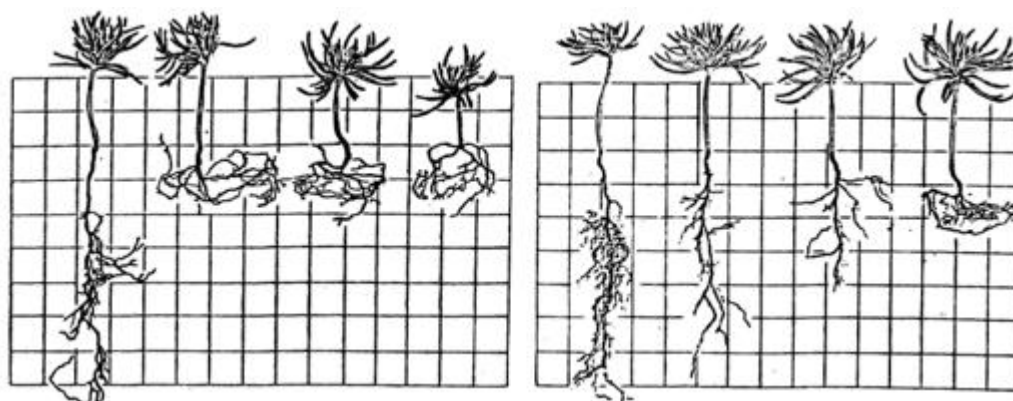
Figura 18: Porosidade de diferentes solos e a resistência a penetração em densidades naturais

Densidade natural (g/m³)	Tamanho de Poro		Resistência à penetração ("bar")
	Macro (%)	Micro (%)	
	Franco-siltoso		
1.2	24.2	30.5	1.4
1.4	19.0	28.2	2.5
1.6	16.8	22.8	4.7
1.8	14.6	17.5	9.4
	Frnaco-arenoso		
1.2	41.2	13.5	0.6
1.4	28.9	18.3	1.2
1.6	23.7	15.9	2.4
1.8	18.6	13.5	3.7

Fonte: Seixas, 1988 *apud* Zisa, 1980

Ao observar os diferentes níveis de porosidade presentes no solo siltoso e no arenoso, foi possível identificar o padrão de crescimento das mudas em densidades naturais menores (a esquerda) para maiores (a direita), possibilitando observar que quanto maior a densidade do solo, mais difícil e diminuto será o crescimento da muda experimentada (podendo se aplicar para qualquer tipo de vegetação) (SEIXAS, 1988). Na figura a seguir é possível observar o padrão de crescimento da muda em um solo siltoso e arenoso (da esquerda para direita).

Figura 19: Crescimento da muda em diferentes densidades em diferentes tipos de solos

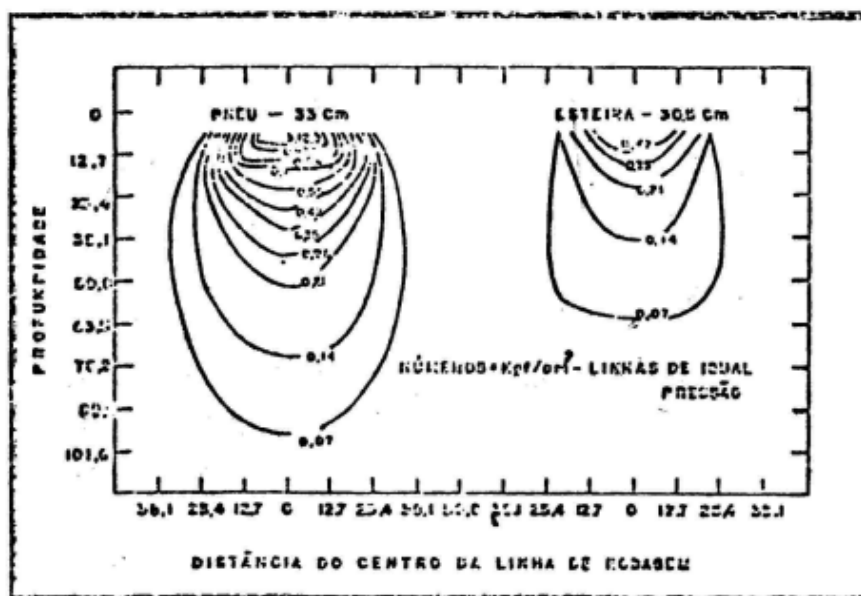


Fonte: Seixas, 1988 *apud* Zisa, 1980 – Adaptado pelo autor

Outro ponto que deve ser observado ao avaliar as pressões exercidas sobre o solo por caminhões de carga, é o impacto físico que eles causam em determinada profundidade, uma vez que quanto maior a carga sobre um ponto, maior vai ser a pressão sobre o mesmo. Como pode-se observar na figura a seguir elaborada por REAVES & COOPER (1960), a pressão exercida sobre um solo barroso por rodas de um caminhão equivale a uma pressão de  $1.786 \text{ Kgf/cm}^2$ , enquanto as rodas em esteira (comparativo estabelecido entre rodas de um trator e um com esteiras no lugar) exercem uma pressão de  $0.865 \text{ Kgf/cm}^2$ , sendo assim, praticamente metade da força aplicada pelo pneu. Essa diferença se dá devido a distribuição espacial das forças de pressão sobre o solo, uma vez que no pneu existe uma força concentrada em um só ponto,

enquanto no perfil com esteira, as forças são distribuídas de forma mais uniforme. Isso é visível na imagem a seguir.

Figura 20: Linhas de pressão exercidas por tratores de mesmo peso utilizando pneus convencionais e esteira



Fonte: Reaves & Cooper, 1960

Tal impacto não se resume somente a compactação do solo, tal decorrência é responsável por outros efeitos prejudiciais ao ambiente local, sendo eles principalmente atrelados a questão do número de vazios entre as partículas do solo. Com a compactação, as partículas contidas no solo tendem a serem “espremidas” umas contra outras, fazendo com que o espaço entre elas diminua, afetando diretamente a difusão de gases no solo, assim como sua capacidade de infiltração e disponibilidade de nutrientes, tornando o transporte de partículas no local difícil, sendo rápido no começo por conta da compactação inicial, porém gerando uma inibição parcial da absorção de tais substâncias (SEIXAS, 1988).

Outro impacto possível tanto ao ambiente terrestre quando ambiente aquático, é a presença de carepas de laminação (também conhecido como pó de ferro) presentes na usina. Tal material é um resíduo sólido formado em função da oxidação do aço, tendo em sua composição ferro particulado (FURMANSKI, 2016). Esse resíduo micro particulado, por ser um material muito fino, pode adentrar nos três tipos de impactos listados aqui, podendo ser transportado por correntes de ar, sendo levado por distancias longas até serem depositados no solo, plantas, corpos hídricos ou até serem inalados por algum ser vivo. No quesito de solo, a carepa pode se misturar na camada superficial do solo, podendo impregnar tal local, fazendo com que em épocas chuvosa, tal partícula seja transportada para o corpo hídrico mais próximo ou é mesmo seja absorvido ao ser misturado com a água por plantas nas redondezas (MANCILHA, 2007)

Figura 21: Carepa de ferro (pó de ferro)



Fonte: Resoambiental, 2023

### 5.1.2 IMPACTOS AQUÁTICOS

Adentrando o aspecto hídrico dos impactos ambientais possíveis causados pelo empreendimento da usina de laminação de Caucaia, levando em consideração todas as fases do processo produtivo dentro do local, existem duas possíveis fontes de impactos que abrangem o caráter hídrico, sendo eles a contaminação das fontes hídricas locais pelo pó de ferro (carepa de ferro), sendo mais especificamente o rio tigre que se localiza na proximidade e por último existe a possibilidade de poluição térmica do solo e da água devido a água oriunda da saída do processo de resfriamento das chapas de aço do laminador, que é expelida a grandes temperaturas, podendo levar, em caso de despejo no solo, a perda de nutrientes do solo, assim como desnaturação das células das plantas no entorno ao absorver tal água superaquecida por suas raízes. Em caso de despejo no rio tigre, tal acontecimento pode levar ao superaquecimento do corpo hídrico, levando a desnaturação celular da fauna microbiana que habita o corpo hídrico, e levando a morte da vida aquática (englobando peixes, micro e macrovertebrados) (WWF, 2005)

O corpo hídrico do rio tigre, por conta de sua característica mutável atrelado as épocas de seca e cheia na região, ele pode ser classificado como um corpo hídrico de classe 3, uma vez que (por conta dessa característica anterior) ele não pode ser direcionado a proteção de comunidades aquáticas e não pode ser utilizado para recreação de contato) (ICMBIO, 2005).

Figura 22: Rio Tigre durante o período de estiagem

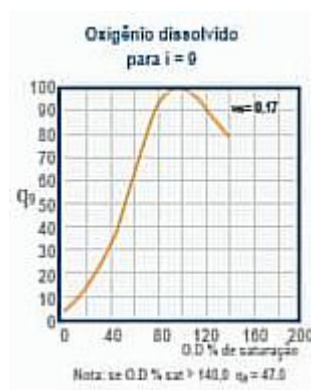


Fonte: INFOambiental, 2012

Segundo a Resolução CONAMA 20/86, a concentração limite de ferro em um sistema hídrico classificado como classe 3 é na casa de 5,0 mg/L Fe, com isso em mente, o armazenamento desta carepa de ferro deve ser feito de maneira super rigorosa, uma vez que qualquer despejo acidental nas proximidades do rio, ou em caso de lavagem do resíduo do processo na direção do corpo hídrico.

Já na questão do possível despejo de água superaquecida nos limites da região de risco (rio tigre e o solo no seu entorno), põem em risco a vida aquática e flora ciliar no local, uma vez que o aumento da temperatura leva a diminuição de oxigênio dissolvido na água, aumentando assim a taxa respiratória dos seres vivos que habitam o meio, levando a alteração do metabolismo devido à baixa concentração de O<sub>2</sub> no local (CETESB, 2023).

Figura 23: Relação entre qualidade (q) do parâmetro e seu peso (w)



Fonte: ANA, 2023

Como é observado na figura acima, o nível de qualidade do oxigênio decresce quando o mesmo é diminuído no meio, consequentemente, além da atenuação dos níveis de O<sub>2</sub>, sua qualidade cai da mesma maneira, agravando ainda mais o aspecto do impacto.

### 5.1.3 IMPACTOS ATMOSFÉRICOS

Dentre os impactos listados anteriormente e os que ainda estão por ser mencionados, provavelmente, os mais recorrentes e impactantes dentro do âmbito industrial siderúrgico são aqueles que estão atrelados as emissões atmosféricas, uma vez que suas fontes são de difícil controle, uma vez que as partículas envolvidas neste âmbito possuem atributos menos palpáveis quando se comparado as outras fontes de impactos.

Quando o assunto é impactos atmosféricos dentro de um processo de laminação, duas fontes devem ser abordadas como principais, sendo uma delas o forno de reaquecimento, o qual obtém seu funcionamento a partir da utilização de gás natural como principal fonte de combustível realizando a emissão através de sua combustão de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub> (apesar de ser considerado menos poluentes devido ao rendimento de sua combustão se próximo de 100%) (ERSE, 2023)), e os próprios

caminhões e veículos de transporte utilizados durante as etapas de translocação de materiais.

Abordando a questão da poluição sonora atrelada a utilização de caminhões no transporte dos tarugos de aço, sua utilização, apesar de não afetar diretamente a população no entorno da usina devido a seu distanciamento do centro urbano mais próximo, afeta de forma alarmante a vida selvagem que possa habitar a região do rio tigre, uma vez que o aumento repentino dos níveis de ruídos nos locais próximos a leitos de rios levam ao afugentamento da vida selvagem, fazendo com que seu caráter funcional de organização animal seja interrompido por grandes ruídos, precarizando assim a vida selvagem no entorno do local (RIBEIRO, 2022).

Já ao abordar as questões de emissões em si, primeiro é preciso analisar os níveis de emissões atrelados ao empreendimento, para que assim possa ser elaborado e justificado a utilização do tipo de combustível e técnicas adotadas. Como o EIA foi elaborado antes da construção do empreendimento, seus estudos e análises foram elaborados com base nos dados provenientes da instalação Siderúrgica AÑÓN.SA, localizada em Lendo na Espanha, sendo possível a equipararem entre as duas usinas, uma vez que ambos os projetos apresentam muitos pontos similares, tanto em processo produtivo quanto em técnicas utilizadas (INFOAMBIENTAL, 2012).

Como é descrito pelo EIA, são utilizados dois fornos a combustão por gás natural =, sendo cada um com uma capacidade de 90 T/h, sendo assim possuindo uma capacidade total de 180 T/h.

Tabela 3: Dados de referência dos valores atrelados ao gás natural

<b>Forno de Gás Natural</b>	<b>Característica</b>
Produção do forno	90 t/h
Combustíveis	Gás natural
PCI	9.540 kcal/Nm <sup>3</sup>
Peso específico	0,8151 kg/Nm <sup>3</sup>
Fluxo de gás nominal	2.570 Nm <sup>3</sup> /h
Horário de funcionamento	8.500 h/ano

\*O forno de gás natural, para uma produção de 90 toneladas por hora, possui um consumo anual de energia de 210 milhões de terminais

Fonte: INFOambiental, 2012

Como pode ser observado na tabela abaixo, foi listado no EIA as características dos pontos fontes das emissões atmosféricas da usina (chaminés):

Tabela 4: Características dos pontos de emissão e seus níveis

<b>Origem</b>	<b>Forno de combustão</b>
Pontos de amostragem - Altura (m)	31
Temperatura de saída do efluente	390 °C
Velocidade de saída do efluente	12,6 m/s

Umidade	5,2 % V
Caudal	69,3 m³ N/h
Quantidade de poluentes emitidos (SO <sub>2</sub> )	<0,5 Kg/h
CO	110 +- 5%
Nox	120 +- 5%
O <sub>2</sub>	12%
CO <sub>2</sub>	7%

Fonte: INFOambiental, 2012

Ao se converter o valor de 180 T/h para megawatt (MW), é obtido o valor de potencia nominal na case de 2 MW, sendo assim, ao analisar a tabela de limites de valores atrelados as emissões de gás natural disponibilizado pelo CONAMA 382/06, é possivél observar que os nives de emissões da usina se encontram dentro das normas estabelecidas, uma vez que ao considerar a margem de erro de mais ou menos 5% da tabela (126 ou 144 mg/Nm³), por se encontrar com uma potencia nominal de menor do que 70 MW, o teto para o nível máximo de emissões de NOX é na casa de 320 mg/Nm³, sendo assim, a usina possui seu nível de emissão abaixo da metade do limite.

Figura 24: Limites de emissões atreladas ao processo de calor por combustão de gás natural

Potência térmica nominal (MW)	NO <sub>x</sub> <sup>(1)</sup> (como NO <sub>2</sub> )
Menor que 70	320
Maior ou igual a 70	200

<sup>(1)</sup> os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e 3% de excesso de oxigênio.

Fonte: CONAMA, 2006

Como não há menção na resolução 382 de 2006 do CONAMA em relação aos outros tipos de emissões, então as outras, levando em consideração a característica menos poluente do gás carbonico e o desempenho dos niveis de emissões da usina, também se enquadram abaixo dos limites.

## 5.2 ANÁLISES DE ADERÊNCIA AO MODELO DE INTEGRAÇÃO

Foram elaboradas dois tipos de análises finais, uma que irá classificar o quanto a unidade está em conformidade com o modelo de integração (avaliando assim o sucesso do desenvolvimento do EIA e das medidas propostas e aplicadas), e outra que irá verificar o grau de importância dada para os impactos atrelados ao processo produtivo da usina, neste caso, verificando qual o impacto mais significativo presente e se ele recebe uma quantidade e foco adequado de medidas mitigatórias, atribuindo assim escalas de peso, propondo então uma nota para o sistema.

### 5.2.1 MITIGAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS ATMOSFÉRICOS

Tabela 5: Lista de verificação de impactos atmosféricos

<b>Impacto ambiental</b>	<b>Medidas mitigadoras</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>17</b>
Poluição atmosférica referente aos gases oriundos da queima do GN	Controle do processo de combustão para redução de emissões	X		X	X
	Sistemas de captação e filtragem de ar como filtros eletrostáticos	X		X	X
	Revisão dos sistemas de controle das fontes emissoras	X	X	X	X
	Utilização do método de jateamento úmido para limpeza dos locais fechados e para fixação dos poluentes em superfícies fixas	X			
Poluição atmosférica atrelada ao levantamento de poeira oriunda da manipulação do material e dos processos de transporte	Umectação das vias não pavimentadas	X			
	Lavagem das vias pavimentadas	X			
	Implementação de limites de velocidade	X			
	Acesso restrito a veículos autorizados	X			
	Controle do MP proveniente dos veículos com base na escala <i>Ringelmann</i> * (escala de densidade de fumaça com base na cor)	X	X	X	X
Poluição sonora proveniente dos ruídos oriundos do funcionamento da unidade	Blindagem dos equipamentos para separação de ruídos	X	X	X	X
	Uso de amortecedores sonoros nos equipamentos	X	X	X	X
	Sistemas de controle ativo de ruído	X	X	X	X
	Promover a utilização de abafadores auriculares dentre os funcionários como forma de proteção individual (E.P.I)	X	X	X	
	Utilização de maquinário reduzido durante períodos noturnos seguindo legislações vigentes	X	X	X	X

Fonte: Autoral, 2023

\* Método de Ringelmann – consiste na comparação do grau de enegrecimento da fumaça com um dos padrões colorimétricos da escala de Ringelmann reduzida, realizada com o veículo em movimento (CETESB, 2023).

Durante o desenvolvimento das medidas mitigatórias e de controle atreladas aos impactos atmosféricos, o EIA demonstra elevado conhecimento das etapas produtivas do processo siderúrgico, abrangendo os pontos atrelados as emissões provenientes do processo, como CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e CO, sendo considerado insignificante por eles os níveis de emissões de SO<sub>2</sub> devido a escolha de gás natural como fonte calorífica dos fornos de reaquecimento (INFOAMBIENTAL, 2012). Sendo assim, o domínio atrelado aos pontos de implantação das medidas se mostra excepcional, possibilitando a análise de possíveis problemas não atrelados ao planejamento, sendo assim, atendendo o ponto 14. Contudo, ao voltar para o tópico de poluição atrelada ao nível de poeira no ambiente, o relatório não demonstra um nível de detalhamento relacionado a esse tópico, por isso, acaba não adentrando no ponto 14.

Em questão de monitoramento, o levantamento apresenta duas formas de monitorar os níveis de emissões, sendo eles contínuo e periódico. O primeiro é válido (segundo o EIA)

quando a fonte emissora estiver em monitoramento durante 67% do seu tempo de operação durante 1 ano (INFOAMBIENTAL, 2012). Sendo assim, durante um período de 12 meses, o monitoramento será considerado contínuo se o equipamento emissor que estiver funcionando durante esse espaço de tempo, estiver sendo monitorado por pelo menos 8 meses. Essa classificação apresenta uma falha, uma vez que esses 4 meses restantes podem apresentar níveis de poluição impactantes para o meio ambiente, caso tenha ocorrido algum tipo de acidente que levou os níveis de emissões a subirem drasticamente. Neste caso, o simples fato do monitoramento “contínuo” não ter ocorrido durante um possível momento de incidente, pode levar a imprecisão dos dados e impossibilitando uma melhoria ou mitigação do processo. Sendo assim, a frequência do monitoramento para ser considerado contínuo deveria ser de no mínimo 90% ou 95% (de 10 a 11 meses), sendo a situação ideal monitorar 100% do tempo (atendendo verdadeiramente ao termo “contínuo”).

O segundo estilo de monitoramento é conhecido como monitoramento periódico, o qual é realizado em pontos fixos estabelecidos, podendo melhorar a eficiência do monitoramento do processo em um todo, realizando análises dos dados coletados durante os períodos de coletas e interligando os dados dos períodos, sendo possível sugerir melhorias de acordo com os níveis estudados (INFOAMBIENTAL, 2012).

Já a avaliação dos impactos sonoros, elas seguem a norma NBR 10151, que tem como objetivo avaliar os níveis de ruídos em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, sendo assim, todos os pontos voltados a monitoramento devem ser seguidos intrinsecamente. Sendo assim, a maioria dos processos são atendidos na fixa avaliativa para as mitigações de emissões sonoras, contudo, o processo de melhoria contínua só é aplicado quando o processo passa por análises contínuas para garantir seu funcionamento.

### 5.2.2 MITIGAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS TERRESTRES

Tabela 6: Lista de verificação de impactos terrestres

<b>Impacto ambiental</b>	<b>Medidas mitigadoras</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>17</b>
Contaminação do solo por deposição de resíduos sólidos (escória e carepa de aço)	Impermeabilização do solo próximo as fontes de escória e cerepa para evitar lixiviação	X			
	Utilização dos resíduos em pó como componente do pavimento das vias de acesso	X			
	Destinação dos resíduos não aproveitados a locais apropriados	X	X		
	Coleta e destinação da carepa gerada para o processo de sintetização do aço (enviado a outras unidades)	X	X	X	X
Contaminação do solo por água superaquecida utilizada para o resfriamento do aço	Tratamento da água utilizada para remover possíveis contaminantes oriundos do aço	X	X	X	X



	Armazenamento da água utilizada captada para resfriamento natural	X	X		X
--	---	---	---	--	---

Fonte: Autoral, 2023

Assim como no modelo de mitigação e controle de impactos ambientais atrelados as emissões atmosféricas, as medidas para os sistemas terrestres voltadas para a abordagem relacionada a verificação e estudo de amostras coletadas se mostra similar, uma vez que a preocupação com contaminações é um foco estabelecido tanto no EIA, quanto na empresa.

De forma geral, as medidas propostas pelo estudo entram no quesito de instalação (12) e a maioria entra no ponto de monitoramento (13), uma vez que são realizadas amostragens em pontos de controle para identificação de possíveis pontos de contaminação. Consequentemente, tais medidas que adentram nesse âmbito, também podem ser consideradas como pertencentes ao grupo 14, uma vez que possibilitam identificação de possíveis problemas na cadeia ao serem analisadas e avaliadas. Entretanto, assim como o tópico anterior, os pontos de melhoria continua não são tão abordados pelo estudo, contudo, ao analisar as medidas propostas, é visível que algumas opções podem ser encaixadas no ponto 17, já que elas estão inclinadas a possuírem um cronograma de monitoramento e avaliação, como por exemplo a questão de tratamento de água, que deve ser continuamente monitorado, gerando um processo de melhoria continua, para que cada vez mais o resultado possível possa ser o mais adequado possível.

### 5.2.3 MITIGAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS AQUÁTICOS

Tabela 7: Lista de verificação de impactos aquáticos

<b>Impacto ambiental</b>	<b>Medidas mitigadoras</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>17</b>
Contaminação de águas superficiais devido a refrigeração hídrica da laminação de aço, assim como oriundas dos sistemas de depuração dos gases	Tratamento da água recirculada com o objetivo de remoção de impurezas do processo para não afetar a composição final do aço ao ser resfriado novamente	X	X	X	X
	Controle e manutenção frequente do sistema fechado de recirculação de água voltado para resfriamento para evitar vazamentos	X	X	X	X
Contaminação das águas superficiais e subterrâneas por deposição de resíduos sólidos (escória e carepa de aço)	A água utilizada para refrigeração deve passar por um processo de decantação, assim como um processo de floculação química para retirada ao máximo de partículas oriundas do contato com o aço no processo de resfriamento	X	X	X	X

Fonte: Autoral, 2023

Finalmente, para a mitigação dos impactos aquáticos, o estudo aborda as questões hídricas de forma extremamente incisiva, uma vez que sua utilização é de extrema importância para o resfriamento dos produtos do processo de laminação, sendo a opção mais viável e barata para o objetivo em questão, podendo ser considerada a menos impactante no quesito emissões

atmosféricas, já que seu superaquecimento irá liberar apenas vapor d'água sendo inato ao meio ambiente.

Em relação as medidas fornecidas pelo estudo, elas entram em todas as categorias devido a suas características fundamentais no funcionamento da usina, além de, assim com os impactos atmosféricos e terrestres, serem de suma importância para a empresa. Por conta de sua relevância, assim como suas contrapartes, a água utilizada no sistema também é analisada laboralmente, entretanto essas análises são feitas de forma mais rigorosas devido a legislações mais fortes no controle de qualidade de águas.

Seguindo esses conceitos rigorosos, a análise e controle realizada segue uma série de parâmetros, sendo eles químicos, físicos e biológicos que vão definir sua qualidade final. Tais indicadores podem ser mensurados através de análises de campo ou laboratorial, sendo eles (INFOAMBIENTAL, 2012):

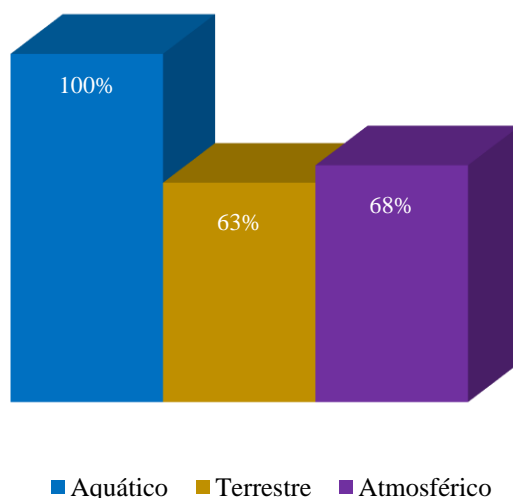
- Potencial de Hidrogênio – pH
- Acidez
- Alcalinidade
- Dureza
- Condutividade
- Sólidos Sedimentáveis
- Sólidos Totais, Dissolvidos e suspensos
- Fósforo
- Nitrogênio
- DBO
- DQO
- Óleos e Graxas
- Micro poluentes

Seguindo esta listagem de parâmetros, as análises dos corpos hídricos próximos e das fontes de águas utilizadas dentro da indústria são realizadas, seguindo dessa forma o ponto de instalação das medidas, consequentemente, para um controle contínuo da qualidade dos fluxos, um monitoramento das amostragens e das análises feitas, assim como das medidas adotadas também deve ser realizada, sendo assim adentrando no ponto de monitoramento. Fora esses pontos, a análise realizada serve de base para identificar problemas em fases anteriores, possibilitando então uma avaliação e feedback do processo, podendo então solucionar problemas que podem vir a acontecer no futuro, eliminando a fonte. Por fim as medidas propostas e métodos utilizados adentram o caráter de melhoria contínua proposta, uma vez que servem de base para o desenvolvimento de sistemas prévios.

### 5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Abordando primeiramente a questão de integração do sistema, é possível contabilizar as medidas propostas presentes nas tabelas anteriores, sendo assim é atribuído para cada fator atendido do modelo de integração, 25% do valor máximo atendido por proposta mitigadora, em seguida é realizado um processo de média simples para poder averiguar o nível de adesão ao sistema.

Gráfico 1: Aderência ao modelo de integração EIA x SGA



Fonte: Autoral, 2023

Como é possível observar com o gráfico acima, dentre todas as medidas mitigadoras apresentadas durante o desenvolvimento da tese e aderidas pelo EIA, somente aquelas atreladas ao meio aquático apresentam uma taxa de aderência superior a 80%, sendo assim, a eficiência em relação ao potencial de adesão ao modelo de SGA da usina de Caucaia está abaixo do esperado nos outros aspectos. Contudo, somente esse tipo de análise não pode ser levado em consideração durante o processo avaliativo de adesão a um método, uma vez que de acordo com o empreendimento, um tipo de impacto é muito mais danoso do que os outros, sendo assim primeiro é preciso avaliar o principal impacto presente neste ramo industrial.

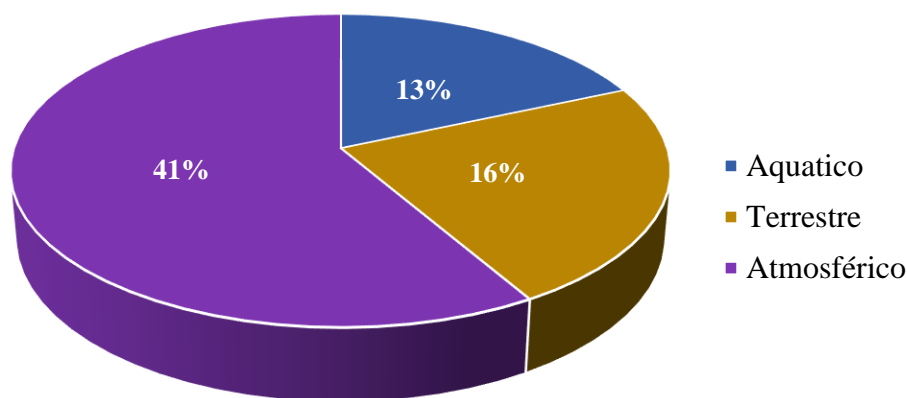
Ao avaliar o desenvolvimento do empreendimento e sua linha de produção, é visível que os impactos presentes seguem a ordem de magnitude com as fontes atmosféricas sendo as de maior importância, uma vez que durante todo seu funcionamento e até mesmo em sua fase de implantação, as emissões oriundas tanto do processo siderúrgico em si quanto de seus subprocessos e operações secundárias obedecem um padrão de emissões intermitente, ou seja o setor siderúrgico em sua totalidade representa uma fonte constante de poluentes atmosféricos, de forma subsequente os impactos atrelados aos meios terrestres e aquáticos acabam por serem menos focalizados no quesito quantitativo, uma vez que a produção de aço é responsável por 7% das emissões globais e CO<sub>2</sub> (SACCHELLI, 2023).

Isso acaba justificando a discrepância de medidas mitigadoras aplicadas em cada âmbito, consequentemente os valores atrelados a adesão ao modelo SGA acaba sofrendo modificações devido aos pesos aplicados a cada ponto focal, sendo assim, por possuir 14 medidas mitigadoras das 23 propostas, o indicador de adesão de fontes atmosféricas será igual a junção entre sua parcela de adesão total e sua fração real representativa, ou seja, a porcentagem de adesão ao modelo SGA vezes a porcentagem de representatividade dentro das medidas. A mesma lógica é aplicada para os valores atrelados aos âmbitos terrestres e aquáticos.

Por isso, uma nova consideração deve ser feita na hora de elaborar os cálculos, sendo assim uma nova classificação deve ser realizada nos pontos levantados, uma vez que as medidas mitigadoras apresentadas na tabela de emissões atmosféricas representam 61% das soluções propostas, já as soluções atreladas ao ambiente aquático representam apenas 13%, e o terrestre

26%. Sendo assim, um novo gráfico é elaborado levando em consideração os pesos atribuídos podendo visualizar qual categoria de medida mitigadora possui mais impacto no sistema.

Gráfico 2: Aderência real ao modelo de integração EIA x SGA



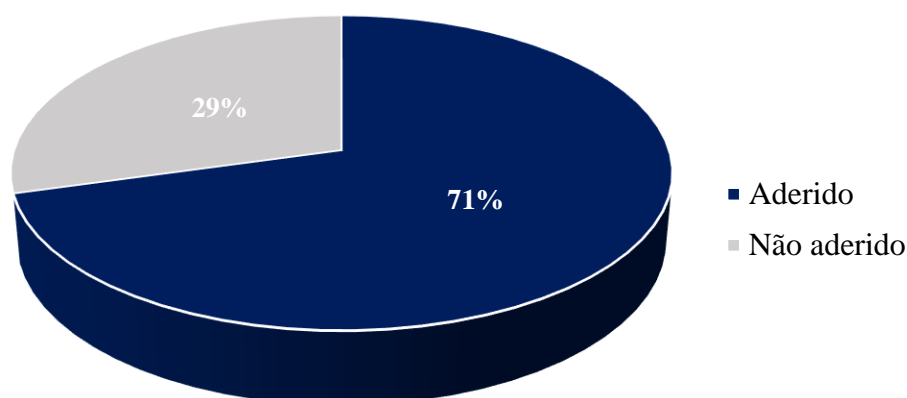
Fonte: Autoral, 2023

A partir deste gráfico, é possível compreender que de todas as 23 medidas mitigatórias presentes e propostas pelo EIA, somente 41% das medidas atreladas a emissões atmosféricas seguem à risca o modelo de integração, isso é, abrange todos os pontos de implementação e operação (implementação, monitoramento, avaliação e melhoria contínua). Fora esses, somente 16% das medidas atreladas a impactos terrestres abrangem o modelo de integração e por fim, os impactos aquáticos (apesar de abranger 100% do seu âmbito pessoal) ele representa somente 13% dos impactos listados.

Vale ressaltar que as análises feitas sobre a aderência das medidas mitigadoras, segue um padrão de preenchimento completo, contudo, é muito possível que uma média de inclusão dentro do modelo de integração sem abranger todos os pontos, uma vez que por conseguir estar inclusa dentro de um processo de melhoria contínua (ponto 17) a mesma pode ser considerada como para componente e integrada do SGA, já que para ser incluso neste ponto, a medida precisa levar em consideração muitos outros aspectos que por muitas vezes podem acabar não sendo tão relevantes para o sistema geral, mas sim para o ponto específico (os pontos 12, 13 e 14 estão interligados ao ponto 17 de melhoria contínua, logo sua inclusão pode classificar o sistema como integrado). Porém, ao realizar a análise levando em consideração somente o sistema de melhoria contínua, o gráfico apresentado indicou uma diminuição de 10% na aderência, caindo para 61%, isso mostra que apesar de representar boa parte da integração de um sistema, seus outros pontos não podem ser deixados de lado, uma vez que isso irá impactar em seu desempenho.

Seguindo o método mencionado no capítulo anterior, a usina de laminação de Caucaia pertencente a empresa Gerdau Aços Longos S.A, possui uma aderência de 71% em relação ao modelo de integração AIA e SGA proposto por Sanches (2016).

Gráfico 3: Aderência do EIA ao modelo de integração com SGA



Fonte: Autoral, 2023

A relevância aplicada aos impactos ambientais, feito pelo EIA assume uma ordem de magnitude diferente em relação ao ponto de vista ambiental. Ao analisar empreendimentos, eventos de grandes magnitudes, muitas vezes a relevância principal dada aos impactos acabam seguindo a ordem de impacto aquático, terrestre e atmosféricos, contudo, tal relevância varia conforme o tipo de empreendimento e ponto focal do impacto

O resultado apresentado, conforme mencionado anteriormente, embora não seja desfavorável, está longe do ideal quando se consideram os possíveis impactos do empreendimento. No entanto, essa situação oferece uma oportunidade para aprimorar o processo interno de mitigação de impactos e para a elaboração de futuros Estudos de Impacto Ambiental (EIAs), contribuindo assim para um desenvolvimento mais sustentável e ambientalmente responsável do processo produtivo da usina. Essa abordagem pode até mesmo prevenir de maneira mais eficaz impactos futuros associados ao local ou ao processo produtivo, abrangendo todas as unidades com etapas semelhantes. Isso coloca todos os envolvidos no setor em alerta para possíveis ocorrências semelhantes ou aspectos relacionados.



## 6. CONCLUSÃO

Após o desenvolvimento do trabalho, e avaliando os pontos abordados em seu desenvolvimento, principalmente na análise de conformidade ao sistema de SGA proposto por Sanches (2016) que foi elaborado em conjunto com a ISO 14.001, é possível chegar a uma análise final da competência da usina de laminação de Caucaia.

Através da elaboração e classificação dos pontos de mitigação de impactos nos âmbitos terrestres, aquáticos e atmosféricos, pudesse separar o desempenho e acato da unidade em relação as normas visadas na ISO 14.001, atrelando-as ao sistema de integração entre SGA e AIA, e a ênfase dada a cada tipo de impacto.

Para o estudo em questão, por se tratar de um EIA que aborda a questão de uma indústria de laminação do setor siderúrgico, as preocupações do ramo estão voltadas para as emissões atmosféricas como sendo o impacto mais agravante, isso se dando por conta do histórico do ramo e dos padrões poluentes da indústria, sendo assim a importância dada aos impactos estudados é feita com base desse caráter.

Dessa forma, é possível concluir que o EIA apresente uma capacidade de adesão ao modelo de integração entre AIA e SGA em torno de 71%, devido as medidas mitigadoras escolhidas pela empresa e o foco dado a elas ao levar em consideração os impactos mais relevantes dentro do ramo, podendo ser observado uma baixa preocupação em outros aspectos, justificando o resultado de 29% referente as medidas não aderidas. Dentro desse resultado é visível uma maior aderência das medidas voltadas a impactos aquáticos, tendo 100% atendendo ao modelo de integração, contudo representando somente 13% do resultado final, mostrando assim a relevância dada pelo setor ao âmbito aquático, sendo (segundo os resultados) o com menos propostas de soluções, contudo o com mais adesão. Isso ocorre devido à preocupação do ramo com os impactos em um todo, isto é, mesmo aparentando ter uma menor relevância para o estudo, os impactos aquáticos são tratados com muita seriedade, uma vez que caso algum incidente aconteça, a repercussão e consequência dos mesmos pode vir a abranger grandes magnitudes, como aconteceu nos últimos anos com indústrias pelo Brasil.

Em seguida, os resultados revelaram que as medidas de mitigação de impactos atmosféricos apresentaram a maior conformidade. Cerca de 68% das estratégias propostas nesse contexto foram desenvolvidas utilizando técnicas de Sistema de Gestão Ambiental (SGA). No entanto, é notável que essa porcentagem de aderência não condiz com a importância atribuída a esse aspecto ambiental, que detém a maior relevância, com 41%. Este descompasso é surpreendente, uma vez que os impactos atmosféricos ocupam uma posição de destaque tanto na análise do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) quanto no setor siderúrgico em si, muitas vezes superando a magnitude de outros riscos ambientais.

Diferentemente dos impactos aquáticos, a atenção dos impactos atmosféricos no quesito quantidade de ações mitigadoras, é tomado como ponto de maior relevância devido as emissões constantes de resíduos atmosféricos pelas usinas, devido ao seu funcionamento constante e necessidade de queima de material para produção do aço, a necessidade de um monitoramento constante se mostra imprescindível dentro deste setor produtivo, justificando assim a relevância dada ao impacto pelo EIA.

Por fim os impactos terrestres acabam sendo os com a menor adesão (mesmo sendo muito próxima a dos impactos atmosféricos com 63%), tornando o fato de sua magnitude dada pelo

estudo ser tão baixa quanto da água, abrangendo somente 16% dos resultados. Isso se dá devido a um baixo índice de incidentes dentro do ramo de produção de aço (que não envolva mineração), contudo, mesmo não sendo recorrente, é de extrema importância que um plano de mitigação seja elaborado.

De certa forma é visível que uma maior importância é dada para os pontos que abordam medidas mais concretas e de maior magnitude, como utilização e monitoramento de equipamentos mais tecnológicos (no caso de emissões), ou como a coleta e destinação dos resíduos de laminação do aço e até mesmo o tratamento de água. Esses aspectos são abordados e desenvolvidos com uma maior ênfase, resultando assim em um sistema mais integrado com práticas SGA, entretanto, outras práticas que podem vir a ser consideradas como não tão impactantes, no quesito resultado, como a reutilização dos resíduos metálicos em processos internos, ou até mesmo o processo de lavagem das vias e das áreas de fábrica para uma maior retenção de poluentes. Esses pontos deixados de fora, possuem um papel importante no bom funcionamento do empreendimento, sendo desenvolvido e aplicado pensando em todo o processo nele presente, contudo, sem certas modificações para ser integrado no sistema de SGA, o processo como um todo deixa de aderir ao modelo, resultando assim em um baixo desempenho de mitigação, assim como uma maior possibilidade de aumento de repercussões negativas atreladas ao negócio e seu aumento de impactos que podiam ser evitados, quando comparado a empresas ou indústrias com um processo planejado desde o início pensando em SGA.





## REFERENCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Ferro*. 2017. Disponível em: [https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2008/ferro#:~:text=OFERTA%20MUNDIAL%20-%202007-,As%20reservas%20mundiais%20de%20min%C3%A9rio%20de%20ferro%20\(medidas%20mais%20indicadas,Brasil%20\(9%2C8%25](https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2008/ferro#:~:text=OFERTA%20MUNDIAL%20-%202007-,As%20reservas%20mundiais%20de%20min%C3%A9rio%20de%20ferro%20(medidas%20mais%20indicadas,Brasil%20(9%2C8%25).

ALVES, M. *Cal virgem: substância química é utilizada para o controle de pragas*. 2021. Disponível em: <https://www.agro20.com.br/cal-virgem/>.

BARTO, G. A obrigatoriedade e responsabilidade do estudo do impacto ambiental – eia. *JusBrasil*, 2018. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/a-obrigatoriedade-e-responsabilidade-do-estudo-do-impacto-ambiental-eia/551472154>.

BASTOS, F.H.; CORDEIRO, A.M.N. Propriedades geomorfológicas das rochas e suas repercussões no relevo do estado do Ceará - Brasil. 11º Sinageo, [S. l.], p. 1 - 10, 29 nov. 2023

CAVALCANTI, Pedro Porto Silva. *Gestão Ambiental na Usina Siderúrgica - Aspectos Relacionados as Emissões Atmosféricas*. 2012. 54 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CETESB. *Mortandade de Peixes: Oxigênio Dissolvido*. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>.

CETESB. *Mortandade de Peixes: Temperatura da Água*. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/temperatura-da-agua/>.

CETESB. *Fontes Móveis – Fumaça Preta*. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/fontes-moveis-fumaca-preta/>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986*. 1986. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1986/res\\_conama\\_20\\_1986\\_revvd\\_classificacaoaguas\\_altrd\\_res\\_conama\\_274\\_2000\\_revvd\\_357\\_2005.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1986/res_conama_20_1986_revvd_classificacaoaguas_altrd_res_conama_274_2000_revvd_357_2005.pdf).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas*. 2006. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1986/res\\_conama\\_20\\_1986\\_revvd\\_classificacaoaguas\\_altrd\\_res\\_conama\\_274\\_2000\\_revvd\\_357\\_2005.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1986/res_conama_20_1986_revvd_classificacaoaguas_altrd_res_conama_274_2000_revvd_357_2005.pdf).

COSTA, V. L.; ESCORSIM, S.; COSTA, D. L. Processo produtivo e produção de aço: a inserção do grupo gerdau s.a. no cenário mundial. *Congresso Internacional de Administração - Gestão Estratégica para o Desenvolvimento Sustentável*, 2007. Disponível em: [https://ri.uepg.br/riuepg/bitstream/handle/123456789/778/EVENTO\\_Processo%20produtivo%20e%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20a%C3%A7o%20a%20inser%C3%A7%C3%A3o%20do%20Grupo%20Gerdau.pdf?sequence=1](https://ri.uepg.br/riuepg/bitstream/handle/123456789/778/EVENTO_Processo%20produtivo%20e%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20a%C3%A7o%20a%20inser%C3%A7%C3%A3o%20do%20Grupo%20Gerdau.pdf?sequence=1).

CRUZ, L. V. L. D. et al. Determinação da densidade, porosidade e absorção de água em alguns tipos de rochas. In: CONTECC. *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*. 2022. Disponível em: <https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/Contecc%202022/GeoMinas/DETERMINA%C3%87%C3%83O%20DA%20DENSIDADE%2C%20POROSIDADE%20E%20ABSOR%C3%87%C3%83O%20DE%20%C3%81GUA%20EM%20ALGUNS%20TIPOS%20DE%20ROCHAS.pdf>.

DIAS, D. O.; HENKES, J. A.; ROSSATO, I. F. A gestão ambiental como atração para os stakeholders. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 2020.

EDUARDO, P. Sistema de gestão ambiental (sga): conceito, aplicabilidade e benefícios. *Amblegis*, 2019. Disponível em: <https://amblegis.com.br/meio-ambiente/sistema-de-gestao-ambiental-sga-conceito-aplicabilidade-e-beneficios/>.

ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS. *O gás natural: Como funciona?* 2023. Disponível em: <https://www.erse.pt/infografias/gasnatural/energie-fossile-propre.html>.

FUNCEME. *Índices de aridez do estado do ceará*. 2019. Disponível em: [http://www.funceme.br/?page\\_id=5826](http://www.funceme.br/?page_id=5826).

FURMANSKI, L. M. *Estudo da utilização de carepa de laminação de aço em processo de obtenção de sulfato ferroso*. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PPGCEM da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/4750/1/Luana%20Milak%20Furmanski.pdf>.

FURUKAWA, P. M. S. *Sistema de Gestão Ambiental (SGA): Conceitos e práticas ambientais na operação de sistemas de saneamento*. 2022. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6994905/mod\\_resource/content/1/SGA\\_%20saude%20publica\\_%20abril22.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6994905/mod_resource/content/1/SGA_%20saude%20publica_%20abril22.pdf).

INFOAMBIENTAL. *Estudo de Impacto Ambiental - EIA, Siderurgica Latino-Americana SILAT*. [S.l.], 2012.

JÚNIOR, M. Q.; LOFRANO, R. C. Z. Avaliação do licenciamento e estudo de impacto ambiental da siderurgia vallourec & sumitomo tubos do brasil sob a ótica socioeconomica. *Cadernos UniFOA*, 2020.

LEMA. *SGA: Saiba Tudo Sobre O Sistema De Gestão Ambiental*. 2021. Disponível em: <https://lemaambiental.com.br/saiba-tudo-sobre-o-sistema-de-gestao-ambiental/>.

MANCILHA, J. C. *Estudo do comportamento químico do ferro micro e nanoparticulado na despoluição de solos contaminados com metais pesados*. Dissertação (Mestrado) — Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais, Ciência e Tecnologia de Matérias e Sensores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 2007. Disponível em: [http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc\\_m17@80/2007/02.15.18.02/doc/publicacao.pdf](http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc_m17@80/2007/02.15.18.02/doc/publicacao.pdf).

MATAI, P. *Resumo de um roteiro básico para a elaboração do eia/rima e métodos de avaliação de impactos*. 2018. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5755597/mod\\_resource/content/1/Roteiro%20EIA%20Rima.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5755597/mod_resource/content/1/Roteiro%20EIA%20Rima.pdf).

MOURAO, M. B. et al. *Introdução a Siderurgia*. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - ABM, 2007. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5635026/mod\\_resource/content/0/Introdução%20a%20Siderurgia%20-%20Mourão%20-%20MB.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5635026/mod_resource/content/0/Introdução%20a%20Siderurgia%20-%20Mourão%20-%20MB.pdf).

NOGUEIRA, M.; MADUREIRA, M. T. The steel industry in brazil. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 16, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38241>.

OLIVEIRA, A. A. B. de. *Inventário das emissões atmosféricas na indústria siderúrgica*. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Metalúrgica) — Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/11914/1/monopoli10009328.pdf>.

PINÃO, T. R. G.; PALHETA, E. S. de M. *Geologia e recursos minerais do Estado do Ceará*. [S.l.]: Serviços Geológicos do Brasil - CPRM, 2021.

REAVES, C. A.; COOPER, A. W. Stress distribution in soil under tractor loads. *Agr. Eng*, 1960.

RIBEIRO, B. A. L.; ALMEIDA, J. R. de; NUNES, M. F. S. Q. da C. Impactos ambientais da mineração no estado do Pará, brasil. In: SIGABI. *Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade*. 2019. Disponível em: [https://www.itr.ufrj.br/sigabi/wp-content/uploads/8\\_sigabi/IMPACTOS%20AMBIENTAIS%20DA%20MINERAÇÃO%20NO%20ESTADO%20DO%20PARÁ,%20BRASIL.pdf](https://www.itr.ufrj.br/sigabi/wp-content/uploads/8_sigabi/IMPACTOS%20AMBIENTAIS%20DA%20MINERAÇÃO%20NO%20ESTADO%20DO%20PARÁ,%20BRASIL.pdf).

SACCHELLI. *A sustentabilidade na indústria do aço*. 2023. Disponível em: <https://sacchelli.com.br/a-sustentabilidade-na-industria-do-aco/#:~:text=Um%20dos%20principais%20impactos%20ambientais,como%20carvão%20e%20gás%20natural>.

SANCHES, R. *Proposta de uma modelo conceitual de integração entre a Avaliação de Impacto Ambiental e o Sistema de Gestão Ambiental baseado na ISO 14001*. 2016.

SANTOS, E. M. dos. *Você sabe se é obrigatório a Certificação Ambiental em empresas?* 2018. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/você-sabe-se-%C3%A9-obrigatório-certificação-ambiental-em-dos-santos-/?originalSubdomain=pt>.

SANTOS, E. M.; MORAES, S. S. M. . Avaliação de impactos ambientais (AIA): instrumento importante na sustentabilidade dos projetos rodoviários. *Revista da Faculdade Natalense para o Desenvolvimento do RN*, Natal, v. 3, n.1, p. 1-9, 2003

SCHEID, A. *Siderurgia: A Elaboração do aço*. 2011 Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EME774/Aula%2011.pdf>.

SEIXAS, F. Compactação do solo devido à mecanização florestal: Causas, efeitos e práticas de controle. *Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais - IPEF*, n. 163, 1988. Disponível em: <https://www.ipef.br/PUBLICACOES/ctecnica/nr163.pdf>.

SILVEIRA, M. P.; ALVES, J. N.; FLAVIANO, V. Os desafios da implantação de um sistema de gestão ambiental: estudo de caso em uma indústria de laticínios. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 2, n. 2, p. 88 – 106, 2014. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/1678/1241](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/1678/1241).

SUPERINTENDÊNCIA do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE. 2023. Disponível em: <https://experience.arcgis.com/experience/8ea264f6b3d64554893e90d29e771ea2>.

TECNOSIDA. *Silica (SiO<sub>2</sub>) and silica powders: Find out with us the nature of this pollutant, its effects on health and how to treat it*. 2023. Disponível em: <https://www.tecnosida.com/silica-sio2>.

TRILHO AMBIENTAL. *O que é ADA, AID e AII nos estudos ambientais para licenciamento?* 2023. Disponível em: <https://www.trilhoambiental.org/ada-aid-aii>.

VASCONCELOS, E. C. *Gestão ambiental integrada e desenvolvimento: Um enigma a ser decifrado*. Dissertação (Mestrado) — Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2019. Disponível em: <https://www2.unifap.br/ppgdas/files/2022/10/DISSERTACAO-ELIZEU-COSTA-VASCONCELOS.pdf>.

VIANA, F. L. E. Indústria siderúrgica. *Caderno Setorial Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE*, 2021. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/936/1/2021\\_CDS\\_173.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/936/1/2021_CDS_173.pdf).

WILLICH, J. Sistema de gestão ambiental: o que é e como implementar? *Produttivo*, 2023. Disponível em: <https://www.produttivo.com.br/blog/sistema-de-gestao-ambiental-sga/>.

WWF. *Mudanças climáticas causam aquecimento das águas e ameaçam cardumes*. 2005. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?2421/#:~:text=Um%20aumento%20de%201%20ou,cardumes%20para%20%C3%A1guas%20mais%20frias>.

ZISA, R. P.; HALVERSON, H. G.; STOUT, B. B. Establishment and early growth of conifers on compact soils in urban areas. *U.S. Department Of Agriculture, Forest Service*, Broomall, n. 451, 1980. Disponível em: [https://www.fs.usda.gov/ne/newtown\\_square/publications/research\\_papers/pdfs/scanned/OCR/ne\\_rp451.pdf](https://www.fs.usda.gov/ne/newtown_square/publications/research_papers/pdfs/scanned/OCR/ne_rp451.pdf).