UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS EM ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: UM PANORAMA DO LICENCIAMENTO FEDERAL BRASILEIRO

KAREN AUXILIADORA GUIMARÃES

Itajubá – Minas Gerais

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

KAREN AUXILIADORA GUIMARÃES

AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E LOCACIONAIS EM ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: UM PANORAMA DO LICENCIAMENTO FEDERAL BRASILEIRO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Itajubá.

Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Linha de Pesquisa: Meio Ambiente e Recursos Hídricos.
Orientadora: Profª. Drª. Maria Rita Raimundo e Almeida

Itajubá – Minas Gerais

2024

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação foi possível graças ao apoio e colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais desejo expressar minha gratidão.

Primeiramente, agradeço à minha orientadora, Maria Rita Raimundo e Almeida, pela compreensão, paciência e empatia, especialmente considerando os desafios de conciliar a pesquisa com minhas responsabilidades profissionais. Sua habilidade em sempre me mostrar e incentivar o potencial de uma boa escrita, bem como proporcionar reflexões e interpretações inteligentes, foi essencial para o desenvolvimento desta dissertação. Sou grata por seu apoio e parceria.

Agradeço aos meus amigos de pesquisa, Amanda Aparecida Lisboa, Antonio Eduardo Krepp Serrano Filho, Selmo Carlos Gonçalves e Thaís Aparecida Cortez Pinto, pela parceria, troca de ideias e apoio mútuo ao longo dos desafios enfrentados. A convivência com vocês tornou esta jornada mais leve e enriquecedora. Um brinde a nós, à nossa força, união, amizade e às conquistas que compartilhamos.

Sou grata à Universidade Federal de Itajubá (Unifei), ao Instituto de Recursos Naturais (IRN) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela infraestrutura e recursos disponibilizados, que contribuíram significativamente para o conhecimento nesta área do estudo. Agradeço também ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) por disponibilizar os Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) de Linhas Transmissão de Energia, que foram a base para a realização desta pesquisa.

Aos meus familiares, especialmente minha mãe, Marineusa Glória da Silva Carneiro, pelo amor, paciência e incentivo em todos os momentos. Nossa jornada é cheia de conquistas, momentos inesquecíveis, força compartilhada e, por isso, agradeço cada vitória e cada passo dado juntas.

Por fim, agradeço a todos os professores, amigos e colegas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa. Muito obrigada a todos!

RESUMO

A distribuição de energia elétrica no Brasil depende fortemente das linhas de transmissão de energia (LTs). No entanto, os projetos de LTs podem causar impactos significativos no meio ambiente, sobretudo, em relação à extensão de seu traçado e a tecnologia adotada. Assim, o estudo de alternativas desempenha um papel crucial no processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) desses projetos, permitindo uma análise comparativa entre diferentes opções. Esse processo auxilia na tomada de decisão pelos órgãos ambientais, visando minimizar os impactos ambientais. Entretanto, quando o estudo de alternativas não é desenvolvido ou é desenvolvido de forma enviesada ou limitada nos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs), compromete-se a qualidade das decisões ambientais. Neste contexto, o objetivo do trabalho é avaliar os estudos de alternativas locacionais e tecnológicas apresentados em EIAs de linhas de transmissão dentro de processos de Licenciamento Ambiental (LA) tramitados na esfera federal brasileira. Foram avaliados 57 EIAs de LTs, todos sob a responsabilidade do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). Os esforços incluíram a coleta de dados a partir da seleção dos EIAs referentes às LTs, identificando, extraindo, analisando e organizando informações sobre o capítulo que tratava especificamente do estudo de alternativas. Além disso, para análise e avaliação desses estudos, aplicou-se um conjunto de 21 indicadores legais e de boas práticas para AIA. Com essa caracterização, foi identificado um cenário de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças dos estudos de alternativas, utilizando a Matriz SWOT. Os resultados indicaram que a maioria dos EIAs de LTs não contempla adequadamente as Alternativas Tecnológicas (ATs) e a Alternativas Zero – não fazer (A0), o que pode comprometer a efetividade da AIA. Quando presentes, as ATs carecem de critérios claros para análise, comparação e seleção, enquanto as A0 necessitam serem consideradas na análise. Em contraste, os estudos das Alternativas Locacionais (ALs) demonstraram maiores esforços em seu desenvolvimento, tanto ao incluírem critérios associados as opções de traçado quanto ao cumprimento de indicadores legais e ao atingimento parcial de indicadores de boas práticas. Logo, esta pesquisa contribui para informar o cenário atual de alternativas específicas para LTs e, a partir da matriz *SWOT*, pode trazer pontos a serem aperfeiçoados.

Palavras-chave: Transporte de Energia Elétrica, Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), Opções de Traçado, Tecnologia, Setor Elétrico.

ABSTRACT

The distribution of electricity in Brazil heavily relies on transmission lines (TLs). However, TL projects can cause significant environmental impacts, especially regarding the length of their route and the technology adopted. Thus, the study of alternatives plays a crucial role in the Environmental Impact Assessment (EIA) process for these projects, enabling a comparative analysis of different options. This process assists environmental agencies in making decisions aimed at minimizing environmental impacts. However, when the study of alternatives is not developed, or is developed in a biased or limited manner in the Environmental Impact Studies (EIS), the quality of environmental decisions is compromised. In this context, the objective of this work is to evaluate the locational and technological alternative studies presented in TL EIS within Environmental Licensing (EL) processes under federal jurisdiction in Brazil. Fifty-seven TL EIS were evaluated, all under the responsibility of the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources (Ibama). The efforts included collecting data by selecting TL EIS, identifying, extracting, analyzing, and organizing information from the chapter specifically addressing the study of alternatives. Additionally, a set of 21 legal and best practice indicators for EIA was applied for the analysis and evaluation of these studies. Through this characterization, a scenario of strengths, weaknesses, opportunities, and threats of the alternative studies was identified using the SWOT Matrix. The results indicated that most TL EIS do not adequately address Technological Alternatives (TAs) and the Zero Alternative – do nothing (A0), which may compromise the effectiveness of the EIA. When present, TAs lack clear criteria for analysis, comparison, and selection, while A0 needs to be considered in the analysis. In contrast, Locational Alternative (LAs) studies showed greater efforts in their development, including criteria associated with route options as well as compliance with legal indicators and partial achievement of best practice indicators. Thus, this research contributes to informing the current scenario of specific alternatives for TLs, and based on the SWOT matrix, it can highlight points to be improved.

Keywords: Electric Energy Transmission, Environmental Impact Assessment (EIA), Route Options, Technology, Electric Sector.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Representação do conceito de impacto ambiental 13
Figura 2 – Representação do potencial de causar impacto ambiental de uma atividade 14
Figura 3 – Etapas do licenciamento federal brasileiro e os seus responsáveis..... 19
Figura 4 – Processo de desenvolvimento de alternativas segundo o NEPA 30
Figura 5 – Processo para identificar e analisar alternativa na África do Sul..... 30
Figura 6 – Fluxo decisório atualmente estabelecido para implantação e operação de novos sistemas de transmissão de energia no Brasil..... 40
Figura 7– Fluxo decisório proposto para implantação e operação de novos sistemas de transmissão de energia no Brasil 41
Figura 8 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa 47
Figura 9 – Etapas de consulta para extração de dados 47
Figura 10 – Nomenclatura do capítulo que trata do estudo de alternativas nos EIAs de LT 58
Figura 11 – Percentual de atendimento do Indicador legal 1 quanto à A0 – Indicador 0.1 - Há a consideração/descrição da hipótese de não realização do projeto? 75
Figura 12 – Cumprimento dos indicadores legais das AL, onde (a) apresenta todos os casos, (b) EIAs até 2011 e (c) EIAs após 2011. 78
Figura 13: Cumprimento dos indicadores legais das AT, onde (a) apresenta todos os casos, (b) EIAs até 2011 e (c) EIAs após 2011. 83
Figura 14: Cumprimento dos indicadores de boas práticas das AL, onde (a) apresenta todos os casos, (b) EIAs até 2011 e (c) EIAs após 2011. 88
Figura 15: Cumprimento dos indicadores de boas práticas das AT, onde (a) apresenta todos os casos, (b) EIAs até 2011 e (c) EIAs após 2011. 91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Competências do processo de Licenciamento Ambiental 18
Tabela 2 – Principais obstáculos para a elaboração do estudo de alternativas..... 25
Tabela 3 – Categorias de alternativas de projetos 27
Tabela 4 – Categorias de deficiências dos estudos de alternativas..... 33
Tabela 5 – Critérios para desenvolvimento de alternativas de linhas de transmissão de energia (continua)..... 44
Tabela 6 – Estudos de impacto ambiental de linha de transmissão de energia analisados nesta pesquisa. 48
Tabela 7– Conjunto de indicadores aplicados para a avaliação da qualidade do estudo de alternativas de LTs..... 53
Tabela 8 – Protocolo de avaliação dos estudos de alternativas dos EIAs selecionados. 54
Tabela 9 – Número de EIAs com a quantidade de páginas semelhantes 60
Tabela 10 – Quantidade de alternativas desenvolvidas nos estudos 62
Tabela 11 – Ordem de elaboração das alternativas no EIA..... 66
Tabela 12 – Critérios utilizados para analisar, comparar e/ou selecionar alternativas locacionais em EIAs de LTs..... 67
Tabela 13 – Critérios utilizados para analisar, comparar e/ou selecionar alternativas tecnológicas em EIAs de LTs..... 68
Tabela 14 – Avaliação da qualidade dos estudos de alternativas..... 73
Tabela 15 – Principais evidências da análise e avaliação dos estudos de alternativas de 57 EIAs de LTs..... 94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A0	Alternativa Zero
ABCE	Associação Brasileira de Companhias de Energia Elétrica
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AL	Alternativa Locacional
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
APAs	Áreas de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
AT	Alternativa Tecnológica
Cecav	Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FOFA	Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças
GET	Grupos de Estudo de Transmissão
IAIA	International Association for Impact Assessment
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IEA	Institute of Environmental Assessment
INCRA	Instituto Nacional de Reforma Agrária
LA	Licenciamento Ambiental
LAF	Licenciamento Ambiental Federal
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
LT	Linha de Transmissão de Energia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MPF	Ministério Público Federal
NEPA	National Environmental Policy Act
ONS	Operador Nacional do Sistema
ONU	Organização das Nações Unidas
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
R1	Relatório de viabilidade Técnico-Econômica e Socioambiental
R2	Relatório de Caracterização e Análise Socioambiental
R2	Relatório de Detalhamento da Alternativa de Referência
R4	Relatório de Caracterização da Rede Existente
R5	Relatório de Estimativa dos Custos Fundiários da Região
RAA	Relatório de Avaliação Ambiental
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SIN	Sistema Interligado Nacional
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats
TR	Termo de Referência
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 10
2. OBJETIVOS 12
3. REFERENCIAL TEÓRICO 13
3.1 Avaliação de Impacto Ambiental 13
3.1.1 Avaliação de Impacto Ambiental e Licenciamento Ambiental no Brasil 16
3.1.2 Estudo de Impacto Ambiental 21
3.2 Estudo de alternativas na Avaliação de Impacto Ambiental 23
3.2.1 Tipos de alternativas 26
3.2.2 Processo de identificação e seleção de alternativas 28
3.2.3 Deficiências dos estudos de alternativas 33
3.3 Linhas de Transmissão de Energia e seus impactos 35
3.3.1 A problemática do estudo de alternativas em linhas de transmissão 38
4. MATERIAIS E MÉTODOS 47
4.1 Seleção dos Estudos de Impacto Ambiental com Estudo de Alternativas a serem analisados 47
4.2 Análise do desenvolvimento do estudo de alternativas 50
4.3 Seleção dos indicadores para análise da qualidade do estudo de alternativas . 51
4.4 Aplicação dos indicadores e avaliação da qualidade dos estudos de alternativas 54
4.5 Resumo das informações em uma matriz SWOT 57
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 58
5.1 O desenvolvimento do estudo de alternativas nos EIAs de LTs 58
5.2 Aplicação dos indicadores e avaliação da qualidade dos estudos de alternativas nos EIAs de LTs 72
5.3 Resumo das informações na Matriz *SWOT* 93
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 100
REFERÊNCIAS 102

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da sociedade e o cenário de expansão de uso de energia elétrica, tem-se o aumento de atividades relacionadas à oferta (atividades de geração) e demanda (atividades de consumo) por eletricidade, onde as linhas de transmissão de energia (LTs) ganham destaque por desempenharem o papel crucial de transmiti-la.

As LTs são vias lineares transportadoras de energia elétrica, de um ponto transmissor a um terminal receptor, capazes de promover alterações adversas e, por vezes, irreversíveis no ambiente (Madrigal; Stoft, 2012; Biasotto; Kindel, 2018; Santos *et al*., 2019; Biasotto *et al*., 2022). Ainda mais quando a energia elétrica gerada está localizada distante dos centros de consumo e da infraestrutura existente (Santos *et al*., 2019), acarretando desafios no planejamento de projetos de LTs, justamente por englobarem uma variedade de aspectos socioeconômicos e ambientais na extensão de seu traçado (Mistério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

Desta forma, LTs causam impacto ambiental, que pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas no ambiente (Conama, 1986), tanto em variáveis estáticas quanto dinâmicas. Inclusive, as discussões dos impactos sociais causados pela faixa de servidão de uma LT, muitas vezes, não levam em consideração variáveis dinâmicas, como a restrição permanente de uso do solo, que é irreversível ao longo das gerações; em vez disso, concentram-se apenas em variáveis estáticas, como a desvalorização de mercado e a avaliação imobiliária (Cordeiro; Reginato, 2023).

Um planejamento baseado somente em aspectos técnicos e econômicos está susceptível a coletar incertezas do projeto, capazes de inviabilizar o seu desenvolvimento oportuno e econômico, podendo resultar em atrasos e custos adicionais (Madrigal; Stoft, 2012; Myszczuk; Souza, 2018; Cardoso Jr; Hoffmann, 2019). Neste sentido, o traçado das LTs deve ser adequado para evitar uma série de impactos que trazem prejuízos ao meio ambiente e à biodiversidade, além de reduzir conflitos e riscos em seu desenvolvimento (Madrigal; Stoft, 2012; Biasotto; Kindel, 2018; Santos *et al*., 2019; Biasotto *et al*., 2022).

Portanto, a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) para LTs, exigidos em processos de Licenciamento Ambiental (LA) com Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), coleta incertezas de planejamento não previstas em abordagens anteriores ao

processo de AIA e ainda subsidia a tomada de decisão a respeito da viabilidade ambiental do projeto (Oliveira Marinho *et al*., 2012; Silva, 2021).

Uma vez que um dos requisitos de conteúdo do EIA é a elaboração do estudo de alternativas locacionais e tecnológicas (Conama, 1986; Ministério do Meio Ambiente, 2011), tem-se a possibilidade de identificação da melhor escolha de projeto para LT, apresentando uma alternativa aceitável e adequada. A seleção de alternativas deve ser baseada nas menos impactantes aos diferentes aspectos, englobando os biofísicos, sociais, econômicos, históricos, culturais e fatores políticos (Deat, 2004). Inclusive, a seleção da alternativa de menor impacto está alinhada com a hierarquia de mitigação, priorizando a prevenção ou evitação de impactos, seguida pela sua redução, correção e compensação (Jesus *et al*., 2013).

Diante disso, o estudo de alternativas desempenha um papel fundamental e é considerado um dos pilares da AIA (Steinemann, 2001; Oliveira Marinho *et al*., 2012; Fernandes *et al*., 2017; Montaño *et al*., 2017; Mattos, 2019). O desenvolvimento deste estudo envolve a análise e avaliação de diferentes opções para a instalação e operação de um projeto (Ministério Público Federal, 2004; Furlanetto, 2012), onde as alternativas podem se diferenciar em termos de locais, portes, tecnologias, design, prazos ou procedimentos operacionais (Jesus *et al*., 2015).

No entanto, na literatura, o desenvolvimento de alternativas em EIAs tem sido frequentemente objeto de críticas (Steinemann, 2001; Oliveira Marinho *et al*., 2012; Fernandes *et al*., 2017; Montaño *et al*., 2017; Mattos, 2019). Isso torna oportuno o objetivo desta dissertação, que visa avaliar os estudos de alternativas locacionais e tecnológicas apresentados em EIAs de LTs dentro de processos de LA tramitados na esfera federal brasileira.

Desta forma, esta dissertação busca responder a seguinte questão: como e com que qualidade as alternativas para LTs estão sendo abordadas e desenvolvidas nos EIAs? Como hipótese, acredita-se que podem ser levantados os pontos positivos e negativos do desenvolvimento de alternativas desta tipologia de empreendimento dentro dos processos de AIA e identificar oportunidades para melhorias com foco na minimização do impacto.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é avaliar os estudos de alternativas locacionais e tecnológicas apresentados em EIAs de linhas de transmissão dentro de processos de Licenciamento Ambiental tramitados na esfera federal brasileira.

Para isso, são objetivos específicos:

a) Analisar o desenvolvimento do estudo de alternativas, focando, principalmente, na identificação de critérios adotados para analisar, comparar e/ou selecionar alternativas, e comparar este desenvolvimento antes e após a Portaria MMA n° 421/2011;

b) Selecionar e aplicar um conjunto de indicadores para avaliar a qualidade do estudo de alternativas e comparar esta qualidade antes e após a Portaria MMA n° 421/2011;

c) Destacar e resumir os principais resultados da pesquisa por meio de uma matriz *SWOT*.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este item apresenta uma contextualização teórica do desenvolvimento da pesquisa, bem como conceitos relacionados ao objeto de estudo. Assim, o referencial teórico está divido em 3 partes, onde, inicialmente, é apresentada uma explanação da Avaliação de Impacto Ambiental, seguida do Estudo de Alternativas e, por último, Linhas de Transmissão de Energia e suas alternativas.

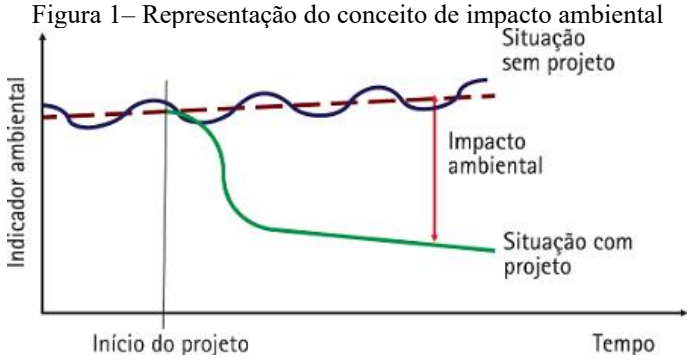
3.1 Avaliação de Impacto Ambiental

Antes de propriamente falar de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), apresenta-se o conceito principal envolvido que é o de impacto ambiental. Este termo refere-se às alterações na qualidade do ambiente causada por atividades humanas, alterando processos naturais ou sociais (Jesus *et al*., 2013; Sánchez, 2020). Isso inclui sobrecarga, supressão ou inserção de elementos no ambiente (Sánchez, 2020).

Em resumo, o impacto ambiental é o efeito das ações humanas no meio ambiente (Conama, 1886; Sánchez, 2020). Essas alterações nos processos naturais ou sociais afetam algum indicador ambiental, de forma direta ou indireta, como: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (Conama, 1986).

A representação gráfica dessa alteração é apresentada na Figura 1, onde é possível visualizar os diferentes comportamentos de um indicador ambiental a partir da presença (situação com projeto) e ausência (situação sem projeto) de um projeto em uma determinada área e em um determinado intervalo de tempo, que, quando comparados, representam o impacto ambiental (Wathern, 2013; Sánchez, 2020).

Figura 1– Representação do conceito de impacto ambiental



Fonte: Sánchez (p. 29, 2020).

Sánchez (2020) descreve que o potencial de causar impacto de uma atividade se relaciona com a intensidade da pressão de suas ações sobre o ambiente e também com a sensibilidade e importância do meio. Em resumo, quanto maior a pressão do projeto e a sensibilidade do meio, maior será o potencial de causar impacto ambiental, onde a significância do potencial de impacto define a necessidade da AIA (Sánchez, 2020), conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Representação do potencial de causar impacto ambiental de uma atividade

Fonte: Modificado de Sánchez (2020).

Inclusive, a proposição de um mesmo projeto em ambientes diferentes pode modificar o potencial de impacto, visto que a capacidade de suporte do local relaciona-se com o grau de vulnerabilidade do meio (Glasson; Therivel; Chadwick, 2012). Dessa maneira, tem-se que os impactos ocasionados pela solicitação do projeto dependem do contexto e devem levar em consideração sua natureza e localização (Yang, 2019).

Como forma de gerenciar o impacto ambiental, tem-se a AIA. Conforme a *International Association for Impact Assessment* e o *Institute of Environmental Assessment* (IAIA; IEA, 2009), o processo de AIA contempla a identificação, previsão, avaliação e mitigação dos impactos relevantes no meio físico, biológico, social e outros decorrentes de empreendimentos ou atividades potencialmente poluidoras, antes do processo decisório. Portanto, a AIA busca equilibrar a proteção do meio ambiente com o desenvolvimento econômico (Fernandes *et al*., 2017).

Deste modo, os objetivos da AIA são:

> a) Assegurar que o ambiente é explicitamente considerado e incorporado no processo de decisão sobre propostas de desenvolvimento;
> b) Antecipar e evitar, minimizar ou compensar os efeitos adversos significativos - biofísicos, sociais e outros relevantes - de propostas de desenvolvimento;

> c) Proteger a produtividade e a capacidade dos sistemas naturais e dos processos ecológicos que mantêm as suas funções; e
> d) Promover um desenvolvimento que seja sustentável e que otimize o uso dos recursos e as oportunidades de gestão (IAIA; IEA, 2009).

Para atingir tais objetivos, o processo de AIA deve anteceder a etapa decisória, acompanhar o ciclo de vida da atividade proposta capaz de causar impactos significativos e promover o envolvimento e a participação das comunidades afetadas (IAIA; IEA, 2009). Ainda, destaca-se que a participação deve permear todas as etapas da AIA, possibilitando a ampla aceitação do projeto e estabelecendo relacionamentos cooperativos e de confiança entre órgão ambiental, cidadãos e demais participantes, o que melhora o processo de sua implementação (Steinemann, 2001).

Jesus (2013) e Villarroya *et al*. (2014) relatam a importância do processo de AIA para definir a capacidade de uma estrutura de compensação para conservação da biodiversidade, garantindo que todos os impactos significativos à biodiversidade sejam contabilizados e equalizados por meio da aplicação da hierarquia de mitigação, uma vez que esta hierarquia estabelece a evitação de impactos como a abordagem preferencial, seguida pela sua redução, correção e compensação (Jesus *et al*., 2013).

O instrumento AIA surgiu, em 1969, nos Estados Unidos com a criação do *National Environmental Policy Act* (NEPA) e tornou-se um instrumento globalmente aceito e estabelecido em quase todos os países do mundo, incluindo países em desenvolvimento e emergentes (Yang, 2019; Bond *et al*., 2020; *Netherlands Environmental Assessment Commission*, 2023). É possível verificar a implementação mundial da AIA em *Netherlands Environmental Assessment Commission* (2023), que apresenta os marcos ambientais que a introduziram em diversos países, desde o seu surgimento até os dias atuais, com a disposição de um mapeamento histórico interativo. Embora exista variação nos procedimentos e práticas da AIA, devido às singularidades de cada país, a sua aplicabilidade ampara a análise da viabilidade ambiental de uma proposta e fornece subsídios para a tomada de decisão (Furlanetto, 2012; Yang, 2019).

No entanto, a aplicabilidade global deste instrumento não assegura a proteção do meio ambiente, visto que em muitos países o processo de AIA tem sido enfraquecido e simplificado (Fonseca, 2023; Fischer *et al.*, 2023). Então, para se atingir o potencial do instrumento, Lawrence (2003) e Sánchez (2020) descrevem que a AIA deve ser um processo sistemático e interativo que examina as consequências ambientais do projeto em questão, e também destacam a importância dos princípios do instrumento como a

prevenção e a precaução do dano ambiental para a promoção do desenvolvimento sustentável.

De qualquer forma, a importância da AIA está ligada a proteção do meio ambiente, sem torná-lo frágil frente à necessidade do desenvolvimento de um projeto (Lawrence, 2003; Jesus *et al*., 2015; Villarroya *et al.*, 2014; Sánchez, 2020). E a potencialidade e a eficácia do instrumento se relacionam com a definição da legislação, procedimento e governança de cada país (Fonseca, 2023).

Como cada país tem seu sistema de AIA, a seguir, é apresentada a AIA no Brasil e sua relação com o Licenciamento Ambiental (LA).

3.1.1 Avaliação de Impacto Ambiental e Licenciamento Ambiental no Brasil

No Brasil, embora já existissem movimentos e pressões internas relacionados à AIA, foi a partir do encontro promovido pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1972, em Estocolmo, que a AIA ganhou destaque (Fernandes *et al*., 2017; Sánchez, 2020). Posteriormente, sua relevância foi formalmente reconhecida com a promulgação da Lei Federal nº 6.803 de 1980, a qual estabelece requisitos de zoneamento industrial em áreas críticas de poluição.

No ano seguinte, a institucionalização da AIA aconteceu com a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), disposta na Lei Federal nº 6.938 de 1981, listando a AIA como um dos seus instrumentos (Sánchez, 2020). Outro instrumento da PNMA é o Licenciamento Ambiental (LA) (Brasil, 1981; 1983), sendo definido como:

> O procedimento administrativo pelo qual o órgão competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (Conama, 1997, art. 1°).

O primeiro decreto regulamentador da PNMA, Decreto Federal de n° 88.351 de 1983, era abrangente e precaucional, exigia a emissão de três licenças ambientais sequenciais (prévia, de construção e de operação) antes de um empreendimento começar a operar, tornando-se impraticável para projetos menores e desafiador para os desenvolvedores (Fonseca, 2023).

Assim, no contexto brasileiro, começa-se a estabelecer a relação entre a AIA e o LA. A AIA está associada ao LA somente para empreendimentos que possa causar

impactos significativos (Fernandes *et al.*, 2017), onde a aplicação da AIA no processo de LA fornece subsídio técnico para a tomada de decisão pelo órgão licenciador em relação à viabilidade ambiental do projeto e, consequentemente, a emissão da licença ambiental (Mattos, 2019).

Logo, a importância da AIA no processo de LA se dá pela condução técnica, seja com a proposição de critérios de prevenção e planejamento ante aos impactos identificados e também pela redução e mitigação dos impactos ocasionados (Jesus *et al*., 2013; Mattos, 2019). Os resultados da combinação destes instrumentos são o melhoramento da concepção de projetos com a proposição de alternativas, redução de conflitos sociais e até, a longo prazo, facilitação na gestão do empreendimento e economia de tempo e custos ao empreendedor (Jesus *et al*., 2013; Sánchez, 2020; Fonseca 2023).

Adiante, as regulamentações específicas para AIA são originárias do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), instituído pela PNMA, como a Resolução nº 001/1986, a qual estabelece critérios básicos e diretrizes gerais do sistema de AIA no Brasil (Conama, 1986). Seguidamente, o Decreto Federal n° 99.274 de 1990, que também regulamenta a PNMA, descreve e define que o processo de LA deve ocorrer por meio da emissão da Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO) e atribui ao Poder Público a responsabilidade de expedir tais licenças (Brasil, 1990).

Posteriormente, a Resolução Conama nº 237/1997 determinou ao empreendedor a solicitação da licença ao órgão ambiental competente, sendo:

> a) Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;
> b) Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;
> c) Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação (Conama, 1997, art. 8°).

Ressalta-se que a licença ambiental não tem caráter definitivo e, não sendo observados os compromissos constantes da licença ambiental, pode ser suspensa ou mesmo cancelada (Conama, 1997; Myszczuk; Souza, 2018).

A Resolução Conama n° 237/1997 ainda apresentou as etapas do LA, estabelecendo que órgãos ambientais competentes podem definir procedimentos específicos pertinentes ao licenciamento de atividades com baixo potencial causador de

degradação do meio ambiente (Conama, 1997). Isso, resultou em diferenças entre os procedimentos de licenciamento simplificado no Brasil (Fonseca, 2023). Apesar da obrigatoriedade dos estudos de impacto ambiental no processo de LA de empreendimentos e atividades significativamente modificadores do meio ambiente (Conama, 1986), e destes estudos serem um importante alicerce durante o processo (Sánchez, 2020), a falta de padronização dos procedimentos de LA de cada órgão ambiental competente, prejudica o instrumento, uma vez que implica na qualidade do desenvolvimento de estudos (Fonseca, 2023).

Com a Lei Complementar nº 140/2011, a atuação dos órgãos ambientais no processo LA foi esclarecida com a regulamentação das ações administrativas sob a responsabilidade e competência da União, dos Estados e dos Munícipios (Brasil, 2011). As alterações trazidas são consideradas preponderantemente positivas em relação ao que antes era estabelecido (Cardoso Jr, 2014; Fonseca 2023), mas também houve alterações negativas, como as limitações na solicitação de complementação de estudos ambientais (Cardoso Jr, 2014). A Tabela 1 fornece uma descrição das competências de cada ente federativo no processo de LA.

Tabela 1 – Competências do processo de Licenciamento Ambiental

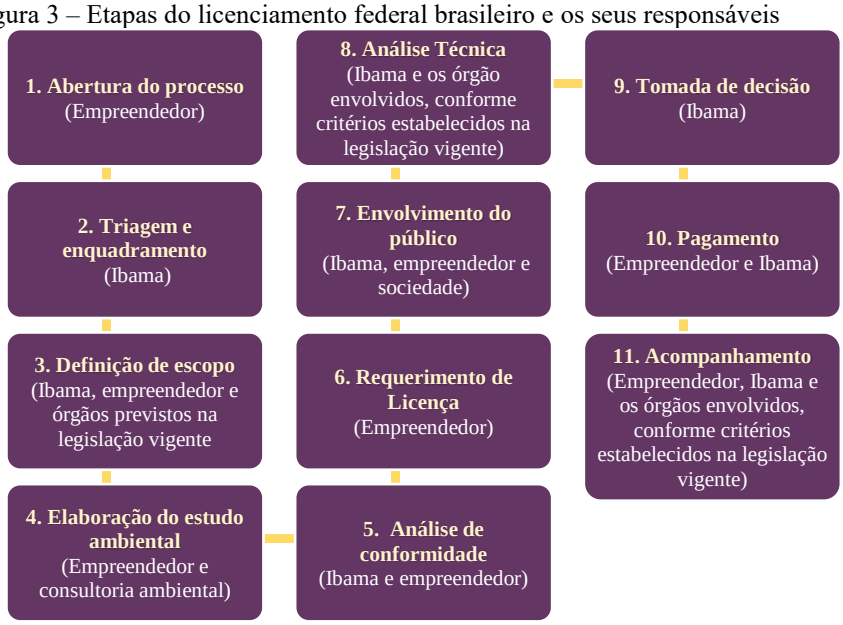
Ente federativo	**Responsável por empreendimentos e atividades:**
Federal	a) localizados ou desenvolvidos conjuntamente no Brasil e em país limítrofe; b) localizados ou desenvolvidos no mar territorial, na plataforma continental ou na zona econômica exclusiva; c) localizados ou desenvolvidos em terras indígenas; d) localizados ou desenvolvidos em unidades de conservação instituídas pela União, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs); e) localizados ou desenvolvidos em 2 (dois) ou mais Estados; f) de caráter militar, excetuando-se do licenciamento ambiental, nos termos de ato do Poder Executivo, aqueles previstos no preparo e emprego das Forças Armadas, conforme disposto na Lei Complementar no 97, de 9 de junho de 1999; g) destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen); ou h) que atendam tipologia estabelecida por ato do Poder Executivo, a partir de proposição da Comissão Tripartite Nacional, assegurada a participação de um membro do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), e considerados os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade ou empreendimento.
Estadual	a) utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, ressalvado a competência federal e municipal. b) localizados ou desenvolvidos em unidades de conservação instituídas pelo Estado, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs).
Municipal	a) que causem ou possam causar impacto ambiental de âmbito local, conforme tipologia definida pelos respectivos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente, considerados os critérios de porte, potencial poluidor e natureza da atividade; ou b) localizados em unidades de conservação instituídas pelo Município, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs).

Fonte: Adaptado de Brasil (2011)

Como o interesse deste trabalho é o licenciamento de LTs em âmbito federal, a partir deste ponto, direciona-se o olhar para a competência da União, em que o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) é o órgão executor (Brasil, 1981), responsável pelo LA.

Atualmente, o processo de Licenciamento Ambiental Federal (LAF) é desenvolvido em 11 etapas e, em cada uma delas, há o envolvimento de um ou mais responsáveis, conforme apresentado na Figura 3. Os detalhes de cada etapa, como caracterização, prazo e outros, podem ser acessados na página eletrônica do Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2024).

Figura 3 – Etapas do licenciamento federal brasileiro e os seus responsáveis



Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2024)

Nas etapas apresentadas, subtende-se que várias decisões intermediárias são tomadas até a decisão final, seja para selecionar os projetos em que o EIA é necessário, para definir o escopo do EIA, escolher quais alternativas serão consideradas (locais, processos de produção ou métodos de construção), adotar estratégias de prevenção ou mitigação (Benson, 2003), entre outras decisões.

Para verificar o que é competência federal para o LA de LTs, o enquadramento quanto ao órgão ambiental competente é fundamentado por critérios de localização, como aqueles descritos na Lei Complementar nº 140 de 2011 e na Portaria do Ministério do Meio Ambiente (MMA) nº 421/2011, seja pela afetação em países limítrofes, terras indígenas, unidades de conservação e em mais de um estado (Demori, 2019). No entanto,

observa-se que a atribuição de competência pode ainda decorrer especificamente pelo item h descrito na Tabela 1. De acordo com Demori (2019), com esse item "permitiu-se a instâncias do setor elétrico definir que um projeto que seria licenciado por estado, passe a ser licenciado pela União", tal como o Decreto Federal n° 8.437 de 2015 que descreve a competência federal:

> ... quando caracterizadas situações que comprometam a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético, reconhecidas pelo Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE, ou a necessidade de sistemas de transmissão de energia elétrica associados a empreendimentos estratégicos, indicada pelo Conselho Nacional de Política Energética – CNPE (BRASIL, 2015, art. 3°).

Para o LAF de LTs, aplica-se também a Portaria do MMA n° 421 de 2011, a qual complementa as Resoluções Conama de n° 001/1986 e n° 237/1997 com a proposição de algumas alterações no que diz respeito ao licenciamento e a regularização ambiental federal de sistemas de transmissão de energia elétrica (Cardoso Jr, 2014). Dentre as alterações, tem-se que o LAF pode ocorrer pelo procedimento simplificado, com base no Relatório Ambiental Simplificado (RAS), ou executado pelo procedimento ordinário por meio de EIA/RIMA ou com base no Relatório de Avaliação Ambiental (RAA) (MMA, 2011).

Quanto ao nível de detalhe e a necessidade de EIA no processo de LA, a Portaria MMA nº 421/2011 regulamenta e define as principais questões associadas às LTs, como os critérios determinantes para se executar o processo de LA em formato ordinário ou simplificado (MMA, 2011, art. 5º):

> O procedimento de licenciamento ambiental federal de sistemas de transmissão de energia elétrica enquadrados, independentemente da tensão, como de pequeno potencial de impacto ambiental será simplificado quando a área da subestação ou faixa de servidão administrativa da linha de transmissão não implicar simultaneamente em:
> I – remoção de população que implique na inviabilização da comunidade e/ou sua completa remoção;
> II – afetação de unidades de conservação de proteção integral;
> III – localização em sítios de: reprodução e descanso identificados nas rotas de aves migratórias; endemismo restrito e espécies ameaçadas de extinção reconhecidas oficialmente;
> IV – intervenção em terra indígena;
> V – intervenção em território quilombola;
> VI – intervenção física em cavidades naturais subterrâneas pela implantação de torres ou subestações;
> VII – supressão de vegetação nativa arbórea acima de 30% da área total da faixa de servidão definida pela Declaração de Utilidade Pública ou de acordo com a NBR 5422 e suas atualizações, conforme o caso; e
> VIII – extensão superior a 750 km.
> Parágrafo único. Serão consideradas de pequeno potencial de impacto ambiental, as linhas de transmissão implantadas ao longo da faixa de domínio de rodovias, ferrovias, linhas de transmissão e outros empreendimentos

> lineares pré-existentes, ainda que situadas em terras indígenas, em territórios quilombolas ou em unidades de conservação de uso sustentável.

Complementarmente, quando a área da subestação ou faixa de servidão administrativa da linha de transmissão incide em algum dos critérios do Art. 5°, se executa o procedimento ordinário com EIA/RIMA (MMA, 2011, art. 19):

> Os empreendimentos considerados de significativo impacto ambiental, independente da tensão e extensão, exigirão a apresentação e aprovação de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental-EIA/RIMA quando a área da subestação ou faixa de servidão administrativa da linha de transmissão implicar em:
> I – remoção de população que implique na inviabilização da comunidade e/ou sua completa remoção;
> II – localização em sítios de: reprodução e descanso identificados nas rotas de aves migratórias; endemismo restrito e espécies ameaçadas de extinção reconhecidas oficialmente; e
> III – supressão de vegetação nativa arbórea acima de 60% da área total da faixa de servidão definida pela declaração de utilidade pública ou de acordo com a NBR 5422 e suas atualizações, conforme o caso.
> Parágrafo único. Independentemente da verificação das situações previstas no caput, se a área de implantação de subestações ou de faixas de servidão afetar unidades de conservação de proteção integral ou promover intervenção física em cavidades naturais subterrâneas pela implantação de torres ou subestações, também, será exigido EIA/RIMA.

Ainda, a Resolução Conama n° 001/1986 prevê a elaboração de EIA/RIMA para as “Linhas de Transmissão de Energia Elétrica acima de 230kV” (Conama, 1986). Então, com a Portaria MMA n° 421/2011, a elaboração do EIA/RIMA também passou a ser exigida para LTs com porte de tensão inferior ou igual a 230 kV, seguindo o estabelecido nos Arts. 5° e 19.

Finalmente, na Portaria MMA nº 421/2011, o LA de LTs que não se enquadram nos Arts. 5° e 19 deve apresentar o Relatório de Avaliação Ambiental (RAA) (MMA, 2011). Vale destacar que há poucos casos de RAA no LAF de LT, devido ao impacto ambiental previsto nesses projetos que são incluídos no rito ordinário, onde o Ibama geralmente opta pelo estudo mais completo, o EIA/RIMA (Cardoso Jr *et al*., 2020).

3.1.2 Estudo de Impacto Ambiental

Os estudos ambientais que avaliam impactos descrevem os aspectos relacionados ao meio ambiente que envolvem a localização, instalação, operação e ampliação de um projeto, os quais fundamentam a análise da licença ambiental. Considerando que o processo de AIA abrange projetos com potencial para impactar negativamente o meio

ambiente, várias modalidades de avaliação podem ser aplicadas, dentre as quais o EIA é uma das principais, que:

> ...constitui-se em um documento de natureza técnico-científica, com a finalidade de avaliar os impactos ambientais capazes de serem gerados por atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou daqueles que, sob qualquer forma possam causar degradação ambiental, de modo a permitir a verificação da sua viabilidade ambiental (Milaré; Milaré, 2020).

O não desenvolvimento do EIA ou de outros estudos prévios sobre os possíveis impactos ambientais podem trazer desvantagens, como a incapacidade de antecipar e planejar adequadamente o projeto, implicando em atrasos e incertezas de projetos, especificamente, de LTs (Cardoso Jr; Hoffmann, 2019). Assim, a sua elaboração vem coletar essas incertezas e ainda subsidiar a tomada de decisão a respeito da viabilidade ambiental do projeto (Oliveira Marinho *et al*., 2012; Silva, 2021).

O EIA introduz um percurso de transparência na concepção do projeto, proporcionando uma estrutura sistemática para o planejamento e a concepção do mesmo (Jiricka-Pürrer; Bösch; Pröbstl-Haider, 2018). De acordo com a Resolução Conama n° 001/1986, o estudo abrange a definição dos limites da área de influência (direta e indireta) do projeto, o diagnóstico ambiental dos meios físico, biótico e socioeconômico, a análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, a definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos e a elaboração de programas de acompanhamento e monitoramento (Conama, 1986).

Inclusive, a Resolução Conama n° 001/1986 estabelece ainda diretrizes gerais para a elaboração do EIA, o qual necessita:

> I – Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
> II – Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;
> III – Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;
> IV – Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade (Conama, 1986, art. 5°).

Como o EIA apresenta natureza técnico-científica, as informações geradas devem ser apresentadas em um documento com linguagem acessível ao entendimento do público, que é o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (Conama, 1986; 1987). Então, o RIMA, elaborado após a finalização do EIA, apresentar características e simbologias adequadas, bem como ilustrações didáticas, mapas, quadros, gráficos e demais técnicas de comunicação visual, e expor de modo simples e claro as consequências ambientais do

projeto e suas alternativas, comparando as vantagens e desvantagens de cada uma delas (Conama, 1987; Sánchez, 2020; Rusch; Krull, 2015). A qualidade do RIMA, na maioria das vezes, é criticada por não apresentar informação inclusiva, acessível e antecipada para o público-alvo (Mattos, 2019; Sánchez, 2020). O que compromete a troca de informação, já que o estabelecimento de diálogos e negociações entre empreendedor, órgão ambiental licenciador e partes interessadas ocorrem por meio das informações do EIA/RIMA (Fernandes *et al*., 2017).

Desta forma, ambos os documentos, EIA e RIMA, são elaborados por uma equipe multidisciplinar e especializada para assegurar a manifestação do caráter técnico-científico (Conama, 1986). No entanto, observa-se que as avaliações de impacto ambiental presentes nos EIAs, o que se reflete também nos RIMAs, são criticadas, em razão da sua baixa qualidade (Almeida; Montaño, 2017; Veronez, 2018) e superficialidade, inclusive nos projetos de LTs (Biasotto; Kindel, 2018; Cardoso Jr *et al*., 2020).

Para Jesus *et al*. (2013), uma maneira eficaz de mitigar os impactos negativos e realizar uma AIA de qualidade é integrar os conhecimentos locais e as considerações de sustentabilidade desde o estágio inicial do desenvolvimento das alternativas até a seleção de quais das opções estarão disponíveis no EIA, antes da seleção da preferencial e, em seguida, incorporar medidas mitigadoras durante o planejamento e a concepção do projeto.

Considerando o exposto, o EIA não apenas registra minuciosamente como o estudo foi empregado para avaliar a viabilidade ambiental do projeto, mas também aponta a alternativa preferida com base em diversos fatores pertinentes para a conclusão e tomada de decisão (Wathern, 2013) do órgão licenciador. Nesse contexto, é oportuno apresentar a importância do estudo de alternativas na AIA.

3.2 Estudo de alternativas na Avaliação de Impacto Ambiental

O conceito de alternativa pode ser definido como uma possibilidade de escolha de uma ação no lugar de outra, que atenderia o mesmo propósito e necessidade do projeto (Steinemann, 2001; Deat, 2004; Jesus *et al*., 2015). Como há diferentes tipos de alternativas para AIA e nem todas são aderentes ao projeto, devido à significância do impacto ambiental, a escolha de alternativas a serem avaliadas deve estar associada às

características de “praticável”, “viável”, “relevante”, “razoável”, "factível" (Deat, 2004) e “mitigável” (Jiricka-Pürrer; Bösch; Pröbstl-Haider, 2018).

Em suma, no processo de AIA, o estudo de alternativas é considerado um dos pilares e também é um dos aspectos mais frequentemente criticados, basicamente por ser pouco empregado, utilizado de forma impraticável, ou até por inexistir na prática (Steinemann, 2001; Oliveira Marinho *et al*., 2012; Fernandes *et al*., 2017; Montaño *et al.*, 2017; Mattos, 2019). Ainda, quando o estudo de alternativas é desenvolvido, encontram-se dificuldades de análise do processo de escolha da alternativa preferencial até em bons EIAs (Sánchez, 2017).

Portanto, a omissão, rejeição ou não consideração de alternativas nos estudos, sem justificativa adequada, em fases iniciais do projeto, dificulta a proposição de alternativas com características de imparcialidade e proatividade para possibilitar a escolha da melhor opção de projeto (Deat, 2004; Sánchez, 2020). Uma vez que a AIA incita a previsibilidade dos impactos, os resultados deste instrumento podem amparar, por meio de estudos, o estabelecimento de melhores projetos (Sánchez, 2020), ainda mais quando o exame de alternativas proporciona ênfase adicional para se operar dentro do espírito do instrumento (Benson, 2003).

Desta forma, as alternativas são consideradas a parte central da AIA, uma vez que a qualidade das decisões tomadas no processo parte da alternativa escolhida (Steinemann, 2001; Geneletti, 2014; Carvalho, 2020). Então, sem um estudo de alternativas, a AIA pode ficar reduzida apenas à proposição de medidas para remediar impactos e insatisfação das partes interessadas, que poderiam ser evitados se o local e a tecnologia mais adequados houvessem sido escolhidos, evitando conflitos ou atrasos no LA (Deat, 2004; Fernandes *et al*., 2017).

Além do mais, quando as alternativas não evitam e minimizam os impactos potenciais, estas podem impedir o desenvolvimento do projeto por sua inviabilidade ambiental (Sánchez, 2020). Uma vez que há alternativas limitadas (Steinemann, 2001) e pré-definidas (Cardoso Jr, 2014), não há um entendimento prévio e detalhado dos impactos ambientais, implicando em oposição pública (Steinemann, 2001; Oliveira Marinho *et al*., 2012), obstáculos regulatórios ou desafios técnicos e ambientais, que podem interromper seu desenvolvimento e aumentar sua incerteza e custos (Deat, 2004; Jesus, 2015; Fernandes *et al*., 2017; Mattos, 2019; Sánchez, 2020).

Assim, o desenvolvimento adequado das alternativas de localização e tecnológicas não apenas atende os requisitos técnicos do projeto (Rusch; Krull, 2015), mas também

cumpre uma exigência legal, conforme preconizado na Resolução Conama n° 001/1986 (Conama, 1986). Além disso, a Portaria MMA n° 421/2011 inclui o desenvolvimento da alternativa construtiva como requisito obrigatório na elaboração do EIA/RIMA para projetos de LTs em processo de LAF (MMA, 2011). Inclusive, a ambiguidade legislativa quanto ao detalhamento de alternativas leva à interpretação de que a alternativa construtiva se enquadra dentro da alternativa tecnológica, reconhecendo-a como parte integral do projeto que abrange todas as etapas, inclusive a construtiva.

No entanto, existem obstáculos para a elaboração do estudo de alternativas, conforme descrito na Tabela 2, que precisam ser superados. Em resumo, os obstáculos podem comprometer a integridade ambiental, social e econômica do projeto.

Tabela 2 – Principais obstáculos para a elaboração do estudo de alternativas

Obstáculos	Descrição	Autor(es)
Tecnológicos ou técnicos	A falta de desenvolvimento tecnológico pode impedir ou limitar certas opções de consideração.	Steinemann (2001), Deat (2004); Glasson, Therivel e Chadwick (2012).
Disponibilidade de recursos financeiros	Os recursos financeiros limitam a gama de alternativas em um contexto particular, uma vez que altos custos de uma determinada tecnologia podem impedir que ela seja considerada como uma opção viável.	Steinemann (2001); Deat (2004).
Economia política ou obstáculos intelectuais	São barreiras impostas por grupos ou indivíduos que, normalmente, ocupam cargos de importância econômica ou poder político e objetivam o avanço de uma agenda particular.	Curtis; Epp (1999); Steinemann (2001); Deat (2004); Glasson, Therivel e Chadwick (2012); Montaño *et al*. (2017).
Agendas de agências licenciadoras	Limitam o envolvimento do público, incluindo-os no processo de planejamento final da agência licenciadora, impedindo a influência destes nas decisões-chave sobre as alternativas, como também no propósito e na elaboração dos estudos. Além disso, raramente usam os valores públicos no desenho de alternativas, onde, ficam em posição de reagir às alternativas já desenvolvidas, o que restringe à proposição de novas alternativas ambientalmente melhores e de aceitabilidade ampla.	Curtis; Epp (1999); Steinemann (2001).

Fonte: Autora (2024)

Logo, a importância da consideração de alternativas, sem obstáculos para a sua elaboração, vem garantir que o proponente considere outras abordagens viáveis (Glasson; Therivel; Chadwick, 2012), conciliando a segurança e o bem-estar do meio e o desenvolvimento do projeto (Furlanetto, 2012; Montaño *et al*., 2017). Inclusive, é por meio das alternativas que a AIA apresenta soluções criativas para projetos e atesta a viabilidade ambiental destes, não resumindo o instrumento em somente aceitar ou não o projeto (Deat, 2004; Sánchez 2020).

Assim, a qualidade do estudo de alternativas está ligada aos critérios utilizados para analisar e selecionar as alternativas de projeto (Glasson; Therivel; Chadwick, 2012;

Veronez, 2018). Quando são usados critérios apropriados, pode-se tomar decisões melhores e até sugerir soluções positivas para compensar possíveis impactos (Deat, 2004).

Complementando a discussão sobre o estudo de alternativas, na sequência, são apresentados os tipos de alternativas.

3.2.1 Tipos de alternativas

Durante a etapa inicial de planejamento de um projeto, é crucial considerar diversas categorias ou tipos de alternativas para determinar as mais adequadas (Steinemann, 2001; Glasson; Therivel; Chadwick, 2012; Sánchez, 2020). No entanto, é importante ressaltar que nem todas as alternativas são universalmente aplicáveis a todos os tipos de projetos (Deat, 2004).

Ao identificar categorias de alternativas, é essencial considerar diferentes formas de alcançar o mesmo objetivo para cada categoria (Jesus *et al*, 2015), desde que seja uma alternativa praticável, viável, relevante, razoável, factível (Deat, 2004) e mitigável (Jiricka-Pürrer; Bösch; Pröbstl-Haider, 2018). Por exemplo, no caso das LTs, não é viável considerar a alternativa de atividade, pois não existe outra forma de transportar energia elétrica de alta tensão. Assim, na Tabela 3, são apresentadas as categorias de alternativas aplicáveis a diferentes projetos, as quais se diferenciam em termos locais, portes, tecnologias, design, prazos, procedimentos operacionais, dentre outros. Inclusive, na Tabela 3, também foram destacadas as alternativas aplicáveis para LTs e projetos lineares (*).

Embora o processo de LA com AIA brasileiro inclua de forma explícita as práticas de alternativas nas categorias locacionais, tecnológicas e zero, isso não significa que outras categorias não possam ser consideradas, já que podem compartilhar semelhanças. No caso de projetos LTs ou sistemas de transmissão de energia, as alternativas de projeto e as alternativas de agendamento ou faseamento podem ser agrupadas na alternativa tecnológica. Isso ocorre porque possíveis mudanças e atualizações futuras podem ser incorporadas nas estruturas atualmente propostas. Por exemplo, ao considerar diferentes tecnologias de torres ou cabos para cenários de expansão ou aumento da capacidade da linha, também ao planejar a implementação de novas tecnologias de monitoramento e controle ao longo do tempo.

Tabela 3 – Categorias de alternativas de projetos

Categoria	Descrição	Fonte
Alternativa de atividade/ proposta ou abordagem alternativa	O termo atividade pode ser usado para políticas, planos e programas e projetos. Quando se refere a alternativas, requer uma mudança na natureza da atividade proposta, incluindo as diferenças substantivas da natureza das atividades propostas, como uma maneira funcionalmente diferente de atingir os objetivos.	Steinemann (2001); Deat (2004); Jesus *et al*., (2015); Phalan *et al.* (2017).
Alternativa locacional/ de localização*	Pode ser considerada para toda a proposta ou para um componente de uma proposta, onde são identificados, avaliados e comparados diferentes locais ou áreas geograficamente separadas ou próximas (dentro de uma determinada área).	Deat (2004); Audouin e Govender (2004); Glasson, Therivel e Chadwick (2012); Jesus *et al*., (2015); Phalan *et al.* (2017).
Alternativa de processo/ equipamento ou Alternativa tecnológica/ técnica/ construtiva*	Inclui a possibilidade de alcançar o mesmo objetivo da atividade com diferentes métodos, técnicas, equipamentos ou processos. Geralmente, a entrada de especialistas é necessária para considerar e identificar diferentes tecnologias, abordagens ou práticas operacionais que possam minimizar os impactos ambientais.	Steinemann (2001); Deat (2004); Audouin e Govender (2004); Phalan *et al.* (2017).
Alternativa de demanda	Surgem quando uma demanda por um certo produto ou serviço pode ser atendida por algum meio alternativo.	Deat (2004).
Alternativas de agendamento ou sequenciamento/ faseamento*	Referem-se a diferentes opções ou planejamentos para organizar e distribuir as atividades ao longo do tempo durante a execução de um projeto. Isso inclui atividades compostas por número de componentes, em ordem diferente ou momentos diferentes capazes de produzir diferentes impactos. Essas alternativas visam otimizar a eficiência e minimizar os conflitos de recursos, garantindo que o projeto seja concluído dentro do cronograma estabelecido e dentro do orçamento disponível.	Deat (2004).
Alternativas de entrada	São mais aplicáveis no setor industrial, para diferentes matérias-primas ou fontes de energia em seus processos.	Deat (2004); Audouin e Govender (2004).
Alternativas de roteamento*	Diferentemente das alternativas de localização, as alternativas de roteamento, geralmente, são aplicadas em desenvolvimentos lineares, para investigações de rota, onde vários corredores ou traçados são avaliados e comparados em termos de seus impactos.	Deat (2004).
Alternativas de layout do local*	Consideram diferentes configurações espaciais de uma atividade em um determinado local. Isso inclui componentes de desenvolvimento específicos ou estratégicos para uma proposta ou para toda a atividade.	Deat (2004); Audouin e Govender (2004).
Alternativas de escala ou programação de atividades alternativas	Para atividades que podem ser divididas em unidades menores e podem ser realizadas em diferentes escalas, pois cada uma dessas alternativas de escala pode ter impactos diferentes.	Deat (2004); Phalan *et al.* (2017).
Alternativas de projeto*	Refere-se a diferentes opções de projeto de caráter técnico que podem incluir alterações no design para um modo funcionalmente semelhante, atendendo o motivo pela qual são empregadas, podendo apresentar viabilidade ambiental, social, técnica, econômica, regulatória e jurisdicional superam os seus próprios custos ambientais.	Deat (2004); Audouin e Govender (2004); Jesus *et al*., (2015); Phalan *et al.*, (2017).
Alternativa de não realizar, alternativa sem ação ou alternativa zero*	Quando não há mudança ou avanço em relação à atividade atual (em andamento) ou quando não há atividade, como a decisão de não construir um projeto. Em ambos os casos, a alternativa zero é projetada para fornecer condições de linha de base para avaliar e comparar as outras alternativas. Onde, não avançar ou não mudar, não significa necessariamente que não ocorreriam impactos ambientais. Em alguns casos, a alternativa de zero pode ser a única alternativa realista e, então, tem um papel crítico a desempenhar.	Steinemann (2001); Deat (2004); Audouin e Govender (2004); Glasson, Therivel e Chadwick (2012); Furlanetto (2012).

*alternativas que demonstram aplicabilidade para projetos de LTs e projetos lineares.

Fonte: Autora (2024)

Outro caso está relacionado às alternativas de layout do local e alternativas de roteamento, as quais podem ser agrupadas nas alternativas locacionais. Por exemplo, ao avaliar diferentes áreas para a instalação de uma subestação elétrica ou ao decidir o traçado de base para a instalação de uma LT, assim várias alternativas de layout do local e de roteamento podem ser consideradas dentro do escopo das alternativas locacionais.

É preciso enfatizar a relevância da alternativa zero por ser considerada peça chave para análise comparativa da viabilidade das opções de projeto, visto que deve ser incluída em todas as avaliações ambientais (Furlanetto, 2012) de diversos países (Deat, 2004; Jesus *et al.*, 2015) e, no Brasil, também é obrigatória a sua consideração de acordo com a legislação aplicável (Conama, 1986). Afinal, se projeta a alternativa zero para fornecer condições de linha de base de avaliação e comparação dentre as demais alternativas, onde nenhuma ação não significa necessariamente que não ocorreriam impactos ambientais (Steinemann, 2001). Logo, em determinados casos, a alternativa zero pode ser considerada a melhor alternativa do ponto de vista ambiental, assumindo a particular importância de não realização do projeto em uma situação de impactos potenciais negativos (Deat, 2004).

3.2.2 Processo de identificação e seleção de alternativas

Como descrito anteriormente, a identificação e a análise das categorias de alternativas estão relacionadas ao seu potencial de aplicação à tipologia do projeto. Desta forma, a identificação de alternativas deveria ocorrer durante a fase de determinação do espoco da AIA, sendo documentadas e fundamentadas com uma explicação do porquê certas alternativas deveriam ou não ser consideradas (Curtis; Epp, 1999; Steinemann, 2001; Deat, 2004). Assim, os impactos ambientais das alternativas devem ser analisados juntamente com os demais impactos dos aspectos técnicos, econômicos, sociais, entre outros.

Como exemplo de integração, Montaño *et al*. (2017) utilizaram de análises sucessivas de critérios técnicos (com atenção ao empreendimento), ambientais (fatores ambientais) e sociais (vizinhança e atores sociais) para a seleção de áreas para a implantação de aterro sanitário. Os autores ainda consideram que os critérios a serem utilizados se relacionam com a tipologia do projeto e sua aplicabilidade pode variar, podendo ainda sofrer influências de outra natureza, como a política, principalmente, quando o projeto desperta reações contrárias de diferentes segmentos sociais e grupos

políticos, diretamente ou indiretamente, afetados pelo empreendimento (Montaño *et al*., 2017).

Em relação aos padrões e requisitos de escolha de cada critério, como são estabelecidos em diferentes municípios, estados e países, podem variar e abrem espaço para interpretá-los de forma diferente por diferentes avaliadores (Jesus *et al*., 2015; Phalan *et al.*, 2017). No entanto, os critérios de aceitabilidade de uma determinada alternativa, normalmente, são definidos legalmente (Curtis; Epp, 1999), o que facilita a inclusão de alternativas apropriadas no processo de seleção.

Resumidamente, a escolha das alternativas para um projeto depende de um conjunto de critérios, os quais se relacionam com a composição de elementos do empreendimento (Montaño *et al*., 2017). Esse processo de escolha para uma nova proposta de desenvolvimento, inicia-se avaliando diferentes opções para alcançar o mesmo objetivo (Curtis; Epp, 1999; Jesus *et al*., 2015), considerando-se aspectos que vão além da simples funcionalidade, abrangendo inovação, sustentabilidade e viabilidade a longo prazo.

Ainda, Deat (2004) relata que as alternativas podem se diferenciar em discretas (identificadas durante a pré-viabilidade, viabilidade e/ou fases de definição do âmbito da AIA) ou incrementais (identificadas durante a avaliação do processo para lidar com os impactos negativos que tem sido identificado). O que reverbera a importância de se incluir as alternativas em todas as etapas de um projeto.

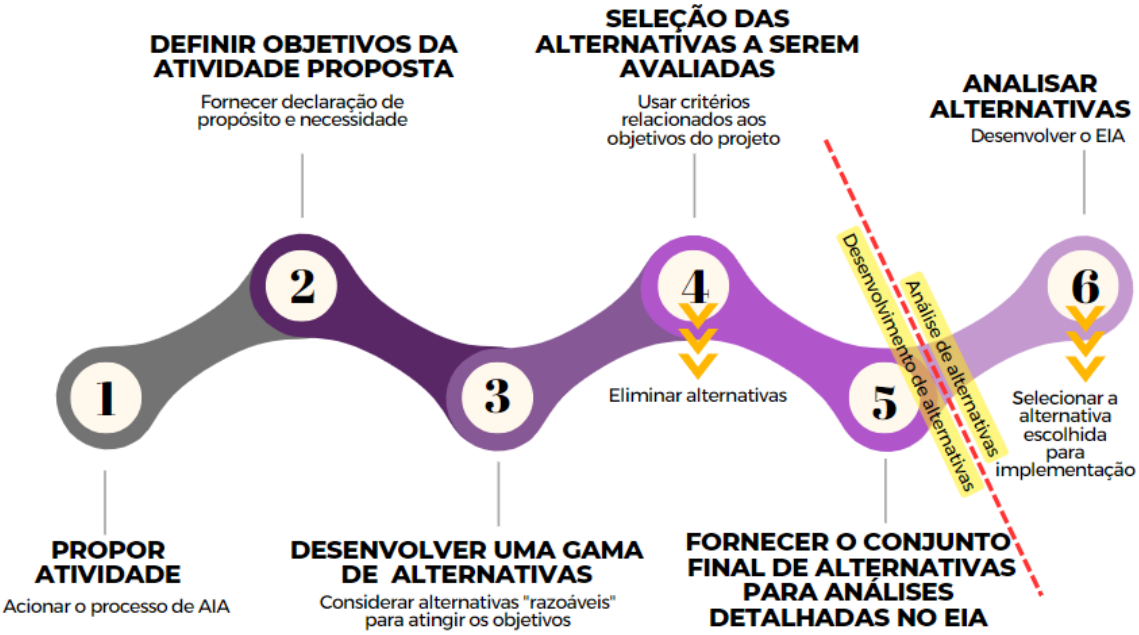
A Figura 4 exemplifica o processo de identificação e seleção de alternativas para AIA, amplamente aplicado nos Estados Unidos e amparado pelo NEPA (Steinemann, 2001).

A comparação entre as Figuras 4 e 5 revela que as fases iniciais de um projeto são definidas a partir dos propósitos da atividade, objetivos e necessidades do projeto, apresentadas em sequências distintas. A ordem proposta na Figura 4 é objeto de crítica na literatura, pois, logo de início, propõe atividades de desenvolvimento sem considerar outras alternativas de menor impacto ambiental, baseadas somente na escolha do proponente do projeto (Steinemann, 2001), limitando a contribuição da AIA.

A etapa inicial de desenvolvimento de alternativas deve considerar diferentes formas de alcançar o mesmo objetivo (Steinemann, 2001; Deat, 2004; Jesus *et al*., 2015). Por exemplo, em vez de se concentrar unicamente na construção de uma hidrelétrica, pode-se considerar alternativas como a importação de energia ou a implantação de

parques eólicos, ampliando o espectro de soluções possíveis para atender à demanda energética (Jesus *et al*., 2015).

Figura 4 – Processo de desenvolvimento de alternativas segundo o NEPA

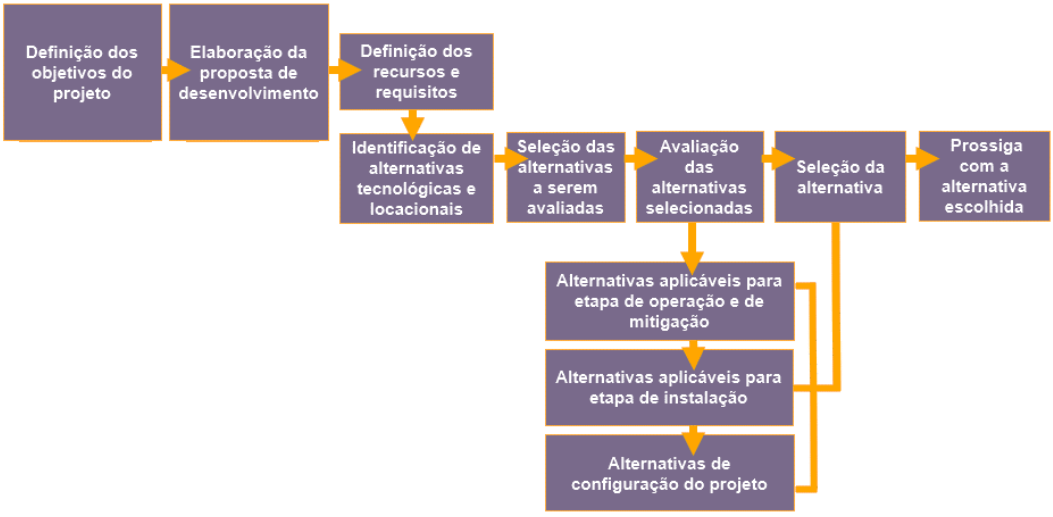


Fonte: Modificado de Steinemann (2001)

No contexto brasileiro, não há outro documento para a seleção de alternativas, como há no modelo do NEPA. Desta forma, o estudo de alternativas está presente somente no EIA, embora a sua discussão possa ter sido e pode iniciar antes da sua elaboração.

Outro exemplo de processo de identificação e seleção de alternativas na AIA é apresentado na Figura 5, sendo este adotado na África do Sul.

Figura 5 – Processo para identificar e analisar alternativa na África do Sul



Fonte: Modificado de Deat (2004)

Ainda nesta etapa inicial, é crucial questionar e reavaliar o projeto para descobrir abordagens mais eficazes e inovadoras de realização, onde o proponente e a equipe do projeto devem demonstrar esse entendimento (Jesus *et al*., 2013). Ademais, é importante documentar as alternativas abordadas em níveis estratégicos anteriores (Deat, 2004; Jesus *et al*., 2015), uma vez que isso justificativa as escolhas feitas e traz transparência ao processo.

As etapas subsequentes nas Figuras 4 e 5 convergem na análise e avaliação do conjunto de alternativas para ser avaliado no estudo de alternativas na AIA. É essencial examinar e avaliar rigorosamente todas as alternativas viáveis e discutir brevemente as razões para que tenham sido eliminadas do estudo de outras alternativas (Steinemann, 2001), assegurando uma base sólida para a tomada de decisões.

A análise das alternativas selecionadas para o EIA deve descrevê-las e avaliá-las comparativamente, em uma escala e nível que permitam uma comparação adequada com a proposta de projeto (Sánchez, 2020). Isso significa tratar cada alternativa como uma possibilidade de decisão positiva, a ser examinada com base em testes de previsão para cada opção (Curtis; Epp, 1999).

Logo, a avaliação de alternativas visa comparar as alternativas identificadas usando um conjunto consistente de critérios de sustentabilidade e com um nível de detalhamento semelhante (Geneletti, 2014; Gonzalez *et al.*, 2014), incluindo todos os impactos potenciais, tanto diretos quanto indiretos e cumulativos, sobre o meio ambiente (Deat, 2004; Geneletti, 2014). O que deve estar sinalizado e indicado na metodologia de comparação (Sánchez, 2020).

Os métodos para comparar alternativas variam de muito descritivos, simples e não quantitativos, até aqueles baseados em vários níveis de quantificação para uma comparação completa, na qual todos os impactos são expressos em termos quantitativos, como a sobreposição de imagens e *checklist* (Glasson; Therivel; Chadwick, 2012). Inclusive, os mesmos critérios de avaliação devem ser usados para todas as alternativas (Glasson; Therivel; Chadwick, 2012), isso também se aplica na comparação dos indicadores dos critérios entre as alternativas.

Resumindo, Mattos (2018) destaca que esta etapa de comparação requer certos critérios para evitar a subjetividade no processo, tais como: fornecimento de informações detalhadas, uso de critérios ponderados, consideração da opinião pública sobre os valores ponderados, aplicação de metodologias adequadas ao tipo de empreendimento e atenção aos critérios de análise, incluindo escalas temporais e espaciais. Sobre a opinião pública,

Steinemann (2001) e Jesus *et al*. (2015) também reforçam que a definição e avaliação devem envolver o público, comunidades afetadas e outros *stakeholders*, visando incluir valores públicos no desenho de alternativas. Como a consideração de alternativas apresenta caráter obrigatório no Brasil, sendo conteúdo no EIA/RIMA (Conama, 1986), os estudos de alternativas devem garantir que as pessoas entendam o processo da alternativa escolhida, visando envolver a participação do público no processo de escolha (Curtis; Epp, 1999), de forma inclusiva e não somente reativas a escolha (Steinemann, 2001). Neste sentido, quando bem instruída e desenvolvida, a apresentação de alternativas no EIA pode possibilitar a garantia de transparência do processo de planejamento realizado anteriormente (Jiricka-Pürrer; Bösch; Pröbstl-Haider, 2018), uma vez que a qualidade de uma decisão depende da qualidade das alternativas escolhidas para serem estudadas (Steinemann, 2001; Geneletti, 2014; Carvalho, 2020).

Portanto, na etapa de avaliação e escolha, para cada alternativa deve-se apresentar a identificação, previsão e avaliação dos impactos ambientais, para então ter-se a alternativa escolhida (Steinemann, 2001). As informações e o processo usado para a avaliação sistemática e a escolha das alternativas devem ser bem documentados, definindo as questões com precisão e fornecendo uma visão clara e embasada para a escolha (Deat, 2004).

De modo geral, a eficácia do estudo de alternativas está diretamente ligada à transparência do processo e à capacidade de questionar e discutir criticamente o planejamento e a preparação do projeto de forma participativa (Jiricka-Pürrer; Bösch; Pröbstl-Haider, 2018).

Se as alternativas do EIA forem consideradas tendenciosas e houver solicitação de adequação por parte do órgão ambiental, o processo de revisão das alternativas é conduzido, permitindo uma rápida consulta aos dados. Nesse processo, diferentes opções são reanalisadas antes de decisões importantes serem tomadas, visando superar ou minimizar os obstáculos encontrados em determinadas etapas do projeto (Phalan *et al.*, 2017). Assim, o processo de revisão retorna para a seleção das alternativas a serem avaliadas (Figura 4 e 5), buscando selecionar outras alternativas quando a análise de alternativas não demonstrou viabilidade para escolha da alternativa adequada (Phalan *et al.*, 2017). No entanto, quando a seleção das alternativas a serem avaliadas são elaboradas de forma tendenciosa (Steinemann, 2001; Sánchez, 2020; Carvalho, 2020), o processo de revisão não tem a sua eficiência explorada (Steinemann, 2001; Phalan *et al.*, 2017).

As etapas que envolvem as alternativas no processo de AIA têm um impacto direto na tomada de decisão subsequente (Jesus *et al*., 2015; Sánchez, 2020). Quanto mais cedo essas etapas são identificadas, discutidas entre as partes interessadas e integradas ao projeto, mais próximo o empreendimento estará de alcançar sua viabilidade e sustentabilidade (Steinemann, 2001; Deat, 2004; Glasson; Therivel; Chadwick, 2012; Demori, 2019), além de reduzir os custos e o tempo necessários para eventuais alterações (Phalan *et al*., 2017).

3.2.3 Deficiências dos estudos de alternativas

As deficiências dos estudos de alternativas, que podem ser consideradas como processuais, institucionais, judiciais ou analíticas, trazem prejuízos ao processo de AIA, visto que comprometem o atingimento de seus objetivos (Steinemann, 2001). Na Tabela 4, é possível visualizar a explicação de cada categoria de deficiência que reverbera nos estudos de alternativas.

Tabela 4 – Categorias de deficiências dos estudos de alternativas

Deficiências	Descrição
Processuais	Refere-se a deficiências nos procedimentos usados para desenvolver e analisar as alternativas, como a falta de rigor e documentação nos critérios de seleção e avaliação das alternativas. Isso inclui a falta de transparência no processo e a ausência de participação pública adequada.
Institucionais	Relaciona-se com limitações ou inadequações das instituições envolvidas no processo de AIA, como a falta de capacidade técnica ou recursos insuficientes para realizar uma avaliação abrangente das alternativas. Também pode incluir conflitos de interesse ou pressões políticas que influenciam as decisões sobre as alternativas.
Judiciais ou Analíticas	Refere-se a interpretações inadequadas ou aplicação inconsistente da legislação ambiental ou dos instrumentos de avaliação, resultando em decisões que não estão em conformidade com os objetivos da AIA. Inclui-se também falhas na análise das alternativas, como a falta de rigor científico, omissão de informações relevantes ou viés na avaliação dos impactos. Isso pode levar à exclusão de alternativas viáveis ou à seleção de alternativas menos sustentáveis com base em critérios subjetivos.

Fonte: adaptado de Steinemann (2001)

Essas deficiências podem comprometer a eficácia da avaliação de alternativas e dificultar a identificação e seleção das melhores soluções para minimizar os impactos ambientais de um projeto (Steinemann, 2001; Aung; Shengji; Condon, 2019). De acordo com o Ministério Público Federal (MPF, 2004), a qualidade da decisão depende das opções disponibilizadas para a escolha de alternativas e, quando a seleção de alternativas se baseia em uma única opção ou em opções inferiores as possibilidades existentes, ela restringe a efetividade da AIA.

Ainda, o estudo de alternativas é visto como frágil e problemático, persistindo sua a baixa qualidade ao longo de décadas (Lee; Colley, 1992) em muitos países, onde as deficiências mais comuns são: falha em fornecer informações para consideração de locais alternativos e processos de operação de projeto associados a tecnologia; informações inadequadas para métodos de mitigação, uma vez que a mitigação parte da escolha de alternativas; e comprometimento com os métodos de mitigação propostos (Aung; Shengji; Condon, 2019).

Muitas vezes, a contribuição do público no estabelecimento de alternativas se limita a ajustes em uma alternativa existente e, em alguns casos, também pode envolver a proposição apenas de medidas de mitigação ou até mesmo a eliminação de determinadas alternativas (Steinemann, 2001). Esse cenário de limitação pode estar associado, principalmente, quando a participação ocorre tardiamente no processo de AIA, o que limita a significativa contribuição do público na concepção de alternativas (Steinemann, 2001; Aung; Shengji; Condon, 2019).

Nos EIAs, ainda existe o cenário em que há somente uma alternativa apresentada e, pior ainda, a consideração do estudo de alternativas é pouco praticada, visto que a sua elaboração, análise e avaliação se deparam com locais previamente, ou somente, determinados pelo empreendedor (MPF, 2004). Além disso, o número insuficiente de alternativas disponíveis para uma comparação adequada é uma questão relevante (MPF, 2004; Almeida; Montaño, 2017), resultando na análise incompleta das opções (Lee; Colley, 1992; Almeida; Montaño, 2017).

Outras deficiências na prática de consideração e análise de alternativas em EIAs incluem a falta de consideração da opção de não execução, conhecida como alternativa zero (Fernandes *et al*., 2017). Essa alternativa deve fazer parte da análise, mas não deve ser indevidamente enfatizada se não for uma alternativa realista (Jesus *et al*., 2015).

Geralmente, a seleção de uma alternativa é impulsionada por considerações econômicas e operacionais, com pouco foco nas questões ambientais (Steinemann, 2001; MPF, 2004). Consequentemente, muitas vezes, falta embasamento adequado para justificar essa escolha (Almeida; Montaño, 2017; Fernandes *et al*., 2017).

Veronez (2018) destacou que as alternativas apresentadas nos EIAs capixabas necessitavam ser revisadas e substancialmente reformuladas devido à sua baixa qualidade. Adicionalmente, a autora sugeriu o aperfeiçoamento na definição de diretrizes para o estado do Espírito Santo, propondo a inclusão da análise de alternativas tecnológicas e locacionais entre as melhorias recomendadas (Veronez, 2018).

Mesmo que a Resolução Conama n° 001/1986 estabeleça, entre outras diretrizes gerais para a elaboração do EIA, a necessidade de contemplar alternativas tecnológicas e de localização, além da hipótese de não execução do projeto (Conama, 1986), há casos em que as etapas que envolvem o LA com AIA não se conversam (Carvalho, 2019). Isso se justifica com a identificação de termos de referência (TRs) de EIAs sem a solicitação da apresentação das alternativas, da alternativa zero e de seus estudos (Carvalho, 2019).

A discrepância entre o que é exigido pela lei e o que é praticado, conforme descrito no parágrafo anterior, é preocupante, visto que os responsáveis pela elaboração dos estudos podem optar por considerar apenas os TRs, ignorando uma exigência legal. Buscando reverter esse cenário, Steneimann (2001) e Jesus *et al*. (2015) recomendam o estabelecimento da definição de alternativas na etapa de escopo da AIA, sendo incorporadas no início do processo, e ainda que a AIA precisa ser incorporada no início do processo de planejamento da agência responsável por regular a questão de energia no país (esta questão é discutida no item 3.3.1, que trata da problemática do estudo de alternativas em linhas de transmissão). Uma vez que processos contrários ficam propensos a subjetividade e falhas para atingimento dos objetivos da AIA (Steinemann, 2001), sendo, portanto, deficientes.

3.3 Linhas de Transmissão de Energia e seus impactos

A LT é uma parte importante da rede que leva a eletricidade de um lugar para outro. Além de possuir relativa flexibilidade locacional, é um empreendimento que trabalha junto com subestações e outros equipamentos para fazer a energia chegar desde onde é gerada até os lugares onde é usada (Ibama, 2020). Dessa forma, as LTs desempenham um papel crucial ao conectar diferentes áreas que produzem ou recebem eletricidade, conectar grandes consumidores diretos de energia, unir redes de energia de diferentes países e, em certos casos, fornecer energia de forma temporária a locais específicos (MMA, 2011).

Além da estrutura das LTs, existem também as suas faixas de servidão, que são áreas ao redor das torres e abaixo dos cabos, onde a vegetação é desmatada e gerenciada para evitar interferências e riscos às estruturas das linhas e/ou à transmissão de energia (Biasotto; Kindel, 2018). Essas áreas começam no meio de cada torre e se estendem para os lados, sendo que o tamanho das faixas se relaciona com a potência da LT, podendo ir de 40 metros para linhas de 230 kV até 100 metros para linhas de 800 kV (Ramos, 2018).

Para compreender os impactos das LTs, é essencial analisar as suas etapas de planejamento, instalação e operação. Durante o planejamento, estudos preliminares são realizados e compartilhados, gerando expectativas que podem ser tanto positivas quanto negativas, incluindo conflitos e sensações de insegurança (Ibama, 2020). Esta etapa também contribui para o conhecimento científico sobre a fauna local, embora possa resultar em efeitos adversos, como lesões ou a morte de animais (Biasotto; Kindel, 2018; Ibama, 2020; Verardo; Oliveira; Silva, 2020).

Já os impactos previstos para a etapa de instalação se iniciam com um impulso na economia local devido à compra de produtos, insumos e serviços (Ibama, 2020). Por outro lado, a construção de estruturas de apoio para as LTs pode levar à poluição e à redução da qualidade da água, tanto superficial quanto subterrânea, contaminação do solo e pressão adicional sobre a infraestrutura e os serviços públicos (Ibama, 2020; Oliveira; Zaú, 2024).

Durante a construção, a emissão de material particulado, junto com a produção de ruídos e vibrações, causa deterioração dos bens materiais e desconforto à população local (Oliveira; Zaú, 1998; Ibama, 2020). Esses ruídos e vibrações também afetam negativamente a fauna, levando a distúrbios no comportamento e no habitat natural de diversas espécies (Biasotto; Kindel, 2018; Verardo; Oliveira; Silva, 2020; Ibama, 2020; Tarko *et al*., 2021; Biasotto *et al*., 2022; Cordeiro; Reginato, 2023).

Além disso, a escavação em solo e rocha pode alterar o escoamento superficial, levando ao assoreamento de corpos hídricos e induzindo processos erosivos, como também a degradação do patrimônio espeleológico e paleontológico (Oliveira; Zaú, 1998; Ibama, 2020), que são importantes para a preservação da história natural. A contaminação e deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas também são preocupações, assim como a geração de materiais excedentes, que podem causar assoreamento (Oliveira; Zaú, 1998; Ibama, 2020). Ao mesmo passo que o ultralançamento de materiais durante o processo de escavação pode levar à deterioração de bens materiais e aumentar o risco de acidentes (Ibama, 2020).

A construção de fundações e terraplanagem geram efluentes, os quais comprometem a qualidade das águas e do solo, sobrecarregam a infraestrutura existente e os serviços públicos, resultando em demandas adicionais e potencializando problemas de gestão urbana (Oliveira; Zaú, 1998; Ibama, 2020). Também durante a construção de fundações, a emissão de ruídos e vibrações pode perturbar a fauna local e incomodar os moradores das proximidades (Oliveira; Zaú, 1998; Ibama, 2020; Biasotto; Kindel, 2018).

O lançamento de cabos e a montagem das torres também afetam indivíduos da fauna, especialmente aves e outros animais que possam colidir com os cabos durante seu voo ou deslocamento (Oliveira; Zaú, 1998; Cardoso Jr, 2014; Biasotto; Kindel, 2018; Ibama, 2020), bem como modificam a paisagem (Oliveira; Zaú, 1998; Ibama, 2020).

A remoção de vegetação durante a etapa de construção, particularmente na faixa de servidão, leva a mudanças no escoamento superficial e promove processos erosivos e formação de voçorocas, aumentando o risco de deslizamentos e enchentes (Oliveira; Zaú, 1998; Ramos, 2018; Ibama, 2020). Essa abertura também facilita o acesso e o trânsito de pessoas, o que pode intensificar a extração ilegal de produtos da flora, bem como a ocorrência de queimadas, caça e tráfico de animais silvestres (Oliveira; Zaú, 1998; Ramos, 2018; Verardo; Oliveira; Silva, 2020; Biasotto *et al*., 2022; Cordeiro; Reginato, 2023). Ademais, esses impactos são mais visíveis durante a construção da LT, mas continuam a ser uma preocupação durante a etapa de operação (Biasotto; Kindel, 2018).

A construção de LTs de alta tensão em terrenos agrícolas e imóveis rurais implica em uma faixa de servidão permanente, envolvendo expropriação de terras e depreciação da área agrícola remanescente (Sardaro; Bozzo; Fucilli, 2018). Isso significa restrições ao uso do solo, medidas de segurança para garantir a integridade das pessoas e dos bens (Tarko *et al*., 2021), limitações de uso de territórios produtivos e impactos financeiros da supressão de renda agrícola (Portela, 2013). Adicionalmente, esses impactos não apresentam uma definição clara de como as indenizações são calculadas e ainda persistem durante a etapa de operação (Cordeiro; Reginato, 2023), uma vez sendo impactos irreversíveis.

Por fim, a desmobilização de mão de obra e áreas de apoio, utilizadas na etapa de instalação para construção da LT, impacta tanto os aspectos socioeconômicos quanto ambientais. Isso pode resultar em expectativas negativas, conflitos e desemprego na população, contribuindo para a diminuição do mercado de bens e serviços devido à migração de pessoas e trabalhadores, por outro lado, pode também aumentar a fauna sinantrópica (Ibama, 2020).

Durante a etapa de operação e monitoramento, além dos impactos na fauna (Oliveira; Zaú, 1998; Ramos, 2018; Biasotto; Kindel, 2018; Verardo; Oliveira; Silva, 2020; Ibama, 2020; Biasotto *et al*., 2022; Cordeiro; Reginato, 2023), há também os gerados pela energização da linha, que cria um campo eletromagnético nas proximidades da faixa de servidão (Oliveira; Zaú, 1998). Esse campo pode interferir em equipamentos eletrônicos, gerar ruídos, vibrações e emissão de gases como ozônio e dióxido de

nitrogênio, causando desconforto e preocupações na população (Oliveira; Zaú, 1998; Ibama, 2020; Tarko *et al*., 2021).

Após identificar os impactos inerentes às LTs, torna-se evidente que os aspectos de infraestrutura dessas linhas desempenham um papel crucial na minimização desses impactos. A título de exemplo, cita-se o planejamento do traçado próximo a estradas de acesso para transporte de equipamentos e o sistema elétrico reforçado para suportar a conexão e escoamento da energia, os quais podem garantir a eficiência energética (Myszczuk; Souza, 2018). Nesse contexto, o estudo de alternativas surge como um aliado para otimizar o processo de evitar e reduzir impactos.

Inclusive, os impactos advindos da etapa de instalação, como descrito por Sugawara (2016), decorrem de técnicas construtivas escolhidas pelos empreendedores e, em outros casos, por exigências determinadas pelos órgãos licenciadores. Um exemplo de técnica construtiva é o alteamento de torres em remanescentes florestais, o que restringe à etapa de instalação, os impactos ambientais da supressão da vegetação, ou seja, na etapa de operação o remanescente florestal pode-se recuperar, não sendo necessário realizar a manutenção da vegetação sob os cabos condutores (Ramos, 2018).

Aliás, para evitar os riscos e impactos do projeto, inicialmente, o indicado é que na elaboração do traçado da LT deve-se seguir a hierarquia de mitigação de impactos. Segundo esta hierarquia, a prevenção ou inexistência do impacto é prioridade, seguida de sua minimização, restauração e, por último, compensação de impactos (Villarroya *et al*., 2014; Jesus *et al*., 2015; Biasotto *et al*., 2022).

Logo, quando as LTs são planejadas, de forma que seu traçado seja mais sustentável e adequado, evita-se impactos negativos que modificam o meio ambiente e trazem prejuízos à biodiversidade, como também reduz conflitos e riscos no processo de LA (Madrigal; Stoft, 2012; Biasotto; Kindel, 2018; Santos *et al*., 2019; Biasotto *et al*., 2022).

3.3.1 A problemática do estudo de alternativas em linhas de transmissão

O planejamento de um projeto inclui a tomada de muitas decisões, como: a tipologia, a escala do projeto, o local e as tecnologias; inclusive, Curtis e Epp (1999) descrevem que o processo de seleção do local, na maioria das vezes, é feito pelos proponentes do projeto durante a fase de seu planejamento, antes da execução da AIA e, por conseguinte, da elaboração do estudo de alternativas.

O cenário descrito no parágrafo anterior é comum em projetos de LTs, especialmente quando os projetos já estão definidos em termos de localização e tecnologia antes do processo de LAF e AIA (Cardoso Jr, 2014; Cardoso Jr; Hoffmann, 2019; Demori, 2019). Portanto, as alternativas geralmente não são consideradas de forma apropriada na maioria dos casos (Cardoso Jr, 2014), o que compromete sua efetiva avaliação (Biasotto *et al*., 2022).

Embora existam estudos preliminares no planejamento de projetos de LTs, anteriores a etapa de LAF, como os relatórios de Viabilidade Técnico-Econômica e Socioambiental (R1), Detalhamento da Alternativa de Referência (R2), Caracterização e Análise Socioambiental (R3) e Caracterização da Rede Existente (R4), apenas a obtenção da LP pelo órgão ambiental competente confirma a viabilidade ambiental do projeto (Cardoso Jr, 2014). Assim, assegura que o projeto atenda aos requisitos ambientais necessários para prosseguir para as etapas subsequentes.

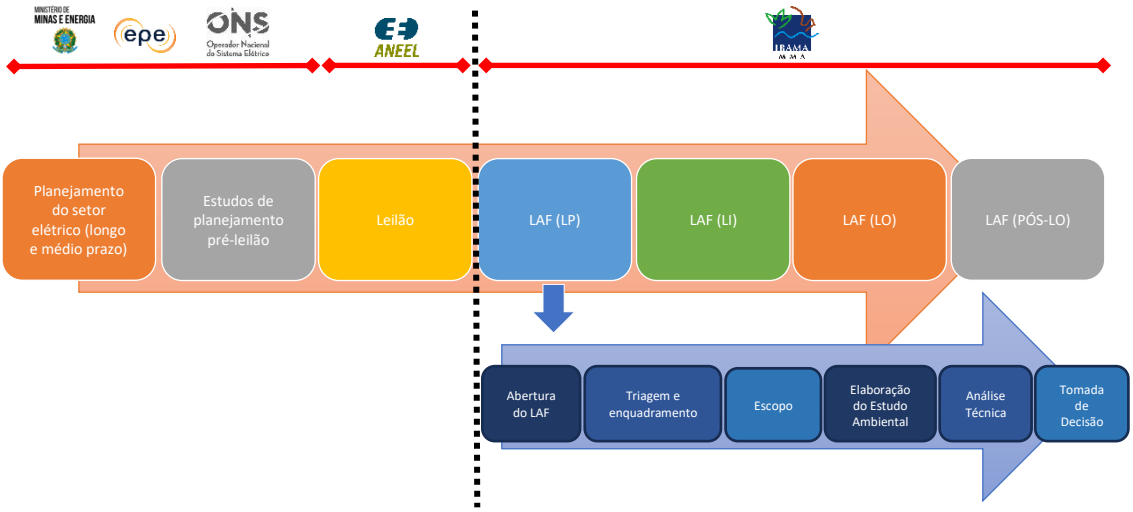
Resumidamente, as etapas anteriores ao LAF são baseadas em estudos de planejamento de expansão do fornecimento de energia liderados pelos Grupos de Estudo de Transmissão (GET) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com contribuições do Operador Nacional do Sistema (ONS) para identificar e dimensionar os empreendimentos necessários para o sistema elétrico nacional (Cordeiro; Reginato, 2023). O processo inclui a elaboração de documentos detalhados (R1 a R5, sendo de R1 a R4 descritos no parágrafo anterior e R5 referente à Estimativa dos Custos Fundiários da região onde a nova instalação será implantada) para caracterizar cada projeto, aprovados pelo Ministério de Minas e Energia (MME) para instruir o processo licitatório conduzido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (Ibama, 2022; Cordeiro; Reginato, 2023).

Após vencer o leilão, a empresa deve obter as licenças necessárias, construir a linha e operá-la dentro do prazo estabelecido contratualmente com o poder concedente (Cordeiro; Reginato, 2023). Ainda, para ilustrar este cenário, em que a AIA ocorre após as etapas de planejamento do leilão das LTs, a Figura 6 apresenta o fluxo decisório atualmente estabelecido para implantação e operação de novos sistemas de transmissão de energia no Brasil.

Essa consideração tardia do estudo das alternativas apenas no EIA dificulta o conhecimento prévio em projetos de LT, afetando os prazos do LA (Cardoso Jr, 2014; Romanel, 2017; Demori, 2019), adicionando custos ao projeto (Cardoso Jr; Hoffmann, 2019), incertezas entre possíveis investidores (Cardoso Jr; Hoffmann, 2019; Ibama, 2022)

e conflitos nas etapas seguintes de implantação e operação dos empreendimentos (Ibama, 2022). Em certas situações, isso resulta na necessidade de mudanças e retrabalho, implicando em mais despesas e aumento do tempo de duração do projeto no processo de LAF (Cardoso Jr; Hoffmann, 2019).

Figura 6 – Fluxo decisório atualmente estabelecido para implantação e operação de novos sistemas de transmissão de energia no Brasil



Fonte: Modificado de Ibama (2022)

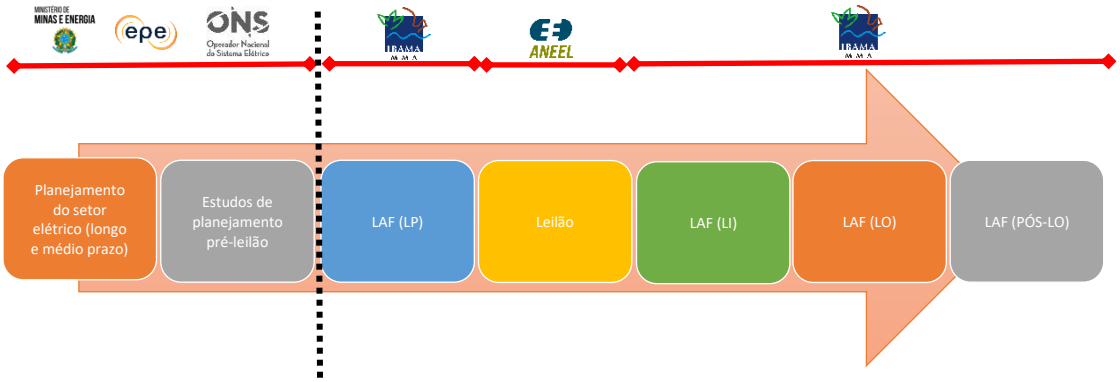
Somado a isso, Glasson, Therivel e Chadwick (2012) reafirmam que a consideração minuciosa das alternativas deve ocorrer no início do processo de planejamento de projetos, antes que o tipo, a escala de desenvolvimento e a localização sejam definidos. Romanel (2017) complementa que a adoção do modelo em que empreendimentos de geração e transmissão só podem ir a leilão com a LP é uma opção para atestar a sua viabilidade ambiental e que se relaciona com a necessidade de interação entre os agentes de planejamento e as agências ambientais ainda na etapa pré-leilão, como apontado por Demori (2019).

Diante disso, foi encaminhada pelo Ibama ao MME e à Aneel uma proposta de integração e antecipação do processo de LAF (Ibama, 2022), por meio da Informação Técnica nº 24/2022-Codut/CGLin/Dilic, os quais avaliam a possibilidade de alteração do fluxo decisório para implantação e operação de novos sistemas de transmissão de energia no Brasil, representado na Figura 7. A título de curiosidade, até o momento, não houve atualização pública sobre seu andamento. No entanto, a Associação Brasileira de

Companhias de Energia Elétrica (ABCE) apresentou apoio a iniciativa apresentada pelo Ibama (Aneel, 2023).

Essa integração entre agentes e antecipação do LAF, demonstrada na Figura 7 evitaria as deficiências e implicações legais, como o atraso no processo de LA e, consequentemente, na aprovação e implementação do projeto (Cardoso Jr, 2014; Romanel, 2017; Cardoso Jr; Hoffmann, 2019; Ibama, 2022). Além disso, a falta de integração do cenário atual (demonstrado na Figura 6) contempla incertezas de previsibilidades que envolvem a política pública de energia, onde investidores internacionais têm enxergado riscos, devido a atrasos na implementação do projeto causada por obstáculos regulatórios relacionados ao LA e a altos custos monetários imprevisíveis em etapas anteriores ao LA (Cardoso Jr; Hoffmann, 2019).

Figura 7– Fluxo decisório proposto para implantação e operação de novos sistemas de transmissão de energia no Brasil



Fonte: Modificado de Ibama (2022)

As causas dos atrasos e das incertezas de investimento que impactam no tempo do processo de LA, na maioria das vezes, associam-se as investigações arqueológicas, as quais exigem alterações no projeto e no planejamento das obras (Attié; Rego, 2019). Além disso, durante a implementação dos acessos das linhas, os desafios se relacionam a questões fundiárias e topográficas em áreas complexas, como o relevo e o elevado número de propriedades, os quais exigem a necessidade de ressarcimentos ou indenizações não previstas (Attié; Rego, 2019). Logo, antecipar as competências e procedimentos para o LA permite que os investidores recebam orientações prévias do órgão ambiental para a elaboração dos estudos ambientais (Romanel, 2017; Ibama, 2022) e maior transparência dos processos licitatórios realizados pela Aneel, nos leilões de transmissão de energia (Ibama, 2022; Aneel, 2023). Isso reduziria a alocação de recursos nos estudos preliminares e aproximaria os investidores das expectativas do órgão ambiental

licenciador, melhorando a qualidade dos estudos submetidos no processo de LA (Ibama, 2022; Aneel, 2023).

Além da forma como o atual fluxo decisório está estabelecido, a não consideração de aspectos importantes para minimizar a perda ambiental vincula-se ao ano em que muitos dos empreendimentos de LTs foram instalados. Blanc *et al*. (2017) reafirmam isso, citando que LTs podem ter sido instaladas antes da criação de legislações que asseguram a conservação e uso sustentável do meio ambiente, como: a Lei Federal nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação; e também anteriormente à Lei Federal nº 6.938/1981, que dispõe sobre a PNMA e traz um conjunto de instrumentos para a preservação.

A Portaria MMA n° 421/2011, que regulamenta e define as principais questões associadas ao LAF de LTs, também foi implementada após a instalação de muitos empreendimentos. Isso destaca a constante construção das normas legais, implicando na criação do paradigma entre a necessidade de oferta de energia para a suprir necessidades da população e a necessidade de conservação do meio ambiente, pensando em reduzir os impactos deste serviço (Blanc *et al*., 2017).

Relacionando a constante construção legal para as alternativas em EIAs de LTs, como exigência da avaliação das alternativas de localização, tecnológica e a hipótese de não execução (alternativa zero), exigidas pela Resolução Conama 001/1986 (Conama, 1986), a Portaria MMA n° 421/2011 adicionou o desenvolvimento da alternativa construtiva e estabeleceu os critérios que devem ser considerados no desenvolvimento de projetos de LTs (MMA, 2011).

As alternativas apresentadas em EIAs de LTs, atualmente encontradas na literatura, são alternativas locacionais e tecnológicas, onde o ponto forte de desenvolvimento nos estudos é a de localização e, alguns EIAs, falham em sua discussão (Demori, 2019). Também existem falhas na discussão da alternativa tecnológica (Demori, 2019) e não há consideração nem previsão do impacto ambiental negativo do ruído proveniente das LTs durante a etapa de operação, uma vez que os equipamentos utilizados nas estruturas das LTs não apresentam avanços para mitigar esse impacto (Biasotto; Kindel, 2018; Tarko *et al*., 2021; Biasotto *et al*., 2022).

Assim, as alternativas tecnológicas são normalmente de natureza operacional, se resumem a opção de corrente contínua, as quais resultam em menor custo de investimento e menor custo global (modicidade tarifária); menor impacto ambiental e econômico

(quantidade de cabos, estruturas metálicas e menor quantidade de subestações); e maior flexibilidade operativa, por permitir um maior controle (Cardoso Jr, 2014).

A escolha de melhores alternativas tecnológicas e de localização integra diversos aspectos que fundamentam uma escolha mais apropriada para instalação de empreendimentos (Jesus *et al*., 2015; Silva, 2021). No caso das LTs, as alternativas mais importantes se relacionam com os corredores de infraestrutura, levando em conta o seu traçado, em que a escolha das áreas parte de critérios nos quais as LTs podem ser localizadas (Tarko *et al*., 2021).

Ibama (2020) reitera essa importância ao afirmar que a determinação de um traçado otimizado para as LTs e a seleção dos locais para as subestações são o cerne da AIA. Bem como, auxiliam na formulação de alternativas de menor interferência, listando um rol não exaustivo de áreas socioambientais sensíveis que usualmente são consideradas nos exames de alternativas (Ibama, 2020).

Logo, a Tabela 5 traz uma contextualização de critérios para elaboração dos estudos de alternativas de LT, o que possibilita observar, os critérios envolvidos antes do desenvolvimento do EIA, identificando as etapas que podem ser incluídas e os seus respectivos aspectos.

Tabela 5 – Critérios para desenvolvimento de alternativas de linhas de transmissão de energia (continua)

Etapa de Projeto	Critérios requeridos	Descrição	Aspectos
Planejamento	Confiabilidade e segurança no sistema (EPE, 2018; Myszczuk; Souza, 2018; Fronza, 2019; Freiman; Santos, 2019).	A consideração da confiabilidade do sistema elétrico, garante que a infraestrutura de transmissão seja dimensionada para atender à demanda de energia, reduzir a possibilidade de sobrecarga, evitar interrupções no fornecimento e até mesmo o paralelismo com outros empreendimentos lineares.	Técnico e Regulatório
	Compartilhamento e integração de dados de diferentes servidões administrativas (Cordeiro; Reginato, 2023).	O compartilhamento e integração de dados de diferentes servidões administrativas, permite o posicionamento das LT sobre os imóveis com o conhecimento prévio do que existe gravado nelas no âmbito burocrático, com dados do que está construído ou sendo utilizado nessas áreas, resultando na inserção de novos empreendimentos de forma crítica e reduzindo a incidência de impactos socioeconômicos graves às propriedades atingidas, como a desapropriação do imóvel.	Ambiental, social, econômico, infraestrutura e técnico
	Custos e viabilidade econômica para implantar LT aéreas e subterrâneas (Mansur, 2022).	Cada tipo apresenta vantagens e desafios específicos de projeto, como distância, capacidade de transmissão, impactos (ambientais, sociais e econômicos), custos e regulamentações locais para construção, operação e manutenção das LTs.	Econômico, ambiental, social e técnico
	Previsão e avaliação de impactos na elaboração de alternativas de localização, tecnológica e construtiva ou projeto, especificando a consideração de aspectos (MMA, 2011).	Minimizar impactos relacionados à: Necessidade de abertura de estradas de acessos; Interferência em áreas de importância biológica, áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade (Ministério do Meio Ambiente) e em áreas legalmente protegidas; Interferência na paisagem; Estimativa de área com cobertura vegetal, por tipologia de vegetação, passível de ser suprimida, em hectares, e seu efeito sobre a estratificação original (corte raso ou seletivo), destacando as Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal, considerando a faixa de servidão e todas suas áreas de apoio e infraestrutura durante as obras; Necessidade de realocação populacional; Interceptação de áreas urbanas; Interferência em Terras Indígenas, projetos de assentamento, comunidades quilombolas, e em outras comunidades tradicionais; Interferência em patrimônio espeleológico, arqueológico, histórico e cultural; Interferência em corpos d'água.	Ambiental, social, econômico, regulatório, infraestrutura e técnico
	Campo elétrico da frequência de energia de LTs de alta tensão (Biasotto; Kindel, 2018; Tarko *et al*., 2021; Biasotto et al., 2022).	Prevenir impactos ambientais e sociais acerca do ruído audível.	Ambiental, social e técnico
	Compartilhamento da faixa de servidão em imóveis já atingidos por LT (Cordeiro; Reginato, 2023).	Prevenir novos impactos advindos de uma nova faixa de servidão, além de reduzir custos de engenharia.	Ambiental, social, econômico e técnico
	Recapacitação da LT, ou seja, o aumento da capacidade de LT de uma instalação existente (Cavassin; Fernandes, 2012).	Prevenir novos impactos de um novo projeto de LT ou minimização de impactos.	Ambiental, social, econômico e técnico

Tabela 5 – Critérios para desenvolvimento de alternativas de linhas de transmissão de energia (continuação)

Etapa de Projeto	Critérios requeridos	Descrição	Aspectos
Planejamento	Sensibilidade ambiental de localização ou atividade (Ibama, 2020; Ibama, 2021)	Evitar o abrangimento de: Unidades de Conservação ou respectiva zona de amortecimento; Terra Indígena e Comunidade Quilombola; Sítios e/ou ocorrências arqueológicos, espeleológicos, paleontológicos, estejam eles acautelados ou não; Corte ou supressão de vegetação do Bioma Mata Atlântica, nos termos da Lei n.11.428 de 22 de dezembro de 2006; Área de Preservação Permanente, nos termos do Código Florestal e Resolução Conama nº 369/2006; Áreas de relevo acentuado ou solo suscetível a eventos erosivos graves; Paisagens com relevância cênica e de valor para a geoconservação; Áreas conservadas (para fins de supressão de vegetação nativa); Áreas de ocorrência e habitat de espécies ameaçadas de extinção, bem como prioritárias para a conservação dessas espécies ou da biodiversidade; Áreas alagadas/alagáveis, afloramento de lençol freático, prioritárias para a recarga de aquíferos, com concentração de nascentes, sítios Ramsar e outras características singulares e com maior grau de sensibilidade a intervenções; Área com presença de formações coralíneas; Sítios reprodutivos de tartarugas marinhas **e a**mbientes estuarinos e/ou manguezais; Áreas de reprodução de crustáceos **e á**reas tradicionais de pesca; Áreas Especiais de Interesse Turístico (AEIT); Áreas com infraestrutura de turismo implantada; Áreas abrangidas por Planos Nacionais Para Conservação (PANs); Zonas de exclusão de pesca; Áreas contaminadas; Áreas regulares de rota, pouso, descanso, alimentação e reprodução de aves migratórias; Afetação de comunidade ou grupo socialmente vulneráveis e atividades extrativistas; Serviços públicos de saúde e educação vulneráveis; Áreas com população(ões) de espécie(s) exótica(s) invasora(s) estabelecidas ou em processo de estabelecimento; Sítios reprodutivos e de alimentação de mamíferos aquáticos; Remoção de comunidades; Localização a menos de trezentos metros de restinga, medidos a partir da linha de preamar máxima; Remoção ou afetação de equipamentos ou bens da infraestrutura pública; Afetação de patrimônio simbólico/cultural/religioso para aproveitamentos hidrelétricos: localidades carentes de serviços públicos e de infraestrutura (abastecimento de água, tratamento de esgoto etc.).	Ambiental, social, econômico, regulatório, infraestrutura e técnico

Tabela 5 – Critérios para desenvolvimento de alternativas de linhas de transmissão de energia (continuação)

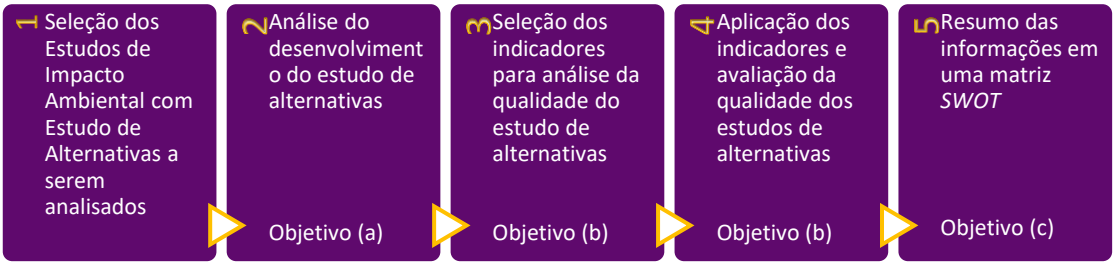
Etapa de Projeto	Critérios requeridos	Descrição	Aspectos
Planejamento	Patrimônio histórico, arqueológico, cultural, espeleológico, paleontológico e de beleza cênica (Cardoso Jr, 2014; Demori, 2019).	Minimizar impactos em áreas com elevada probabilidade de achados arqueológicos de interesse do patrimônio histórico, bem como locais de beleza cênica.	Técnico, social e ambiental
Planejamento e Instalação	Alteamento de Torres em áreas com alto índice de espécies arbóreas (Abreu *et al*., 2003; Ramos, 2018; Demori, 2019).	Reduzir o potencial de impacto em remanescentes florestais, restringindo-o apenas à etapa de instalação. Proporcionando condições de recuperação deste fragmento na etapa de operação.	Técnico, ambiental, social e econômico.
Instalação	Utilização de aeronaves para lançamento dos cabos em processos de instalação (Demori, 2019; Siddiqui; Park, 2020).	Evitar a abertura de estradas e supressão vegetal em áreas que não apresentam infraestruturas de acesso.	Técnico e infraestrutura
	Utilização de torres com menor área de base (Demori, 2019).	Minimizar a supressão vegetal e o desmatamento advindo da instalação do empreendimento, como autoportantes no lugar das estaiadas.	Técnico e ambiental
	Utilização de sinalizadores (Freire, 2019).	Minimizar impacto de mortalidade de aves migratórias.	Técnico e ambiental
	A viabilidade técnica e operacional do traçado proposto (Lima *et al*., 2013; Cardoso Jr, 2014; Fronza, 2019; Freiman; Santos, 2019; Demori, 2019).	Considerar a prevenção do impacto em áreas sensíveis (APPs), alagadas, protegidas (UCs e cavidades) e terras indígenas, como também a topografia como barreiras físicas geomorfológicas, a infraestrutura (aeroportos), zonas urbanas, o uso do solo, hidrografia (navegável ou não) e o sistema de interligado nacional (SIN).	Técnico, infraestrutura, social e ambiental
	A minimização e prevenção do impacto ambiental (Cardoso Jr, 2014; Fronza, 2019; Freiman; Santos, 2019; Demori, 2019).	Avaliar os possíveis impactos ambientais de efeito na fauna e flora local, em áreas de preservação ambiental, habitats naturais sensíveis e áreas de proteção ambiental.	Ambiental
	Interferência em comunidades indígenas e locais, propriedades privadas, questões culturais e socioeconômicas (Cardoso Jr, 2014; Fronza, 2019; Freiman; Santos, 2019; Demori, 2019).	Consultar as partes afetadas e interessadas. A elaboração de estudos de impacto social para identificar possíveis preocupações, quanto a poluição visual, fragmentação de agricultura e outros, podem fundamentar a reavaliação de alternativas. Sempre que possível deve-se evitar a passagem de linhas de transmissão em comunidades tradicionais, mesmo não havendo nenhuma restrição legal.	Social, ambiental e econômico
Operação	Utilização de aeronaves em processos de manutenção e fiscalização (Siddiqui; Park, 2020).	Evitar a reabertura de estradas e supressão vegetal, além de trazer celeridade na inspeção para a concessionárias de energia.	Técnico e ambiental
	Utilização de maquinários e equipamentos para manutenção das LTs (Tarko *et al*., 2012; Biasotto; Kindel, 2018; Biasotto *et al*., 2022).	Emissão sonora em ambientes de sensibilidade ambiental e social.	Técnico e ambiental

Fonte: Autora (2024)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa é descritiva de natureza aplicada e, segundo sua abordagem, de caráter qualitativo. Suas etapas de desenvolvimento são apresentadas na Figura 8, bem como sua relação com os objetivos propostos, e são descritas individualmente em seguida.

Figura 8 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autora (2024)

4.1 Seleção dos Estudos de Impacto Ambiental com Estudo de Alternativas a serem analisados

Inicialmente, foi necessário consultar o repositório *online* de dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) para identificar os EIAs de LTs tramitados na esfera federal. O acesso foi feito no dia 24/04/2023 pelo *site* do órgão, disponível em: http://www.ibama.gov.br. A Figura 9 apresenta o fluxograma dos procedimentos para a obtenção dos EIAs a serem analisados. Nesta busca, a princípio, foram identificados 120 processos de LAF de LTs.

Figura 9 – Etapas de consulta para extração de dados

Fonte: Autora (2024)

Como o processo de LAF envolve diferentes estudos, RAS, RAA ou EIA/RIMA, consultou-se individualmente os 120 processos previamente identificados e selecionou-se apenas aqueles que envolviam EIA, totalizando 57 casos, que foram organizados de acordo com o ano de elaboração, em ordem crescente (Tabela 6). Ao final, foram analisados todos os processos de LAF de LTs que envolviam EIA, fornecidos de forma

online pelo Ibama, abrangendo o período de 2006 a abril de 2023. Ainda para a Tabela 6, foram levantados os dados relativos ao porte (extensão e tensão) das LTs e aspectos locacionais (estado e bioma). Estes dados foram extraídos do conteúdo do próprio EIA, entre os capítulos de Apresentação, Introdução e/ou Caracterização Técnica.

Tabela 6 – Estudos de impacto ambiental de linha de transmissão de energia analisados nesta pesquisa.

Código	Processo (n°)	Ano de elaboração do EIA	Estado(s) afetado(s)	Bioma afetado	Extensão (km)	Tensão (kV)
EIA01	02001.000539/2006-88	2006	GO; MG; DF	Cerrado	674,05	500
EIA02	02001.000390/2007-18	2007	SP; MG	Mata atlântica	308 400	500
EIA03	02001.001113/2008-11	2008	PI; CE; PE	Caatinga	400	500
EIA04	02001.005015/2008-45	2008	PA; AM	Amazônia	506	500
EIA05	02001.004314/2008-62	2009	PA; AP	Amazônia	679	500
EIA06	02001.005557/2008-18	2010	SC; PR	Mata atlântica	97,26	230
EIA07	Não identificado	2010	MG; ES	Mata atlântica; cerrado	258	500
EIA08	02001.000656/2009-94	2010	GO; MT	Cerrado	606	500
EIA09	02001.000326/2009-07	2010	RO; MT; GO; SP	Amazônia; cerrado; mata atlântica	2382	600
EIA10	02001.000328/2009-98	2010	RO; MT; GO; SP	Amazônia; cerrado; mata atlântica	2369	600
EIA11	02001.005510/2010-62	2011	RO; MT	Amazônia	990	230
EIA12	02001.010450/2009-72	2012	RS	Mata atlântica; pampa	63	525
EIA13	02001.006614/2011-81	2012	SP; RJ	Mata atlântica	272,8	500
EIA14	02001.008475/2011-21	2012	PB; PE; AL; RN	Caatinga	717,4	500
EIA15	02001.001146/2012-30	2012	PR; RS; SC	Mata atlântica	492	525
EIA16	02001.000111/2013-64	2013	TO; PI; BA	Caatinga	1816	500
EIA17	02001.002201/2013-90	2014	PI; CE; PE	Caatinga	616	500
EIA18	02001.002793/2013-40	2014	MA; PI; CE	Caatinga	538	500
EIA19	02001.000480/2014-38	2014	SP; PR	Mata atlântica	879,4	500
EIA20	02001.000387/2013-42	2014	BA; GO; MG	Cerrado	952,88	500
EIA21	02001.001553/2013-28	2014	AM; RR	Amazônia	721	500
EIA22	02001.005026/2013-92	2014	GO; DF	Cerrado	135,4	500
EIA23	02001.002780/2013-71	2014	PA; TO	Amazônia; cerrado	964	500
EIA24	02001.001612/2014-49	2015	SC; RS	Mata atlântica	34,5	138
EIA25	02001.002487/2014-94	2015	PA; TO; GO; MG	Amazônia; cerrado;	2.086,90	800
EIA26	02001.008882/2015-61	2015	PI; BA	Mata atlântica	743,63	500
EIA27	02001.005087/2014-31	2015	SP; MG	Mata atlântica	317	500
EIA28	Não identificado	2018	SC; RS	Mata atlântica	37,3	230
EIA29	02001.005223/2015-73	2016	PA; TO; GO; MG; RJ	Amazônia; cerrado; mata atlântica	2.534,60	800
EIA30	02001.007516/2015-95	2017	PA; SC	Mata atlântica	144,5	525
EIA31	02001.105108/2017-60	2017	AL; PE	Caatinga	38	500
EIA32	02001.001002/2017-98	2017	CE; PB; RN	Caatinga	292,2	500
EIA33	02001.011131/2016-11	2017	MG	Mata atlântica	816	500
EIA34	02001.000609/2017-51	2017	BA; MG	Mata atlântica	1159,22	500
EIA35	02001.100292/2017-51	2017	BA; PI	Mata atlântica	833,7	500
EIA36	02001.005866/2016-06	2018	MG; ES	Mata atlântica	271,8	500
EIA37	02001.005870/2016-66	2018	MG; ES	Mata atlântica	237,2	500

Código	Processo (n°)	Ano de elaboração do EIA	Estado(s) afetado(s)	Bioma afetado	Extensão (km)	Tensão (kV)
EIA38	02001.009220/2016-90	2018	MA; PI; CE	Cerrado; caatinga	1152,48	500
EIA39	02001.0002698/2018-51	2018	PA; TO	Amazônia; cerrado	437,3	500
EIA40	02001.004890/2018-81	2018	TO; MA; PI; BA	Cerrado	729	500
EIA41	02001.110465/2017-40	2018	MG; SP	Cerrado; mata atlântica	375	500
EIA42	02001.008458/2016-06	2018	RJ	Mata atlântica	28	138
EIA43	02001.100322/2017-20	2018	SP; RJ	Mata atlântica	300,3	500
EIA44	02001.022753/2018-29	2019	CE; RN	Caatinga	403,23	500
EIA45	02001.037706/2018-80	2019	MG	Mata atlântica	80,7	345
EIA46	02001.008087/2018-16	2019	MG	Mata atlântica	151,5	500
EIA47	02001.001988/2019-68	2019	AM; PA	Amazônia	225,3	230
EIA48	02001.021435/2018-41	2019	CE; PB	Caatinga	222	500
EIA49	02001.037911/2018-45	2019	SC	Mata atlântica	278,4	525
EIA50	02001.011101/2018-69	2019	MG; ES	Cerrado; área transicional; mata atlântica	153,9	500
EIA51	02001.002839/2019-16	2019	RJ; ES; MG	Mata atlântica	538,5	500
EIA52	02001.002330/2019-73	2020	RS; SC	Mata atlântica; pampa	27,2 252,4	230 525
EIA53	02001.016742/2020-24	2021	MG; RJ	Mata atlântica	250	345
EIA54	02001.001772/2021-17	2021	BA; ES; MG	Mata atlântica	589,66	500
EIA55	02001.028868/2021-22	2022	PR; SP	Mata atlântica	275,63	500
EIA56	02001.020375/2022-25	2022	MG; SP	Cerrado	593,74	500
EIA57	02001.027543/2022-11	2023	PB; RN	Caatinga	114	500

Fonte: Autora (2024)

Uma vez selecionados os EIAs, foi realizado o *download* do seu arquivo e prosseguiu-se para a extração de informações, com foco no estudo de alternativas realizado. Na etapa de identificação dos estudos de alternativas para extração de informações, com o intuito de contornar as dificuldades identificadas na localização do estudo de alternativas dentro das informações dos EIAs (Sánchez, 2020), adotou-se duas estratégias de busca:

a) Identificação do item referente ao estudo de alternativas no sumário ou índice do EIA (Mattos, 2019; Demori, 2019, Carvalho, 2020) e seus anexos;

b) Localização do estudo de alternativas por meio do índice de figuras, com foco nos elementos gráficos e cartográficos dos estudos de alternativas de localização (Mattos, 2019; Carvalho, 2020).

Não foi realizada uma leitura completa do EIA, pois o enfoque foi direcionado a uma seção ou a um capítulo específico que tratasse diretamente do estudo de alternativas, ou seja, com opções comparativas até a definição da alternativa escolhida. Consequentemente, outras partes ou capítulos do EIA não foram considerados, mesmo que contivessem informações relacionadas às alternativas, como técnicas de planejamento, construção, operação, manutenção, tecnologias adotadas ao longo do

projeto e medidas de mitigação e compensação. Essa escolha de partes ou capítulos identificados como estudo de alternativas nos EIAs pode trazer algum tipo de limitação para a pesquisa, mas tornou os procedimentos metodológicos mais diretos e rápidos e menos subjetivos, tendo em vista que foram analisados todos os processos de LAF de LTs. Por fim, a estratégia de delimitação do escopo da pesquisa facilitou a coleta de detalhes específicos sobre o objeto estudado, focando no que é efetivamente apresentado no estudo de alternativas.

Uma vez identificados os estudos de alternativas dos EIAs, seu conteúdo foi reservado para as análises e avaliações que estão descritas a seguir.

4.2 Análise do desenvolvimento do estudo de alternativas

Após a identificação do estudo de alternativas, a natureza descritiva foi utilizada como método de abordagem qualitativa. Portanto, uma vez havendo o estudo de alternativas no EIA, buscou-se entender como ele foi desenvolvido, partindo das alternativas avaliadas, da identificação dos requisitos legais e critérios utilizados em seu conteúdo para comparação e seleção, sendo referentes às categorias de alternativas locacionais, tecnológicas e zero.

Para compreender a estrutura do estudo de alternativas, inicialmente, foi analisada a organização deste em termos de nomenclatura do capítulo, quantidade de páginas e a sequência de elaboração ou descrição das categorias de alternativas. Inclusive, na nomenclatura do capítulo, as pequenas modificações na nomenclatura, que não alteram a sua descrição, como o uso da preposição de e da ou a ordem das palavras locacionais e tecnológicas ou tecnológicas e locacionais foram tratados como iguais na quantificação.

Também se quantificou o número de alternativas desenvolvidas nos estudos para cada categoria específica, locacional e tecnológica, e se havia a alternativa zero. Importante ressaltar que apenas as alternativas elaboradas durante a fase de elaboração do EIA foram consideradas, mesmo que o caso apresentasse alternativas desenvolvidas para os estudos fora de LAF e apresentados à EPE. Portanto, alternativas elaboradas antes do processo de LAF não foram incluídas na análise.

Ainda, as alternativas relacionam-se com escolhas potenciais, e quando um EIA não apresenta opções para esta escolha, ou seja, o EIA não considera mais de uma alternativa, essas foram igualmente descartadas para etapa de avaliação por não se

caracterizarem como um estudo de alternativas. No entanto, contabilizou-se a quantidade de alternativas em cada EIA.

Por fim, identificou-se no capítulo de alternativas dos EIAs os critérios utilizados para análise, comparação e/ou seleção das alternativas, sendo estes agrupados como aspectos biótico, social, físico e econômico. Logo, a análise possibilitou identificar semelhanças, evidenciando a concordância na aplicação de determinadas categorias de alternativas em relação aos critérios adotados para análise e na seleção dessas alternativas.

Adicionalmente, algumas informações foram destacadas quanto à data de elaboração do EIA, até e posterior a 2011, uma vez que neste ano foi editada a Portaria MMA n° 421/2011, que dispõe sobre o licenciamento e a regularização ambiental federal de sistemas de transmissão de energia elétrica, destacando a questão do estudo de alternativas.

4.3 Seleção dos indicadores para análise da qualidade do estudo de alternativas

O desenvolvimento desta etapa da pesquisa contou com a procura por trabalhos acadêmicos que avaliassem o estudo de alternativas dos EIAs ou que apresentassem boas práticas para o desenvolvimento do mesmo. Inicialmente, tentou-se aplicar uma revisão bibliográfica sistemática para identificar estes trabalhos. No entanto, diante da escassez de resultados em diversas tentativas de busca sistematizada, optou-se pela revisão de literatura do tipo narrativa, explorando as referências que foram identificadas para a construção do referencial teórico.

Adicionalmente aos trabalhos acadêmicos, também foram exploradas normas legais, regulatórias e técnicas dos órgãos envolvidos com a regularização de LTs, além da Resolução Conama n° 001/1986 e da Portaria n° MMA 421/2011.

A partir do que foi encontrado, optou-se por dividir os indicadores em três categorias: alternativa zero (A0), alternativa locacional (AL) e alternativa tecnológica (AT). Ainda, os indicadores foram divididos em indicadores de boas práticas (importância destacada na literatura) e indicadores legais (vinculados à obrigatoriedade legal). Dessa forma, classificaram-se como boas práticas os indicadores que, embora não estejam vinculados à obrigatoriedade legal, são amplamente reforçados em estudos acadêmicos.

Assim, foram escolhidos indicadores para avaliarem a qualidade do estudo de alternativas dos EIAs de LT envolvidos no LAF (Tabela 7), totalizando em 10 indicadores para as categorias AL e AT e 1 indicador para categoria A0.

Tabela 7– Conjunto de indicadores aplicados para a avaliação da qualidade do estudo de alternativas de LTs

Categoria	**0. Alternativa zero (A0)**									
Indicador legal	0.1 Descrição									
Descrição	Há a consideração/descrição da hipótese de não realização do projeto?									
Fonte	Conama (1986); MMA (2011).									
Categoria	**1. Alternativa locacional (AL)**									
	Indicadores legais						**Indicadores de boas práticas**			
Indicadores	1.1 Apresentação	1.2 Descrição	1.3 Critérios Considerados	1.4 Metodologia de Avaliação	1.5 Análise Comparativa	1.6 Escolha da AL	1.7 Viabilidade Técnica e Econômica	1.8 Viabilidade Social	1.9 Participação	1.10 Hierarquia de Mitigação
Descrição	Há a apresentação da importância da escolha do local?	Há uma descrição detalhada de cada AL considerada?	Há uma especificação dos critérios e parâmetros utilizados na avaliação de cada AL?	Há uma descrição da metodologia aplicada para avaliar cada AL?	Há uma análise comparativa de cada AL com base nos critérios estabelecidos (1.3)?	Há a apresentação das conclusões que levaram a escolha da AL mais favorável?	Na seleção das alternativas a serem analisadas, há a consideração da sua viabilidade técnica e econômica, ou seja, são alternativas possíveis?	Na seleção das alternativas a serem analisadas, há consideração dos impactos sociais em cada AL proposta?	Há envolvimento do público, de comunidades afetadas e outras partes interessadas no desenho e/ou na escolha das ALs?	Há a consideração da hierarquia de mitigação de impactos ambientais na análise comparativa das ALs?
Fonte	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Aneel (2005); IAIA (2009); Cardoso Jr (2014)	Steinemann (2001); IAIA (2009);	Curtis e Epp (1999); Steinemann (2001); IAIA (2009); Fernandes *et al*. (2017); Ribeiro e Almeida (2018)	Myszczuk; Souza (2018); Verardo, Oliveira e Silva (2020); Tarko *et al*. (2021)
Categoria	**2. Alternativa tecnológica (AT)**									
	Indicadores legais							**Indicadores de boas práticas**		
Indicadores	2.1 Apresentação	2.2 Descrição	2.3 Critérios Considerados	2.4 Metodologia de Avaliação	2.5 Análise Comparativa	2.6 Escolha da AL	2.7 Eficiência Energética e Confiabilidade	2.8 Viabilidade Técnica e Econômica	2.9 Viabilidade Social	2.10 Hierarquia de Mitigação
Descrição	Há uma apresentação da importância da escolha das tecnologias?	Há uma descrição detalhada de cada AT considerada?	Há uma especificação dos critérios e parâmetros utilizados na avaliação de cada AT?	Há uma descrição da metodologia aplicada para avaliar cada AT?	Há uma análise comparativa de cada AT com base nos critérios estabelecidos (2.3)?	Há uma apresentação das conclusões que levaram a escolha da AT mais favorável?	Há uma consideração da eficiência energética e do desempenho operacional de cada AT?	Na seleção das alternativas a serem analisadas, há a consideração da sua viabilidade técnica e econômica, ou seja, são alternativas possíveis?	Na seleção das alternativas a serem analisadas, há consideração dos impactos sociais em cada AT proposta?	Há a consideração da hierarquia de mitigação de impactos ambientais na análise comparativa das ATs?
Fonte	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Conama (1986); MMA (2011)	Aneel (2005)	Aneel (2005); IAIA (2009); Cardoso Jr (2014)	Steinemann (2001); IAIA (2009)	Myszczuk; Souza (2018); Verardo, Oliveira e Silva (2020); Tarko *et al*. (2021)

Fonte: Autora (2024)

4.4 Aplicação dos indicadores e avaliação da qualidade dos estudos de alternativas

Após a definição dos indicadores estabelecidos na Tabela 7, foi buscado estabelecer um processo sistemático para a avaliação dos indicadores. Para cada um, foram elaborados parâmetros de classificação avaliativa, onde cada indicador pode ser avaliado por atende (A), atende parcialmente (P) e não atende (N) (Tabela 8).

Tabela 8 – Protocolo de avaliação dos estudos de alternativas dos EIAs selecionados

Indicador para A0	**Parâmetro de avaliação**	**Descrição do parâmetro do indicador avaliado**
0.1 Descrição	Atende (A)	Descreve a hipótese de não execução do projeto, considerando as implicações de não seguir adiante como uma alternativa realista de análise e avaliação.
	Atende Parcialmente (P)	Descreve a hipótese de não execução do projeto sem mencionar as implicações de não seguir adiante com o projeto, necessitando de complementação.
	Não atende (N)	Não considera ou não analisa e avalia a hipótese de não execução do projeto.
Indicadores para AL	**Parâmetro de avaliação**	**Descrição do parâmetro do indicador avaliado**
1.1 Apresentação	Atende (A)	Apresenta a importância de considerar AL, demonstrando uma compreensão clara da previsão dos impactos ambientais, sociais e econômicos de cada local.
	Atende Parcialmente (P)	Apresenta a importância de considerar AL, sem demonstrar uma compreensão clara da previsão dos impactos ambientais, sociais e econômicos de cada local.
	Não atende (N)	Não apresenta a importância de considerar AL para previsão de impactos ambientais, sociais e econômicos.
1.2 Descrição	Atende (A)	Fornece informações a respeito da caracterização de cada traçado da LT, por exemplo: localização, subestações/ torres a serem implantadas, extensão dos traçados propostos, características dos meios, distância de áreas sensíveis etc.
	Atende Parcialmente (P)	Fornece apenas algumas informações do projeto, por exemplo: a extensão e localização dos traçados, com necessidade de complementação a respeito dos ajustes realizados em diferentes meios.
	Não atende (N)	Não fornece informações a respeito da caracterização de cada traçado da LT.
1.3 Critérios considerados	Atende (A)	Apresenta um conjunto de critérios socioambientais de potenciais impactos no ambiente para avaliar cada AL, justificando sua escolha e indicando aqueles que possuem características mais restritivas, apoiado por legislações que condicionam ou impedem interferências, e aqueles cuja intervenção pode gerar significativos transtornos sociais, ambientais, fundiários ou operacionais.
	Atende Parcialmente (P)	Apresenta um conjunto de critérios socioambientais de potenciais impactos no ambiente para avaliar cada AL sem justificar ou indicar o motivo da inclusão.
	Não atende (N)	Não apresenta um conjunto de critérios socioambientais de potenciais impactos no ambiente para avaliar cada AL.
1.4 Metodologia de Avaliação	Atende (A)	Apresenta de forma clara e objetiva a metodologia aplicada para avaliar cada AL, permitindo o seu entendimento.
	Atende Parcialmente (P)	Apresenta algumas informações sobre a metodologia aplicada para avaliar cada AL, mas com limitações para o seu entendimento, necessitando de completação.
	Não atende (N)	Não apresenta nenhuma informação sobre a metodologia aplicada para avaliar cada AL.
1.5 Análise Comparativa	Atende (A)	Inclui elementos que permitem a visualização, análise e avaliação comparativa de todos os critérios analisados para cada AL.
	Atende Parcialmente (P)	Apenas descreve uma comparação geral entre as ALs, necessitando de complementação para análise e avaliação.
	Não atende (N)	Não realiza a comparação entre as ALs.
1.6 Escolha da AL	Atende (A)	Apresenta e justifica as conclusões que levaram a escolha da AL mais favorável, permitindo entender a sua escolha.
	Atende Parcialmente (P)	Apresenta as conclusões que levaram a escolha da AL mais favorável, mas gera dúvidas quanto à escolha.
	Não atende (N)	Não apresenta e nem justifica as conclusões que levaram a escolha da AL mais favorável.

1.7 Viabilidade Técnica e Econômica	Atende (A)	Todas as alternativas propostas são acompanhadas de justificativas que confirmam sua possibilidade de implementação, considerando os contextos técnico e econômico atuais.
	Atende Parcialmente (P)	Existem dúvidas ou faltam justificativas de que as alternativas propostas são possíveis de implementação, considerando os contextos técnico e econômico atuais.
	Não atende (N)	As alternativas propostas não são possíveis de implementação e refletem evidências de inviabilidade técnica e econômica.
1.8 Viabilidade Social	Atende (A)	Há a consideração dos impactos sociais para propor todas as ALs e eles são considerados da mesma forma que a viabilidade econômica.
	Atende Parcialmente (P)	Há a consideração dos impactos sociais para propor algumas das ALs, mas com peso inferior que a viabilidade econômica.
	Não atende (N)	Não há a consideração dos impactos sociais para propor ALs.
1.9 Participação	Atende (A)	Existem indícios que o público, comunidades afetadas e outras partes interessadas foram envolvidas no desenho e/ou na escolha das ALs.
	Atende Parcialmente (P)	Existem indícios de participação, mas esse envolvimento é limitado a certas fases do processo de desenho e/ou na escolha das ALs ou restrito a certos grupos de interesse.
	Não atende (N)	Não há evidências ou menção de qualquer envolvimento de públicos, comunidades afetadas e outras partes interessadas no processo de desenho e escolha das ALs.
1.10 Hierarquia de Mitigação	Atende (A)	A análise comparativa das ALs claramente demonstra a aplicação da hierarquia de mitigação de impactos ambientais, incluindo esforços detalhados para evitar, reduzir, corrigir e compensar.
	Atende Parcialmente (P)	A análise comparativa das ALs menciona ou reflete parcialmente a hierarquia de mitigação de impactos ambientais, sem priorizar esforços para evitar, reduzir, corrigir e compensar.
	Não atende (N)	A análise comparativa das ALs não demonstra a aplicação da hierarquia de mitigação de impactos ambientais.
Indicadores para AT	**Parâmetro de avaliação**	**Descrição do parâmetro do indicador avaliado**
2.1 Apresentação	Atende (A)	Apresenta a importância de considerar AT, demonstrando uma compreensão clara da previsão dos impactos ambientais, sociais e econômicos de cada local.
	Atende Parcialmente (P)	Apresenta a importância de considerar AT, sem demonstrar uma compreensão clara da previsão dos impactos ambientais, sociais e econômicos de cada local.
	Não atende (N)	Não apresenta a importância de considerar AT para previsão de impactos ambientais, sociais e econômicos.
2.2 Descrição	Atende (A)	Fornece informações a respeito da caracterização técnica da linha, incluindo a descrição de cada componente técnico identificado como AT.
	Atende Parcialmente (P)	Fornece informações a respeito da caracterização técnica da linha, sem incluir a descrição de cada componente técnico identificado como AT.
	Não atende (N)	Não fornece informações a respeito da caracterização técnica da linha.
2.3 Critérios considerados	Atende (A)	Apresenta um conjunto de critérios socioambientais de potenciais impactos no ambiente para avaliar cada AT, justificando sua escolha e indicando aqueles que possuem características mais restritivas, apoiado por legislações que condicionam ou impedem interferências, e aqueles cuja intervenção pode gerar significativos transtornos sociais, ambientais, fundiários ou operacionais.
	Atende Parcialmente (P)	Apresenta um conjunto de critérios socioambientais de potenciais impactos no ambiente para avaliar cada AT sem justificar ou indicar o motivo da inclusão.
	Não atende (N)	Não apresenta um conjunto de critérios socioambientais de potenciais impactos no ambiente para avaliar cada AT.
2.4 Metodologia de Avaliação	Atende (A)	Apresenta de forma clara e objetiva a metodologia aplicada para avaliar cada AT, permitindo o seu entendimento.
	Atende Parcialmente (P)	Apresenta algumas informações sobre a metodologia aplicada para avaliar cada AT, mas com limitações para o seu entendimento, necessitando de complementação.
	Não atende (N)	Não apresenta nenhuma informação sobre a metodologia aplicada para avaliar cada AT.
2.5 Análise Comparativa	Atende (A)	Inclui elementos que permitem a visualização, análise e avaliação comparativa de todos os critérios analisados para cada AT.
	Atende Parcialmente (P)	Apenas descreve uma comparação geral entre as ATs, necessitando de complementação
	Não atende (N)	Não realiza a comparação entre as ATs.
2.6 Escolha da AT	Atende (A)	Apresenta e justifica as conclusões que levaram a escolha da AT mais favorável, permitindo entender a sua escolha.

	Atende Parcialmente (P)	Apresenta as conclusões que levaram a escolha da AT mais favorável, mas gera dúvidas quanto à escolha.
	Não atende (N)	Não apresenta e nem justifica as conclusões que levaram a escolha da AT mais favorável.
2.7 Eficiência Energética e Confiabilidade	Atende (A)	A análise aborda aspectos relevantes relacionados à eficiência energética e ao desempenho operacional da LT, levando em conta as necessidades e requisitos do projeto para cada AT.
	Atende Parcialmente (P)	A análise fornece informações sobre a eficiência energética e o desempenho operacional de algumas ATs, mas não de todas as AT.
	Não atende (N)	A análise se concentra exclusivamente em outros aspectos das ATs, sem abordar a eficiência energética e o desempenho operacional.
2.8 Viabilidade Técnica e Econômica	Atende (A)	Todas as alternativas propostas são acompanhadas de justificativas que confirmam sua possibilidade de implementação, considerando os contextos técnico e econômico atuais.
	Atende Parcialmente (P)	Existem dúvidas ou faltam justificativas de que as alternativas propostas são possíveis de implementação, considerando os contextos técnico e econômico atuais.
	Não atende (N)	As alternativas propostas não são possíveis de implementação e refletem evidências de inviabilidade técnica e econômica.
2.9 Viabilidade Social	Atende (A)	Há a consideração dos impactos sociais para propor todas as ATs e eles são considerados da mesma forma que a viabilidade econômica.
	Atende Parcialmente (P)	Há a consideração dos impactos sociais para propor algumas das ATs, mas com peso inferior que a viabilidade econômica.
	Não atende (N)	Não há a consideração dos impactos sociais para propor ATs.
2.10 Hierarquia de Mitigação	Atende (A)	A análise comparativa das ATs claramente demonstra a aplicação da hierarquia de mitigação de impactos ambientais, incluindo esforços detalhados para evitar, reduzir, corrigir e compensar.
	Atende Parcialmente (P)	A análise comparativa das ATs menciona ou reflete parcialmente a hierarquia de mitigação de impactos ambientais, sem priorizar esforços para evitar, reduzir, corrigir e compensar.
	Não atende (N)	A análise comparativa das ATs não demonstra a aplicação da hierarquia de mitigação de impactos ambientais.

Fonte: Autora (2024)

A partir do protocolo de avaliação, foi adotada a análise de conteúdo dos estudos de alternativas dos EIAs. Essa metodologia compreende a apresentação de uma descrição objetiva e sistemática do conteúdo de interesse para, posteriormente, interpretá-lo (Sá-Silva et al., 2009; Bardin, 2011; Blanc *et al*., 2017). Assim, realizou-se uma leitura geral para, em seguida, aplicar os indicadores, buscando responder se o estudo de alternativas é adequadamente explorado nos EIAs, tanto em relação à estrutura de desenvolvimento apresentada no item 4.2 quanto à qualidade do conteúdo do estudo das alternativas. Além disso, a aplicação dos indicadores permitiu um diagnóstico qualitativo da apresentação do estudo de alternativas (AL, AT e A0) nos EIAs de LTs, bem como dos critérios e métodos de avaliação e seleção utilizados.

Por fim, foi analisada a influência da Portaria MMA n° 421/2011 na consideração de alternativas nos EIAs, até para entender melhor as implicações após a sua regulamentação. Esse entendimento partiu da análise de Blanc *et al.* (2017), que relacionou a instalação de empreendimentos de energia antes da criação de legislações de conservação e uso sustentável do meio ambiente. Já que os estudos em análise tiveram um recorte temporal que antecede o ano de criação da Portaria MMA n° 421/2011 e

acompanha a sua aplicação em mais de uma década, a análise comparativa buscou identificar se houve influência na estrutura dos estudos de alternativas nos EIAs antes e depois da introdução da Portaria.

4.5 Resumo das informações em uma matriz SWOT

Após avaliar o cumprimento dos indicadores, aplicou-se a matriz *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities* e *Threats,* em português FOFA - Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), com o objetivo de destacar os principais resultados desta pesquisa, seja a analistas do órgão ambiental, bem como para consultores, desenvolvedores de estudos de alternativas e demais leitores interessados.

Para isso, realizou-se a categorização e interpretação das informações obtidas nas etapas precedentes em dois grupos distintos: 1) Forças e Fraquezas, referentes ao ambiente interno (abrangendo apenas o que envolve o estudo de alternativas dentro dos EIAs), e 2) Oportunidades e Ameaças, relacionadas ao ambiente externo (englobando os intervenientes no planejamento, sendo este processo anterior ao LA, e fatores da AIA que extrapolam a elaboração da EIA).

Souza (2020) e Costa Júnior *et al*. (2021) destacaram que a ferramenta possibilita uma avaliação adequada para ajustar as estratégias conforme necessário e, em colaboração com todas as partes interessadas, replanejar e realinhar as ações de forma oportuna. Desta forma, os resultados da matriz *SWOT* foram apresentados de forma descritiva, começando com uma categorização das principais evidências da pesquisa. Para cada uma dessas evidências, foi introduzida uma breve explanação sobre o cenário atual de desenvolvimento dos estudos de alternativas para linhas de transmissão, destacando, quando relevante, suas implicações práticas na efetividade da AIA.

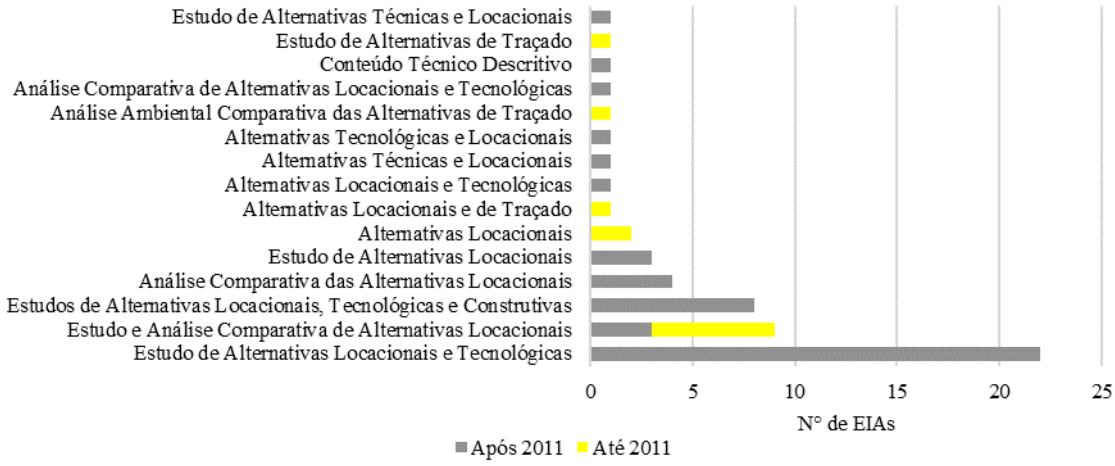
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O item de resultados e discussão aborda a análise e interpretação da qualidade dos estudos de alternativas nos EIAs de LTs selecionados. Desta forma, são apresentados os resultados da metodologia proposta, no que tange à análise do desenvolvimento do estudo de alternativas para LTs, a aplicação dos indicadores e sua respectiva avaliação. Também, ao final, apresenta-se a contribuição do desenvolvimento do conhecimento adquirido durante a pesquisa, por meio da aplicação da Matriz de SWOT ao contexto de desenvolvimento do estudo alternativas em LTs. Em termos de estruturação, os resultados foram agrupados em três tópicos, em alinhamento com os objetivos propostos.

5.1 O desenvolvimento do estudo de alternativas nos EIAs de LTs

No processo de identificação do conteúdo sobre o estudo de alternativas, observou-se uma facilidade para encontrá-lo, uma vez que o estudo de alternativas estava explicitamente indicado no sumário de todos os EIAs analisados. A única exceção foi o EIA20, que não utilizou a palavra "alternativa" na nomenclatura do capítulo. Nesse caso, a identificação do estudo de alternativas foi feita por meio do índice de figuras e quadros. Entretanto, os estudos apresentaram variações quanto à sua nomenclatura do capítulo, como representado na Figura 10.

Figura 10 – Nomenclatura do capítulo que trata do estudo de alternativas nos EIAs de LT



Fonte: Autora (2024)

De maneira geral, a Figura 10 demonstra que, até 2011, a nomenclatura predominante era "Estudo e Análise Comparativa de Alternativas Locacionais", adotada por 55% dos EIAs (6 de 11) elaborados nesse período. Após 2011, a nomenclatura predominante passou a ser “Estudo de Alternativas Locacionais e Tecnológicas”, adotada por 44% dos EIAs (22 de 46). Ainda, observou-se que, até 2011, a nomenclatura dos capítulos focava apenas em alternativas locacionais, utilizando termos como "traçado" e "locacionais". Além disso, nesse período, a nomenclatura incluía partes específicas e estruturais do estudo de alternativas, como "análise ambiental e comparativa de traçado".

Já os EIAs elaborados após 2011, majoritariamente, apresentaram nomenclaturas mais abrangentes, abordando palavras como: locacionais, tecnológicas, técnico e construtivas. Inclusive, a palavra estudo passou a ser aplicada de forma padronizada, induzindo que o conteúdo apresentado no capítulo a ter uma estrutura mais completa. Ainda, observou-se que, embora em menor número, havia nomenclaturas do capítulo que incluíam partes específicas e estruturais do estudo de alternativas locacionais e tecnológicas, como, por exemplo, as nomenclaturas de "análise comparativa de alternativas locacionais e tecnológicas" e “estudo de conteúdo técnico”.

Vale destacar que, preliminarmente, a nomenclatura do capítulo não traz indicativos de cumprimento da obrigatoriedade legal, para ambos os períodos analisados, uma vez que não trazem o desenvolvimento, além da alternativa locacional, da alternativa tecnológica (EIAs até 2011) e zero (EIAs até e após 2011).

Quando analisado o posicionamento do capítulo na estrutura do EIA, notou-se que, em sua maioria, estava situado no início, entre os capítulos 2 e 6. Em relação ao número de páginas, observou-se uma variação, abrangendo desde a quantidade mínima de 1 página até uma quantidade máxima de 108 páginas, conforme apresentado na Tabela 9. Essa disparidade ocorreu em virtude de diferentes abordagens adotadas nos estudos, tanto em termos de conteúdo quanto no que diz respeito às figuras apresentadas em anexo (influenciando na redução do número de páginas) e aquelas incorporadas durante a estrutura do texto (resultando em aumento do número de páginas). Fernández, Brito e Fonseca (2018) analisaram o volume e a proporção das informações presentes em 49 EIAs brasileiros. Eles encontraram que o tamanho do estudo (n° de páginas) é provavelmente afetado por uma combinação de variáveis, incluindo a dimensão do projeto, características territoriais e setoriais. Com relação ao capítulo do estudo de alternativas, que no trabalho foi analisado conjuntamente com as medidas mitigadoras, ele ocupava por volta de 6% do total de páginas do EIA, estando as grandes proporções de

informações presentes no capítulo de diagnóstico em comparação com outros conteúdos comuns do estudo (Fernández; Brito; Fonseca, 2018).

Tabela 9 – Número de EIAs com a quantidade de páginas semelhantes

n° de EIAs	n° de páginas	%
5	1 a 10	8,8%
11	11 a 20	19,3%
17	21 a 30	29,8%
11	31 a 40	19,3%
4	41 a 50	7%
1	51 a 60	1,8%
0	61 a 70	0%
1	71 a 80	1,8%
4	81 a 90	7%
1	91 a 100	1,8%
2	101 a 108	3,5%

Fonte: Autora (2024)

Não há uma quantidade de páginas que possa ser apontada como a ideal. Entretanto, segundo Fernández, Brito e Fonseca (2018) e os estudos citados por eles, os estudos de maior qualidade tendem a ser longos, enquanto os estudos de baixa qualidade foram considerados os mais curtos. No presente trabalho, com relação ao capítulo do estudo de alternativas, o intervalo de número de páginas mais frequente foi entre 21 e 30 páginas (29,8% dos estudos analisados).

No geral, quando analisadas temporalmente a quantidade de páginas por capítulo, notou-se que não houve variação significativa, onde EIAs elaborados até o ano de 2011 apresentaram uma média de 22 páginas, enquanto EIAs elaborados após 2011 apresentam uma média de 29 páginas. Inclusive, ao analisar o número de páginas, notou-se dois casos entre os EIAs analisados que merecem destaque.

O primeiro caso é o EIA42, que mencionou no sumário e no corpo do estudo o subitem referente ao capítulo de alternativas, mas não o desenvolveu, limitando-se a uma única página. A justificativa para a ausência de desenvolvimento do estudo de alternativas foi que a LT já estava em operação, o que cabe o questionamento do motivo pelo qual o EIA foi solicitado. Silva (2021) classificou essa falta de estudo de alternativas como deficiente, onde identificou a mesma justificativa para os EIAs do setor de silvicultura, que já estavam implantados há muitos anos.

No caso do EIA42, notou-se um estigma associado ao desenvolvimento do estudo de alternativas, ou seja, limitando-o ao planejamento do traçado e não considerando outras possibilidades em diferentes etapas de projeto. Como descrito no referencial teórico, as possibilidades de alternativas aplicáveis a etapa de operação variam desde o

uso de diferentes veículos aéreos (Siddiqui; Park, 2020) a equipamentos (Tarko *et al*., 2012; Biasotto; Kindel *et al*., 2022).

O segundo caso é o EIA45, que desenvolveu dois subitens no capítulo de alternativas. O primeiro subitem, descrito de forma inadequada, apresentou uma análise e comparação incompleta das alternativas, o que levou o órgão do LAF (Ibama) a solicitar complementação. Essa informação foi descrita no segundo subitem do capítulo, que não apenas atendeu à solicitação, mas, em vez de desconsiderar as alternativas incompletas, repetiu-as e adicionou novas versões aprimoradas dessas mesmas alternativas. Assim, o capítulo incluiu tanto as opções sem revisão quanto as complementadas. Esse processo aumentou tanto o número de páginas quanto o número de alternativas apresentadas no estudo.

Relacionado ao EIA45, percebeu-se que o segundo subitem, mesmo que complementado, manteve as mesmas ALs iniciais, contradizendo Deat (2004) ao manter opções que são descartáveis, já que não seguem os critérios de praticável, viável, relevante, razoável e factível, o que torna a seleção da alternativa tendenciosa (Steinemann, 2001; Deat, 2004; Sánchez, 2020; Carvalho, 2020). Inclusive, a análise e comparação de alternativas incompletas ou descartáveis ou apresentadas em número insuficiente, também foi apontada pelo MPF (2004), Fernandes *et al*. (2017) e Almeida e Montaño (2017) em EIAs de outras tipologias de projetos. No entanto, não houve solicitação de complementação pelo órgão responsável pelo licenciamento ambiental nos estudos analisados por eles, sendo um diferencial encontrado nesse EIA45.

Ao quantificar o número de alternativas desenvolvidas nos estudos para cada categoria específica, sendo locacional e tecnológica, e se havia a alternativa zero, considerou-se apenas as alternativas elaboradas para o EIA. Desta forma, o número de alternativas apresentadas no capítulo de alternativas está contextualizado na Tabela 10, onde o destaque em vermelho ilustra a não apresentação de determinada categoria de alternativa e em verde a sua apresentação.

Na Tabela 10, é possível notar que 43 (75%) EIAs não apresentaram a alternativa de não realização (A0), desconsiderando a exigência legal e a boa prática de desenvolvimento da hipótese de não execução do empreendimento no estudo de alternativas (Conama, 1986; MMA, 2011). A não apresentação de uma diretriz obrigatória da Resolução Conama n° 001/1986 e da Portaria n° MMA 421/2011, demonstra a inconformidade de 43 estudos com as legislações vigente.

Tabela 10 – Quantidade de alternativas desenvolvidas nos estudos

Código	A0	AL		AT	
	Apresentou?	Apresentou?	N°	Apresentou?	N°
Até 2011					
EIA01	Não	Sim	4	Não	0
EIA02	Não	Sim	1	Não	0
EIA03	Não	Sim	2	Não	0
EIA04	Não	Sim	6	Não	0
EIA05	Não	Sim	2	Não	0
EIA06	Sim	Sim	2	Não	0
EIA07	Sim	Sim	2	Não	0
EIA08	Não	Sim	2	Não	0
EIA09	Não	Sim	3	Não	0
EIA10	Não	Sim	3	Não	0
EIA11	Sim	Sim	2	Não	0
Após 2011					
EIA12	Sim	Sim	3	Sim	2
EIA13	Não	Sim	2	Sim	2
EIA14	Não	Sim	1	Não	0
EIA15	Não	Sim	3	Sim	2
EIA16	Não	Sim	3	Sim	2
EIA17	Não	Sim	3	Não	0
EIA18	Não	Sim	3	Sim	2
EIA19	Não	Sim	3	Não	0
EIA20	Não	Sim	2	Não	0
EIA21	Não	Sim	4	Não	0
EIA22	Não	Sim	4	Não	0
EIA23	Não	Sim	3	Não	0
EIA24	Não	Sim	4	Não	0
EIA25	Não	Sim	6	Não	0
EIA26	Sim	Sim	2	Não	0
EIA27	Sim	Sim	2	Não	0
EIA28	Não	Sim	3	Não	0
EIA29	Sim	Sim	3	Sim	2
EIA30	Não	Sim	2	Não	0
EIA31	Sim	Sim	2	Não	0
EIA32	Não	Sim	2	Não	0
EIA33	Não	Sim	3	Não	0
EIA34	Sim	Sim	2	Não	0
EIA35	Não	Sim	2	Não	0
EIA36	Não	Sim	2	Sim	2
EIA37	Não	Sim	2	Sim	2
EIA38	Não	Sim	2	Não	0
EIA39	Sim	Sim	3	Não	0
EIA40	Não	Sim	2	Sim	2
EIA41	Sim	Sim	2	Não	0
EIA42	Não	Não	0	Não	0
EIA43	Sim	Sim	2	Não	0
EIA44	Não	Sim	2	Não	0
EIA45	Não	Sim	3	Não	0
EIA46	Não	Sim	3	Sim	2
EIA47	Sim	Sim	3	Não	0
EIA48	Sim	Sim	2	Sim	2
EIA49	Não	Sim	2	Não	0
EIA50	Não	Sim	3	Sim	2
EIA51	Não	Sim	2	Sim	2
EIA52	Não	Sim	2	Não	0
EIA53	Não	Sim	2	Não	0
EIA54	Não	Sim	2	Não	0
EIA55	Não	Sim	2	Não	0
EIA56	Não	Sim	3	Não	0
EIA57	Não	Sim	3	Sim	2
Média considerando os casos com análise de alternativas		**AL**	**2,6**	**AT**	**2**

– Apresentou – Não apresentou

Fonte: Autora (2024)

Fernandes *et al*. (2017) destacam que a alternativa de não execução do projeto (A0) propõe uma relação importante com as demais alternativas, AL e AT, capaz de demonstrar a necessidade do projeto e propor alternativas ambientalmente melhores e viáveis. Inclusive, os autores também identificaram a negligência de desenvolvimento da A0 em processos de licenciamento de rodovias em Minas Gerais.

No caso deste estudo, acredita-se que a ausência do desenvolvimento da A0 pode estar associada com a justificativa da necessidade de transmitir energia em etapas anteriores ao LAF, o que não justifica a execução do projeto da LT, uma vez que a A0 é necessária e serve de referência para a previsão e a avaliação do impacto das demais alternativas. Demori (2019) atribuiu à validação dessas alternativas em etapas anteriores ao LAF como justificativa para a falta de esforços no desenvolvimento das ATs nos EIAs de Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica. Em que, segundo o autor, o modelo atual de ciclo de vida dos projetos impõe restrições que não promovem a integração entre os agentes de planejamento e os órgãos ambientais licenciadores. Isso resulta no detalhamento tecnológico do projeto sendo decidido antes da avaliação de seus impactos ambientais e consequências.

Além do mais, observou-se que a ausência do desenvolvimento da A0 nos estudos de alternativas é uma prática adotada independentemente do ano de elaboração dos estudos, ocorrendo tanto em EIAs antigos quanto em mais recentes. Logo, os capítulos do EIA que desenvolveram a A0, normalmente, apresentavam-na como uma subcategoria do subitem de ALs ou de traçado, e, em outros casos, havia um subitem próprio. Assim, desenvolviam as ALs avaliando a escolha de alternativas para a execução do projeto e, ao final, propunham uma pequena descrição de não execução do projeto.

Já o número de ALs apresentadas em cada EIA não variou consideravelmente, onde pode-se verificar que a média é de 2 ALs (Tabela 10). No entanto, houve casos em que desenvolveram a quantidade mínima de 1 AL (EIA2 e EIA14) e a quantidade máxima de 6 ALs (EIA4 e EIA25), sendo estudos de ambos os períodos analisados. Conforme mencionado anteriormente, também houve 1 caso extremo em que as ALs, apesar do capítulo do EIA, não foram desenvolvidas (EIA42).

O não desenvolvimento de ALs é apontado como deficiência por MPF (2004) e Almeida e Montaño (2017). Inclusive empreendimento de qualquer tipologia e novos, com ampliações ou já em operação (Mattos, 2018) e implantados há muitos anos (Silva, 2021), na maioria das vezes, não apresentam ALs.

Ainda, o desenvolvimento de 1 opção como AL de início, que nem deveria ser tido como estudo de alternativa, retrata que as ALs são comparadas de forma injusta, já que não exploram todas as alternativas possíveis, incluindo a melhor opção ambiental praticável (Deat, 2004). Esse número de 1 AL impossibilita o desenvolvimento de etapas do próprio estudo de alternativas, como a comparação de diferentes traçados e localizações, onde essas falhas metodológicas afetam a qualidade do estudo de alternativas para se identificar a opção com menor impacto ambiental.

Dos 56 EIAs que desenvolveram ALs, 25 (44%) estudaram entre 3 e 6 opções. Embora essa quantidade de EIAs represente menos da metade do total, quantitativamente, esses estudos demonstraram os maiores esforços para oferecer uma ampla gama de opções para a escolha. No entanto, ao analisar temporalmente o número de alternativas propostas em cada EIA, percebeu-se uma diminuição e até padronização dos esforços de elaboração ao longo do tempo, sendo que 86% dos EIAs (48) apresentaram entre 2 ou 3 ALs.

No caso das ATs, observou-se que 75% dos EIAs (43) não a incluíram no estudo, conforme demonstrado na Tabela 10. Em vez disso, muitos deles, apenas listavam os critérios técnicos adotados para a alternativa escolhida, sem apresentar opções como alternativas tecnológicas.

Além disso, identificou-se uma confusão conceitual, onde a nomenclatura do capítulo de 17 EIAs sugeriam que o estudo de alternativas desenvolveria as ATs, mas, ao analisar o conteúdo, verificou-se que as ATs mencionadas estão relacionadas a escolhas técnicas já adotadas no projeto, sem apresentar um estudo de ATs ou demonstrar o processo de escolha e suas respectivas opções. Desta forma, para contabilização do número de ATs na Tabela 10, considerou-se apenas as ATs que apresentaram opções comparativas entre os critérios técnicos, totalizando a média de 2 ATs por critério técnico apresentado no estudo.

Assim, é preocupante que, entre os 25% EIAs (14) que apresentaram ATs, tenham sido identificadas apenas duas opções como alternativas. Esta situação indica uma padronização no número de ATs entre os EIAs, independentemente do critério técnico utilizado no estudo ou de seu ano de elaboração. Inclusive, conforme descrito anteriormente, essa limitação do número de ATs desenvolvidas e estudadas pode estar relacionada ao ciclo de vida atual dos projetos de LTs, cujo detalhamento é validado antes da execução da avaliação de impactos (Demori, 2019). Ou mesmo pode ser causa de uma orientação do próprio termo de referência que não foi avaliado neste estudo.

Em resumo, dos 57 EIAs analisados, 14 EIAs apresentaram a hipótese de não execução do projeto (A0), 56 EIAs apresentaram o estudo de AL, enquanto 14 EIAs apresentaram o estudo de AT. Conclusivamente, infere-se que os estudos de alternativas de LTs, desenvolvidos para o LAF, dedicaram maiores esforços no desenvolvimento da AL, enquanto a maioria dos projetos de LTs omitiu ou não dedicou esforços ao desenvolvimento das ATs e A0.

Ao aprofundar a análise, observa-se que somente 5% (3 EIAs) dos estudos apresentaram as três categorias de alternativas, sendo A0, AL e AT. Logo, em termos quantitativos, aponta-se que os desenvolvedores de EIAs permanecem repetindo as deficiências de desenvolvimento no estudo de alternativas apontadas por Lee e Colley (1992), Steinemann (2001), Almeida e Montaño (2017), Fernandes *et al*. (2017), Aung; Shengji e Condon (2019).

Além disso, a falta de desenvolvimento adequado do estudo de alternativas nos EIAs está associada à fragilização da análise e avaliação pelo órgão ambiental licenciador (Ibama) e ao não atendimento das diretrizes legais no desenvolvimento de alternativas pelos desenvolvedores dos EIAs. Portanto, torna-se importante que o Ibama e os desenvolvedores de EIAs adotem exemplos positivos para aprimorar os conteúdos dos futuros EIAs, conforme recomendado por Aversa e Montaño (2019). Inclusive, o não desenvolvimento de alternativas contribui para a fragilização geral do EIA, resultando em documentos de menor qualidade que podem não fornecer uma base sólida para decisões informadas para o próprio órgão licenciador (Steinemann, 2001; Geneletti, 2014; Carvalho, 2020).

Por fim, em 88% dos EIAs (50), o capítulo de estudo de alternativas começava com uma breve contextualização dos resultados do estudo técnico de caracterização e análise socioambiental (R3), sendo R3 um estudo preliminar do planejamento de projetos de LTs, conforme descrito no referencial teórico. Em alguns casos, incluía até recomendações da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) sobre o traçado e a necessidade de desenvolvimento do projeto. De certa forma, isso representa o histórico sobre como as alternativas foram desenvolvidas ou planejadas antes do LAF, mesmo que essa contextualização não seja um elemento obrigatório no conteúdo do EIA. Isso traz novamente a discussão sobre o momento em que o LAF, e consequentemente a AIA, deveria ser realizado no planejamento das LTs.

Analisando a ordem de elaboração dos estudos de alternativas apresentados nos EIAs, conforme descrito na Tabela 11, observou-se a ausência de um padrão, exceto pelo

fato de que a alternativa A0 era sempre a última apresentada, independentemente das categorias de alternativas incluídas no estudo. Isso sugere que a A0, ao fornecer uma análise de não execução do empreendimento, frente as ALs e ATs que minimizam os impactos do projeto, atua como um fechamento para o capítulo de estudo de alternativas, justificando sua posição final.

Tabela 11 – Ordem de elaboração das alternativas no EIA

EIAs	**Ordem de elaboração das Alternativas**	**%**
EIA01; EIA02; EIA03; EIA04; EIA05; EIA08; EIA09; EIA10; EIA14; EIA17; EIA19; EIA20; EIA21; EIA22; EIA23; EIA24; EIA25; EIA28; EIA30; EIA32; EIA33; EIA35; EIA38; EIA49; EIA54; EIA55; EIA56	Apresentam apenas as ALs no estudo de alternativas.	47%
EIA06; EIA07; EIA11; EIA26; EIA27; EIA31; EIA34; EIA39; EIA41; EIA43; EIA44; EIA45; EIA47	Apresentam ALs seguida da A0.	23%
EIA12; EIA29; EIA48	Apresentam ALs seguidas das ATs e A0.	5%
EIA15; EIA18; EIA50; EIA57	Apresentam ATs seguidas das ALs.	7%
EIA13; EIA16; EIA36; EIA37; EIA40; EIA46; EIA51; EIA52; EIA53	Apresentam ALs seguidas das ATs.	16%
EIA42	Não apresentou o estudo de alternativas, pois a LT já estava instalada.	2%
Total		100%

– EIAs elaborados até 2011

Fonte: Autora (2024)

Acredita-se também que a ordem de elaboração das alternativas está intrinsecamente relacionada à escolha locacional. Por isso, normalmente, a AL é a primeira a ser apresentada, permitindo compreender quais técnicas e tecnologias devem ser empregadas e comparadas em relação à viabilidade técnica do projeto (AT) e, por conseguinte, a partir das melhores escolhas locacionais e técnicas, é possível entender às implicações de não execução do projeto (A0).

Finalizando esta etapa da análise descritiva dos estudos de alternativas, foram levantados os critérios utilizados para analisar, comparar e/ou selecionar as AL (Tabela 12) e AT (Tabela 13), sendo estes critérios agrupados em aspectos biótico, social, físico e econômico.

.

Tabela 12 – Critérios utilizados para analisar, comparar e/ou selecionar alternativas locacionais em EIAs de LTs

Código	Aspecto Biótico	N° de citações		
		Até 2011	Após 2011	Total
B1	Maciços florestais ou fragmentos de remanescentes de vegetação arbórea nativa	4	9	13
B2	Maciços de cerrado	1	2	3
B3	Áreas de conectividade aparente	1	0	1
B4	Veredas e campos de murundus	1	0	1
B5	Áreas de preservação permanente	8	7	15
B6	Travessia de formações ciliares	3	0	3
B7	Unidades de Conservação	11	32	43
B8	Áreas legalmente protegidas	8	30	38
B9	Reflorestamento e culturas permanentes arbóreas	1	0	1
B10	Áreas cobertas por vegetação nativa	3	14	17
B11	Unidades de Conservação em processo de criação	3	0	3
B12	Supressão de vegetação	6	29	35
B13	Várzea	4	0	4
B14	Pasto/Capoeira	2	0	2
B15	Tipologia vegetal	3	1	4
B16	Áreas de importância para conservação já registradas	0	3	3
B17	Remanescentes Florestais da Mata Atlântica	0	7	7
B18	Área Transicional do Cerrado	0	1	1
B19	Formação savânica	0	5	5
B20	Efeitos da supressão sobre a estratificação natural	0	2	2
B21	Campo	0	1	1
B22	Zona de amortecimento	0	3	3
B23	Grau e forma de interferência com a cobertura vegetal	0	2	2

Código	Aspecto Social	N° de citações		
		Até 2011	Após 2012	Total
S1	Terras indígenas	8	41	49
S2	Remanescentes de quilombos	5	33	38
S3	Assentamentos rurais	11	40	51
S4	Áreas urbanas consolidadas	10	38	48
S5	Loteamentos rurais e propriedades rurais	7	36	43
S6	Locais históricos e religiosos	1	0	1
S7	Áreas de patrimônios históricos e culturais	4	30	34
S8	Áreas de previsível expansão urbana	2	2	4
S9	Comunidades tradicionais	1	28	29
S10	Número de família a serem realocadas	1	6	7
S11	Densidade demográfica	2	2	4
S12	Conflitos agrários e tensões sociais	1	0	1
S13	Grau e forma de interferência com a paisagem	3	2	5
S14	Número de família a serem indenizadas	0	1	1
S15	Benfeitoria	0	2	2
S16	Propriedades produtivas	0	7	7
S17	Áreas de beleza cênica	0	25	25
S18	Riscos de acidentes e/ou endemias (Segurança)	0	1	1
S19	Número de municípios afetados	0	1	1

Código	Aspecto Físico	N° de citações		
		Até 2011	Após 2011	Total
F1	Relevo acidentados ou montanhoso;	4	3	7
F2	Travessias transversais em áreas de elevada densidade de drenagem	9	1	10
F3	Terrenos cársticos	1	2	3
F4	Obstáculos morfológicos como áreas alagadas ou sujeitas a inundações	5	3	8
F5	Cursos d'agua	9	34	43
F6	Cavernas ou Cavidades naturais	2	9	11
F7	Planícies fluviais	2	4	6
F8	Cavidades subterrâneas conhecidas	0	2	2
F9	Potencialidade de ocorrência em cavidades	0	2	2
F10	Terrenos úmidos	0	3	3
F11	Patrimônio espeleológico	0	32	32
F12	Declividade	0	31	31
F13	Patrimônio arqueológico	0	27	27
F14	Rede hídrica	0	1	1
F15	Variações Hipsométricas	0	22	22
F16	Suscetibilidade erosiva	0	6	6
F17	Nascentes interceptados pela faixa de servidão	0	1	1
F18	Sítios paleontológicos e geológicos	0	3	3
F19	Hidrografia	0	1	1
F20	Afloramentos rochosos	0	1	1
F21	Áreas com potencial de contaminação das águas	0	1	1
F22	Áreas de recarga	0	1	1

Código	Aspecto Econômico	N° de citações		
		Até 2011	Após 2011	Total
E1	Relevo acidentado desprovido de acessos secundários	3	2	5
E2	Infraestrutura e instalações rurais	6	4	10
E3	Sedes, agroindústrias, galpões e indústrias, armazéns, silos, carvoarias, granjas, pivôs de irrigação	2	4	6
E4	Aeroportos, aeródromos e campos de pouso homologados e não homologado	6	8	14
E5	Antenas de telecomunicação	1	0	1
E6	Áreas com recursos minerais ou perímetros de concessões minerárias	4	35	39
E7	Rodovias ou infraestrutura viária	2	5	7
E8	Ângulos de travessias sobre estradas de rodagem	1	2	3
E9	Menores comprimentos possíveis para as LTs	3	0	3
E10	Terrenos inadequados aos possíveis tipos de torres previstos	2	0	2
E11	Corredor disponibilidade de acessos e suporte logístico para as atividades de construção	3	0	3
E12	Paralelismos com outras linhas de transmissão existentes na região	3	0	3
E13	Ferrovias	1	2	3
E14	Índice de interferência ambiental por densidade de circuitos por corredor	2	0	2
E15	Viabilidade técnico-econômica	5	2	7
E16	Abertura de novos acessos	8	27	35
E17	Métodos Construtivos e obras especiais	6	2	8
E18	Número de vértices das LTs	1	5	6
E19	Terrenos desfavoráveis ou favoráveis às fundações	2	2	4
E20	Interferências advindas de projetos ou mesmo de implantações de outros empreendimentos após a conclusão do empreendimento	1	0	1
E21	Expansão agrícola	1	0	1
E22	Regiões de menor valor econômico	1	0	1
E23	Infraestrutura de apoio logístico	1	0	1

Código	Aspecto Biótico	N° de citações Até 2011	Após 2011	Total	Código	Aspecto Social	N° de citações Até 2011	Após 2012	Total	Código	Aspecto Físico	N° de citações Até 2011	Após 2011	Total	Código	Aspecto Econômico	N° de citações Até 2011	Após 2011	Total
B24	Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade	0	30	30											E24	Base econômica da zona atravessada	3	2	5
B25	Reserva Legal	0	6	6											E25	Susceptibilidade a queimadas	0	1	1
B26	Avifauna	0	4	4											E26	Canteiro de obras	0	11	11
B27	Interferência em sítios de reprodução	0	19	19											E27	Bens tombados	0	1	1
B28	Sítios de descanso	0	19	19											E28	Traçados de empreendimentos lineares instalados ou planejados	0	22	22
B29	Rotas de aves migratórias, endemismo restrito e espécies ameaçadas de extinção.	0	19	19											E29	Extensão da LT	0	29	29
B30	Áreas prioritárias da caatinga	0	2	2											E30	Número de torres das LTs	0	26	26
B31	Patrimônio natural ou paisagem natural	0	11	11											E31	Dimensão dos vãos entre as torres	0	11	11
B32	Áreas de importância biológica	0	7	7											E32	Risco de erosão e movimentos de massa	0	1	1
B33	Amazônia Legal	0	1	1											E33	Áreas com topografia favorável	0	3	3
B34	Zona de Desertificação	0	1	1											E34	Uso de Cobertura do solo	0	6	6
B35	Corredores ecológicos	0	1	1											E35	Turismo	0	1	1

Fonte: Autora (2024)

Tabela 13 – Critérios utilizados para analisar, comparar e/ou selecionar alternativas tecnológicas em EIAs de LTs

Código	Aspecto Biótico	N° de citações Até 2011	Após 2011	Total	Código	Aspecto Social	N° de citações Até 2011	Após 2011	Total	Código	Aspecto Físico	N° de citações Até 2011	Após 2011	Total	Código	Aspecto Econômico	N° de citações Até 2011	Após 2011	Total
B1	Reserva Legal para instalação de eletrodos ou canteiros de obras	0	3	3	S1	Terrenos já alterados ou antropizados para instalação de eletrodos ou canteiros de obras	0	3	3	F1	Terrenos planos ou de baixa declividade para instalação de estruturas.	0	4	4	E1	Acessos principais por rodovias ou estradas vicinais pavimentadas	0	2	2
B2	Áreas de Preservação Permanente marginais de cursos d'água para instalação de eletrodos ou canteiros de obras	0	3	3	S2	Compatibilizar os usos pretendidos para cada local para instalação de eletrodos	0	1	1	F2	Topografia	0	3	3	E2	Localidades elegíveis para receber os canteiros de obras	0	3	3
					S3	Construções residenciais, educacionais ou de saúde mais próxima para instalação de eletrodos ou canteiros de obras	0	2	2						E3	Corrente alternada ou contínua	0	7	7
					S4	Edificações de interesse histórico ou cultural	0	4	4						E4	Aéreas ou subterrâneas.	0	7	7
					S5	Núcleo Urbano para instalação de eletrodos ou canteiros de obras	0	4	4						E5	Torres autoportantes ou torres estaiadas	0	7	7
					S6	Municípios já atravessados pela LT para instalação de canteiro de obras	0	3	3						E6	Transmissão de energia via cabos supercondutores ou através de gás	0	1	1
															E7	Lançamento dos cabos e para-raios, utilizando cabos guias para içamento do cabo com operadores ou drones	0	3	3
															E8	Nível de tensão	0	2	2

Fonte: Autora (2024)

Para as AL, foram identificados 35 aspectos bióticos, 19 aspectos sociais, 22 aspectos físicos e 35 aspectos econômicos. Dos critérios do aspecto biótico, os mais citados foram: Unidades de Conservação (43 EIAs), Áreas Legalmente Protegidas (38 EIAs), Supressão de Vegetação (35 EIAs), Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (30 EIAs), Interferência em Sítios de Reprodução (19 EIAs), Sítios de Descanso (19 EIAs), Rotas de Aves Migratórias, Endemismo Restrito e Espécies Ameaçadas de Extinção (19 EIAs) e Áreas Cobertas por Vegetação Nativa (17 EIAs).

No início, observou-se que todos os critérios frequentemente mencionados no aspecto biótico foram identificados na revisão teórica (Tabela 5), e apresentam alguma sensibilidade ambiental em relação à localização (B7, B8, B24, B28, B29 e B10) ou atividade (B12 e B27) (MMA, 2011; Ibama, 2020; 2021).

Outro ponto a ser discutido é a relação desses critérios. Termos como "Áreas Legalmente Protegidas" ou "Áreas Prioritárias para a Conservação" podem abranger outro critério frequentemente citado, sendo "Unidades de Conservação", demonstrando que esses critérios poderiam ser agrupados em uma categoria maior devido à sua natureza comum de proteção ambiental e conservação da biodiversidade. No entanto, apesar da relação, a abrangência dos critérios pode dificultar a identificação precisa do que foi incluído em cada análise, comparação e seleção das ALs em relação aos critérios bióticos, pois podem ou não englobar múltiplas subcategorias e aspectos relacionados à proteção ambiental.

Além disso, ao observar todos os critérios bióticos usados no estudo de AL, notou-se uma melhora na sua adoção a partir da Portaria n° MMA 421/2011. Estudos elaborados após esse marco apresentaram critérios mais específicos, com detalhes sobre a classificação da tipologia vegetal, biomas, cobertura e uso do solo, entre outros aspectos bióticos. Por exemplo, os critérios codificados em B17, B18, B19, B20, B21, B22, B25, B27, B28, B29, B30, B33, B34 e B35

Os critérios do aspecto social frequentemente incluídos no estudo de AL também foram identificados na Tabela 5, sendo: Assentamentos Rurais (51 EIAs), Terras Indígenas (49 EIAs), Áreas Urbanas Consolidadas (48 EIAs), Loteamentos Rurais e Propriedades Rurais (43 EIAs), Remanescentes de Quilombos (38 EIAs), Áreas de Patrimônios Históricos e Culturais (34 EIAs), Comunidades Tradicionais (29 EIAs) e Áreas de Beleza Cênica (25 EIAs). No entanto, não foram detalhadas as preocupações envolvidas em cada critério, como as interferências culturais e socioeconômicas

levantadas por Cardoso Jr (2014), Fronza (2019), Freiman e Santos (2019) e Demori (2019).

Outro ponto dos critérios do aspecto social é que os critérios frequentemente utilizados não extrapolam os requisitos legais (S3, S1, S4, S5, S2, S7, S9 e S17). Por exemplo, poucos esforços foram direcionados para contabilizar o número de famílias a serem indenizadas (S14) ou para detalhar os tipos de benfeitorias (S15) e propriedades produtivas afetadas (S16).

Ainda, um critério do aspecto social merece destaque é o "Risco de Acidentes e/ou Endemias Associadas a Povos Isolados (S18)", incluído apenas no EIA12. Povos isolados traz uma característica específica da região, mas esse critério seria relevante para outras comunidades, pois o risco está associado às etapas do projeto, como descreve Pereira (2014), incluindo a instalação de praças ou outras estruturas que aumentam significativamente a circulação de pessoas ou trabalhadores em áreas nativas, podendo induzir a transmissão de doenças vetorialmente transmissíveis. Pereira (2014) também descreve que a movimentação de pessoas em áreas anteriormente pouco habitadas pode aumentar a probabilidade de interação social e cultural, elevando o risco de incidência de doenças, especialmente doenças sexualmente transmissíveis.

Os critérios frequentemente citados nos aspectos físicos foram: Cursos D'água (43 EIAs), Patrimônio Espeleológico (32 EIAs), Declividade (31 EIAs), Patrimônio Arqueológico (27 EIAs) e Variações Hipsométricas (22 EIAs). Todos esses critérios (F5, F11, F12, F13 e F15) também foram identificados na Tabela 5. Embora os patrimônios espeleológico e arqueológico sejam importantes para o aspecto social, sua classificação como aspecto físico está relacionada à maneira como são descritos no capítulo de alternativas, sendo vestígios materiais que podem ser impactados pelas LTs. O patrimônio arqueológico, que inclui artefatos, estruturas e sítios, é considerado parte do ambiente físico. Da mesma forma, o patrimônio espeleológico, que abrange cavernas, grutas e outras formações subterrâneas.

Foi possível observar uma melhoria a partir da Portaria n° MMA 421/2011 no uso de critérios dos aspectos físicos das áreas locacionais estudadas (F8, F9, F10, F11, F12, F13, F15, F16, F18, F20, F21 e F23), especialmente no detalhamento das características do solo superficial e subterrâneo, bem como do relevo. Lima *et al*. (2013), Cardoso Jr (2014), Fronza (2019), Freiman e Santos (2019) e Demori (2019) apontam que esses critérios físicos impactam na viabilidade técnica e operacional do traçado proposto.

Por fim, os critérios dos aspectos econômicos frequentemente incluídos nos EIAs (E6, E16, E29, E30 e E28) foram: áreas com recursos minerais ou perímetros de concessões minerárias (39 EIAs), abertura de novos acessos (35 EIAs), extensão da linha de transmissão (29 EIAs), número de torres das linhas de transmissão (26 EIAs) e traçados de empreendimentos lineares instalados ou planejados (22 EIAs). Lima *et al*. (2013) e Biasotto *et al*. (2022) relatam que identificar precocemente as áreas conflitantes, como áreas com recursos minerais, é essencial para evitar o acréscimo de custos de instalação e manutenção, bem como atrasos no projeto. Essa identificação antecipada permite planejar melhor a execução das obras, minimizando impactos financeiros e garantindo a viabilidade econômica do empreendimento. Além disso, a escolha adequada dos traçados e o planejamento cuidadoso dos acessos podem reduzir significativamente os custos operacionais a longo prazo.

Já na Tabela 13, foram identificados nos estudos de AT 2 critérios do aspecto biótico, 6 do aspecto social, 2 do aspecto físico e 8 do aspecto econômico. Percebeu-se, assim, um menor esforço na consideração de critérios na maioria dos aspectos (pouco critérios usados), especialmente nos bióticos, sociais e físicos. Isso também é reflexo no número de EIAs que fizeram um estudo de AT (13 EIAs).

Os critérios mais frequentemente citados pertencem ao aspecto econômico (E3, E4 e E5), como: corrente alternada ou contínua (7 EIAs), linhas aéreas ou subterrâneas (7 EIAs) e torres autoportantes ou torres estaiadas (7 EIAs). Ao analisar a quantidade de critérios do aspecto econômico, observou-se uma maior padronização, evidenciada pelo elevado número de citações nos estudos que desenvolveram AT.

Além do mais, temporalmente, notou-se que os critérios econômicos das ATs passaram a ser incluídos após 2011, possivelmente motivados pela Portaria MMA n° 421/2011. Inclusive, essa inclusão trouxe a especificação de cada critério para um determinado componente do projeto, como eletrodos, canteiros e estruturas.

Ao analisar os critérios dos aspectos biótico, social e físico em relação aos diversos componentes do projeto descritos por Demori (2019) para Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica, especificamente lineares e acessos, como subestações, estações repetidoras de telecomunicações, eletrodos de terra, canteiros de obras para instalação e bases de apoio para operação, observou-se que poucos esforços foram feitos para descrever os outros componentes associados às linhas de transmissão. Portanto, percebeu-se limitações de desenvolvimento dos critérios dos aspectos biótico, social e físico das ATs levando em conta todas as opções praticáveis para projetos de LTs.

Quanto ao aspecto econômico, notou-se que são incluídos componentes lineares e acessos em nível de projeto que foram validados em etapas anteriores, como, por exemplo: a tipologia de corrente (alternada ou contínua), a categoria da linha de transmissão (aéreas ou subterrâneas), transmissão de energia (cabos supercondutores ou através de gás) e o nível de tensão. No entanto, apesar de serem incluídos maiores esforços no número de critérios deste aspecto, ele continua deficiente do ponto de vista de simular uma análise, comparação e seleção de critérios já validados por agentes do planejamento elétrico.

Em ambas as categorias de alternativas (AL e AT), observou-se que, qualitativamente (para além do número de critérios), os esforços de análise se concentram principalmente em aspectos econômicos. Esses aspectos trazem critérios mais específicos e menos abrangentes, o que facilita a análise e comparação dos critérios. Em contraste, os critérios dos aspectos biótico, social e físico permanecem mais gerais e menos detalhados, dificultando uma análise e comparação mais precisas.

Portanto, para além do conteúdo dos critérios usados no estudo de alternativas, é necessário avaliar com que qualidade este estudo foi desenvolvido. Nesse sentido, o próximo tópico classifica e discute a qualidade dos estudos, relacionando com o que vem sendo apresentado em seu conteúdo.

5.2 Aplicação dos indicadores e avaliação da qualidade dos estudos de alternativas nos EIAs de LTs

Os resultados da aplicação dos indicadores para avaliação da qualidade dos estudos de alternativas estão apresentados na Tabela 14. De forma geral, observou-se que nenhum EIA cumpriu todos os indicadores. Adicionalmente, uma análise mais geral revelou que os esforços de desenvolvimento do estudo de alternativas se concentram mais nos indicadores legais das ALs. Neste caso, todos os indicadores legais foram atendidos (A) em 12 estudos, sendo em 2 (EIA9 e EIA10) desenvolvidos até 2011 e em 10 (EIA15, EIA21, EIA22, EIA23, EIA24, EIA28, EIA29, EIA39, EIA45 e EIA46) desenvolvidos após 2011.

Na categoria AT, nenhum dos estudos atendeu um conjunto de indicadores específico (legal ou de boas práticas) em sua totalidade, uma vez que poucos foram os estudos que o estudo de AT foi desenvolvido (apenas 14), conforme demonstrado anteriormente na Tabela 10.

Tabela 14 – Avaliação da qualidade dos estudos de alternativas

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
0. Alternativa zero (A0)																																																													
EIAs		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
IL	**0.1**	N	N	N	N	N	A	P	N	N	N	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P	N	P	N	P	N	N	P	N	N	N	N	A	N	A	N	A	N	N	N	A	P	N	N	N	N	N	N	N	N
1. Alternativa locacional (AL)																																																											
EIAs		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
IL	**1.1**	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	P	A	P	P	A	A	A	A	A	N	A	A	A	A	A	P	P	A	A	P	P	N	A	P	N	P	P	P	A	P	P	N	P	N	A	A	A	N	N	A	P	P	P	P	P	A	A
	1.2	P	N	A	P	A	A	A	A	A	A	P	A	P	N	A	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	P	P	A	A	P	P	P	A	P	P	P	P	P	A	P	P	N	P	P	A	A	A	P	P	A	P	P	P	N	N	P	A
	1.3	P	N	P	P	N	P	P	P	A	A	P	P	P	N	A	A	A	A	P	P	A	A	A	A	A	P	P	A	A	P	P	P	A	P	P	P	P	P	A	P	P	N	P	P	A	A	A	P	P	A	P	P	P	P	P	A	A
	1.4	P	N	P	P	P	P	P	P	A	A	P	P	P	N	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	P	P	A	A	P	P	P	A	P	P	P	P	P	A	P	P	N	P	P	A	A	A	P	P	A	P	P	P	P	P	P	P
	1.5	P	N	N	N	P	P	P	P	A	A	P	P	P	N	A	P	P	P	P	P	A	A	A	A	P	P	P	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	N	P	P	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	1.6	P	N	N	N	P	P	P	P	A	A	P	P	P	N	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	P	P	A	A	P	P	P	A	P	P	P	P	P	A	P	P	N	P	P	A	A	A	P	P	A	P	P	P	P	P	A	A
	1.7	P	N	N	N	P	A	A	P	A	A	P	A	P	N	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	P	P	A	A	P	P	P	A	P	P	P	P	P	A	P	P	N	P	P	A	A	A	P	P	A	P	P	P	P	P	A	A
	1.8	N	N	N	N	P	A	P	P	P	P	P	P	P	N	P	P	P	P	P	A	A	A	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	A	P	P	P	N	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
IBP	**1.9**	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	1.1	P	N	P	N	P	P	P	P	A	A	P	A	P	N	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	P	P	A	A	P	P	P	A	P	P	P	P	P	A	P	P	N	P	P	A	A	A	P	P	A	P	P	P	P	P	A	A
2. Alternativa Tecnológica (AT)																																																										
EIAs		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
IL	**2.1**	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	N	P	A	N	A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	N	N	N	N	N	N	A	A	N	N	A	N	N	N	N	N	A	N	A	N	A	A	N	N	N	N	N	A
	2.2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	A	A	N	N	P	N	N	N	N	N	A	N	A	N	A	A	N	N	N	N	N	P
	2.3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N	P	N	N	N	N	N	P	N	P	N	P	P	N	N	N	N	N	P
	2.4	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N	P	N	N	N	N	N	P	N	P	N	P	P	N	N	N	N	N	P
	2.5	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	P	N	P	P	N	N	N	N	N	P
	2.6	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	2.7	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	2.8	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N	P	N	P	N	N	P	N	N	N	N	N	P
IBP	**2.9**	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	2.1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

IL – Indicador legal

IBP – Indicador de boas práticas

Fonte: Autora (2024)

Ainda na categoria AT, o indicador legal foi mais atendido do que os de boas práticas, assim como na categoria AL. Dos que apresentaram AT, a avaliação da qualidade foi ruim, como ilustrado na Tabela 14, onde a maioria dos estudos foi classificada em não atende (N), seguida de atende parcialmente (P).

Mesmo que o único indicador (0.1) avaliado na categoria A0 seja requisitado nos estudos legalmente (Resolução Conama n° 001/1986 e Portaria MMA n° 421/2011), percebe-se que poucos foram os estudos que o desenvolveu adequadamente. Dos 14 estudos que apresentaram o estudo de A0, 5 foram classificados como atende (A) enquanto 9 classificados como atende parcialmente (P). Buscando enriquecer os resultados encontrados na Tabela 14, a partir deste ponto, iniciou-se a discussão, auxiliada por figuras e pela literatura para cada categoria, começando pela A0, seguida pelas categorias AL e AT.

Ao direcionar a avaliação para A0, percebeu-se que os EIA6, EIA39, EIA41, EIA43 e EIA47 atenderam (A) ao indicador legal 0.1. Portanto, esses estudos demonstraram a hipótese de não execução do projeto como uma alternativa realista de análise, confrontando-a com a necessidade do projeto, assim como Furlanetto (2012) e Fernandes *et al*. (2017) destacaram em seus estudos.

Cabe destacar que os estudos classificados como A na A0, incluíram, na descrição e avaliação da alternativa de não realização do projeto, os aspectos bióticos, sociais, físicos e econômicos, ressaltando ainda, que os impactos identificados nos estudos podem não ocorrer, ou seja, mantendo as características locais caso o projeto não seja executado. De maneira geral, os aspectos descritos para a caracterização da A0 eram os mesmos para AL e AT, porém os critérios utilizados não foram detalhados. Segundo Furlanetto (2012), isso compromete a aplicação da A0 como uma peça-chave para a análise comparativa da viabilidade das opções de projeto.

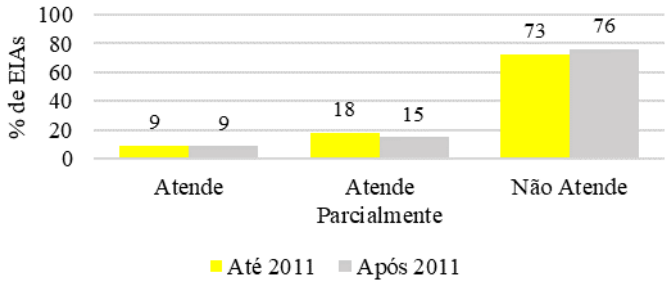
Dentre a descrição dos aspectos de avaliação da A0, estava a justificativa de importância do projeto para o planejamento do setor elétrico somada as perspectivas de crescimento econômico regional, citando impactos positivos na indústria, comércio, subsetores agroflorestal e agropecuário. Outros pontos indicados na justificativa da necessidade do empreendimento foram as possibilidades de melhoria nos padrões de vida da população, desde que, dentre outros aspectos, a infraestrutura energética seja melhorada.

Ainda, evidenciaram os impactos da não implantação do projeto, ressaltando que não fazer o projeto evitaria impactos socioambientais negativos ao meio ambiente e à

população local, mas ponderaram que a ausência desses impactos também significaria a perda de benefícios trazidos pelo empreendimento, como a geração de empregos, a contratação de mão de obra local e a geração de receitas municipais por meio de impostos. Houve também a menção das ações de controle e mitigação dos impactos negativos, por meio dos Programas Socioambientais desenvolvidos nas etapas de instalação e operação, que contribuiriam para a construção de um cenário positivo na região afetada pelo projeto.

A Figura 11 apresenta a avaliação do Indicador Legal "0.1 – Há a consideração/descrição da hipótese de não realização do projeto?". Também, é demonstrado o percentual de atendimento dos estudos em uma escala temporal, considerando os EIAs que atenderam a este indicador até 2011 e após 2011.

Figura 11 – Percentual de atendimento do Indicador legal 1 quanto à A0 – Indicador 0.1 - Há a consideração/descrição da hipótese de não realização do projeto?



Fonte: Autora (2024)

Resumidamente, tem-se que o Indicador Legal 0.1, não apresentou modificações ao longo do tempo, ou mesmo uma sútil piora: para ambos os períodos analisados, apenas 9% dos EIAs atenderam o indicador 0.1; os estudos classificados como atendidos parcialmente representaram 18% (2 de 11) até 2011 e 15% (7 de 46) após 2011; e os estudos classificados como não atendido com 73% (7 de 11) até 2011 e 76% (35 de 46) após 2011. Apesar da diferença no número total de EIAs analisados em cada período, esperava-se uma melhoria no desenvolvimento de A0 ao longo dos anos, principalmente com a implementação da Portaria MMA nº 421/2011 ao final do ano de 2011.

A partir da avaliação do Indicador Legal 0.1, percebeu-se que incluir a A0 no EIA não é uma prática frequente, mesmo que isso represente um descumprimento legal. Pois, ainda que haja desenvolvimento da A0, identificou-se que 9 EIAs (EIA7, EIA11, EIA12, EIA26, EIA 27, EIA29, EIA31, EIA34 e EIA48) foram classificados como parcialmente atendidos (P), onde a justificativa para a necessidade do projeto foi baseada apenas em

etapas anteriores ao LAF, ou seja, as justificativas não têm vínculo com a AIA. Isso compromete a análise da A0, pois descreveram a hipótese de não execução sem mencionar as implicações negativas ou positivas de não prosseguir com o projeto.

Ainda, nos casos de atendimento parcial, a necessidade do projeto foi fundamentada em estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e citada nos EIAs, destacando problemas de abastecimento de energia e seus impactos no desenvolvimento local. Relembrando que, no contexto brasileiro, infelizmente as análises antes do LA não são incluídas no EIA. Também foram mencionados documentos sobre a expansão do setor de transmissão de energia e intercâmbios elétricos entre regiões brasileiras, reforçados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e pelo Sistema Interligado Nacional (SIN). Como exemplo, o EIA12 utilizou como justificativa de descarte da A0 a Resolução Autorizativa da Aneel nº 2.280, a qual autorizou a concessionária a exportar energia elétrica para o Uruguai. Inclusive, o intercâmbio entre os países também estava fundamentado pelo apoio promovido por acordos bilaterais e pela necessidade econômica de estabilização energética devido às grandes oscilações na produção de energia no país importador. Isso mostra que a justificativa da necessidade do projeto, utilizada no capítulo de alternativas, não inclui resultados da AIA.

Como 43 EIAs foram classificados como não atende (N), entende-se que a maioria (75%) dos EIAs, que estão disponíveis no repositório *online* do Ibama, não estão em conformidade com as regulamentações (Resolução Conama n° 001/1986 e Portaria MMA n° 421/2011), podendo, portanto, ser considerados ilegais. Como não foram analisados todos os documentos do processo de LA, destaca-se que as informações desses EIAs podem não serem necessariamente as que subsidiaram a tomada de decisão, pois podem ter ocorrido complementações que não configuram, necessariamente, uma nova versão do estudo.

Cavassin e Fernandes (2012) citam a possibilidade de se atingir o objetivo de transmissão de energia sem instalar um novo traçado, por meio de técnicas de recapacitação de uma LT existente, o que abriria a possibilidade para o atendimento da necessidade de transmissão de energia sem impactar um novo ambiente. Os mesmos autores descrevem que essa possibilidade se vincula a evitação ou minimização de impactos negativos de um novo traçado, onde, em alguns casos, a recapacitação da LT existente pode ser a única alternativa realista (Cavassin; Fernandes, 2012). Essa possibilidade, a depender da disponibilidade da tecnologia, poderia evitar também a

necessidade de desenvolvimento de uma LT contínua (traçado duplo) para apenas uma linha, a qual também poderia ser incluída como conteúdo da discussão da A0.

Em relação a categoria AL, a partir da Tabela 14 e da Figura 12, pode-se dizer que os esforços para o desenvolvimento de AL se intensificaram ao longo do tempo, onde o cumprimento (A e P) dos indicadores legais melhorou após 2011, exceto para o Indicador Legal 1.1 (Indicador 1.1 – Há a apresentação da importância da escolha do local?).

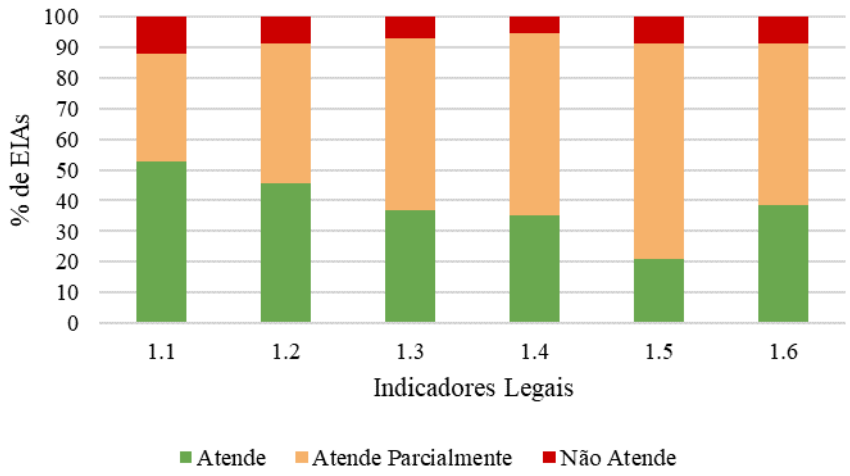
Detalhando a análise da Figura 12, 1.1 foi o único Indicador Legal totalmente cumprido até 2011 (b), com 82% dos estudos classificados como A e 18% como P. Após 2011 (c), a classificação A caiu para 46%, enquanto a classificação P aumentou para 39%, e 15% dos estudos passaram a ser classificados como N (7 EIAs).

A avaliação não atende (N) para o Indicador Legal 1.1, foi encontrada nos EIAs 20, 32, 35, 42, 44, 48 e 49. Lembrando que o EIA42 não desenvolveu o estudo de alternativas (A0, A1 e A2) (Tabela 10), mesmo tendo mencionado a sua realização no sumário e no corpo do estudo. Portanto, esses estudos apresentaram as opções de AL como etapas de melhoria de uma alternativa base, sendo a primeira opção citada como "traçado preliminar" ou "traçado base", enquanto as demais foram apresentadas como opções melhoradas do traçado inicial, incluindo viabilidade técnica em uma opção e critérios socioambientais em outra opção. Esse cenário de não atendimento, é apontado na literatura como uma deficiência nos estudos de alternativas, pois apresentam opções reconhecidamente inferiores à selecionada (MPF, 2004; Fernandes *et al*., 2017).

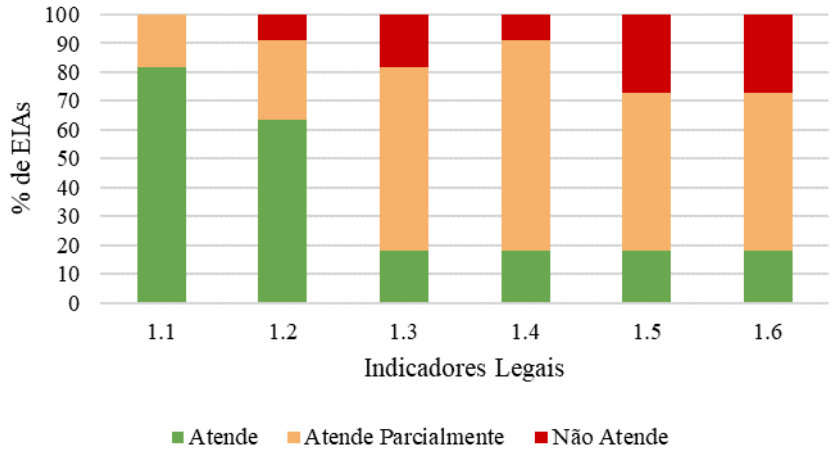
No geral (a), os 35% dos EIAs classificados como atende parcialmente (P) no Indicador Legal 1.1 apresentaram a importância de considerar ALs com o mesmo nível de detalhamento, mas sem demonstrar uma compreensão clara da previsão dos impactos ambientais, sociais e econômicos de cada opção. Em contraste, 53% dos estudos destacaram essa importância de forma clara e foram classificados como atende (A). Cabe destacar que o 1.1 foi o Indicador Legal que mais se classificou como atendido na categoria AL, em ambos os períodos.

Figura 12 – Cumprimento dos indicadores legais das AL, onde (a) apresenta todos os casos, (b) EIAs até 2011 e (c) EIAs após 2011.

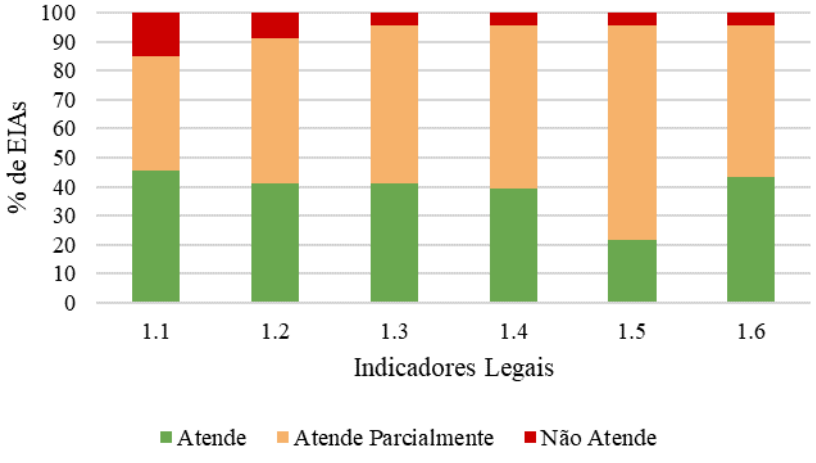
(a)



(b)



(c)



Fonte: Autora (2024)

O “Indicador Legal 1.2 – Há uma descrição detalhada de cada AL considerada?” apresentou uma redução no percentual de EIAs classificados como atende (A), passando de 64% até 2011 (b) para 41% após 2011 (c). Consequentemente, os estudos classificados como atende parcialmente (P) aumentaram de 27% até 2011 (b) para 50% após 2011 (c). Ambos os períodos (b e c) apresentaram a mesma porcentagem (9%) de estudos classificados como não atende (N). Isso indica que, ao longo dos anos, os estudos passaram a fornecer apenas algumas informações gerais, sem especificar a caracterização detalhada de cada alternativa além daquela do traçado escolhido para a LT, como a localização de subestações/torres a serem implantadas, características dos meios afetados etc. Assim, ao longo do tempo, o Indicador Legal 1.2 não deixou de ser atendido (N), mas aumentou a quantidade de estudos com a atendimento parcial (P).

Para o “Indicador 1.3 – Há uma especificação dos critérios e parâmetros utilizados na avaliação de cada AL?”, observou-se que, independentemente do período avaliado (a), a maioria dos estudos foi classificada como P (56%), seguida de 37% classificados como A e 7% como N. Assim, a maioria dos estudos apresenta um conjunto de critérios socioambientais de potenciais impactos no ambiente para avaliar cada AL, sem justificar ou explicar a inclusão desses critérios. Em outras palavras, faltam justificativas sobre a inclusão dos critérios e uma análise aprofundada priorizando aqueles com características mais restritivas, seja por legislações que condicionam ou impedem interferências, ou por intervenções que podem gerar significativos transtornos sociais, ambientais, fundiários ou operacionais.

Para o “Indicador Legal 1.4 – Há uma descrição da metodologia aplicada para avaliar cada AL?”, notou-se que, ao longo do tempo, seu atendimento melhorou, embora ainda não seja o ideal. Observou-se que a classificação A para esse indicador aumentou de 18% (b) para 39% (c) dos estudos. Isso indica que mais estudos apresentaram a metodologia de avaliação de cada AL de forma clara e objetiva, permitindo seu entendimento.

Ainda comparando os períodos de avaliação do Indicador Legal 1.4, tem-se que a maioria dos estudos continua sendo classificada como P, tanto os 73% elaborados antes de 2011 (b) quanto os 57% após 2011 (c), por apresentarem algumas informações sobre a metodologia aplicada, mas com limitações para seu entendimento. Por exemplo, alguns estudos classificados como A incluíram detalhamentos sobre a análise multicritério e modelagem geoespacial e, até mesmo, o uso de *softwares* (*ArcGIS, Microstation; AutoCAD; GPS Trackmaker PRO 4.6; Corel Draw;* e *Google Earth PRO*), enquanto

estudos classificados como P mencionaram apenas métodos genéricos sem especificar os procedimentos ou dados utilizados. Apesar do simples uso dos *softwares* não garantirem qualidade do que foi desenvolvidos, indica maior uso de recursos técnicos. Além disso, a maioria dos EIAs classificados como P se baseiam em fontes desatualizadas. No mais, houve uma redução no número de estudos classificados como N, passando de 9% (b) para 4% (c). Isso indica uma melhora, já que menos estudos deixaram de apresentar informações sobre a metodologia aplicada para avaliar cada AL.

As principais fontes de informações utilizadas nos EIAs foram: Base Cartográfica Contínua – IBGE; Departamentos de Estradas de Rodagem (DERs) – base de dados sobre a malha viária federal existente e projetada; Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) – base de dados sobre a malha viária federal existente e projetada; PROBIO – MMA – *shapefiles;* INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, MDA (Assentamentos Rurais); Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas – Cecav (ICMBio, MMA); Fundação Cultural Palmares, Secretaria de Cidadania e Diversidade Cultural (SCDC/MinC; Comunidades Quilombolas); ANA – Agência Nacional de Água, MMA (Hidrografia); Inventário florestal do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – documentos diversos relativos aos aspectos climatológicos (CPTEC) e dados de imagens orbitais; Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – normais climatológicas. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, MME (Rede de Linhas de Transmissão); *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, NASA (Modelo Digital do Terreno); Caracterização Socioambiental – Relatório R3; Mapeamento e Inventário da Flora e dos Reflorestamentos de Minas Gerais – SISEMA; Coordenação Geral de Demarcação e Proteção – CGGEO/FUNAI (Terras Indígenas); Departamento de Áreas Protegidas – ICMBio/MMA (Unidades de Conservação do Brasil); Diagnóstico espeleológico pontos Aeroportos CPRM - Base ATE XX; Acessos Secundários Base ATE XX; Vilas e Povoados Base ATE XX; Ofício e consulta no sítio da FCP Processos DNPM - SIGMINE; e Patrimônio Espeleológico: proximidade em relação a cavidades cadastradas no CANIE.

Para o "Indicador Legal 1.5 – Há uma análise comparativa de cada AL com base nos critérios estabelecidos (1.3)?", observou-se uma melhoria na elaboração dos estudos ao longo do tempo. Para todos os casos (a), 21% dos estudos classificados como A, 70% como P e 9% como N. No entanto, a maioria dos estudos classificados como P necessita melhorar a comparação, pois a mesma foi realizada de forma genérica, abordando as

perspectivas ambiental, social e econômica. Isso foi feito por meio de uma matriz de análise multicriterial, que resultou na seleção da melhor alternativa de traçado entre as opções apresentadas, mas sem os detalhamentos e justificativas suficientes para validar o que foi empregado.

Nos casos em que o Indicador Legal 1.5 foi classificado como A, observou-se a inclusão de elementos que facilitam a comparação visual entre as ALs. Exemplos incluem representações visuais do traçado da linha com detalhamento (*zoom*) nos critérios analisados, gráficos que ilustram a diversidade de espécies da fauna local ou a fitofisionomia da cobertura vegetal suprimida, listagem da tipologia do solo entre outros recursos visuais. Além disso, este indicador foi aquele, na categoria AL, com a maior frequência de classificação como P. Isso indica a necessidade de mais complementações e atenção para o desenvolvimento da análise comparativa nos estudos.

Por fim, no “Indicador Legal 1.6 – Há a apresentação das conclusões que levaram a escolha da AL mais favorável?”, observou-se que, para todos os casos (a), a maioria das escolhas das ALs foi classificada como P (53%), justamente por gerarem dúvidas quanto à sua seleção, especialmente porque a última AL proposta nos EIAs foi frequentemente escolhida. Houve casos em que a classificação P poderia ter sido confirmada pelo próprio estudo, que indicou a necessidade de melhorias e ajustes na alternativa selecionada. Um subitem ao final do Capítulo de Alternativas, denominado "ajustes e melhorias de traçados", sugeriu que a alternativa escolhida não era adequada e precisou ser otimizada, não detalhando se era um ajuste fino. Além disso, a alternativa escolhida foi revelada nas primeiras páginas do capítulo, antes de justificar ou descrever o processo até sua escolha, o que a princípio não seria um problema. Mas ela foi apresentada como "alternativa escolhida" ou “alternativa preferencial" e nitidamente foi destacada e realçada dentre as outras opções. A título de curiosidade, o EIA5 apresentou alternativas diferenciadas pela margem de um rio, sendo alternativa da margem esquerda e outra da margem direita.

Vale destacar que, entre as ALs escolhidas, houve um caso (EIA8) em que a alternativa selecionada não foi uma das opções estudadas no EIA, mas sim uma alternativa elaborada anteriormente para o Relatório R3 da EPE. Esse estudo também foi classificado como P devido às dúvidas geradas em relação à escolha da seleção. A justificativa de escolha apresentada foi considerada como facilmente questionável, e os motivos para a eliminação das alternativas apresentadas no EIA basearam-se na maior supressão de vegetação. Isso levanta questionamentos, uma vez que as alternativas desenvolvidas durante a AIA deveriam ter como objetivo a redução e mitigação dos

impactos causados (Jesus *et al*., 2013; Mattos, 2019), sendo que apenas a alternativa selecionada apresentou esse objetivo.

É pertinente destacar a observação de Wood e Dejeddour (1992), que enfatizam a importância de ressaltar a escolha das alternativas a serem consideradas na AIA, pois esta escolha está intrinsecamente ligada ao contexto do projeto, às exigências regulatórias e aos objetivos da avaliação.

Por outro lado, ainda para o Indicador Legal 1.6, 39% dos estudos foram classificados como A no cenário que envolve todos os casos (a) por apresentarem e justificarem claramente a escolha da AL mais favorável, permitindo entender o processo da decisão tomada. Apenas 9% dos estudos não apresentaram nem justificaram as conclusões que levaram à escolha da AL mais favorável, sendo classificadas como N.

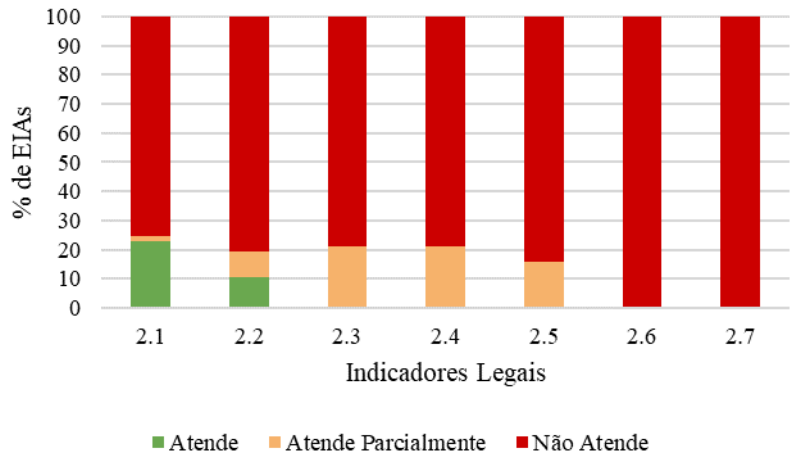
A Figura 13 mostra o cumprimento dos indicadores legais das AT, onde, após 2011 (c), houve uma perspectiva de melhoria no atendimento dos indicadores, embora o nível seja ainda extremamente baixo.

Inicialmente, observou-se que a maioria dos estudos não abordou adequadamente as ATs no capítulo de alternativas (o que já havia sido pontuado na Tabela 10), resultando no baixo atendimento do "Indicador 2.1 – Há uma apresentação da importância da escolha das tecnologias?". Este fato destacou o desenvolvimento das ATs como uma especificação técnica de projeto, caracterizado por escolhas pré-definidas e já adotadas antes do processo de AIA. Como consequência, esses estudos não apresentaram opções para análise, comparação e avaliação, nem destacaram a importância de descrever as tecnologias como verdadeiras alternativas.

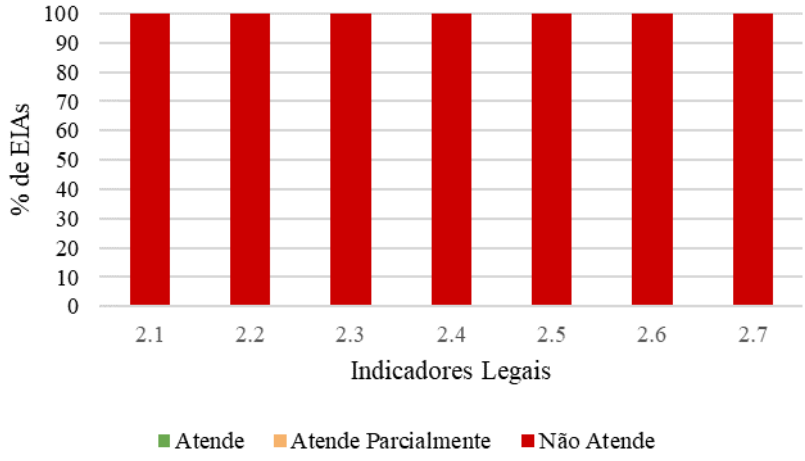
Desta forma, 75% dos estudos foram classificados como N no Indicador 2.1 para todos os casos (a), enquanto 23% foram classificados como A. Os estudos classificados como A demonstraram a importância de considerar as ATs, evidenciando a compreensão dos impactos ambientais, sociais e econômicos associados a cada tecnologia descrita. Além disso, esses estudos descreveram a interação da tecnologia com o ambiente, ressaltando potenciais impactos significativos que podem requerer estruturas técnicas sofisticadas e custos mais elevados. Também foram mencionados ajustes de traçado que podem demandar tecnologias construtivas especiais, como torres de maior porte e complexidade estrutural, além de requisitos de bases construtivas estáveis.

Figura 13: Cumprimento dos indicadores legais das AT, onde (a) apresenta todos os casos, (b) EIAs até 2011 e (c) EIAs após 2011.

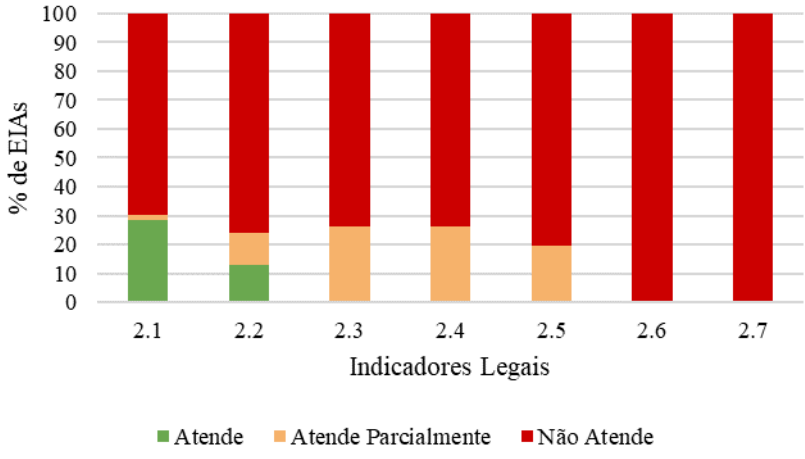
(a)



(b)



(c)



Fonte: Autora (2024)

Relacionado ao “Indicador Legal 2.2 – Há uma descrição detalhada de cada AT considerada?”, no cenário de todos os casos (a), 81% dos estudos foram classificados como N por não fornecerem informações detalhadas sobre a caracterização técnica das LTs. Dos restantes, 9% foram avaliados como P, indicando a necessidade de complementação por oferecerem descrições amplas sem especificar em qual etapa ou local cada técnica da AT foi aplicada. Por outro lado, 10% dos estudos foram classificados como A, destacando-se pela inclusão de uma descrição detalhada de cada componente técnico identificado como AT.

Essa classificação P no Indicador Legal 2.2 revelou implicações importantes, pois a falta de detalhamento técnico nas ATs pode comprometer a avaliação precisa dos impactos ambientais, sociais e econômicos das tecnologias escolhidas.

O cenário de falta de detalhamento técnico nas ATs foi identificado nos estudos que focaram apenas em um componente da linha, como estrutura das torres (EIA12) e rede aéreas ou subterrâneas (EIA13). Esses componentes apresentados podem, incluísse, serem destacados no próprio termo de referência que orientou a elaboração do estudo, mas que não foi analisado nesta pesquisa.

A ausência de informações específicas da linha, também dificulta a comparação entre as alternativas e a tomada de decisão fundamentada durante o processo de planejamento e implantação das LTs. Isso também foi observado em alguns estudos classificados como N no Indicador Legal 2.2, onde o componente técnico foi apenas listado (EIA15). Além disso, alguns estudos concentraram-se exclusivamente em componentes indiretos da linha de transmissão, como canteiros de obras (EIA16, EIA18 e EIA40).

Já o “Indicador Legal 2.3 – Há uma especificação dos critérios e parâmetros utilizados na avaliação de cada AT?”, para todos os casos (a), foi classificado como P para 21% dos estudos que apresentaram um conjunto de critérios socioambientais de potenciais impactos no ambiente para avaliar cada AT sem justificar ou indicar a inclusão de cada critério. Enquanto, 79% dos EIAs não apresentaram um conjunto de critérios socioambientais para avaliar os potenciais impactos de cada AT. Orique (2023) obteve resultados semelhantes, indicando que a inclusão das ATs nos EIAs foi meramente superficial, sem a devida descrição detalhada ou análise das suas implicações ambientais.

Nos EIAs classificados como P em 2.3 (12 EIAs), inicialmente, observou-se a inclusão de critérios que não são aplicáveis ao âmbito do projeto, sendo ao âmbito de decisões anteriores como o nível de tensão, e o tipo de rede (aérea ou subterrânea), que

são definidos e regulamentados antes do LA do projeto. Esses critérios dificilmente serão analisados pelo órgão ambiental devido à sua abrangência. Inclusive, Oliveira e Zaú (1998) e Tarko *et al*. (2021) destacam que o critério técnico para etapa de projeto é o campo elétrico de alta tensão, o qual pode ser previsto, evitando ou minimizando os seus efeitos na etapa de operação, especialmente quando a LT atravessar territórios povoados ou municípios com áreas de moradias irregulares próximas a faixa de servidão. Esse planejamento, quando considerado, pode evitar os impactos sociais e ambientais do ruído audível e da própria energização da linha que pode induzir cargas elétricas sobre pessoas ou objetos situados nesta área, conforme descrito por Oliveira e Zaú (1998) e Biasotto *et al*. (2022). No entanto, esses aspectos não foram considerados nos EIAs analisados.

A descrição de critérios técnicos limitados apenas à eficiência operacional da LT nos estudos de alternativas inviabiliza a consideração adequada de critérios técnicos e ambientais que poderiam mitigar os impactos adversos aos ambientes afetados. Por exemplo, a instalação de sinalizadores, em que Freire (2019) descreve como uma medida de definição de um traçado que leve em consideração evitar travessias em ambientes florestados e em rotas de aves migratórias, onde facilita a detecção dos cabos por parte das aves durante o voo, evitando a sua mortalidade.

Quando o critério se refere a um componente indireto da LT, como os eletrodos, a avaliação dos impactos do projeto torna-se limitada, já que não considera um componente direto, como o alteamento das torres. Essa omissão pode levar a um aumento da supressão da cobertura vegetal necessária para a instalação da faixa de servidão, resultando em maior fragmentação da área, sendo que Oliveira e Zaú (1998), Abreu *et al*.(2003) e Ramos (2018) também os descrevem em seus estudos. Além disso, a instalação da faixa de servidão, causa alterações microclimáticas, onde o vento pode derrubar árvores (Oliveira; Zaú, 1998) e a presença de clareiras aumenta a predação de determinados grupos faunísticos (Biasotto *et al*., 2022), há também mais luz que leva a mais fotossíntese, aumentando a população de insetos predadores de plantas e alterando a composição da comunidade vegetal nas bordas (Oliveira; Zaú, 1998).

A análise do Indicador Legal 2.3 evidenciou a necessidade de uma abordagem mais detalhada na consideração dos critérios socioambientais de comparação e seleção das AT de LTs. Para aproveitar o potencial das técnicas adotadas, é essencial implementar estratégias eficazes, como as citadas por Demori (2019), sendo: o alteamento das estruturas, a utilização de torres autoportantes em vez de estaiadas, e o uso de tecnologias especiais para o lançamento de cabos, como drones. Essas técnicas são vistas por

analistas, consultores e proponentes como formas de reduzir a supressão de vegetação na faixa de serviço, diminuindo a quantidade de torres nos fragmentos, aumentando a distância entre elas e utilizando torres com menor área de base (Abreu *et al*., 2003; Ramos, 2018; Demori, 2019).

Para o "Indicador Legal 2.4 – Há uma descrição da metodologia aplicada para avaliar cada AT?", dos 57 EIAs (a), 21% dos estudos foram classificados como P, pois apresentaram algumas informações sobre a metodologia, mas com limitações para o seu entendimento, onde generalizaram que a escolha dos métodos construtivos das torres segue a ABNT NBR 5422:1985, sem descrever como e o que foi escolhido a partir da norma. Por exemplo as distâncias entre cabo x solo e cabo x vegetação, incluindo as distâncias do balanço dos cabos.

Também houve EIAs de classificação (P) que descreveram de forma geral a realização de estudos de comportamento mecânico, ao desempenho eletromagnético e aos impactos ambientais, topográficos (plantas e perfis), cadastro fundiário, projeto de engenharia e ambientais (principalmente, sobre a vegetação existente) e outros, os quais não traziam comparativos dos resultados dos estudos. Inclusive, 2 estudos (EIA36 e EIA37) trouxeram detalhes de duas tecnologias para aquisição de dados de campo para o estudo de cartografia, onde foram efetuados através de fotogrametria para obtenção das imagens do terreno e o perfilamento a laser com as coordenadas diretas dos pontos. O EIA36 e 37 também citaram o *software* PLS-CADD para o banco de dados cartográficos.

No entanto, dos 57 EIAs (a) avaliados no Indicador Legal 2.4, 79% foram classificados como N, pois não apresentaram nenhuma informação sobre a metodologia aplicada para avaliar cada AT. Essa lacuna na descrição metodológica compromete a avaliação adequada dos impactos e a comparação entre as AT, destacando a necessidade de uma abordagem mais rigorosa e detalhada nesse aspecto.

No "Indicador Legal 2.5 – Há uma análise comparativa de cada AT com base nos critérios estabelecidos (2.3)?", 16% do total dos estudos (a) foram classificados como P, apresentando comparações gerais entre duas opções, descritas em pequenos parágrafos para cada técnica ou tecnologia avaliada. Por outro lado, 84% do total dos EIAs (a) foram classificados como N, pois não realizaram a comparação das alternativas tecnológicas e, em alguns casos, apenas listaram as opções escolhidas, sem uma análise detalhada. Essa análise comparativa insuficiente impede a avaliação aprofundada das alternativas, comprometendo a identificação da melhor solução tecnológica.

Quanto aos Indicadores Legais “2.6 – Há uma apresentação das conclusões que levaram a escolha da AT mais favorável?” e “2.7 – Há uma consideração da eficiência energética e do desempenho operacional de cada AT?”, eles não foram atendidos por nenhum estudo, independentemente do período de elaboração dos EIAs. Assim, respectivamente, nenhum EIA apresentou e justificou as conclusões que levaram a escolha da AT mais favorável e nem foram analisados os aspectos relevantes relacionados à eficiência energética e ao desempenho operacional da LT, levando em conta as necessidades e requisitos do projeto para cada AT.

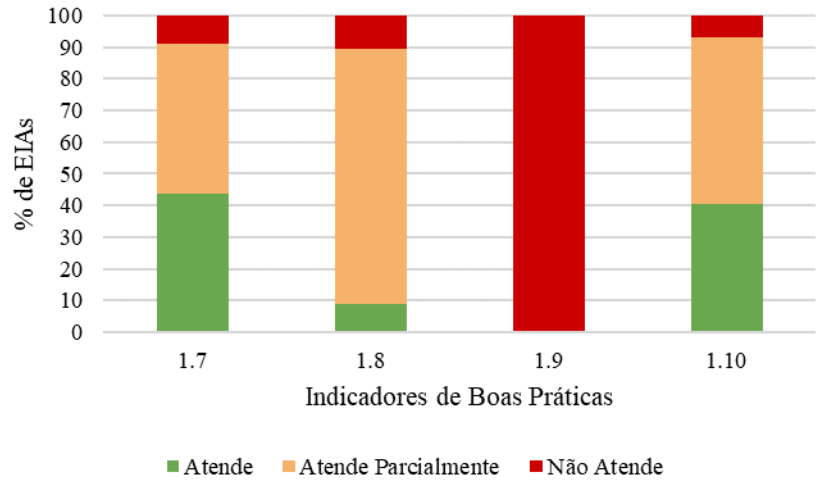
Logo, observou-se que o nível de qualidade entre os Indicadores Legais da AT foi reduzindo a medida em que são avaliados, ou seja, do Indicador Legal 2.1 para o Indicador Legal 2.7. Também foi notado que o nível de detalhamento proposto para as ALs não foi aplicado às ATs. Assim, as informações técnicas ou tecnológicas apresentadas como opções de ATs foram generalistas e limitadas em todos os EIAs que as incluem, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos.

Após a análise dos Indicadores Legais, a interpretação dos resultados foca-se nos Indicadores de Boas Práticas, começando pelos relacionados às AL. A análise da Figura 14 revela que, entre os Indicadores de Boas Práticas, apenas o Indicador 1.9 não foi atendido, enquanto os demais (1.7, 1.8 e 1.10) apresentaram altos índices de atendimento, sejam classificados em A ou P. Além do mais, observou-se também um aumento nos esforços dedicados pelos EIAs ao longo do tempo para cumpri-los.

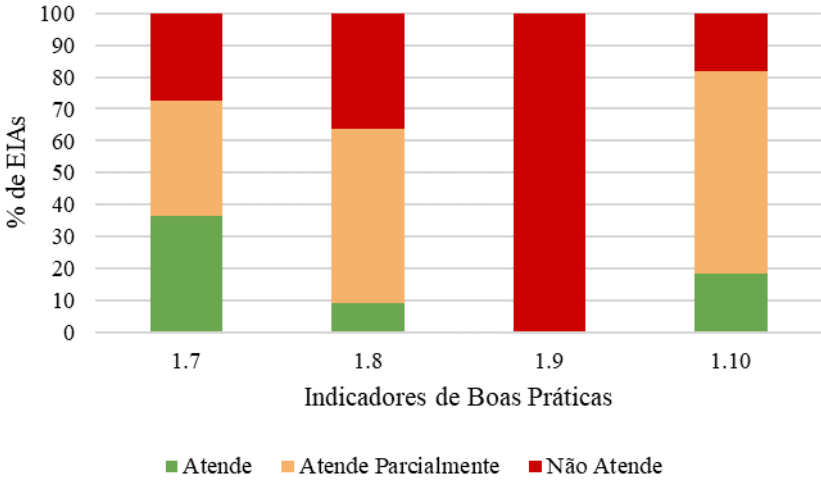
O “Indicador de Boas Práticas 1.7 – Na seleção das alternativas a serem analisadas, há a consideração da sua viabilidade técnica e econômica, ou seja, são alternativas possíveis?” foi classificado como A por 44% dos 57 EIAs (a), nos quais as alternativas locacionais (ALs) propostas são acompanhadas de justificativas que confirmam sua possibilidade de implementação, considerando os contextos técnico e econômico atuais.

Figura 14: Cumprimento dos indicadores de boas práticas das AL, onde (a) apresenta todos os casos, (b) EIAs até 2011 e (c) EIAs após 2011.

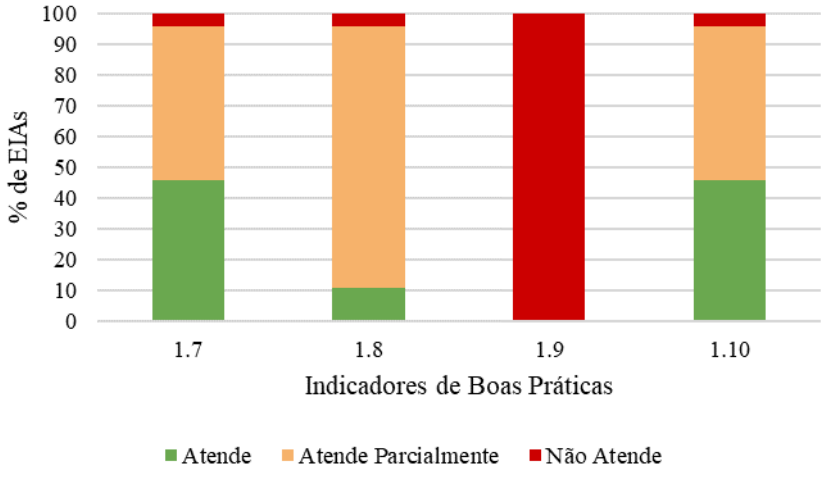
(a)



(b)



(c)



Fonte: Autora (2024)

No entanto, ainda no indicador 1.7, 47% dos 57 EIAs (a) foram classificados como P, necessitando de complementações para evidenciar e assegurar a viabilidade do projeto em termos de implementação. A classificação P foi fornecida devido à falta de clareza dos contextos técnico e econômico da LT, onde não foram informados o número de variáveis envolvidas no projeto, como: as características da extensão do projeto, o número de vértices, indenizações e outros critérios necessários do traçado. Silva (2021) observa que a escolha do melhor local para a instalação do projeto otimiza e facilita a execução dos processos, gerando ganhos para a empresa como um todo. Oliveira e Zaú (1998) descrevem que o traçado reto é o menos utilizado devido aos obstáculos físicos e elementos da paisagem que aumentam o custo do projeto. Porém, 9% dos 57 estudos (a) foram classificados como N, pois as alternativas propostas não são viáveis para implementação, refletindo evidências de inviabilidade técnica e econômica, onde não analisam o relevo, a topografia, a cobertura vegetal para definição das torres, o que ainda pode comprometer o estudo como um todo.

No "Indicador de Boas Práticas 1.8 – Na seleção das alternativas a serem analisadas, há consideração dos impactos sociais em cada AL proposta?", apenas 11% dos 57 EIAs (a) foram classificados como A. Estes consideraram os impactos sociais ao propor todas as ALs, atribuindo-lhes a mesma importância que à viabilidade econômica. Em contraste, 85% dos 57 EIAs (a) foram classificados como P, considerando os impactos sociais apenas para algumas das ALs, mas com um peso inferior à viabilidade econômica. Já 11% dos 57 EIAs (a) foram classificados como N, uma vez que negligenciaram a consideração dos impactos sociais para propor ALs.

Para o "Indicador de Boas Práticas 1.9 – Há envolvimento do público, de comunidades afetadas e outras partes interessadas no desenho e/ou na escolha das ALs?", como apontado anteriormente, na totalidade, não houve evidências ou menção de qualquer envolvimento do público, comunidades afetadas e outras partes interessadas no processo de desenho e escolha das ALs dos EIAs analisados. Esse fato também foi evidenciado por Fernandes *et al.* (2019), onde foi apontada a falta do envolvimento e da participação dos interessados no processo de seleção de alternativas, principalmente do núcleo populacional afetado pelo projeto.

O "Indicador de Boas Práticas 1.10 – Há a consideração da hierarquia de mitigação de impactos ambientais na análise comparativa das ALs?" foi atendido por 46% dos 57 EIAs (a) e foram classificados como A. Esses estudos compararam as ALs refletindo a hierarquia de mitigação de impactos ambientais, priorizando esforços para

reduzir e, em alguns casos, evitar impactos, como a utilização de áreas com topografia favorável para evitar cortes e aterros no terreno. Em contraste, 50% dos 57 EIAs (a) foram classificados como P, refletindo parcialmente a aplicação dessa hierarquia de mitigação, enquanto 4% dos 57 EIAs foram classificados como N, por não demonstrarem a aplicação da hierarquia de mitigação de impactos ambientais. Notoriamente, é possível identificar práticas que evitam os impactos ambientais e sociais, mas todas possuem o viés econômico como o principal, sem necessariamente refletir uma preocupação ambiental. Por exemplo, a seleção de AL considerou:

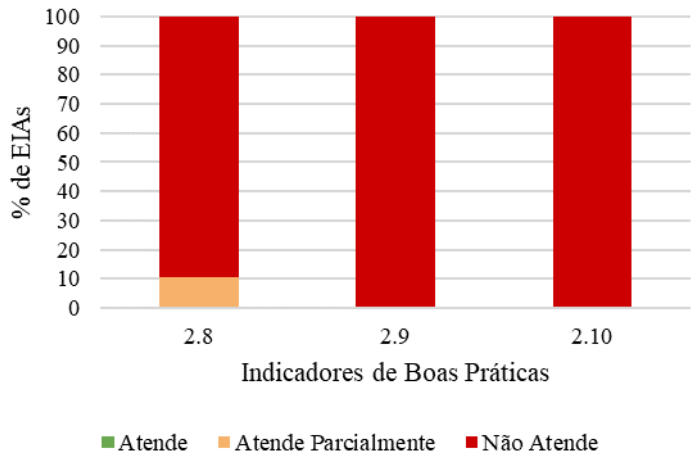
- A disponibilidade de infraestrutura de apoio logístico na região durante a construção, como também para posterior operação/manutenção do empreendimento (presente, por exemplo, nos EIAs 5, 8, 9, 12, 15, 18, 19, 23, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 54 e 57);
- Opção por regiões menos cultivadas e pouco habitadas, de inferior valor econômico e menores impactos socioeconômico–culturais, que facilitem a obtenção da faixa de servidão (presente, por exemplo, nos EIAs 5, 7, 12, 18, 19, 28, 29, 35, 38, 39, 43, 46, 47, 48, 49, 52, 54, 55, 56 e 57);
- Redução na supressão de vegetação na escolha dos locais das praças de torres, praças de lançamento de cabos, faixa de servidão e acessos (presente, por exemplo, nos EIAs 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56 e 57).

Finalizando a análise, agora referente aos Indicadores de Boas Práticas para AT, a Figura 15 revela que poucos esforços foram dedicados nos estudos para o cumprimento dos indicadores relacionados. Entre os indicadores avaliados, nenhum foi classificado como atendido (A). Assim, o baixo índice de atendimento faz com que a análise temporal de antes e depois da legislação nem tenha sentido.

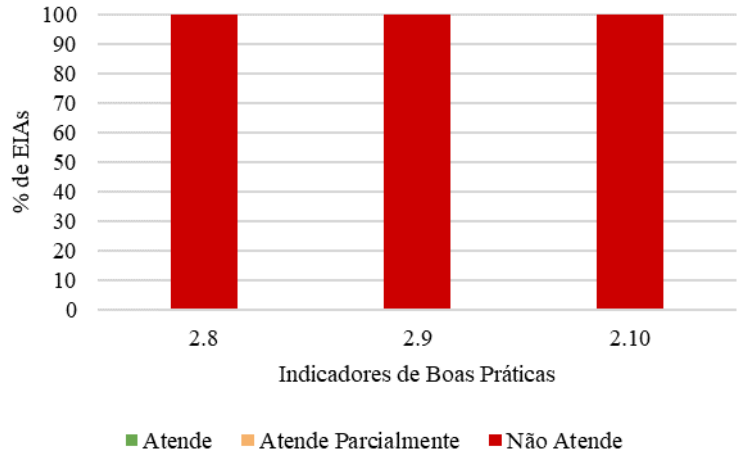
Apenas 11% dos 57 EIAs (a) receberam classificação P em relação ao “Indicador de Boas Práticas 2.8 – Na seleção das alternativas a serem analisadas, há a consideração da sua viabilidade técnica e econômica, ou seja, são alternativas possíveis?”. Nesse caso, as AT propostas não são acompanhadas de justificativas adequadas, gerando dúvidas sobre a viabilidade de sua implementação. Os demais estudos (89%), considerando o universo de todos os EIAs analisados (a), foram classificados como N.

Figura 15: Cumprimento dos indicadores de boas práticas das AT, onde (a) apresenta todos os casos, (b) EIAs até 2011 e (c) EIAs após 2011.

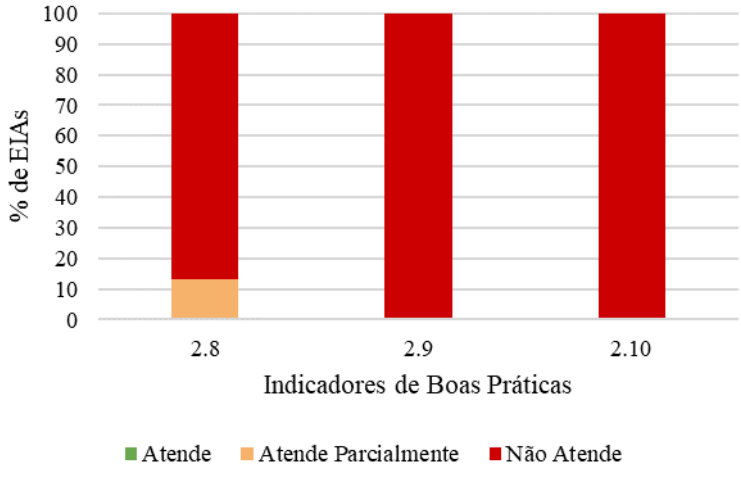
(a)



(b)



(c)



Fonte: Autora (2024)

Quanto aos Indicadores de Boas Práticas “2.9 – Na seleção das alternativas a serem analisadas, há consideração dos impactos sociais em cada AT proposta?” e “2.10 – Há a consideração da hierarquia de mitigação de impactos ambientais na análise comparativa das ATs?”, eles não foram atendidos por nenhum dos estudos. Inclusive, os componentes técnicos avaliados em cada AT não consideram os impactos sociais, como a integração das LTs às paisagens. Essa integração filtra trajetos que minimizam o impacto visual, por exemplo, com poda seletiva de árvores nas bordas das faixas de servidão, cruzamento de estradas em diagonal e uso de torres mais baixas para reduzir a visibilidade das LTs no horizonte (Oliveira; Zaú, 1998).

O exemplo citado anteriormente é também aplicável a hierarquia de mitigação de impactos ambientais, onde o impacto da instalação do projeto em uma determinada localidade pode ser minimizado desde que adote métodos ou técnicas adequadas. Assim, um impacto advindo da instalação pode ser minimizado na etapa de operação. No entanto, esses esforços de minimização do impacto não foram desenvolvidos para ATs.

Quando estudos tendem a desenvolver determinados Indicadores apenas para a etapa de instalação do projeto, isso indica omissão na apresentação de alternativas para as outras etapas. Essa prática limita os esforços para analisar os impactos a serem mitigados (conforme a Resolução Conama n° 001/1986 e a Portaria MMA n° 421/2011), não promovendo a abrangência das alternativas em diferentes fases do projeto.

De forma geral, destaca-se que os EIAs analisados não foram elaborados de forma adequada, evidenciando a falta de cumprimento das exigências regulatórias (Resolução Conama n° 001/1986 e a Portaria MMA n° 421/2011), como a não consideração de alternativas apropriadas. Isso, também foi identificado por Cardoso Jr (2014) em seu estudo.

Ainda assim, houve pontos melhores desenvolvidos nos estudos de alternativas vinculados à categoria locacional, tais como: 1.1 (Apresentação), 1.2 (Descrição), 1.3 (Critérios considerados), 1.4 (Metodologia de Avaliação), 1.5 (Análise Comparativa), 1.6 (Escolha da AL), 1.7 (Viabilidade Técnica e Econômica), 1.8 (Viabilidade Social) e 1.10 (Hierarquia de Mitigação). Embora a maioria desses indicadores tenha sido classificada como P, indicando a necessidade de complementação e orientação para melhor desenvolvimento, eles demonstraram maior aderência aos indicadores ao serem considerados na maioria dos estudos.

Relacionado ao parágrafo anterior, o desenvolvimento das ALs tem se destacado no cumprimento (A e P) de indicadores que, embora não sejam obrigatórios, indicam boas

práticas para a AIA. Isso reforça que, para as ALs, os esforços de desenvolvimento superam os cumprimentos legais, exceto para o Indicador de Boas Práticas 1.9 (Participação). Steinemann (2001), Aung, Shengji e Condon (2019) descrevem que normalmente a participação se limita a contribuição tardia, o que também não ocorreu nos EIAs avaliados nesta pesquisa, uma vez que inexistiu a descrição da participação no capítulo.

Os indicadores que necessitam de maiores esforços de desenvolvimento são os que compõem a A0 e AT. Esses indicadores, muitas vezes, passam despercebidos e, quando não desenvolvidos adequadamente, podem prejudicar a efetividade da AIA dentro dos EIAs. Embora haja desenvolvimento parcial de três indicadores legais (2.3 – Critérios considerados, 2.4 – Metodologia de Avaliação e 2.5 – Análise Comparativa) das ATs, a abrangência do que é apresentado no conteúdo é muito limitada e não integra plenamente o potencial do instrumento para servir de base para os indicadores legais seguintes (2.6 – Escolha da AT e 2.7 – Eficiência Energética e Confiabilidade). Lee e Colley (1992) classificam esse cenário como frágil e problemático, principalmente quando a sua a baixa qualidade persiste ao longo do tempo.

Relacionado ao parágrafo anterior, destaca-se a necessidade de revisão ou reformulação das alternativas devido à sua baixa qualidade. Veronez (2018) também identificou essa necessidade nos EIAs capixabas. Em relação aos indicadores de boas práticas para ATs, poucos EIAs desenvolveram o indicador 2.8 (Viabilidade Técnica e Econômica), mas se assemelhou àqueles que não as desenvolveram ou também à indicadores não considerados nos EIAs, como o 2.9 (Viabilidade Social) e 2.10 (Hierarquia de Mitigação), devido à baixa qualidade do conteúdo no estudo.

5.3 Resumo das informações na Matriz *SWOT*

Com base nos resultados de análise e avaliação dos estudos de alternativas de 57 EIAs de LTs, listou-se as principais evidências encontradas neste estudo, as quais foram organizadas a partir da matriz *SWOT*, conforme apresentado na Tabela 15.

Complementando a matriz, as evidências também foram apresentadas em formato textual, para que fosse possível desenvolver um pouco mais as informações.

Tabela 15 – Principais evidências da análise e avaliação dos estudos de alternativas de 57 EIAs de LTs

FATORES INTERNOS	**FORÇAS**	**FRAQUEZAS**
	1. Histórico sobre o desenvolvimento das alternativas locacionais antes do LAF; 2. Estudo de alternativas indicado no sumário; 3. Cumprimento dos indicadores legais para as alternativas locacionais (ALs); 4. Estudos elaborados após a Portaria n° MMA 421/2011 apresentaram critérios mais específicos para ALs; 5. Presença de estudos sobre alternativas locacionais que priorizaram evitar impacto.	1. A nomenclatura do capítulo não traz indicativos de cumprimento da obrigatoriedade legal; 2. A abrangência dos critérios utilizados na seleção de alternativas pode dificultar a identificação precisa do que foi incluído em cada análise, comparação e seleção de alternativas; 3. Alguns dados dos critérios sociais baseiam-se em fontes de consulta desatualizadas para as ALs; 4. Presença da A0 como uma alternativa não realista de análise; 5. O processo de elaboração das ATs não apresenta transparência metodológica; 6. Não realização de estudos de ATs alinhados com a legislação e as boas práticas; 7. Ausência de participação pública no desenvolvimento do Estudo de Alternativas; 8. Número insuficiente de alternativas estudadas (AL e AT) para uma comparação adequada; 9. O estudo de alternativas restringe-se apenas à etapa de instalação da LT.
FATORES EXTERNOS	**OPOTUNIDADES**	**AMEAÇAS**
	1. Complementação de diretrizes legais (Portaria MMA n° 421/2011) para detalhar a elaboração de alternativas de LTs; 2. Parcerias institucionais e organizações não governamentais (ONGs) para fomentar o envolvimento e participação no desenho de alternativas; 3. Divulgação e adoção de exemplos positivos de estudos de alternativas pelo Ibama e desenvolvedores de EIAs, buscando aprimorar os conteúdos dos futuros EIAs; 4. Alteração do fluxo decisório para implantação de LTs, condicionando sua participação em leilões apenas após a obtenção da LP; 5. Interação entre os agentes de planejamento e do LAF na etapa pré-leilão.	1. Persistência na desintegração ente os entes do planejamento e LAF; 2. Resistência de consultores e desenvolvedores de EIA de LTs ao aplicar e interpretar adequadamente a legislação, em relação as ATs e A0; 3. Falta de capacidade técnica ou recursos insuficientes para realizar uma avaliação adequada das alternativas pelo órgão ambiental licenciador (Ibama); 4. Definição locacional, tecnológica e de projeto (a escala de desenvolvimento) antes do processo de LAF e AIA.

Fonte: Autora (2024)

Iniciando-se com os fatores identificados como **forças** no desenvolvimento dos estudos de alternativas, desde o desenvolvimento do capítulo até a qualidade do conteúdo do estudo, sendo:

1) Histórico sobre o desenvolvimento das alternativas locacionais antes do LAF: a maioria dos estudos de ALs forneceu o contexto sobre as considerações e o estudo preliminar de alternativas (R2 - Detalhamento da Alternativa de Referência) validados por agentes do planejamento antes do início formal do processo de LAF.

2) Estudo de alternativas indicado no sumário: a inclusão no sumário reforça que o estudo de alternativas é um componente necessário no EIA, facilitando o acesso ao conteúdo obrigatório e a análise pelas partes interessadas.

3) Cumprimento dos indicadores legais para as alternativas locacionais (ALs): sendo um indicativo de que os estudos de ALs têm desempenhado esforços para estar em conformidade com as exigências legais.

4) Estudos elaborados após a Portaria n° MMA 421/2011 apresentaram critérios mais específicos para ALs: foram listados critérios mais relevantes, os quais permitem uma análise mais precisa dos impactos de cada alternativa, facilitam a comparação entre elas, e podem impactar na justificativa para a escolha da alternativa mais adequada. Também se notou alguns critérios bióticos (como a tipologia vegetal e biomas) mais bem detalhados nesse período.

5) Presença de estudos sobre alternativas locacionais que priorizaram evitar impacto: demonstra um comprometimento com a efetividade da AIA, onde alguns estudos, priorizaram evitar impactos antes de minimizá-los ou compensá-los. Por exemplo cita-se a procura por infraestrutura de apoio logístico na região, para a etapa de instalação e operação, evitando o impacto de uma nova construção para apoio logístico.

Os resultados da Matriz *SWOT* mostraram que, apesar de algumas melhorias identificadas como forças, os EIAs continuam apresentando as mesmas deficiências do passado, as quais estão listadas abaixo, sendo as **fraquezas** evidenciadas no desenvolvimento do estudo de alternativas:

1) A nomenclatura do capítulo não traz indicativos de cumprimento da obrigatoriedade legal: até 2011, havia capítulos específicos para ALs, mas após a Portaria n° MMA 421/2011, surgiram termos relacionados às ATs, sem incluir A0 em ambos os períodos. Isso dificulta a objetividade e clareza do capítulo, uma vez que houve estudos de A0 desenvolvidos nos EIAs e não foram apontados na nomenclatura capítulo.

2) A abrangência dos critérios utilizados na seleção de alternativas pode dificultar a identificação precisa do que foi incluído em cada análise, comparação e seleção de alternativas: os critérios biótico, social e físico (Tabela 12) permanecem mais gerais e menos detalhados, dificultando uma análise e comparação mais precisas entre as alternativas (AL e AT). Por exemplo, a supressão vegetal, a unidade de conservação, patrimônios espeleológico e arqueológico, são termos que condicionam subgrupos de análise que ajudam a identificar as alternativas mais viáveis e sustentáveis do ponto de vista crítico, como: a importância ecológica, geológica etc.

3) Alguns dados dos critérios sociais baseiam-se em fontes de consulta desatualizadas para as ALs: apresentaram algumas informações com limitações para o seu entendimento, onde comprometem a validade das análises. Por exemplo, os critérios sociais se limitam a dados georreferenciados apenas de áreas regularizadas, ignorando aqueles que estão em processo de regularização.

4) Presença da A0 como uma alternativa não realista de análise: a necessidade dos projetos foi validada antes do LAF, sendo esta a justificativa para execução do projeto na maioria dos estudos e descritas como parte do conteúdo de A0. Essa justificativa não aproveita todo o potencial da A0. Fernandes *et al*. (2017) destacam a importância da A0 em relação às demais alternativas (AL e AT) para demonstrar a necessidade do projeto e propor alternativas ambientalmente melhores e viáveis.

5) O processo de elaboração das ATs não apresenta transparência metodológica: o que dificulta rastrear e justificar as decisões tomadas para análise, avaliação e seleção de determinadas técnicas e componentes. Entende-se que alguns componentes e técnicas são definidos em etapas anteriores ao LAF, por meio dos relatórios (R1, R2, R3, R4 e R5), os quais poderiam estar delineados com a mesma transparência demonstrada nos estudos de ALs para o traçado.

6) Não realização de estudos de ATs alinhados com a legislação e as boas práticas: o desalinhamento com a legislação compromete a legalidade e a aceitação das alternativas propostas, afetando a viabilidade do projeto. Além disso, a falta de alinhamento com as boas práticas de AIA limita a eficácia do instrumento, impedindo que seu potencial seja plenamente explorado para as opções de ATs.

7) Ausência de participação pública no desenvolvimento do Estudo de Alternativas: a falta de envolvimento da participação pública no processo impede a consideração de diferentes perspectivas e necessidades, reduzindo o potencial de propor alternativas mais adequadas e eficazes.

8) Número insuficiente de alternativas estudadas (AL e AT) para uma comparação adequada: a consideração de apenas uma opção viável ou de alternativas inferiores às possibilidades existentes (opções impraticáveis) limita a qualidade e a abrangência do estudo, resultando em uma análise superficial e mal fundamentada.

9) O estudo de alternativas restringe-se apenas à etapa de instalação da LT: isso indica negligência as demais etapas do LAF, o que limita os esforços de análise dos impactos a serem mitigados (conforme a Resolução Conama n° 001/1986 e a Portaria MMA n° 421/2011). Por exemplo, para a proposição de alternativas para impacto visual das LTs no aspecto social, pode-se considerar como base a integração das estruturas à paisagem, visando minimizar o impacto visual na etapa de operação com técnicas variadas, desde poda seletiva, cruzamento diagonal de estradas e uso de torres mais baixas (Oliveira; Zaú, 1998).

Dependendo de como as ações em resposta às oportunidades e ameaças forem exploradas futuramente, pode-se romper esse ciclo de repetição de baixa qualidade nos EIAs vinculados a fatores externos que impactam diretamente o desenvolvimento dos capítulos de alternativas. Logo, também se identificou as **oportunidades** que podem proporcionar melhorias no desenvolvimento dos estudos, como:

1) Complementação de diretrizes legais (Portaria MMA n° 421/2011) para detalhar a elaboração de alternativas de LTs: o que pode promover maior clareza e conformidade para reprodução das exigências nos EIAs, especialmente no capítulo de alternativas.

2) Parcerias institucionais e organizações não governamentais (ONGs) para fomentar o envolvimento e participação no desenho de alternativas: essa medida visa fortalecer a transparência e a legitimidade dos processos, assegurando que as preocupações e interesses das comunidades afetadas sejam adequadamente considerados. Também poderia evitaria os impactos em comunidades que não estão identificadas ou registradas em determinadas bases georreferenciadas.

3) Divulgação e adoção de exemplos positivos de estudos de alternativas pelo Ibama e desenvolvedores de EIAs, buscando aprimorar os conteúdos dos futuros EIAs: o que pode impactar na qualidade do conteúdo de estudos futuros, estabelecendo padrões elevados de análise, como também modelos para apresentação de alternativas viáveis e adequadas.

4) Alteração do fluxo decisório para implantação de LTs, condicionando sua participação em leilões apenas após a obtenção da LP: surge como uma medida crucial para garantir maior segurança jurídica e ambiental no processo de desenvolvimento de

projetos de LTs. Essa antecipação da LP traria conhecimento prévio em projetos de LT, afetando os prazos do LA (Cardoso Jr, 2014; Romanel, 2017; Demori, 2019) e evitaria as incertezas entre possíveis investidores (Cardoso Jr; Hoffmann, 2019; Ibama, 2022) e conflitos nas etapas seguintes de implantação e operação dos empreendimentos (Ibama, 2022).

5) Interação entre os agentes de planejamento e do LAF na etapa pré-leilão: poderia melhorar a colaboração e o alinhamento dos interesses desde as etapas iniciais do projeto, garantindo uma abordagem integrada para o desenvolvimento de LTs. O que também poderia reverberar na antecipação de orientações prévias para LAF, especialmente para a elaboração dos estudos ambientais.

Por fim, também foram identificadas **ameaças** que podem impactar negativamente o processo de elaboração de estudos de alternativas de LTs, como:

1) Persistência na desintegração ente os entes do planejamento e LAF: pode dificultar o gerenciamento dos projetos. Somente com a emissão da LP é possível obter previsões não quantificadas na etapa anterior de planejamento. Como essa etapa não faz parte do planejamento inicial, ao chegar nela, são adicionados custos ao projeto (Cardoso Jr; Hoffmann, 2019). Em certas situações, isso resulta em mudanças e retrabalho, implicando mais despesas e aumento do tempo de duração do projeto no processo de LAF (Cardoso Jr; Hoffmann, 2019).

2) Resistência de consultores e desenvolvedores de EIA de LTs ao aplicar e interpretar adequadamente a legislação, em relação as ATs e A0: pode resultar em estudos menos conformes com as exigências legais, não explorando o potencial do instrumento de AIA. Embora as leis ajudem a mitigar essa resistência, a implementação de estímulos no setor, como inovações (Sundbo; Gallouj, 1998) e orientações específicas, pode ter um impacto positivo significativo.

3) Falta de capacidade técnica ou recursos insuficientes para realizar uma avaliação adequada das alternativas pelo órgão ambiental licenciador (Ibama): o que pode implicar em decisões subsidiadas por critérios e dados ruins, fragilizando a análise e avaliação pelo Ibama. Isso compromete a rigorosidade e a adequação dos processos de LAF e efetividade da AIA.

4) Definição locacional, tecnológica e de projeto (a escala de desenvolvimento) antes do processo de LAF e AIA: pode restringir e inviabilizar o detalhamento no desenvolvimento da alternativa A0. Isso ocorre porque a necessidade de transmissão de

energia é validada em etapas anteriores ao LAF, somado ao detalhamento técnico, o que justifica e reforça a execução do projeto (Demori, 2019).

Sendo assim, identificou-se nesta pesquisa os pontos positivos e negativos do desenvolvimento de alternativas de LTs dentro dos processos de AIA, identificados e discutidos nos resultados, assim como as oportunidades para melhorias com foco no impacto da qualidade dos estudos de alternativas de EIAs.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicaram que a maioria dos EIAs de LTs, disponíveis no repositório *online* do Ibama entre os anos de 2006 a 2023, não desenvolve adequadamente as Alternativas Tecnológicas (ATs) e a Alternativa Zero (A0), o que pode comprometer a efetividade da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA).

Na categoria AT, nenhum dos estudos atendeu a um conjunto de indicadores específico (legal ou de boas práticas) em sua totalidade, uma vez que poucos foram os estudos em que o estudo de AT foi desenvolvido. Ainda, houve estudos sobre as ATs que apenas listavam os critérios técnicos, sem especificar quais seriam adotados e, em outros casos, nem apresentavam opções de alternativas.

Mesmo que o único indicador avaliado na categoria A0 sendo requisitado nos estudos legalmente (Resolução Conama n° 001/1986 e Portaria MMA n° 421/2011), percebeu-se que poucos foram os estudos que o atendeu adequadamente. Acredita-se que a ausência do desenvolvimento da A0 pode estar associada com a justificativa da necessidade de transmitir energia em etapas anteriores ao LAF, justificando, assim, a execução do projeto da LT sobre o viés técnico e econômico, mas sem nenhum subsídio de uma avaliação de impacto ambiental.

Portanto, para além de uma adequação de boas práticas da AIA, a forma como ambas as alternativas (AT e A0) foram consideradas nos EIAs aponta uma inconformidade legal no atendimento das diretrizes obrigatórias trazidas pela Resolução Conama n° 001/1986 e pela Portaria MMA n° 421/2011.

Em contraste, mas ainda longe de um cenário ideal, para as Alternativas Locacionais (ALs), os EIAs demonstraram maiores esforços de desenvolvimento do estudo, tanto ao incluírem critérios associados as opções de traçado quanto ao cumprimento de indicadores legais e ao atingimento, mesmo que parcial, de indicadores de boas práticas.

Ainda, cabe destacar que, manter a análise de opções visivelmente descartáveis ou inferiores a escolhida faz com que a qualidade dos estudos se iguale ao não desenvolvimento de alternativas, onde estudos aparentemente bem estruturados podem apresentar alternativas impraticáveis, inviáveis, irrelevantes, não razoáveis e não factíveis, o que torna a seleção da alternativa tendenciosa. Isso faz com que a AIA não cumpra seu papel de selecionar melhores alternativas para as propostas de desenvolvimento, neste caso, de linhas de transmissão.

Ainda, foram verificados fatores externos ao LA e à AIA que tem interferência na escolha de alternativas para LT. Nesse contexto, para garantia de que todos os aspectos legais e regulamentares referentes a novos projetos LTs sejam devidamente cumpridos, destaca-se a oportunidade de garantir maior segurança jurídica e ambiental ao alterar o fluxo decisório para implantação de LTs, condicionando sua participação em leilões apenas após a obtenção da LP. Esse cenário possibilita a redução de riscos legais (embargos decorrentes imprevisibilidades ou ações judiciais), já que o projeto teria passado pela avaliação inicial de viabilidade ambiental, garantindo a escolha de melhores alternativas do ponto de vista ambiental. Um marco regulatório robusto também traz influências positivas, uma vez que tanto empreendedores quanto os órgãos públicos envolvidos têm maior clareza e previsibilidade sobre o cumprimento das exigências legais.

Desta forma, a avaliação dos estudos de alternativas apontou a necessidade de aprimoramento da abordagem de estudos de alternativas (zero, locacionais e tecnológicas) apresentados em EIAs de LTs. Inclusive, os indicadores e conteúdos avaliados neste estudo fornecem uma ferramenta prática para consultores e desenvolvedores (quanto ao conteúdo esperado) e analistas do órgão ambiental (quanto ao que deve ser analisado e avaliado).

Logo, esta pesquisa contribui para informar o cenário atual dos estudos de alternativas em EIAs de projetos de LTs, elaborados entre 2006 e 2023, divulgados no repositório Ibama. Como limitação tem-se a avaliação somente dos capítulos de alternativas, destacando-se a necessidade de desenvolvimento de novas pesquisas que abranjam outros elementos, não só dos EIAs, como Termos de Referências e documentos complementares solicitados pelo órgão federal. Outro ponto interessante para se explorar em estudos futuros é o contexto de planejamento e leilões na escolha do traçado das LTs, uma vez que essa análise pode facilitar a integração dos agentes do planejamento e do órgão ambiental e, inclusive, responder se houve ou apontar a necessidade de avaliação de impacto em processos anteriores ao LAF, como a utilização da Avaliação Ambiental Estratégica.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. R.; FIEDLER, N. C.; PÁDUA, C. B. V.; SILVA, G. F. Fatores econômicos relacionados à intervenção na vegetação para a implantação de linhas de transmissão no estado de Rondônia. **Ciência Florestal**, v. 12, p. 153-158, 2002.

ALMEIDA, M. R. R. E.; MONTAÑO, M. A Efetividade dos Sistemas de Avaliação de Impacto Ambiental nos Estados De São Paulo E Minas Gerais1. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, p. 77-104, 2017.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório de Acompanhamento Diferenciado de Empreendimentos de Expansão da Rede Básica.** Ed. jan./mar. 2017.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório de análise de contribuições – RAC**. Consulta Pública nº 008/2023. Leilão nº 2/2023-ANEEL (Leilão de Transmissão). 2023.

ANIFOWOSE, B.; LAWLER, D. M.; VAN DER HORST, D.; CHAPMAN. A systematic quality assessment of Environmental Impact Statements in the oil and gas industry. **Science of the Total Environment**, v. 572, p. 570-585, 2016.

ATTIÉ, S. S.; REGO, E. E. Understanding and Managing Risks in Brazilian Wind Power Projects. **Abeeolica**, 2019. Disponível em: https://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/07/ID-152-1551482318-Considera%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%B5es-Pr%C3%83%C2%A1ticas-Sobre-os-Riscos-Associados-aos-Investimentos-em-Gera%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o-E%C3%83%C2%B3lica-no-Ambiente-Regulat%C3%83%C2%B3rio-Brasileiro.pdf. Acesso em 23 mar. 2024.

AUDOUIN, M. A.; GOVENDER, K. **Strategic environmental assessment: Integrated environmental management**. South Africa: Department of Environmental Affairs and Tourism, 2004.

AUNG, T. S.; SHENGJI, L.; CONDON, S. Evaluation of the environmental impact assessment (EIA) of Chinese EIA in Myanmar: Myitsone Dam, the Lappadaung Copper Mine and the Sino-Myanmar oil and gas pipelines. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 37, n. 1, p. 71-85, 2019.

AVERSA, I. C.; MONTANO, M. A defasagem de conhecimento na prática na Avaliação de Impacto Ambiental em projetos de energia eólica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente,** v. 52, p. 114-141, 2019.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 p.

BADR, E. A.; ZAHRAN, A. A.; CASHMORE, M. Benchmarking performance: Environmental impact statements in Egypt. **Environmental Impact Assessment Review**, v.31, n.3, p.279-285, 2011.

BENSON, J. F. What is the alternative? Impact assessment tools and sustainable planning. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 21, n. 4, p. 261-280, 2003.

BIASOTTO, L. D.; BECKER, F. G.; NÓBREGA, R. A. A.; KINDEL, A. Routing power lines: Towards an environmental and engineering friendly framework for avoiding impacts and conflicts in the planning phase. **Environmental Impact Assessment Review,** v. 95, p. 106797, 2022.

BIASOTTO, L. D.; KINDEL, A. Power lines and impacts on biodiversity: a systematic review. **Environmental Impact Assessment Review,** v. 71, p. 110 - 119, 2018.

BLANC, G. F. C.; SANTOS, J. J. DA S.; FERRONATO, E. C. P.; HACK, R. O. E.; MIRANDA, T. L. G. DE. O paradigma da existência de linhas de transmissão de energia elétrica em unidades de conservação Estaduais no Estado do Paraná. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 11, n. 05, p. 112 - 125, 2017.

BOND, A.; POPE, J.; FUNDINGSLAND, M.; MORRISON-SAUNDERS, A.; RETIEF, F.; HAUPTFLEISCH, M. Explaining the political nature of environmental impact assessment (EIA): A neo-Gramscian perspective. **Journal of cleaner production**, v. 244, p. 118694, 2020.

BRASIL. Lei Complementar nº140 de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 de dezembro de 2011.

BRASIL. Lei n.º 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de julho de 2000.

BRASIL. Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989. Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais

Renováveis e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 de fevereiro de 1989.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus Objetivos e Mecanismos de Formulação e Aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 de setembro de 1981.

BUARQUE, S. C. **Construindo o desenvolvimento local e sustentável**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

CARDOSO JR, R. A. F. **Licenciamento Ambiental de sistemas de transmissão de energia elétrica no Brasil: Estudo de caso do sistema de transmissão do Madeira**. 2014. 191 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

CARDOSO JR, R. A. F.; HOFFMANN, A. S. Licenciamento ambiental para sistemas de transmissão e planejamento do setor elétrico no Brasil. **Política Energética,** v. 132, p. 1155 -1162, 2019.

CARDOSO JR, R. A. F.; HOFFMANN, A. S.; MONTEATH, L.; SALCEDO, V. C.; LAGORE, B. ROCHA, B. B. Environmental licensing of new transmission systems in brazil: framing criteria by environmental agency. **Global Energy Interconnection**, v. 3, n. 5, p. 423-429, 2020.

CAVASSIN, Ricardo S.; FERNANDES, Thelma S. Piazza. Uma abordagem multicritérios para recapacitação de linhas de transmissão. **Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automática**, v. 23, p. 749-765, 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fevereiro de 1986.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n° 237 de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios, listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 de dezembro de 1997.

CORDEIRO, T. O.; REGINATO, V. S. C. Integração e compartilhamento: estudo de caso em linhas de transmissão de energia. **Peer Review**, v. 5, n. 8, p. 106-118, 2023.

COSTA JÚNIOR, J. F.; BEZERRA, D. D. M. C; DOS SANTOS CABRAL, E. L.; MORENO, R. C. P.; PIRES, A. K. S. A Matriz SWOT e suas subdimensões: uma

proposta de inovação conceitual. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e25710212580-e25710212580, 2021.

CURTIS, F.; EPP, H. Role of deductive science in evaluation of alternatives in environmental assessment. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 17, n. 1, p. 3-8, 1999.

DEAT - Department of Environmental Affairs and Tourism. **Criteria for determining alternatives in EIA: integrated environmental management**. South Africa: Department of Environmental Affairs and Tourism. 2004. Disponível em: https://aardlink.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/08/11-alternatives.pdf. Acesso em 23 mar. 2024.

DEMORI, V. A. **Efetividade transativa do sistema de AIA federal de sistemas de transmissão de energia elétrica**. 2019. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Diretrizes para Elaboração dos Relatórios Técnicos Referentes às Novas Instalações da Rede Básica**. Número interno EPE: EPE-DEE-RE-001/2005-R1. 2005. 25p.

FERNANDES, A. H. V.; CASSIANO, M. A.; GUIMARÃES, T. C. S., ALMEIDA, M. R. R. Alternativas locacionais em Avaliação de Impacto Ambiental de rodovias mineiras. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.43, p.73-90, 2017.

FERNÁNDEZ, G. M. R.; BRITO, L. L. A.; FONSECA, A. Does size matter? An evaluation of length and proportion of information in environmental impact statements. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 73, p. 114-121, 2018.

FISCHER, T. B.; ALBERTO, F.; GESA, G., URMILA, J.; FRANCOIS, R.; REECE, A.; ALEXANDRA J-P. Simplification of environmental and other impact assessments – results from an international online survey. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 41, n. 3, p. 181-189, 2023.

FONSECA, A. Weak Participation and Ideological Exemption: The Latest Stage of EIA Simplification in Brazil?. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 41, n. 3, p. 199-204, 2023.

FREIMAN, F. P.; DOS SANTOS, D. R. Planejamento do Traçado de Diretrizes de Linha de Transmissão de Energia Elétrica Baseado em Otimização Multicritério e SIG. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, p. 878-905, 2019.

FREIRE, E. F. **Análise dos aspectos e impactos ambientais e medidas mitigadoras associadas à implantação de linha de transmissão de energia elétrica: estudo de caso**

Mata de Santa Genebra Transmissão S.A. 2019. 97 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

FRONZA, J. G. Lógica fuzzy na avaliação ambiental e alocação otimizada de traçados de linhas de transmissão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, XIX**, 2019, Santos. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos: INPE, 2019. p. 587-590.

FURLANETTO, T. **Estudo de alternativas locacionais para a viabilidade ambiental de empreendimentos: o caso do aeroporto de Ribeirão Preto – SP**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos. 2021.

GENELETTI, D. Integration of impact assessment types improves consideration of alternatives. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 32, n. 1, p. 17-18, 2014.

GLASSON, J.; THERIVEL, R.; CHADWICK A. **Introduction to environmental impact assessment**. London: Routledge, 4 ed. 2012.

GONZALEZ, A.; THERIVEL, R.; PARTIDARIO, M.; FUGGLE, R.; BINGHAM, C.; CROAL, P.; BROEDER, L. D.; KESHKAMAT, S. **Alternatives in strategic environmental assessment of plans and programs**. Fargo, USA: International Association for Impact Assessment, 2014. (Fastips nº 7). 2014. Disponível em: http://www.jsia.net/6_assessment/Fastips_7-SE-Alternatives.pdf. Acesso em 23 mar. 2024.

IAIA – International Association for Impact Assessment; IEA - Institute of Environmental Assessment. **Princípios da Melhor Prática em avaliação do Impacto Ambiental**. Fargo, USA: International Association for Impact Assessment, 2009. Disponível em: https://www.iaia.org/pdf/special-publications/AIA_Principios_v0.pdf. Acesso em 23 mar. 2024.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Portaria MMA/IBAMA 259/09**. Dispõe sobre a obrigatoriedade de incluir, no Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental, capítulo específico sobre as alternativas de tecnologias mais limpas para reduzir os impactos na saúde do trabalhador e no meio ambiente, incluindo poluição térmica, sonora e emissões nocivas ao sistema respiratório. 2009.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Guia de Avaliação de Impacto Ambiental: Relação Causal de Referência de Sistema de

Transmissão de Energia. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2020/ibama-lanca-guia-de-avaliacao-de-impacto-ambiental-para-licenciamento-de-linhas-de-transmissao/20201229Guia_de_Avaliacao_de_Impacto_Ambiental.pdf. Acesso em: 04 dez. 2022

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Informação Técnica nº 24/2022**. Brasília/DF, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2023/ibama-encaminha-proposta-de-melhoria-no-licenciamento-ambiental-federal-de-sistemas-de-transmissao-de-energia-ao-ministerio-de-minas-e-energia-e-a-aneel/SEI_02001.019856_2022_98.pdf. Acesso em 11 de mar. 2023.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Etapas do Licenciamento Ambiental**. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/laf/procedimentos-e-servicos/etapas/etapas-do-licenciamento-ambiental. Acesso em 26 de mar. 2024.

JESUS, J.; BINGHAM, C.; CANTER, L.; PARTIDÁRIO, M.; CASHMORE, M.; CROAL, P.; FUGGLE, R.; KESH KAMAT, S. **Mitigation in Impact Assessment**. Fargo, USA: International Association for Impact Assessment, 2013. (Fastips nº 6). 2013. Disponível em: https://iaia.org/uploads/pdf/Fastips_6Mitigation.pdf. Acesso em 7 abr. 2023.

JESUS, J.; BINGHAM, C.; CROAL, P; FUGGLE, R. **Alternative in Impact EIA**. Fargo, USA: International Association for Impact Assessment, 2015. (Fastips nº 11). 2015. Disponível em: http://www.jsia.net/6_assessment/fastips/FasTips_11%20Alternatives%20in%20Project%20EIA.pdf. Acesso em 23 mar. 2024.

JIRICKA-PÜRRER, A.; BÖSCH, M.; PRÖBSTL-HAIDER, U. Desired but neglected: investigating the consideration of alternatives in Austrian EIA and SEA practice. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3680, 2018.

LANDIM, S. N. T.; SÁNCHEZ, L. E. The contents and scope of environmental impact statements: how do they evolve over time? **Impact Assessment and Project Appraisal**. v. 30, n. 4, p. 217-220. 2012.

LAWRENCE, D. P. **Environmental impact assessment: practical solutions to recurrent problems**. Canada: John Wiley & Sons, 2003.

LEE, N.; COLLEY, R. **Reviewing the Quality of Environmental Statements.** Manchester: EIA Centre, Department of Planning and Landscape, University of Manchester. 1992.

LIMA, R. M.; OSIS, R.; PEREIRA, C. R.; SANTOS, A. H.; JUNIOR, E. L. C.; JUNIOR, L. C. Otimização de traçados de linhas de transmissão utilizando SIG e avaliação multicritério. In: **Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (CITENEL), IX.**. 2013. João Pessoa: n/a. p. 1-10.

MADRIGAL, M.; STOFT, S. **Transmission expansion for renewable energy scale-up**: Emerging lessons and recommendations. Washington: The World Bank. 2012.

MANSUR, R. T. **Modelagem de uma linha de transmissão de 230 kV com trechos aéreo, subterrâneo e subaquático para estudos de desequilíbrio de tensão e perdas elétricas**. 2022. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

MATTOS, N. A. S. **Alternativas locacionais em Estudos de Impacto Ambiental no Estado de São Paulo**. 2019. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2019.

MILARÉ, E.; MILARÉ, L. T. **Estudo de impacto ambiental**. 2020. Disponível em: https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/322/edicao-1/estudo-de-impacto-ambiental#:~:text=O%20Estudo%20de%20Impacto%20Ambiental,poluidores%20ou%20daqueles%20que%2C%20sob. Acesso em 07 mar. 2024.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Portaria MMA 421 de 26 de outubro de 2011**. Dispõe sobre o licenciamento e a regularização ambiental federal de sistemas de transmissão de energia elétrica e dá outras providências. 2011.

MME; EPE - Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Empresa de Pesquisa Energética, Brasília MME/EPE. 2020.

MONTAÑO, M.; RANIERI, V. E. L.; SCHALCH, V.; FONTES, A. T.; CASTRO, M. C. A. A. D.; SOUZA, M. P. D. Integração de critérios técnicos, ambientais e sociais em estudos de alternativas locacionais para implantação de aterro sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, p. 61-70, 2012.

MOUNIR, Z. M. Evaluation of the quality of environmental impact assessment reports using Lee and Colley package in Niger Republic. **Modern Applied Science**, v. 9, n. 1, p. 89, 2015.

MPF – Ministério Público Federal. **Deficiências em Estudos de Impacto Ambiental**: síntese de uma experiência. Brasília, DF: Ministério Público Federal/4ª Câmara de Coordenação e Revisão; Escola Superior do Ministério Público da União, 2004.

MYSZCZUK, A.; SOUZA, A. O setor elétrico brasileiro e alguns conflitos entre as políticas públicas de proteção ao meio ambiente e de desenvolvimento econômico. **Desenvolvimento em questão**, v. 16, n. 43, p. 200-233, 2018.

NETHERLANDS ENVIRONMENTAL ASSESSMENT COMMISSION. **World map of EIA/SEA legislation.** 2023. Disponível em: https://www.eia.nl/en/topics/esia-sea/introduction2. Acesso em 07 abr. 2023.

OLIVEIRA MARINHO, M. M.; AGRA FILHO, S. S.; ORRICO, S. R. M.; SANTOS, F. C. Avaliação de impacto ambiental como instrumento de estímulo à produção limpa: desafios e oportunidades no estado da Bahia. **Revista de Gestão Social e Ambiental-RGSA**, v. 6, n. 3, p. 129-141, 2012.

OLIVEIRA, R. R.; ZAÚ, A. S. Impactos da instalação de linhas de transmissão sobre ecossistemas florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 5, p. 184-191, 1998.

ORIQUE, S. R. **Avaliação da qualidade de estudos de impacto ambiental de linhas de transmissão submetidos ao licenciamento ambiental federal.** 2023. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2023.

PEREIRA, A. L. A. Bo. **Análise crítica dos impactos ambientais ocasionados pela linha de transmissão 500 kV Miracema–Sapeaçu e subestações associadas**. 2014. 112f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PHALAN, B.; HAYES, G.; BROOKS, S.; MARSH, D.; HOWARD, P.; COSTELLOE, B.; VIRA, B.; KOWALSKA. A; WHITAKER, S. Avoiding impacts on biodiversity through strengthening the first stage of the mitigation hierarchy. **Oryx**, v. 52, n. 2, p. 316-324, 2018.

PORTELA, Francisco Carneiro. Faixas de servidão de linhas de transmissão de Energia elétrica e os lucros cessantes na Cajucultura: métodos e valoração da limitação do uso do solo em territórios produtivos. **Revista Espaço e Geografia**, v. 16, n. 1, p. 67-95, 2013.

RAMOS, A. B. **Regularização ambiental de assentamentos rurais interceptados por linhas de transmissão: um estudo de casos múltiplos**. 2018. 112 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

RIBEIRO, A. L. G.; ALMEIDA, M. R. R. Proposta de um Roteiro Geral para Elaboração e Verificação da Qualidade do Estudo de Impacto Ambiental (EIA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 6, p. 2173-2185, 2018.

ROMANEL, C. **O licenciamento ambiental e o planejamento integrado da geração e transmissão de energia elétrica: limitações e desafios para o Brasil**. 2017. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2017.

RUSCH, E; KRULL, A. **Guia de orientação para Licenciamento Ambiental.** 2015. Disponível em: https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Guia_de_Orientacao_para_Licenciamento_Ambiental_2015-1.pdf. Acesso em 17 jul. 2022.

SADLER, B. **Environmental Assessment in a Changing World**: **evaluating practice to improve performance-final report**. Canada: Canadian Environmental Assessment Agency. 1996.

SÁNCHEZ, L. E. Por que não avança a avaliação ambiental estratégica no Brasil?. **Estudos Avançados**, v. 31, p. 167-183, 2017.

SÁNCHEZ, L. E.; **Avaliação de impacto ambiental:** conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 3ª edição. 2020.

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D.; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista brasileira de história & ciências sociais**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2009.

SARDARO, R.; BOZZO, F.; FUCILLI, V. High-voltage overhead transmission lines and farmland value: Evidences from the real estate market in Apulia, southern Italy. **Energy Policy**, v. 119, p. 449-457, 2018.

SIDDIQUI, Z. A.; PARK, U. A drone based transmission line components inspection system with deep learning technique. **Energies**, v. 13, n. 13, p. 3348, 2020.

SILVA, R. N. **Alternativas Locacionais em estudos de impacto ambiental no setor de silvicultura na SUPRAM TMAP**. 2021. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

SOUZA, G. P. Análise SWOT como ferramenta de avaliação pedagógica. In: **Congresso Nacional de Educação – CONEDU,** VII, 2020. Alagoas: Maceió. p. 1-12.

SUNDBO, J.; GALLOUJ, F. **Innovation in services**. SI4S Synthesis Paper (S2). 1998.

STEINEMANN, A. Improving alternatives for environmental impact assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 21, p.3-21, 2001.

SUGAWARA, T. R. S. **Licenciamento Ambiental: Acompanhamento da implantação de linhas de transmissão no estado de São Paulo**. 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.

TARKO, R.; KOCHANOWICZ, K.; NOWAK, W.; SZPYRA, W.; WSZOŁEK, T. Reduction of the Environmental Impact of Electric Field Generated by High Voltage Power Transmission Lines. **Energies**, v.14, n. 19, p.6388, 2021.

TILAKRAM, K. **Environmental Impact Assessments: Have EIA regulation amendments influenced report quality?**. 2018. 88 f. Tese (Master of Sciences) – University of the Witwatersrand, Faculty of Science, School of Environmental Sciences, Johannesburg. 2018.

VERARDO, D.; OLIVEIRA, G.; SILVA, N. Monitoramento de fauna na linha de transmissão 500 kV Colinas – São João Do Piauí. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, 2020.

VERONEZ, F. A. **Efetividade da avaliação de impacto ambiental de projetos no Estado do Espírito Santo**. 2018. 216 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

VILLARROYA, A.; BARROS, A. C.; KIESECKER, J. Policy development for environmental licensing and biodiversity offsets in Latin America. **PLOS One 9.** v. 9, p. 107144, 2014.

WATHERN, P. **Environmental impact assessment: theory and practice**. London & New York: Routledge, 2013.

WOOD, C.; DEJEDDOUR, M. Strategic environmental assessment: EA of policies, plans and programmes. **Impact Assessment**, v. 10, n. 1, p. 3-22, 1992. Disponível em: https://doi.org/10.1080/07349165.1992.9725728. Acesso em 23 mar. 2024.

YANG, T. The Emergence of the Environmental Impact Assessment Duty as a Global Legal Norm and General Principle of Law. **Hastings Law Journal**, v. 70, p. 525-572, 2019.