

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Viviane Pereira Machado

**Inovações tecnológicas no apoio à gestão ambiental de grandes obras de infraestrutura:  
um estudo de caso em uma multinacional do setor elétrico brasileiro**

Florianópolis

2021

Viviane Pereira Machado

**Inovações tecnológicas no apoio à gestão ambiental de grandes obras de infraestrutura:  
um estudo de caso em uma multinacional do setor elétrico brasileiro**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.  
Orientador: Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Machado, Viviane Pereira

Inovações tecnológicas no apoio à gestão ambiental de grandes obras de infraestrutura: um estudo de caso em uma multinacional do setor elétrico brasileiro / Viviane Pereira Machado ; orientador, Rodrigo Mohedano, 2021.

57 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Gestão ambiental. 3. Setor elétrico. 4. Inovação tecnológica. I. Mohedano, Rodrigo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Viviane Pereira Machado

**Inovações tecnológicas no apoio à gestão ambiental de grandes obras de infraestrutura:  
um estudo de caso em uma multinacional do setor elétrico brasileiro**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 13 de maio de 2021.

---

Prof.<sup>a</sup> Maria Elisa Magri, Dra.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Rodrigo de Almeida Mohedano, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Carla Tognato de Oliveira, Msc.  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng.<sup>a</sup> Gabriela Vandri Rabaça  
Avaliadora  
Engie Brasil Energia

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, por me apoiar e incentivar, por serem meu porto seguro com quem eu sei que sempre poderei contar.

Agradeço especialmente à minha irmã por ser essa pessoa de luz, amiga, apoiadora e amorosa, que consegue se fazer tão presente mesmo estando do outro lado do mundo. Você sabe o quão importante foi para mim nesse momento, obrigada por tudo!

Às minhas amigas e amigos pelos momentos vividos, trocas e por tornarem a vida mais leve.

Ao Universo pelas oportunidades e desafios, por me ajudar a me manter resiliente nesse ano tão atípico e desafiador, e pelas pequenas alegrias e conquistas do dia a dia.

Ao meu orientador, prof. Rodrigo Mohedano, por todo apoio na realização deste trabalho e pelos ensinamentos nas disciplinas de Avaliação de Impacto Ambiental e Gestão Ambiental.

Agradeço a oportunidade de realizar essa pesquisa em uma empresa que admiro tanto, com profissionais tão competentes e gentis, com os quais aprendo todos os dias. É realmente uma grande alegria e honra fazer parte deste time. Agradeço particularmente aos meus colegas entrevistados que prontamente aceitaram contribuir para essa pesquisa com todo o seu *know-how*.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina e ao departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental pelas experiências e ensinamentos nesses anos de graduação e pela oferta de ensino público, gratuito e de qualidade.

## RESUMO

O uso de novas tecnologias na gestão socioambiental tem se intensificado nos últimos anos, sendo também uma ferramenta de competitividade para as organizações. O presente estudo investigou o uso de diferentes tecnologias inovadoras no apoio à gestão ambiental de empreendimentos de infraestrutura energética, com o intuito de facilitar a tomada de decisão por parte dos gestores. A metodologia adotada é caracterizada como exploratória e de abordagem qualitativa, tendo como método de levantamento de dados a pesquisa bibliográfica e documental, além de condução de entrevistas com informantes-chave e observação direta para o estudo de caso em uma empresa multinacional atuante no setor. Observa-se que a inovação tecnológica aplicada à gestão ambiental através da adoção ou aperfeiçoamento de tecnologias e processos visa uma maior eficiência, redução de custos, mitigação de riscos, maior controle ambiental e melhor gestão de dados e processos ambientais. Além disso, podem ser utilizadas para facilitar a tomada de decisões por gestores que necessitam de informações centralizadas com mais agilidade, organizadas, precisas, atualizadas e de fácil compreensão. Foi constatado que relativamente poucos são os estudos abordando como as tecnologias inovadoras são efetivamente utilizadas na prática, isto é, a interface de gestão, licenciamento e inovação no setor elétrico não é muito explorada na literatura, o que demonstrou a relevância desse estudo específico. Como resultados, foram identificados principalmente sistemas de gerenciamento de processos de licenciamento ambiental e um *software* específico para gerenciamento de resíduos. O estudo de caso apontou tecnologias de Realidade Virtual, *Business Intelligence* (BI), Sistema de Informação Geográfica (SIG) online em nuvem, uso de drones e um sistema próprio de gerenciamento ambiental (em desenvolvimento), que não se limita a licenças e condicionantes, mas que inclui também gestão de outros programas ambientais, projetos sociais, compensação ambiental, cronogramas, gestão de *stakeholders*, dentre outros. Todas essas ferramentas são inovadoras por terem sido desenvolvidas ou introduzidas nos últimos cinco anos, com maior intensidade de uso nos últimos dois anos. O volume maior de informações no estudo de caso era esperado, uma vez que essa abordagem metodológica propicia análises em profundidade e contextualizadas, entretanto, há uma limitação em sua capacidade de generalização para outras empresas do setor. Em uma avaliação geral das empresas do setor elétrico abrangidas por esse estudo, foram apontadas tendências tecnológicas de automatização de processos com o uso e estruturação de *Big Data*, Inteligência Artificial e *machine learning*, que apontam para o crescimento exponencial da digitalização e avanço tecnológico em diversas áreas e com grande aplicabilidade também na gestão ambiental.

**Palavras-chave:** Gestão ambiental. Setor elétrico. Inovação tecnológica.

## ABSTRACT

The use of new technologies in socio-environmental management has intensified in recent years and is also a competitive tool for organizations. The present study investigated the use of different innovative technologies to support the environmental management of electric utilities, to facilitate the decision by managers. The methodology adopted is characterized as exploratory and qualitative, using as method of data collection the bibliographic and documentary research, in addition to interviews with key informants and direct observation for the case study in a multinational company of the sector. It is observed that technological innovation applied to environmental management through the adoption or improvement of technologies and processes aims at greater efficiency, cost reduction, risk mitigation, greater environmental control and better management of environmental data and processes. In addition, they can be used to facilitate decision making by managers who need centralized information that is quicker, organized, precise, updated, and synthesized. It was found that relatively few studies address how innovative technologies are effectively used in practice, that is, the interface of management, licensing and innovation in the electric sector is not much explored in the literature, which demonstrated the relevance of this specific study. As results, mainly management systems for environmental licensing processes and a specific software for waste management were identified. The case study pointed out Virtual Reality technologies, Business Intelligence (BI), Geographic Information System (GIS) online in the cloud, the use of drones, and an environmental management system (under development), which is not limited to permits and constraints, but also includes management of other environmental programs, social projects, environmental compensation, schedules, and stakeholder management, among others. All these tools are innovative because they were developed or introduced in the last five years, with greater intensity of use in the last two years. The greater volume of information in the case study was expected, since this methodological approach provides in-depth and contextualized analysis, however, there is a limitation in its ability to generalize to other companies in the sector. In a general evaluation of the companies in the electric sector covered by this study, technological trends were pointed out in the automation of processes with the use and structuring of Big Data, Artificial Intelligence, and machine learning, which point to the exponential growth of digitalization and technological advancement in various areas and with great applicability also in environmental management.

**Keywords:** Environmental management. Electric utility. Technological innovation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Segmentos do setor elétrico. ....	16
Figura 2 – Etapas do licenciamento ambiental. ....	19
Figura 3 – Consulta a processos de licenciamento ambiental no IBAMA. ....	20
Figura 4 – Dimensões da gestão ambiental. ....	21
Figura 5 – Interface de gestão ambiental proativa e inovação. ....	23
Figura 6 - Mapa mental da metodologia do TCC. ....	26
Figura 7 – Empreendimentos da empresa objeto do estudo de caso. ....	30
Figura 8 – Sistema de Licenciamento Ambiental SISLIC. ....	34
Figura 9 – Tela inicial do sistema de gestão ambiental no gerenciamento de multiprojetos. ...	40
Figura 10 – Dashboard inicial em um projeto fictício com módulos do Green Control®. ....	41
Figura 11 – WebGIS de projeto em implantação. ....	42
Figura 12 – Exemplo de Dashboard elaborado com Power BI. ....	43
Figura 13 – Câmera 360° para filmagem em campo. ....	44
Figura 14 – Uso de óculos de realidade virtual. ....	45



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tecnologias de apoio à gestão ambiental aplicadas no setor elétrico (artigos científicos).....	31
Quadro 2 - Tecnologias de apoio à gestão ambiental aplicadas no setor elétrico (dados de website).....	32
Quadro 3 – Síntese das principais aplicações das tecnologias investigadas no estudo de caso. .....	37
Quadro 4 – Perfil dos entrevistados.....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ADA	Área Diretamente Afetada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANM	Agência Nacional de Mineração
BI	<i>Business Intelligence</i>
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
FCP	Fundação Cultural Palmares
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
GEE	Gases de Efeito de Estufa
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IA	Inteligência Artificial
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MME	Ministério de Minas e Energia
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PBA	Projeto Básico Ambiental
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental

SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIN	Sistema Interligado Nacional
SGA	Sistema de Gestão Ambiental

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS .....	15
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO .....	16
2.2	LICENCIAMENTO AMBIENTAL .....	17
2.3	GESTÃO AMBIENTAL .....	21
2.4	INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AMBIENTAL .....	23
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
3.1	REVISÃO SISTEMATIZADA DA LITERATURA PARA IDENTIFICAÇÃO DAS INOVAÇÕES DE APOIO À GESTÃO AMBIENTAL APLICADAS NO SETOR ELÉTRICO.....	27
3.2	INVESTIGAÇÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA GESTÃO AMBIENTAL NO ESTUDO DE CASO .....	28
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
4.1	TECNOLOGIAS DE APOIO À GESTÃO AMBIENTAL APLICADAS NO SETOR ELÉTRICO .....	31
4.2	ESTUDO DE CASO NA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA .....	36
<b>4.2.1</b>	<b>Sistema de Gestão Ambiental – Green Control® .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.2</b>	<b>WebGIS e aplicativos integrados da ESRI.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.3</b>	<b><i>Business Intelligence</i> (BI) .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Óculos de Realidade Virtual e filmagem 360° .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Drones .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Outras tecnologias e oportunidades de inovação para o futuro .....</b>	<b>46</b>
4.3	CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	47

<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>
	<b>APÊNDICE A – Perfil dos Entrevistados.....</b>	<b>55</b>
	<b>APÊNDICE B – Roteiro de Entrevista Individual .....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Grandes obras de infraestrutura podem ser divididas em três categorias, sendo elas: infraestrutura social e urbana, como de saneamento e pavimentação, infraestrutura logística, relacionadas, por exemplo, a rodovias, aeroportos e portos, e, por fim, infraestrutura energética, como de geração e transmissão de energia elétrica (BRASIL, 2020).

De acordo com dados do *Climate Analysis Indicators Tool* – CAIT (WRI, 2021), no ano de 2018 as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) foram de 48,94 Gt CO<sub>2e</sub>, das quais 76% foram referentes ao setor energético. Dentro desse setor, a geração de energia elétrica e térmica são os subsetores mais poluentes (15,59 Gt CO<sub>2e</sub>), seguidos pelo consumo de combustíveis em transportes (8,26 Gt CO<sub>2e</sub>) e manufatura/construção (6,16 Gt CO<sub>2e</sub>). Isso demonstra o impacto significativo da geração de energia elétrica global no meio ambiente e, portanto, seu papel fundamental no combate às mudanças climáticas.

Nesse sentido, a Agência Internacional de Energia Renovável, uma das principais organizações intergovernamentais no apoio à transição para um futuro energético mais sustentável, recomenda que os países adotem medidas como redução de consumo de energia, eficiência energética, descarbonização e maior participação de energias renováveis, eletrificação nos diferentes modais de transporte e técnicas de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub> (IRENA, 2019).

A matriz elétrica brasileira possui o perfil de baixas emissões de GEE na comparação com a maioria dos países, especialmente devido à sua grande rede hidrográfica (REDE BRASIL DO PACTO GLOBAL, 2020). No país, as maiores emissões são relacionadas ao setor de agricultura e pecuária (35%), seguido pelo setor energético (31%). Com o crescimento econômico e aumento da demanda energética, o desafio para o Brasil está na ampliação da participação de renováveis e de investimentos em eficiência energética (EPE, 2016). Em caráter excepcional, no ano de 2020, o consumo de eletricidade caiu 1,6% no Brasil, sendo um reflexo da crise devido a pandemia de COVID-19 que atingiu particularmente o consumo de indústrias e comércio, enquanto a demanda residencial aumentou (EPE, 2021).

O Brasil possui infraestrutura industrial e tecnológica em desenvolvimento, com espaço para adoção de novas tecnologias que atendam às exigências de sustentabilidade e minimização de impactos socioambientais. Sendo assim, a inovação orientada para a sustentabilidade e a difusão de novas tecnologias tem papel fundamental no crescimento

econômico, geração de vantagem competitiva, produção mais limpa e aumento de produtividade. Essas práticas contribuem também com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) em destaque aqui o Objetivo 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, que visa a construção de infraestrutura resiliente, promoção de industrialização inclusiva e sustentável e o fomento da inovação (ONU, 2021).

A Empresa de Pesquisa Energética (2018) aponta tendências mundiais para a economia que refletirão no setor elétrico em aspectos tecnológicos e socioambientais e que pressionarão os modelos de negócio atuais. Essa relação também é dada por crescentes preocupações e ações ambientais para minimizar emissões de GEE e uma maior pressão ambiental, restringindo algumas tecnologias e investimentos (EPE, 2018). De acordo com Barbieri (2016), o crescimento da consciência ambiental por amplos setores da sociedade é outro fator indutor da emergência da gestão ambiental.

Os impactos ambientais do setor elétrico são geralmente relacionados à sua fase de operação, entretanto, a fase de implantação dos empreendimentos também pode gerar impactos socioambientais significativos. Dentre impactos positivos, podem ser citados a geração de emprego e realização de projetos sociais nas comunidades. Por outro lado, alguns dos impactos negativos são relacionados a sobrecarga da infraestrutura pública pelo excesso populacional ou necessidade de supressão de vegetação, por exemplo (ENGIE, 2020).

A inovação tecnológica também pode ser aplicada à gestão ambiental de empreendimentos do setor elétrico na adoção ou aperfeiçoamento de tecnologias ou processos que impliquem em maior eficiência, melhor gestão de dados e maior controle ambiental, efetivo ganho de qualidade e/ou produtividade, resultando em maior competitividade no mercado. Segundo Pinsky e Krugliankas (2017), a maturidade da gestão ambiental em uma empresa que possui sistema de gerenciamento ambiental é um fator facilitador daecoinovação.

Dessa forma, destaca-se a relevância de iniciativas inovadoras para uma eficiente gestão ambiental na construção e operação, com controles ambientais que não apenas garantam o atendimento às condicionantes previstas no licenciamento, mas que promovam a sustentabilidade nos projetos. Essas medidas, quando inseridas em planos de comunicação, promovem também um melhor relacionamento com os *stakeholders* locais, como a própria comunidade da Área Diretamente Afetada (ADA), e órgãos regulatórios (ABNT, 2018).

Relativamente poucos são os estudos abordando como as tecnologias inovadoras são efetivamente utilizadas no suporte à gestão ambiental de empreendimentos no setor elétrico e

como as instituições envolvidas se organizam e interagem para conseguir a efetividade dos controles ambientais. Dessa forma a interface entre gestão, licenciamento e inovação no setor elétrico não é muito explorada na literatura, o que demonstra a relevância deste estudo. Portanto, esse trabalho irá explorar a aplicação prática da implementação de inovações tecnológicas no âmbito da gestão ambiental durante a fase de instalação de empreendimentos de geração e transmissão de energia.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Investigar a utilização de tecnologias no apoio à gestão ambiental de empreendimentos do setor elétrico visando facilitar a tomada de decisão por gestores na adoção de inovações tecnológicas.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- i. Identificar as principais inovações tecnológicas passíveis de utilização no gerenciamento ambiental de empreendimentos do setor energético.
- ii. Analisar a potencialidade de aplicação de tecnologias inovadoras no apoio à gestão ambiental em um estudo de caso de uma multinacional do setor elétrico no Brasil.

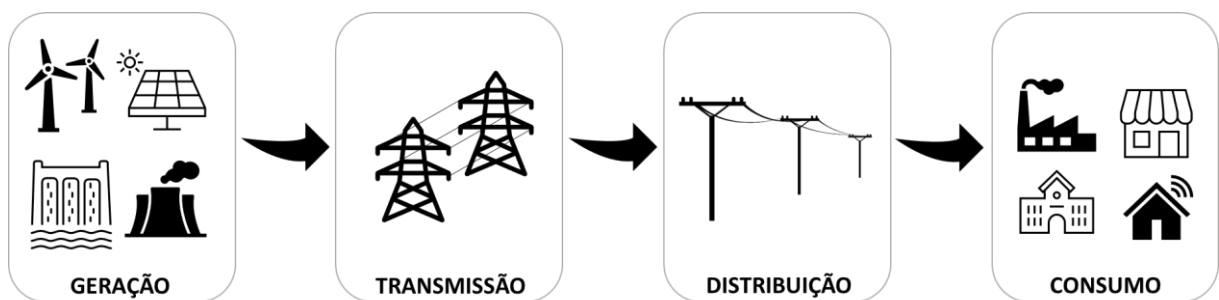


## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

O Decreto nº 10.282/2020, que define os serviços públicos e as atividades essenciais no país, inclui nessa categoria a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (Figura 1). São consideradas nessas atividades as respectivas obras de engenharia e fornecimento de suprimentos para o seu funcionamento e manutenção. Dessa forma, esses são serviços indispensáveis ao atendimento das necessidades da população e que, se não atendidos, colocam em perigo a sobrevivência, a saúde ou a sua segurança.

Figura 1 – Segmentos do setor elétrico.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Conforme apresentado na Figura 1, o fluxo da energia se inicia em sua geração em usinas, como eólicas, fotovoltaicas ou hidrelétricas, em seguida passa por sistemas de transmissão, compostos por linhas de transmissão e subestações que regulam a potência transmitida. A conexão e atendimento ao consumidor final são realizados pelas distribuidoras de energia elétrica (ANEEL, 2018).

Tradicionalmente, as atividades de geração, transmissão, distribuição, operação do sistema e comercialização de energia eram de responsabilidade de um monopólio estatal. As privatizações, iniciadas nos anos 90, trouxeram grandes mudanças ao setor, como a separação entre os diferentes segmentos e uma descentralização no modelo. A partir de então o Estado atuaria na regulação e o setor privado na geração e financiamento do setor (IPEA, 2020).

Desde 2004, ano em que foi instituído o novo modelo do setor elétrico brasileiro, a comercialização de energia elétrica pode ser realizada de duas formas: no Ambiente de

Contratação Regulada (ACR), em que são realizados os leilões de energia pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e possuem consumidores cativos, e no Ambiente de Contratação Livre (ACL), também conhecido por Mercado Livre de Energia, que conta com consumidores livres (CCEE, 2021).

A organização institucional do setor elétrico brasileiro é complexa. Dentre os principais atores do setor estão a ANEEL, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e o Ministério de Minas e Energia (MME). A EPE realiza estudos e pesquisas que subsidiam o planejamento do setor energético no país e o MME atua na implementação de políticas públicas. Por fim, a ANEEL é o órgão regulador e fiscalizador e o ONS realiza a coordenação e operação técnica das instalações de geração e transmissão no SIN.

No ano de 2020, o Brasil possuía uma capacidade instalada de geração de energia de mais de 174 GW, das quais cerca de 80% são provenientes de fontes renováveis, como hidrelétrica, solar, eólica ou biomassa. Em relação à transmissão de energia, o sistema nacional era composto por mais de 157 mil quilômetros de linhas de transmissão (UMBRIA, 2020).

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é o sistema de transmissão que atende quase todo o mercado de energia elétrica no país, sendo que apenas pequenos sistemas são isolados, localizados em sua maioria na região amazônica e que representam 0,5% da energia requerida (ANEEL, 2018).

O ciclo de vida de um empreendimento do setor, a exemplo de um parque eólico, envolve desde o projeto inicial com a análise de viabilidade; a fase de implantação, com a construção e instalação de todos os componentes até a conexão com o SIN; a operação e manutenção do sistema; e, por fim, o descomissionamento e desativação do parque (EPE, 2021). Um dos aspectos essenciais a serem considerados na implantação de grandes empreendimentos de infraestrutura elétrica é o licenciamento e gestão ambiental dos ativos.

## 2.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

De acordo com a Constituição Federal de 1988, em seu Título VIII (Da Ordem Social), Capítulo VI (Do Meio Ambiente), art. 225: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida,

impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Dentre os instrumentos de política pública ambiental, o licenciamento se enquadra como um instrumento de comando e controle (BARBIERI, 2016). A Resolução CONAMA nº 237/97, define como licenciamento ambiental um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental 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. Os empreendimentos sujeitos a licenciamento ambiental são previstos no Anexo 1 da Resolução CONAMA citada, sendo o setor elétrico incluído na modalidade “Serviços de Utilidade”.

O licenciamento é também um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), a Lei nº 6.938/81, que em seu art. 10 define que atividades utilizadoras de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidoras ou capazes de sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental. A PNMA traz também o princípio do poluidor pagador, que exige que o agente poluidor indenize ou repare os danos causados ao meio ambiente e a terceiros afetados por sua atividade.

Em relação ao órgão executor dos processos, compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) o licenciamento Federal para empreendimentos com significativo impacto ambiental, enquanto nos demais casos ocorre a atuação de órgão ambiental estadual ou ainda municipal.

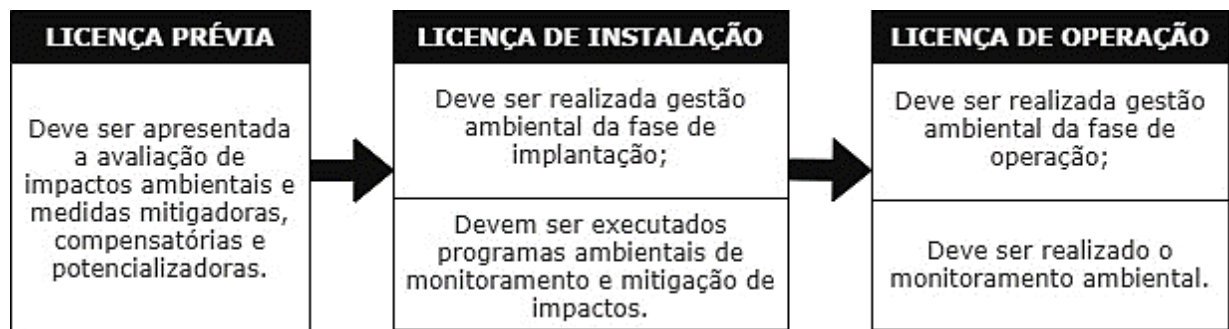
As etapas do licenciamento e nomenclaturas adotadas variam de acordo com o órgão ambiental licenciador e o grau de impacto da atividade, sendo as principais licenças concedidas (BRASIL, 1997):

- i. **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;
- ii. **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;

- iii. **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.

Dentre as atividades ambientais a serem desenvolvidas pelo empreendedor em cada uma dessas fases destaca-se (Figura 2):

Figura 2 – Etapas do licenciamento ambiental.

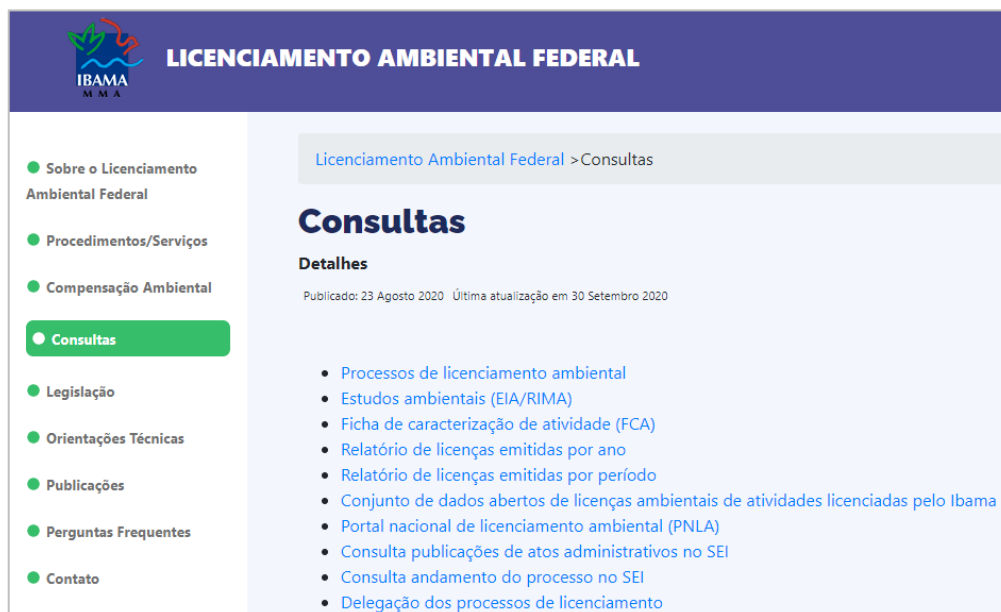


Fonte: Adaptado de HINNIG (2019).

Portanto, o licenciamento é uma exigência legal, regulada pelo poder público, e ferramenta para proteger o meio ambiente e combater a poluição através do controle ambiental. A viabilidade de um empreendimento depende, dentre outras coisas, da avaliação de estudos ambientais solicitados pelos órgãos, como Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), Relatório Ambiental Simplificado (RAS) e Projeto Básico Ambiental (PBA). Além disso, o órgão competente define condicionantes a serem cumpridas para a validade da licença, como a definição de programas ambientais a serem adotados na fase de implantação.

A transparência e acesso à informação de licenciamentos ambientais deve atender a Lei Federal nº 12.527/2011 e outras legislações federais e estaduais, quando aplicável (IAT, 2021), e os dados são disponibilizados nos websites dos órgãos ambientais (Figura 3).

Figura 3 – Consulta a processos de licenciamento ambiental no IBAMA.



Fonte: IBAMA (2020).

No processo de requerimento de LI, o empreendedor apresenta o PBA com os programas ambientais previstos, que inclui as medidas ambientais, critérios e diretrizes para evitar, reduzir, recuperar e compensar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos identificados nos estudos ambientais (IBAMA, 2021). O cumprimento desses programas é mandatório, inclusive sendo definido como condicionante ambiental. Alguns dos programas e subprogramas ambientais que podem ser incluídos são: Programa de Gestão Ambiental (PGA), Programa Ambiental para a Construção, Programa de Controle e Monitoramento de Efluentes, Programa de Controle e Monitoramento de Processos Erosivos, Programa de Recuperação de Áreas Degradadas, Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Programa de Saúde e Segurança, Programa de Reposição Florestal, Programa de Comunicação Social, dentre outros.

A gestão ambiental na implantação de projetos é um termo abrangente, pois considera desde o gerenciamento ambiental do projeto, com a gestão de licenças, condicionantes, *stakeholders*, as interfaces do PGA, até as especificidades de cada programa ambiental definido pelo PBA.

A construção de um empreendimento só pode ser iniciada com a obtenção de LI e vistorias pelos órgãos ambientais podem ocorrer durante a construção e para obtenção de LO. Com a entrada em operação do empreendimento, as estratégias gerenciais adotadas nas fases

anteriores não devem ser interrompidas, além de serem incorporadas também as novas condicionantes ambientais vinculadas à LO (HACON, 2005).

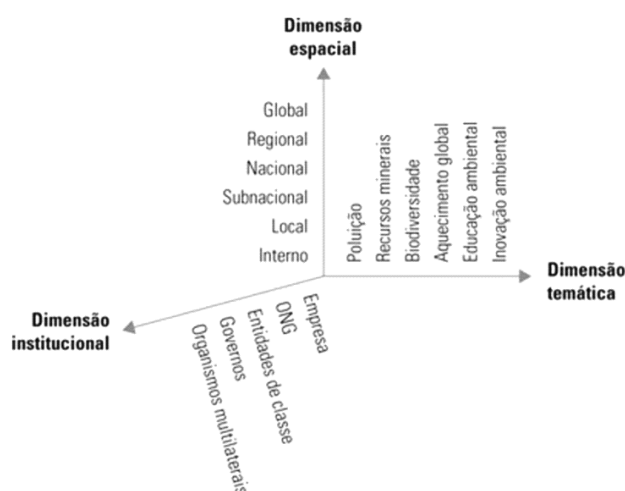
Além dos órgãos ambientais citados, especialmente para empreendimentos de maior impacto, cumpre obter anuência de órgãos intervenientes como Fundação Nacional do Índio (FUNAI), Fundação Cultural Palmares (FCP), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Agência Nacional de Mineração (ANM), dentre outros (HINNIG, 2019).

### 2.3 GESTÃO AMBIENTAL

Segundo Barbieri (2016), gestão ambiental compreende as diretrizes e as atividades realizadas por uma organização para alcançar efeitos positivos sobre o meio ambiente, ou seja, para reduzir, eliminar ou compensar os problemas ambientais decorrentes da sua atuação e evitar que outros ocorram no futuro. Ainda, destaca que onde se lê gestão ambiental, entenda-se gestão socioambiental, integrando o social, as relações do entorno e socioeconomia, ao meio físico e biótico.

As dimensões para a gestão ambiental (Figura 4) podem ser espacial, temática ou institucional, além de uma quarta dimensão que seria filosófica, relacionada às características pessoais do gestor e sua visão de mundo frente as questões ambientais (BARBIERI, 2016).

Figura 4 – Dimensões da gestão ambiental.



Fonte: Barbieri (2016).

A gestão ambiental da implantação de um empreendimento privado, pode ter, por exemplo, dimensão espacial local, dimensão institucional a própria empresa privada, sendo ela o agente responsável pelas iniciativas de gestão, e dimensão temática as diferentes questões ambientais relacionadas, incluindo a inovação ambiental. Nesse cenário a gestão ambiental envolve a implantação de programas ambientais, supervisão de campo, que inspeciona o cumprimento de atividades ambientais nas obras, gestão de licenciamento e condicionantes ambientais, emissão de relatórios, dentre outros.

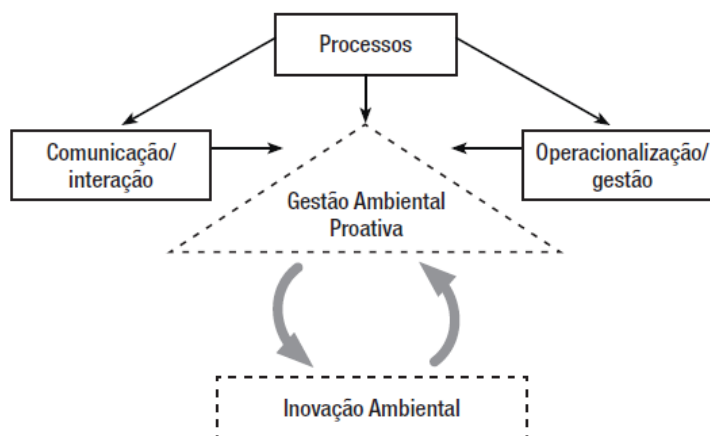
A gestão ambiental é também uma ferramenta de competitividade para as organizações e nesse sentido, emerge uma demanda pela construção de procedimentos sistemáticos, a fim de gerenciar e controlar as ações sobre o meio ambiente (DAL FORNO, 2017). Um desses procedimentos é o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que é parte do sistema de gestão usado para gerenciar aspectos ambientais, atender requisitos legais e outros requisitos, e abordar riscos e oportunidades (ABNT, 2018). Dessa forma, O SGA atua como uma ferramenta para identificar os impactos ambientais e estabelecer práticas e procedimentos para monitorá-los e mitigá-los de maneira a buscar a melhoria contínua do desempenho (DAL FORNO, 2017).

De acordo com a NBR ISO 14004:2018, dentre os potenciais benefícios de um SGA estão a proteção ao meio ambiente, incluindo prevenção ou redução de impactos adversos, melhora nas relações com *stakeholders*, promoção de conscientização ambiental entre os envolvidos e maior facilidade na obtenção de permissões e autorizações, atendendo seus requisitos e condicionantes. Outra norma de grande relevância na série ABNT NBR ISO 14400 é a ISO 14001:2015 que aponta como base de um sistema de gestão ambiental o Ciclo PDCA: *Plan-Do-Check-Act*, ou ainda, Planejar-Fazer-Checar-Agir (ABNT, 2015). Esse ciclo busca a melhoria contínua nas atividades e inclui a importância da aplicação de lições aprendidas nos projetos.

Os estágios da gestão ambiental de uma organização podem ser classificados em três níveis crescentes de engajamento: 1 - controle da poluição, 2 - prevenção, 3 - proatividade. No primeiro estágio a organização limita-se a exercer funções obrigatórias e cumprir com a legislação vigente. No segundo, o engajamento é um pouco maior, porém a questão ambiental ainda não é estratégica e a empresa não inter-relaciona atividades internas e externas em prol da redução dos impactos ambientais. Por fim, no estágio proativo há integração de controle ambiental na gestão administrativa de forma estratégica, com o máximo de comprometimento

com o meio ambiente, muitas vezes adotando inovações ambientais, conforme esquema apresentado na Figura 5 (ANGELO; JABBOUR; GALINA, 2011).

Figura 5 – Interface de gestão ambiental proativa e inovação.



Fonte: Angelo, Jabbour e Galina (2011).

Para Rohrich e Cunha (2002), as organizações caracterizadas por uma gestão ambiental proativa consideram a questão ambiental como fator estratégico, preocupam-se com a comunidade, com a formalização das questões ambientais, possuem orçamentos específicos para a gestão ambiental, fazem exigências ambientais a seus fornecedores e aplicam métodos para monitoramento da poluição, bem como cumprem as legislações ambientais do setor.

A gestão de informação é uma temática de relevância na gestão ambiental, uma vez que as empresas necessitam a todo momento tomar decisões em relações às questões ambientais que envolvem um grande número de informações e pessoas. Há, portanto, uma necessidade de mais informações, mais organizadas, compreensivas, precisas e atuais (DIONYSIO e SANTOS, 2007), fatores que impulsionam a inovação tecnológica ambiental.

## 2.4 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA AMBIENTAL

As melhores práticas empresariais são impulsionadas pela educação ambiental e pelo desenvolvimento científico e tecnológico, que possibilita o surgimento de inovações (BARBIERI, 2016). Ferramentas e tecnologias são usadas para apoiar a análise de dados oriundos das atividades de gestão ambiental e execução dos programas ambientais nas obras.



Devido à complexidade e volume de dados, a relevância na utilização dessas ferramentas se mostra ainda mais evidente, uma vez que promovem mais segurança ambiental e jurídica, ganho de produtividade, mitigação de riscos e eficiência nos controles ambientais.

De acordo com a Lei do Bem, regulamentada pelo Decreto nº 5.798/06 e que tem como principal objetivo incentivar as empresas na busca da inovação tecnológica, o conceito de inovação tecnológica é a concepção de novo produto ou processo de fabricação, bem como a agregação de novas funcionalidades ou características ao produto ou processo que implique melhorias incrementais e efetivo ganho de qualidade ou produtividade, resultando maior competitividade no mercado (BRASIL, 2006). O Manual de Oslo (OECD, 2005) apresenta a diferenciação de inovação em de produto, de processo, de marketing e organizacional em que:

- i. **Inovação de produto:** é a introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características ou usos previstos. Incluem-se melhoramentos significativos em especificações técnicas, componentes e materiais, *softwares* incorporados, facilidade de uso ou outras características funcionais;
- ii. **Inovação de Processo:** é a implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Incluem-se mudanças significativas em técnicas, equipamentos e/ou *softwares*;
- iii. **Inovação de marketing:** é a implementação de um novo método de marketing com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços;
- iv. **Inovação organizacional:** é a implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local de trabalho ou em suas relações externas.

Destaca-se ainda o termo Inovação Ambiental, citado por Barbieri (2016), Sobreira (2015) e Angelo, Jabbour e Galina (2011), definido como:

Implementações organizacionais de produtos, processos e mercado, com diferentes graus de novidade, podendo ser apenas melhoria incremental, que intensifica o desempenho de algo já existente ou radical, que promove algo completamente inédito, cujo principal objetivo é reduzir os impactos ambientais da empresa. Em adição, a inovação ambiental possuiu relacionamento bilateral, com a proatividade da gestão ambiental organizacional (ANGELO; JABBOUR; GALINA, 2011).

O cenário mundial atual é caracterizado pelo constante avanço tecnológico voltado ao aprimoramento de processos produtivos, em diferentes tipos e escalas (DAL FORNO, 2017). Sendo assim, a inovação orientada para a sustentabilidade e a difusão de novas tecnologias tem papel fundamental no crescimento econômico, redução de impacto ambiental, geração de

vantagem competitiva, redução de custos, produção mais limpa e aumento de produtividade. Além desses benefícios, as estratégias em inovação possibilitam que as empresas se beneficiem de leis de incentivo fiscal, como a Lei do Bem (lei 11.196/05). Os subsídios e financiamentos podem cumprir um papel importante para promover a difusão das melhores tecnologias (BARBIERI, 2016).

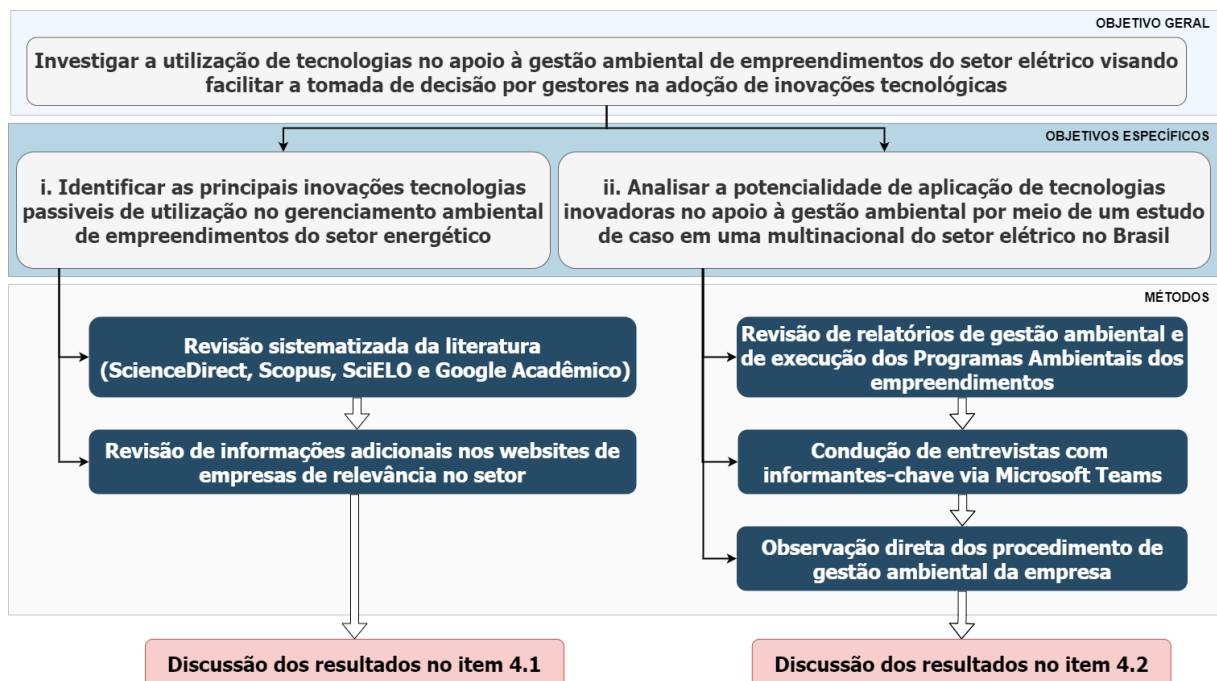
Cano (2019) apresenta como fatores determinantes da inovação ambiental os incentivos à inovação, que incluem benefícios econômicos, a habilidade de assimilar e combinar o conhecimento de diferentes fontes, a capacidade de gerenciar o processo de inovação e a institucionalização da liderança.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para atingir os objetivos deste trabalho é caracterizada como exploratória e tem abordagem qualitativa. A investigação da utilização de tecnologias no apoio à gestão ambiental de empreendimentos do setor elétrico (Objetivo 1 deste trabalho) foi realizada por meio de revisão sistematizada da literatura. Uma empresa privada multinacional do setor elétrico no Brasil foi utilizada como estudo de caso para identificar fatores estruturais e de processo que levaram ao uso de tecnologias no apoio à gestão ambiental (Objetivo 2 deste trabalho). A abordagem metodológica pelo estudo de caso é propícia para análises de implantação (neste caso de novas tecnologias) em profundidade e contextualizadas (YIN, 2010). No entanto, sua capacidade de generalização é uma potencial limitação que não pode ser desconsiderada. Para este segundo estudo, obteve-se acesso a relatórios de gestão ambiental da empresa, foram conduzidas entrevistas com informantes-chave e as informações foram complementadas por meio de observação direta dos procedimentos de gestão ambiental na implantação de projetos desta empresa privada multinacional.

Na Figura 6 estão apresentadas as etapas de desenvolvimento do trabalho.

Figura 6 - Mapa mental da metodologia do TCC.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

### 3.1 REVISÃO SISTEMATIZADA DA LITERATURA PARA IDENTIFICAÇÃO DAS INOVAÇÕES DE APOIO À GESTÃO AMBIENTAL APLICADAS NO SETOR ELÉTRICO

A investigação da utilização de tecnologias no apoio à gestão ambiental de grandes obras de infraestrutura do setor elétrico foi realizada por meio de revisão sistematizada da literatura e foi conduzida para responder a seguinte pergunta de pesquisa: “Quais são e como são utilizadas tecnologias inovadoras no apoio à gestão ambiental no setor elétrico mundial?”. Utilizaram-se os termos de busca em português "gestão ambiental", "setor elétrico", “instalação”, “inovação tecnológica” e correspondentemente em inglês “*Environmental management*”, “*electric utility*”, “*installation*” e “*technological innovation*”, nas bases de dados eletrônicas ScieLO (*Scientific Electronic Library Online*), Scopus, *Science Direct* e Google Acadêmico.

Foram incluídos artigos científicos, monografias, dissertações, teses e relatórios de mercado publicados entre 2011-2021 (período recente para definição de “inovações tecnológicas”), disponíveis em língua portuguesa ou inglesa, e que tivessem qualquer menção ao uso de tecnologias de apoio à gestão ambiental. As referências e citações dos documentos incluídos foram analisados para identificação de documentos adicionais. Ainda, foram incluídas informações de websites de empresas do setor elétrico integrantes da Carteira 2021 do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da B3. São elas: AES Tiete, Cemig, Copel, CPFL, EDP, Eletrobras, ENGIE, Light e Neoenergia (B3, 2020).

A revisão sistematizada da literatura identificou 258 trabalhos em língua portuguesa no Google Acadêmico, enquanto em língua inglesa foram 121 no Google Acadêmico e 12 no ScienceDirect. As bases ScieLO e Scopus não possuíam estudos com a utilização das palavras-chave definidas. Dentre todos esses estudos, considerando as restrições metodológicas definidas, como publicação entre 2011 e 2021 e menção a qualquer ferramenta de inovação tecnológica na gestão ambiental do setor, apenas 3 documentos atendiam a todos os critérios de seleção.

Os seguintes dados foram compilados em uma planilha Excel: autor e ano de publicação, título do documento, tipo de documento (artigos científicos, monografias, dissertações, teses, relatórios de mercado, informações de websites), tecnologias referidas e sua aplicação no caso específico.

### 3.2 INVESTIGAÇÃO DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PARA GESTÃO AMBIENTAL NO ESTUDO DE CASO

Uma empresa privada multinacional do setor elétrico atuante no Brasil foi utilizada como estudo de caso para identificar fatores estruturais e de processo que levaram ao uso de tecnologias no apoio à gestão ambiental. Dois critérios foram fundamentais para a seleção intencional desta empresa: i) é uma das maiores empresas mundiais de atuação no setor elétrico, com grandes investimentos em inovação tecnológica; ii) autora do TCC faz parte da equipe de meio ambiente da empresa, o que facilitou o acesso a documentos, pessoal e observação direta.

No estudo de caso em empresa privada do setor elétrico, a investigação da utilização de tecnologias inovadoras no apoio à gestão ambiental se restringiu à fase de instalação dos empreendimentos e ao escopo de gerenciamento de licenciamento ambiental, Programa de Gestão Ambiental (PGA) e sua supervisão de campo. Esta definição é importante para que o estudo de caso seja suficientemente específico e bem delimitado.

A condução deste estudo de caso se deu em duas etapas. A primeira etapa correspondeu à busca documental a partir de relatórios de acompanhamento de programas ambientais, Relatório Consolidado de Programas Ambientais (RCPAs), fichas de inscrição em premiações de inovação do grupo, Projeto Básico Ambiental (PBAs), Relatório de Detalhamento de Programas Ambientais (RDPAs) e no website institucional. As informações apresentadas nestes relatórios são dados públicos enviados a órgãos ambientais e/ou dados privados disponibilizados no *sharepoint* da empresa para colaboradores. Limitou-se a busca para o período de março/2019 a março/2021, dado que o uso de inovações tecnológicas em gestão ambiental tem ocorrido mais intensamente nos últimos dois anos na empresa e que o projeto mais antigo em implantação teve as obras civis iniciadas em março/2019. Foram analisados 52 relatórios dos diferentes empreendimentos em implantação e os seguintes dados foram compilados em uma planilha Excel: identificação do empreendimento, tipo de documento, mês e ano de publicação, tecnologias usadas e sua aplicação no caso específico. O conteúdo completo dos relatórios foi ocultado por questões de direito privado.

A segunda etapa deste estudo de caso incluiu entrevistas com informantes-chave e observação direta dos procedimentos. As informações levantadas nos relatórios foram validadas e fatores estruturais e de processo que levaram ao uso de tecnologias no apoio à gestão ambiental foram investigados por entrevistas com 10 colaboradores, especialistas e consultores

ambientais dos projetos. A definição do tamanho da amostra e seleção dos entrevistados se deu em conjunto com uma profissional altamente capacitada na área na empresa. O principal objetivo foi garantir a heterogeneidade da amostra a partir da inclusão de profissionais com diferentes experiências e conhecimentos (Malterud *et al.*, 2015). Por exemplo, a experiência desses profissionais na área de gestão ambiental do setor elétrico varia de 2 a 22 anos e isso se reflete também na percepção individual do que é inovação e das mudanças nos processos que ocorreram no decorrer dos anos. O perfil completo dos entrevistados está apresentado no APÊNDICE A – Perfil dos Entrevistados.

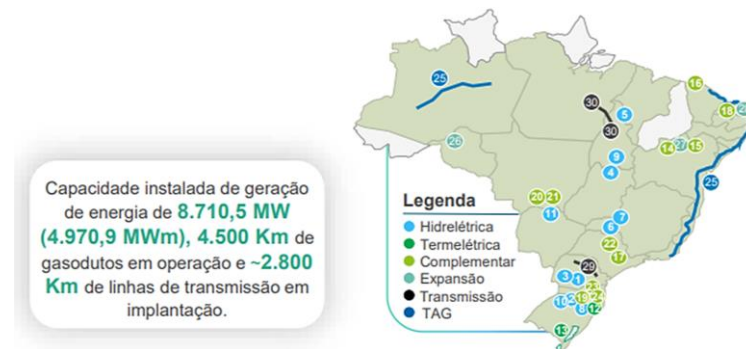
O roteiro de entrevistas está apresentado no APÊNDICE B – Roteiro de Entrevista Individual). Brevemente, os entrevistados foram questionados sobre a evolução do uso das ferramentas de inovação tecnológica na gestão ambiental dos projetos da empresa, sobre processos decisórios para adoção de novas tecnologias, suas aplicações (incluindo vantagens e desvantagens) e visão sobre o futuro do uso dessas tecnologias na gestão ambiental.

As informações coletadas por meio dos relatórios da empresa e entrevistas foram complementadas por observação direta dos procedimentos de gestão ambiental na implantação de projetos desta empresa privada multinacional.

### 3.2.1 Caracterização da empresa objeto do estudo de caso

O grupo franco-belga está presente em mais de 70 países e no Brasil é a maior produtora privada de energia elétrica, tendo no portfólio usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas e fotovoltaicas, transmissão e comercialização de energia, soluções de baixo carbono para indústrias e cidades, além de atuar no transporte de gás natural (ENGIE, 2021). A Figura 7 apresenta a espacialização das atividades da empresa no país.

Figura 7 – Empreendimentos da empresa objeto do estudo de caso.



Fonte: ENGIE (2021).

Até o presente momento, esta empresa possuía quatro grandes empreendimentos em fase de instalação, sendo esses: dois sistemas de transmissão de energia e dois parques eólicos.

Para possibilitar uma maior compreensão da dimensão desses projetos, traz-se aqui alguns dados gerais: essas grandes obras se estendem por diversos municípios, como é o caso do Sistema de Transmissão nº29 no mapa, que possui cerca de 1.000 km de linhas de transmissão e passa por 27 municípios; Este também é o cenário do Sistema de Transmissão nº30 nos quais os 1.800 km de linhas nos estados do Pará e Tocantins contavam com cerca de 6.000 profissionais mobilizados na sua construção no início do ano de 2021; Ainda, os Conjuntos Eólicos (nº 27 e 28), que atenderão demandas do Mercado Livre de Energia, têm somados investimentos na ordem de R\$3,8 bilhões e uma capacidade instalada de cerca de 800 MW (ENGIE, 2021).

Essas obras, localizadas de norte a sul do país, além de contar com equipes de campo, possuem um gerenciamento remoto na Sede da empresa, em Florianópolis. O gerenciamento de multiprojetos e a dimensão destes intensifica a busca por otimização de procedimentos pelas equipes de meio ambiente na fase de implantação, desde o planejamento e licenciamento ambiental até a gestão de programas ambientais, interlocução com órgãos intervenientes, gerenciamento de *stakeholders*, dentre outros.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 TECNOLOGIAS DE APOIO À GESTÃO AMBIENTAL APLICADAS NO SETOR ELÉTRICO

As tecnologias identificadas estão apresentadas nos Quadro 1 e Quadro 2 e são detalhadas em sequência.

Conforme apontado por Tamayo-Orbegozo, Vicente-Molina e Villarreal-Larrinaga (2017), há uma lacuna na literatura referente a análises aprofundadas das dinâmicas deecoinovação numa perspectiva de gestão e estratégia, o que foi observado também neste estudo em relação a tecnologias de inovação na gestão ambiental. O estudo de Furtado et al. (2019), sobre sustentabilidade e inovação no setor elétrico brasileiro, conclui que há poucas informações disponibilizadas nos relatórios de sustentabilidade sobre as mudanças provocadas pelas inovações tecnológicas e operacionais.

Quadro 1 – Tecnologias de apoio à gestão ambiental aplicadas no setor elétrico (artigos científicos).

Detalhes da fonte de informação		Resultados	
Autor e ano de publicação	Título do documento	Tecnologias	Aplicação
Santana et al, 2015	SISLIC: Um método para gerenciamento do processo de licenciamento ambiental	Sistema SISLIC	- <i>Software</i> de gerenciamento de licenciamento ambiental, compensação ambiental e processos administrativos
Baptista et al, 2017	Gestão Ambiental Apoiada por Sistemas de Informação		
Souza et al., 2011	Soluções Sustentáveis e Práticas Socioambientais no Gerenciamento de Resíduos da Light S.A.	<i>Software</i> de monitoramento de resíduos	- Controle sistêmico de todo o ciclo de geração, armazenamento, transporte e destinação final de todos os tipos de resíduos

Fonte: Elaborado pela autora (2021).



Quadro 2 - Tecnologias de apoio à gestão ambiental aplicadas no setor elétrico (dados de website).

Detalhes da fonte de informação	Resultados	
Nome da empresa	Tecnologias	Aplicação
Eletrobras	Sistema de Acompanhamento do Licenciamento Ambiental (SAL)	- Gestão de licenças e condicionantes dos empreendimentos de geração de energia
CPFL <sup>1</sup>	Cybersegurança	- Sistemas, algoritmos e tecnologias com foco no aumento da segurança digital da informação da rede
	Big Data/Databases	-Tecnologias de informação para captura, armazenamento e análise de dados
	Levantamento e monitoramento dos ativos por robôs e sistemas	- Tecnologias para captura, análise e transmissão de dados sobre equipamentos e ativos por meio de robôs
	Vestíveis e dispositivos de auxílio ao trabalhador e digitalização da infraestrutura	- Tecnologias para auxílio e suporte operacional dos trabalhadores em campo
EDP <sup>1</sup>	Inovação em Cibersegurança	- Empresa busca por tendências em plataformas e boas práticas em cybersegurança, compreendendo sua importância frente a digitalização global
	Inteligência artificial (IA), <i>machine learning</i> , <i>Big Data</i> , <i>cloud computing</i>	<p>- Investimentos em IA em produtos, serviços e processos para aumentar e alcançar vantagem competitiva por simplificar processos, fornecer informações com maior agilidade no apoio à tomada de decisão. Objetivo de ter maior volume de dados e ter a capacidade de processá-los com maior agilidade</p> <p>- IA na automatização de análises e com aplicações diversas no Grupo como no monitoramento de distância de segurança entre linhas de transmissão e árvores</p> <p>- IA não mais apenas em projetos de P&amp;D, mas já em fase de implantação em projetos</p> <p>- Big Data na arquitetura de dados e sistemas capazes de lidar com seu armazenamento e processamento</p>

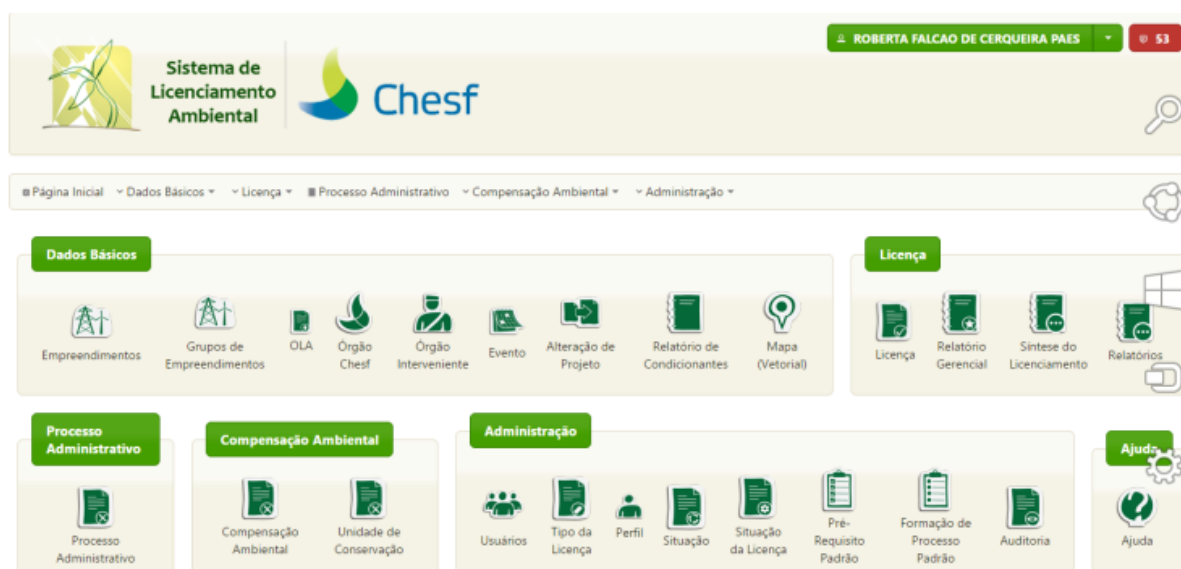
Detalhes da fonte de informação	Resultados	
Nome da empresa	Tecnologias	Aplicação
		- Disponibilidade crescente de poder computacional que tem permitido a evolução de sistemas cada vez mais complexos
	<i>Blockchain, Robotic Process Automation, Chatbots, High Performance e Quantum Computing</i>	- Outras tecnologias digitais emergentes sendo testadas pela empresa na aplicação de negócios de energia
	<i>Wearables: Realidade Aumentada</i>	- Projeto piloto realizado em Portugal com o uso de óculos de Realidade Aumentada na operação e manutenção de Centrais de geração de energia - Possibilidade de os usuários tirarem fotos e vídeos para compartilhamento posterior ou utilização em relatórios, permite ainda o desenvolvimento de modelos 3D para utilização em treinamentos e análise de funcionamento dos ativos
Iberdrola <sup>1</sup>	Hiperautomatização (Robotic Process Automation, IA, machine learning)	- Tendência em robótica na automatização ao máximo de processos para torná-los mais precisos, eficazes e até dez vezes mais rápidos
	Realidade virtual (VR), realidade aumentada (AR) e realidade mista (MR)	- Tendência tecnológica de aplicações que transformam a experiência dos usuários e as interações com o mundo digital
	Business Intelligence	- Ferramentas que permitam acesso e análise de informações que apoiem a tomada de decisões nas empresas
AES Tiete; Cemig; Copel; Light; Neoenergia	- As empresas possuem seção de inovação em seus websites e mencionam projetos de P&D, entretanto, não há menção a ferramentas aplicadas ou aplicáveis à gestão ambiental dos empreendimentos	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

<sup>1</sup> As tecnologias identificadas para essas empresas compreendem tendências tecnológicas de investimentos futuros, não sendo possível identificar se houve algum nível de implementação para a gestão ambiental dos empreendimentos.

Visando uma melhor efetividade na execução e acompanhamento de processos ambientais da Companhia Hidrelétrica de São Francisco – CHESF, foi desenvolvido um Sistema de Gestão de Licenciamento Ambiental, o *software* SISLIC (Figura 8), no âmbito de um Projeto de P&D da ANEEL (BAPTISTA et al., 2017). Devido a quantidade de empreendimentos que podem estar sob a responsabilidade de um empreendedor e a complexibilidade desse gerenciamento, se torna ainda mais importante uma maior eficiência no acompanhamento de atendimento de demandas ambientais (SANTANA et al., 2015).

Figura 8 – Sistema de Licenciamento Ambiental SISLIC.



Fonte: Baptista, Paes e Duarte (2017).

Esse sistema promove o gerenciamento centralizado do licenciamento ambiental de empreendimentos da empresa, agregando funcionalidades de gestão ambiental, gestão de processos administrativos, controle documental para auditorias e de licenças e condicionantes ambientais. A emissão de relatórios também é um procedimento necessário na gestão dessas informações, por isso, o sistema conta com a opção de extração de alguns tipos de relatórios (SANTANA et al., 2015). Segundo Baptista et al. (2017), o uso da ferramenta melhora a gestão ambiental e os relacionamentos com órgãos ambientais estaduais e nacionais. A empresa investiu também no desenvolvimento do sistema SISDoc de gestão de documentos multimídia relacionados aos processos (BAPTISTA et al, 2017).

Em um *case* específico da gestão de resíduos, uma concessionária de energia elétrica atuante no Rio de Janeiro, desenvolveu um *software* para controle e monitoramento dos resíduos que atendesse a legislação vigente e ao Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) da empresa. O desenvolvimento da ferramenta iniciou-se a partir da necessidade de um controle sistêmico de todo o ciclo de geração, armazenamento, transporte e destinação final de todos os tipos de resíduos (SOUZA et al., 2011). A informatização e sistematização dos dados possibilitou o controle ambiental mais efetivo, com informações mais organizadas integradas a um banco de dados de controle ambiental. Souza et al. (2011) ressalta a importância de uma ferramenta consistente de controle, análise contínua e detalhada no gerenciamento dos resíduos e os benefícios ambientais desse processo.

A empresa Eletrobras também está desenvolvendo uma ferramenta informatizada de gestão ambiental, chamada de Sistema de Acompanhamento do Licenciamento Ambiental (SAL), que será utilizada para acompanhamento de licenças e condicionantes dos seus empreendimentos de geração (ELETROBRAS, 2021), entretanto não é informada previsão de início de utilização do sistema.

Há diversos outros *softwares* no mercado e plataformas voltadas especialmente a gestão de licenças e condicionantes ambientais, como o e-licencie, da Azteca Software LTDA, e o LicenTia, da WayCarbon (informações provenientes das entrevistas), porém nessa pesquisa não foram encontrados documentos acadêmicos que apontem a sua usabilidade na gestão ambiental de projetos do setor elétrico.

Grandes empresas do setor destacam o investimento em áreas de inovação como Inteligência Artificial, *Big Data*, *Cloud Computing* e Poder Computacional, inovação em Cibersegurança e outras tecnologias digitais emergentes, como *Chatbots* e *Robotic Process Automation* para automatizar ao máximo processos e torná-los mais precisos, eficazes e rápidos. No website de duas das empresas do setor elétrico há destaque para uso de tecnologias de realidade virtual (VR), realidade aumentada (AR) e ainda realidade mista (MR) sendo apresentadas como aplicações que transformam a experiência dos usuários e as interações com o mundo digital. O uso de *Business Intelligence* também foi citado por uma das empresas como ferramentas que permitam acesso e análise de informações e que apoiem a tomada de decisões.

Esse estudo demonstrou que as grandes empresas do setor possuem estratégias corporativas de inovação tecnológica, entretanto, cabe destacar que apesar de apontarem algumas tendências em inovação, os casos disponíveis digitalmente não são específicos para

gestão ambiental. Para tal, o estudo de caso apresentado a seguir buscou preencher lacunas de informações com um estudo mais aprofundado no uso das tecnologias por uma empresa de relevância no setor aplicadas a gestão ambiental da fase de implantação de empreendimentos.

#### 4.2 ESTUDO DE CASO NA IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA

Ao comparar aspectos de práticas realizadas em anos anteriores e como ocorre a atuação das equipes atualmente, é nítido perceber a intensificação do uso de novas tecnologias especialmente nos últimos 5 anos e mais ainda no último ano. O avanço na tecnologia de informação exige que as equipes se atualizem, até mesmo para que não fiquem estagnadas com procedimentos arcaicos.

Nesse estudo, o maior investimento em novos empreendimentos também se mostrou como um fator crucial nessas mudanças, uma vez que em períodos anteriores a empresa tinha por vezes um único projeto de hidrelétrica em implantação durante 2 anos e hoje são 4 projetos em implantação, além de alguns projetos em desenvolvimento. As informações de meio ambiente têm sido requisitadas cada vez com mais frequência em auditorias externas e internas, levantamento de indicadores, além de divulgações na mídia de cunho socioambiental pela Companhia.

Para lidar com o aumento no volume de informações, de demandas e um número muito maior de pessoas envolvidas, se mostra necessário ter ferramentas de apoio que centralizem informações, tornem o acesso mais democrático, que sejam mais ágeis e que evitem retrabalhos. Assim, há uma busca por otimização de processos, agilidade na obtenção de informações mais atualizadas e compartilhamento de informações e documentos com pessoas de dentro e fora da Companhia de forma segura.

Os resultados oriundos dos relatórios e entrevistas estão consolidados no Quadro 3. A seguir serão apresentadas com maior detalhamento as seguintes tecnologias que foram citadas tanto nos relatórios, quanto durante as entrevistas: Green Control®, WebGIS e aplicativos integrados da ESRI, *Business Intelligence* (BI), Realidade Virtual e a utilização de Drones.

Quadro 3 – Síntese das principais aplicações das tecnologias investigadas no estudo de caso.

Tecnologias	Aplicação
Sistema Green Control®	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema centralizado de gerenciamento ambiental de multiprojetos desenvolvido na própria empresa por consultoria contratada</li> <li>- Desenvolvido para setor de implantação e operação de todos os ativos de geração e transmissão de energia</li> <li>- Sistema online com segurança de dados segundo protocolos da empresa</li> <li>- Organizado em módulos: Dashboards, Projeto, Licenciamento, Condicionantes, Cronogramas, Investimento Socioambiental, Compensação Ambiental, Ouvidoria, Sistemas, Programas Ambientais e Gestão de Stakeholders</li> <li>- Início do desenvolvimento no início de 2020 e em 2021 já está sendo usado pelas equipes, porém o desenvolvimento segue em paralelo</li> </ul>
WebGIS e aplicativos integrados da ESRI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de Informação Geográfica (SIG) online em nuvem utilizado em todos os projetos em implantação desde 2018</li> <li>- Aplicativos Collector e Survey123 são utilizados nas inspeções em campo e possuem integração ao WebGIS. Permitem a coleta de dados em campo offline ou online por smartphones</li> <li>- Essa ferramenta foi a mais comentada nas entrevistas e citada nos relatórios como essencial ao trabalho da equipe. Possui interface ambiental, fundiária, de engenharia, possibilitando análises de restrições de campo e de licenciamento, gerenciamento remoto das supervisões ambientais nas obras e obtenção de dados sistemáticos, organizados e atualizados para relatórios</li> </ul>
Business Intelligence (BI)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amplamente utilizado pelas equipes de meio ambiente de todos os projetos no processamento de dados para obter informações úteis e significativas na gestão</li> <li>- Apresentação de dados por meio de painéis customizáveis, dinâmicos e interativos apresentados em dashboards com diferentes formas de conteúdo como gráficos, tabelas e mapas, o usuário pode compreender com maior facilidade um grande volume de informações sintetizadas e realizar interação por meio de filtros</li> <li>- Em um dos projetos foi criado um BI específico de gerenciamento de stakeholders, sendo uma ferramenta com potencial de replicação</li> </ul>
Realidade Virtual (VR)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravação por meio de câmeras 360° das atividades de campo de equipes de meio ambiente para visualização em óculos de realidade virtual ou diretamente no <i>youtube</i> pelo computador</li> <li>- Início do uso em projeto de transmissão de energia em 2020 com potencial de ser replicado nos demais projetos</li> </ul>

Tecnologias	Aplicação
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objetivo de facilitar a tomada de decisão de gestores alocados na Sede da empresa através da experiência de imersão no campo por meio de óculos de realidade virtual, permitindo gestão ambiental remota mais eficiente</li> <li>- Alternativa adotada especialmente com as restrições de viagens impostas pela pandemia de COVID-19, mas que tem se mostrado como promissora no apoio a visualização de aspectos ambientais de campo pelas equipes de escritório</li> </ul>
Drones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vistorias ambientais aéreas possibilitando melhor desempenho no monitoramento e supervisão da execução de programas ambientais ou ainda de visualização de áreas de difícil acesso. Utilizada também por órgãos ambientais</li> <li>- Imagens aéreas por drones também têm sido amplamente utilizadas para criação de conteúdo em comunicações, divulgações de ações ambientais e vídeos institucionais</li> </ul>
Sistema de gerenciamento de orçamento ambiental <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificação de lacuna que poderia ser atendida com inovações tecnológicas. A realização de orçamentos das equipes de meio ambiente poderia contar com uma melhor estruturação, padronização, através de metodologia mais bem definida</li> <li>- Com cada vez mais frequência há uma demanda de informações precisas sobre investimentos realizados, orçamentos específicos para cada programa ambiental, projetos sociais, investimentos privados ou incentivados e a estruturação de um sistema dinâmico pelo qual se obteria essas informações com agilidade e segurança tem-se mostrado como uma necessidade da equipe</li> </ul>
Big Data, Inteligência Artificial (IA) e <i>Machine Learning</i> <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ferramentas identificadas nas entrevistas como inovações tecnológicas a serem aplicadas à gestão socioambiental da empresa, iniciando por uma estruturação de bancos de dados para que as demais inovações possam ser incorporadas</li> <li>- Volume de dados cada vez maior em todas as áreas de atuação, inclusive na ambiental, sendo necessário buscar soluções em centralização, tratamento e análises de dados</li> <li>- IA com <i>machine learning</i> podem ser desenvolvidas para análises mais rápidas e fornecimento de informações precisas aos usuários</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

<sup>2</sup> Tecnologias identificadas como tendências tecnológicas de investimentos futuros, não tendo sido implementadas até o momento para a gestão ambiental dos empreendimentos.

#### 4.2.1 Sistema de Gestão Ambiental – Green Control®

A partir de uma análise da necessidade dos colaboradores, a empresa realizou inicialmente uma busca criteriosa no mercado por ferramentas que atendessem ao gerenciamento de dados e atividades de licenciamento e gestão ambiental dos projetos. À época, foram conduzidas entrevistas com potenciais empresas que atuam no mercado com gestão de licenças, buscando compreender o que a equipe necessitava e o que os sistemas oferecem. Entretanto, o que se observou é que para atender um mercado os sistemas precisam ser mais limitados, genéricos e padronizados, ou seja, cria-se uma metodologia padrão para atender vários clientes.

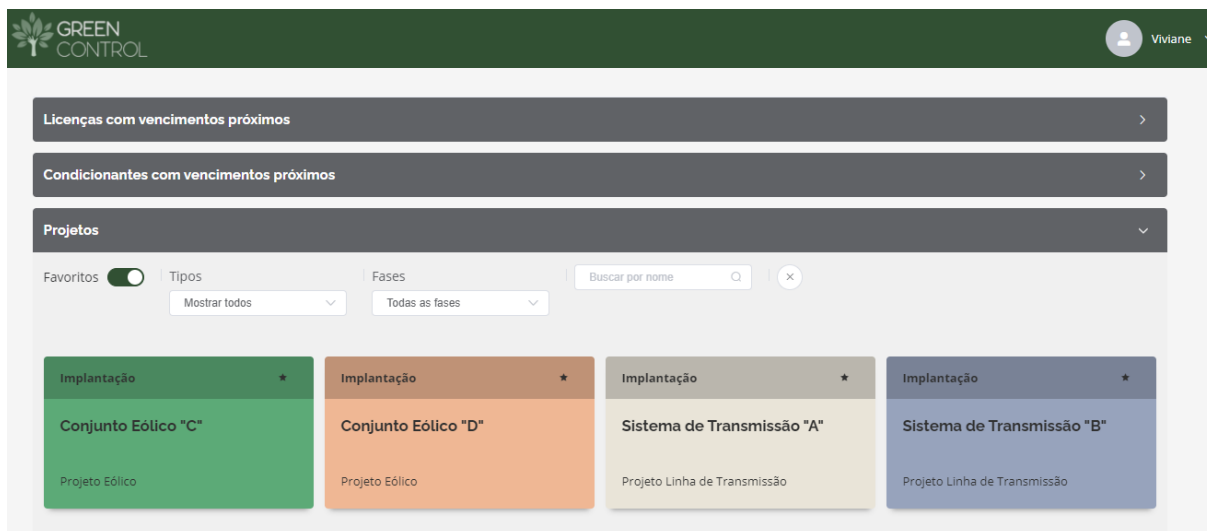
Nessas pesquisas por vezes se observava que as ferramentas disponíveis não atendiam ao modelo de gestão da empresa, tinham limitações e não aderiam propriamente às necessidades da equipe e, portanto, a empresa optou por desenvolver seu próprio sistema de gestão ambiental em um trabalho conjunto da equipe de TI, de gestão ambiental e consultoria. Conforme apontado pelos entrevistados, quando uma empresa tem a capacidade de criar seus próprios sistemas personalizados, há uma diferença significativa na usabilidade e na forma como as pessoas aceitam usá-lo também. Dessa forma se ganha muito na adaptação do que é necessário para a equipe.

O Green Control®, sistema em desenvolvimento pela GTW Engenharia e Meio Ambiente em parceria com a empresa multinacional objeto deste estudo de caso, visa atender as demandas da equipe de meio ambiente na implantação dos projetos, desde o gerenciamento de licenças e condicionantes, a projetos sociais, gestão de *stakeholders*, dentre outros.

Uma das necessidades levantadas era a centralização de diferentes projetos e tipologias de empreendimentos em uma única plataforma online, na qual colaboradores e terceiros pudessem ter um acesso controlado e que apoiasse tomadores de decisão, em especial gestores de diferentes projetos que necessitam de informações claras, precisas e atualizadas. Para tanto, o sistema (Figura 9) vem sendo desenvolvido para atender as diferentes tipologias de empreendimentos, como conjuntos eólicos, usinas fotovoltaicas, sistemas de transmissão e hidrelétricas. Além disso, é desenvolvido para atender tanto o setor de implantação como de operação, sendo validado de acordo com às diferentes necessidades de cada um dos setores.



Figura 9 – Tela inicial do sistema de gestão ambiental no gerenciamento de multiprojetos.

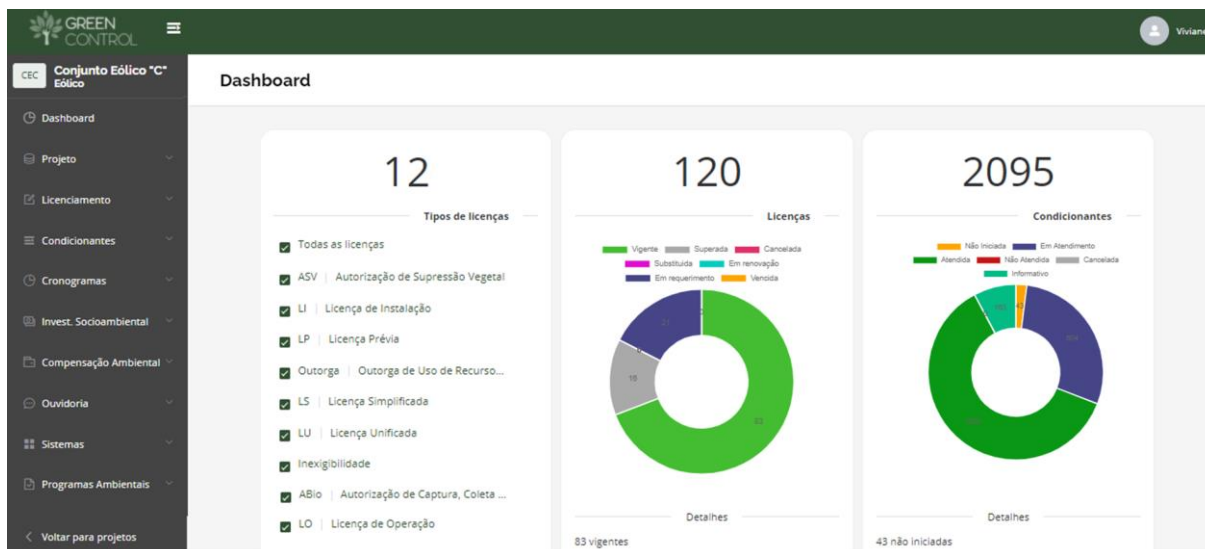


Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Este sistema permite a centralização do gerenciamento de diferentes projetos e conta com um sistema de alertas em relação a data de ação necessária para uma licença e condicionantes ambientais. Dentro de cada projeto, ocorre uma divisão das funcionalidades por módulos que, apesar de estar em fase de desenvolvimento, já conta com alguns destes liberados e funcionais.

A plataforma conta com gerenciamento de dados gerais do projeto, cronogramas, gestão de licenças, condicionantes e investimentos privados ou incentivados em projetos sociais nas comunidades do entorno dos projetos. Ainda, conta com módulos para gestão das diferentes compensações ambientais atreladas ao projeto, como compensações do bioma Mata Atlântica, compensação ambiental do SNUC e reposição florestal. Centraliza também dados de ouvidoria e dos programas ambientais previstos nos PBAs e RDPAs, além de vincular outros links externos e sistemas utilizados, como WebGIS (4.2.2) e SGT2 (sistema de gestão fundiária), através do módulo “Sistemas” (Figura 10).

Figura 10 – Dashboard inicial em um projeto fictício com módulos do Green Control®.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os módulos contam ainda com Dashboards para melhor visualização gráfica e dinâmica dos dados. Cabe reforçar que a ferramenta ainda está em desenvolvimento e que essa interface com o usuário ainda está sendo aperfeiçoada, apesar de já ter boa usabilidade para a equipe. Além dos módulos citados, será inserido uma seção para gestão de *stakeholders*.

#### 4.2.2 WebGIS e aplicativos integrados da ESRI

As inspeções ambientais realizadas no âmbito de implantação dos projetos têm a finalidade de verificar *in loco* a execução de atividades nas frentes de serviço e o cumprimento do escopo previsto nos Programas e Subprogramas Ambientais, identificando prioritariamente a correta execução das ações e o controle dos impactos ambientais, entre outros aspectos.

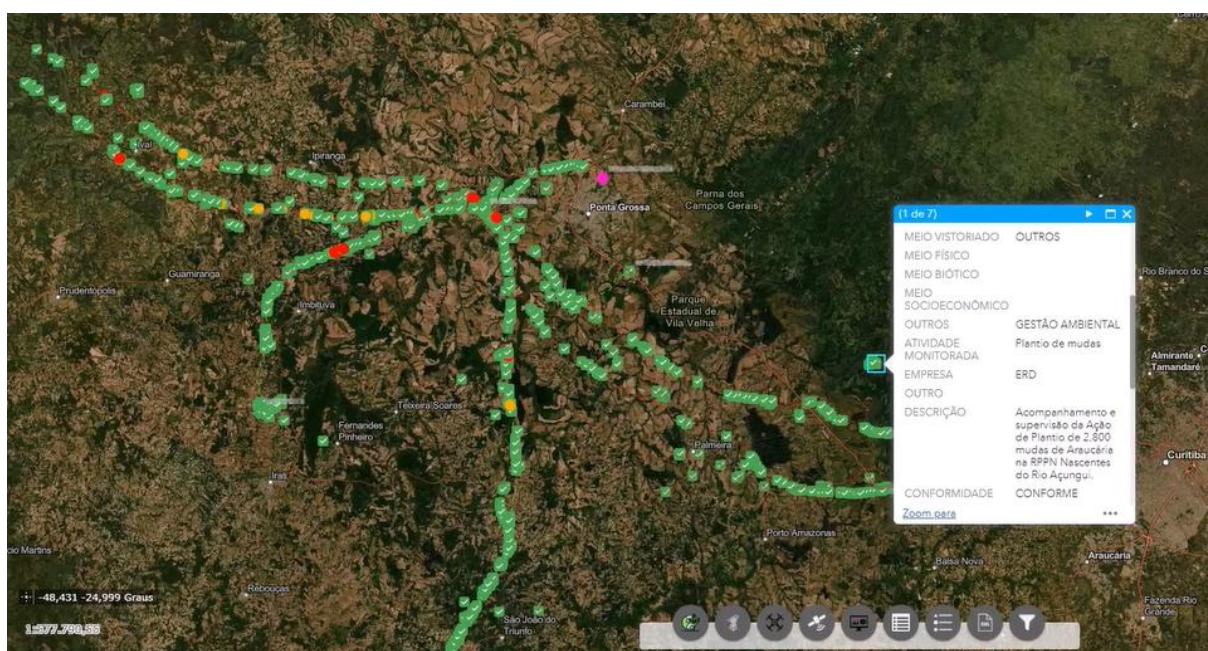
Para tanto, periodicamente são realizadas vistorias nas frentes de serviço observando-se os critérios definidos no PBA/RDPA, no Plano de Trabalho, no licenciamento ambiental e nas legislações vigentes. Neste trabalho de campo, são utilizados aplicativos integrados da ESRI de coleta de dados como o *Collector* e *Survey123* vinculados a um Sistema de Informação Geográfica – SIG em nuvem, chamado WebGIS. Esse conjunto de aplicações permite a coleta de dados em campo offline ou online, de forma prática, por meio *smartphones*, e os dados ficam registrados no mapa de forma georreferenciada e com atualização em tempo real (Figura 11).

O mesmo sistema tem a interface ambiental, fundiária, de engenharia e, em alguns casos, de gerenciamento de *stakeholders*.

O WebGIS tem se mostrado como ferramenta indispensável para as equipes e possibilita análises de restrições de campo e de licenciamento, gerenciamento remoto pela equipe da Sede de como estão ocorrendo as supervisões ambientais nas obras e obtenção de dados sistemáticos, organizados e atualizados para relatórios. A inovação desta tecnologia também decorre do fato de ser um SIG online e não apenas em *desktop* com *shapes* e mapas em PDF sendo compartilhado por especialistas.

Em um comparativo com as práticas anteriores no setor, observava-se um maior dispêndio de tempo dos colaboradores, uma vez que era necessário que as equipes ao retornar do campo, preenchessem as informações anotadas durante as vistorias e encaminhassem aos demais por e-mail ou outras plataformas. Através do *Survey123*, é possível que em campo, os dados já sejam coletados, publicados e compartilhados quase que em tempo real na maioria dos casos. Além disso, o uso dessas geotecnologias permite o compartilhamento dessas informações com qualquer usuário, mesmo que este não tenha domínio algum em geoprocessamento, democratizando o acesso a essas informações. Dessa forma, tem se tornado uma das principais ferramentas de apoio a decisão, com dados não mais centralizados em especialistas e uma interface amigável.

Figura 11 – WebGIS de projeto em implantação.

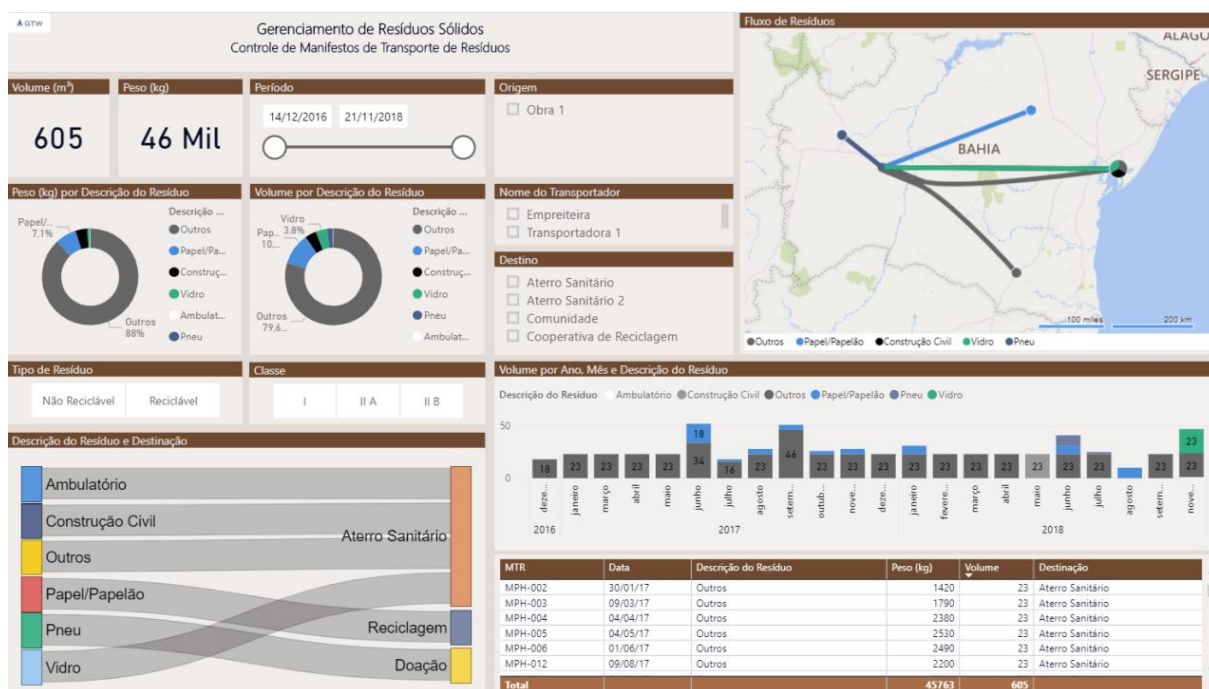


Fonte: Hinnig (2021).

### 4.2.3 Business Intelligence (BI)

A gestão do grande volume de dados e processamento das informações requer ferramentas que transformem dados brutos em ferramentas úteis e significativas para a gestão, como é o caso do *Business Intelligence* – BI (Figura 12). Por meio de painéis customizáveis, dinâmicos e interativos apresentados em *dashboards* com diferentes formas de conteúdo como gráficos, tabelas e mapas, o usuário pode compreender com maior facilidade um grande volume de informações sintetizadas e realizar interação por meio de filtros. Esse tipo de apresentação de dados é utilizado amplamente pelas equipes de meio ambiente da empresa dos diferentes projetos em implantação.

Figura 12 – Exemplo de Dashboard elaborado com Power BI.



Fonte: Hinnig (2019).

A base desses dados são planilhas *online* o que permite que toda a equipe envolvida na gestão ambiental tenha acesso às informações e contribuam para a sua atualização de acordo com as suas respectivas atribuições. Essa tecnologia apoia diversos processos na empresa, como gestão das metas e dos indicadores previstos de *stakeholders*, acompanhamento de programas ambientais e na elaboração de relatórios.

O BI também tem sido utilizado como base no desenvolvimento de plataformas, como é o caso do BI de gerenciamento de *stakeholders* de um dos projetos de linhas de transmissão, que possui uma metodologia desenvolvida pela equipe de consultoria e é um sistema interativo vinculado ao WebGIS do projeto. Essa plataforma inclui uma listagem dos *stakeholders*, e classificação individual de cada um, com o grau de engajamento, um histórico das interações, as estratégias a serem adotadas, dentre outros dados.

#### 4.2.4 Óculos de Realidade Virtual e filmagem 360°

Buscando facilitar a tomada de decisão por parte dos gestores alocados na Sede da empresa, tem sido utilizada a tecnologia de Realidade Virtual, na qual o gestor mesmo remotamente pode experienciar imersão no campo, por meio de óculos de realidade virtual (Figura 14) e vídeos filmados com câmeras 360° (Figura 13). De acordo com os entrevistados, o uso de tecnologia de realidade virtual e de Sistema de Informação Geográfica (SIG) online permitem uma gestão remota mais eficiente, especialmente na compreensão das situações de campo.

Figura 13 – Câmera 360° para filmagem em campo.



Fonte: Hinnig (2021).

Figura 14 – Uso de óculos de realidade virtual.



Fonte: Hinnig (2021); Própria (2021).

A pandemia de covid-19 foi um fator de intensificação da digitalização e adoção dessa tecnologia, uma vez que a equipe gestora reduziu consideravelmente o número de viagens a campo. Essas inovações possibilitaram que as equipes pudessem visualizar e gerenciar remotamente as atividades de campo, monitorar o desenvolvimento da obra e dos programas ambientais e realizar vistorias ambientais como se estivessem *in loco*.

Os resultados observados com o uso das ferramentas de realidade virtual somados às informações fornecidas pelos supervisores que conduzem as vistorias e gravações têm possibilitado uma avaliação precisa das atividades, além de possibilitar uma maior sinergia entre as equipes gestoras de campo e escritório. Apesar do uso ainda inicial pelas equipes, tem se mostrado como uma ferramenta promissora no apoio a visualização de aspectos ambientais nas obras pelas equipes de escritório.

A equipe destaca ainda como benefício da implementação de tecnologia de realidade virtual em vistorias ambientais remotas a redução das emissões de gases de efeito estufa do escopo 3 devido à redução de viagens ou grandes deslocamentos, reduzindo o risco de acidente de trânsito e prevenção na propagação do vírus Sars-CoV-2.

#### 4.2.5 Drones

O uso de drones, também conhecidos como veículos aéreos não-tripulados (VANT) em vistorias ambientais aumenta o desempenho do monitoramento e acompanhamento da execução dos programas ambientais em situações pontuais. Serve ainda para monitorar áreas extensas e de difícil acesso, além de registrar o avanço na implantação dos empreendimentos e dos projetos

sociais. Além disso, têm sido utilizados para vistorias com órgãos ambientais ou para esclarecer situações de campo, permitindo melhor visualização aos agentes interessados.

De acordo com o relato dos entrevistados, outra aplicação mais recente do uso dos drones pela empresa tem sido para comunicação e criação de conteúdo em divulgações das ações ambientais e vídeos institucionais.

#### **4.2.6 Outras tecnologias e oportunidades de inovação para o futuro**

Além das tecnologias inovadoras citadas anteriormente, em alguns relatórios e entrevistas foi levantado o uso de ferramentas para gestão documental, nesse caso o *KeepControl*, *OneDrive* e *Sharepoint*, plataformas online que viabilizam o armazenamento e a gestão de documentos de cunho técnico e gerencial emitido pelas empresas envolvidas na execução dos Programas Ambientais.

Essas ferramentas online dispõem de técnicas que permitem a revisão e a aprovação dos documentos pela Engenharia do Proprietário, bem como sua gestão quanto à conformidade dos documentos, deixando-os disponíveis para todas as partes envolvidas no processo, de acordo com os critérios de segurança estabelecidos, além de oferecer relatórios para acompanhamento dos prazos de emissão e revisão desses documentos previstos. O diretório de armazenamento de documentos na nuvem que também opera online, garante que todas as partes envolvidas na gestão tenham acesso aos arquivos, de forma segura e confiável.

Cabe destacar que a empresa tem na sua estratégia corporativa a inovação e economia de baixo carbono com enfoque para digitalização de processos e conta com premiações nacionais e internacionais de inovação interna que visam fortalecer essa cultura no Grupo. Os cursos, capacitações e premiação são fatores motivacionais para que essas tecnologias sejam sugeridas, testadas e quando bem-sucedidas, adotadas pela gestão ambiental.

Existe ainda uma preocupação em relação a segurança dos dados, ainda mais em voga com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), ou ainda Lei 13.709/18, que reforça a necessidade da adoção de medidas de segurança da informação para proteger dados sensíveis e/ou pessoais de acessos indevidos.

Por fim, destaca-se que de acordo com as entrevistas, há duas potenciais áreas de investimento no setor, além dos investimentos em melhoria contínua de todas as tecnologias aplicadas. A primeira delas é na parte de gestão orçamentária ambiental, que atualmente é

realizada de forma manual com planilhas Excel. O desenvolvimento de melhorias nessa área, pode contar, por exemplo, com uma estruturação e metodologia mais bem definida, inclusive para orçamentar projetos futuros, que incluam cruzamentos automatizados de análises de orçamentos anteriores. Essa necessidade é impulsionada pela demanda, cada vez mais frequente, da alta gestão da Companhia por informações precisas e atualizadas no que tange aos investimentos socioambientais realizados, inclusive pela agenda ESG das grandes corporações, isto é, os critérios de governança ambiental, social e corporativa.

Uma segunda área estratégica de investimentos para um futuro próximo apontada por alguns dos entrevistados, corresponde a estruturação de banco de dados centralizados e a interoperabilidade e automatização dos sistemas. Dentre conceitos relacionados a este ponto foram levantados *Big Data*, Inteligência Artificial e *Machine Learning*.

Tendo em vista o volume cada vez maior de dados e a importância de centralizar, tratar e melhor analisar as informações, os sistemas tradicionais se tornam obsoletos e não atendem idealmente as expectativas da equipe. Dessa forma os dados poderiam ser estruturados por meio do *Big Data*, que compõe uma arquitetura de dados capaz de capturar, armazenar, processar um grande volume de dados e entregar respostas aos usuários. Por fim, o desenvolvimento e aplicação de uma Inteligência Artificial que analise e forneça rapidamente informações ao usuário, e que conte ainda com *Machine Learning*, ou seja, processe e automatize modelos analíticos, identificando padrões e aperfeiçoando o próprio sistema, são um caminho de grande relevância no apoio à gestão ambiental de empreendimentos do setor elétrico.

### 4.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As inovações tecnológicas no setor elétrico têm sido utilizadas, portanto, para automatizar processos, centralizar e organizar informações, mitigar riscos com um maior controle de aspectos ambientais e reduzir custos pela maior eficiência dos procedimentos. De um modo geral, é possível afirmar que o uso dessas tecnologias possibilita que os usuários obtenham informações centralizadas, confiáveis, precisas, atualizadas mais rapidamente e com segurança.

Dentre possíveis desvantagens na utilização de novas tecnologias está o investimento financeiro e de tempo da equipe no desenvolvimento das ferramentas ou inserção de dados,



sendo necessário avaliar se os benefícios obtidos compensam. A avaliação de custo-benefício não foi contemplada nessa pesquisa.

Na adoção dessas práticas, devem ser considerados aspectos financeiros, de prazos, recursos envolvidos, engajamento dos colaboradores, dentre outros aspectos importantes na avaliação estratégica e gerencial de como implementar uma ferramenta ou qual selecionar.

Um outro fator de atenção está na adaptação dos colaboradores a novas tecnologias, considerando que alguns usuários podem ter maiores dificuldades com novos procedimentos, o que pode ser mitigado através de treinamentos e capacitações. Outro fator de atenção é o aumento da carga de trabalho, uma vez que ferramentas para gerenciar melhor informações demandam capacidade humana em processar um grande volume de dados, o que pode impactar na saúde emocional dos colaboradores.

Em um comparativo entre as empresas, observou-se uma tendência a sistemas centralizados, especialmente os focados em gestão de licenças e condicionantes. Conforme observado no estudo de caso, o desenvolvimento de um sistema próprio possibilita uma adequação maior a necessidade das equipes de meio ambiente, não se restringindo apenas a gestão de licenças ou de um programa ambiental específico.

Outro ponto de confluência entre as empresas estudadas está na prospecção de investimentos futuros em estruturação de banco de dados, *Big Data*, inteligência artificial e cybersegurança.

O aprimoramento contínuo de todas essas ferramentas, através de práticas de lições aprendidas e incorporação de novos conhecimentos, é essencial para a sua atualização e funcionalidade. Destaca-se também que substituir protocolos e incorporar ferramentas novas não é um processo simples na maioria das vezes, mas que os resultados são indiscutíveis quando optado por boas tecnologias de inovação.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo investigou o uso de diferentes tecnologias no apoio à gestão ambiental de empreendimentos do setor elétrico. É reconhecida a interface entre gestão ambiental proativa com a inovação ambiental na adoção ou melhoria de tecnologias e procedimentos, entretanto, foi observado na bibliografia ausência ou poucos estudos que abordem a temática no âmbito empresarial do setor elétrico e suas aplicações práticas. Dentre os resultados obtidos, os principais sistemas identificados são focados em gestão de licenças e condicionantes ambientais.

O estudo de caso apontou tecnologias de Realidade Virtual, *Business Intelligence* (BI), Sistema de Informação Geográfica (SIG) online em nuvem, uso de drones e um sistema próprio de gerenciamento ambiental (em desenvolvimento), que não se limita a licenças e condicionantes, mas que inclui também gestão de outros programas ambientais, projetos sociais, compensação ambiental, dentre outros. Essa metodologia possibilitou obtenção de dados com maior profundidade e aplicação na área ambiental, entretanto limita-se a experiência de uma empresa específica, não sendo possível generalizar seus resultados para outras empresas do setor.

Por fim, conclui-se que a inovação tecnológica tem sido usada na gestão ambiental com vistas a mitigação de riscos, ganho de produtividade na automatização de processos e redução de custos. O posicionamento de empresas de relevância no setor tem demonstrado a importância da inovação tecnológica, inclusive como estratégia corporativa de competitividade de mercado e apontam para o crescimento exponencial da digitalização e avanço em novas tecnologias em diversos setores e com grande aplicabilidade também na gestão ambiental.

## **6 RECOMENDAÇÕES**

A partir dos resultados e conclusões obtidos neste estudo, é possível traçar recomendações para pesquisas futuras.

Como observado pelos resultados, as informações de aplicações práticas das ferramentas inovadoras de apoio a gestão ambiental no setor elétrico são pouco documentadas, tendo sido obtidas informações mais aprofundadas no estudo de caso com o contato direto com especialistas da área. Portanto, recomenda-se a aplicação de entrevistas com informantes-chave de outras empresas do setor e consultorias ambientais voltadas a essas práticas.

Recomenda-se também que seja realizada uma análise aprofundada das ferramentas citadas, como estimativa de investimento e seu retorno financeiro e não-financeiro, considerando os recursos despendidos, inclusive de homem-hora, em relação ao ganho de produtividade, mitigação de riscos ou outros benefícios obtidos.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA RENOVÁVEL. IRENA. **Transformando o Sistema Energético e Contendo o Aumento das Temperaturas Globais**. Disponível em: <[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA\\_Transforming\\_2019\\_PT](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Transforming_2019_PT)>. Acesso em 06 mar. 2021.
- ANGELO, Fernanda Dias; JABBOUR, Charbel José Chiappetta; GALINA, Simone Vasconcelos Ribeiro. **Inovação Ambiental: das imprecisões conceituais a uma definição comum no âmbito da Gestão Ambiental proativa**. Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas, [S.l.], n. 4, p. 143, abr. 2012. ISSN 1984-2430. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/898>>. Acesso em 27 mar. 2021. doi:<https://doi.org/10.15675/gepros.v0i4.898>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Curso EAD – Fundamentos do Setor Elétrico**. Disponível em: <<http://www.labtime.ufg.br/modulos/aneel/>>. Acesso em 05 dez. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR ISO 14001:2015: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 53 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR ISO 14004:2018: Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais para a implementação**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 81 p.
- BAPTISTA, Claudio de S.; PAES, Roberta F. de C.; DUARTE, Brigida. **Gestão Ambiental apoiada por sistemas de informação**. Revista de P&D da ANEEL. 7ª edição – 2017 – ISSN 1981-9803. 114-117 p. Brasília-DF.
- BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 312 p.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução n.237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Publicada no DOU nº 247, de 22 de dezembro de 1997.
- BRASIL. Decreto nº 10.282, de 20 de março de 2020. **Regulamenta a Lei nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020, para definir os serviços públicos e as atividades essenciais**. 2020.

BRASIL. Decreto nº 5.798, de 7 de junho de 2006. **Regulamenta os incentivos fiscais às atividades de pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação tecnológica, de que tratam os arts. 17 a 26 da Lei no 11.196, de 21 de novembro de 2005.** 2006.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** 1981.

BRASIL. Ministério do Planejamento. **Sobre o PAC.** Disponível em: <<http://pac.gov.br/sobre-o-pac/perguntas-respostas>>. Acesso em 06 dez. 2020.

B3. **Release - B3 Divulga a 16ª carteira do ISE B3.** 2020. Disponível em: <[https://iseb3-site.s3.amazonaws.com/Release\\_2020.pdf](https://iseb3-site.s3.amazonaws.com/Release_2020.pdf)>. Acesso em 25 fev. 2021.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. CCEE. **Setor Elétrico.** Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/onde-atuamos/setor\\_eletrico?\\_adf.ctrl-state=v2sxcwlt8\\_5&\\_afLoop=144432510378290#!](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/setor_eletrico?_adf.ctrl-state=v2sxcwlt8_5&_afLoop=144432510378290#!)>. Acesso em 14 mar. 2021.

CANO, Carlos Roberto. **A gestão ambiental e inovações tecnológicas focadas no meio ambiente.** South American Development Society Journal, [S.l.], v. 5, n. 13, p. 305, nov. 2019. ISSN 2446-5763. Disponível em: <<http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/276>>. Acesso em 27 mar. 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v5i13p283-305>.

DAL FORNO, Marlise Amália Reinehr. **Fundamentos em gestão ambiental.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2017. 86p.

DIONYSIO, R. C. C.; SANTOS, F. C. A. Evolução da informação apoiadora da gestão ambiental: uma análise centrada em seus estágios evolutivos e nos agentes decisórios. **Informação & Informação**, v. 12, n. 2, p. 184-203, 2007. DOI: 10.5433/1981-8920.2007v12n2p184. Acesso em: 10 mar. 2021.

ELETROBRAS. **Meio Ambiente - Gestão Ambiental.** Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Gestao-Ambiental.aspx>>. Acesso em 25 abr. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. **Boletim Trimestral de Consumo de Eletricidade – 4º trimestre de 2020.** p. 10, 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. **Empreendimentos eólicos ao fim da vida útil – Situação Atual e Alternativas Futuras.** p. 57, 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. **Mecanismos de Carbono.** p. 24, 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. EPE. **O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia.** p. 97, 2016.

ENGIE. **ENGIE Brasil Energia – Apresentação de Resultados 4T20 2020.** p.36, 2021.

ENGIE. **Inovação interna**. Disponível em: <<https://www.engie.com.br/inovacao/inovacao-interna/>>. Acesso em: 06 mar. 2021.

ENGIE. **Relatório de Sustentabilidade 2019**. Disponível em: <[https://www.engie.com.br/uploads/2020/05/ENGIE\\_RS2019.pdf](https://www.engie.com.br/uploads/2020/05/ENGIE_RS2019.pdf)>. Acesso em 14 mar. 2021.

FURTADO, Lorena Lucena et al. **Relação entre Sustentabilidade e Inovação: Uma análise da legitimidade organizacional das empresas do setor elétrico brasileiro**. Revista Catarinense da Ciência Contábil, v. 18, p. 1-16, 2019.

HINNIG, Marcus Phoebe Farias. **Proposta de métodos, técnicas e ferramentas de gestão do conhecimento para a prática de lições aprendidas em projeto de licenciamento ambiental**. 2019. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

HINNIG, Marcus Phoebe Farias. 1 Vídeo (1 min). **Soluções tecnológicas na gestão ambiental**. Publicado no LinkedIn. 2021. Disponível em: <[https://www.linkedin.com/posts/marcus-phoebe-farias-hinnig-3726363a\\_engie-sustentabilidadeambiental-drone-activity-6757402062880837632-ZS6o/](https://www.linkedin.com/posts/marcus-phoebe-farias-hinnig-3726363a_engie-sustentabilidadeambiental-drone-activity-6757402062880837632-ZS6o/)>. Acesso em 19 abr. 2021.

HINNIG, Marcus Phoebe Farias. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos com Power BI**. Publicado no LinkedIn. 2019. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/gerenciamento-de-residuos-solidos-com-power-bi-farias-hinnig>>. Acesso em: 19 abr. 2021.

IBERDROLA. **As tendências em inovação em 2020: está preparado para o 'grande salto tecnológico'?**. Disponível em: <<https://www.iberdrola.com/inovacao/tendencias-da-tecnologia>>. Acesso em 26 de abr. 2021.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA. IAT. **Consultar licenciamentos**. Disponível em: <<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Consultar-licenciamentos>>. Acesso em 25 de abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS. IBAMA. **Licenciamento Ambiental Federal – Consultas**. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/laf/consultas>>. Acesso em 26 de abr. 2021.

MALTERUD, Kirsti; SIERSMA, Volkert Dirk; GUASSORA, Ann Dorrit. **Sample Size in Qualitative Interview Studies**. Qualitative Health Research, [S.L.], v. 26, n. 13, p. 1753-1760, 10 jul. 2016. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1049732315617444>.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. ONU. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 9: Indústria, inovação e infraestrutura**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/9>>. Acesso em 05 de mar. 2021.

OECD. **Manual de Oslo: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**.

3ed. FINEP, 2005. Disponível em:

<<https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/indicadores/detalhe/Manuais/OCDE-Manual-de-Oslo-3-edicao-em-portugues.pdf>>. Acesso em 24 de mar. 2021.

PINSKY, Vanessa; KRUGLIANSKAS, Isak. **Inovação tecnológica para a sustentabilidade: aprendizados de sucessos e fracassos**. Estudos Avançados, v. 31, n. 90, p. 107-126, maio 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.3190008>.

REDE BRASIL DO PACTO GLOBAL. **Integração dos ODS no Setor Elétrico Brasileiro: Indicadores e Metas**. p. 52, 2020. Disponível em: <<https://materiais.pactoglobal.org.br/ods-no-seb-indicadores-e-metas>>. Acesso em 05 de mar. 2021.

ROHRICH, Sandra Simm; CUNHA, João Carlos da. **A relação entre gestão ambiental e inovações tecnológicas voltadas ao meio ambiente em organizações industriais localizadas no Brasil**. In: ENCONTRO DA ANPAD, 2002. São Paulo: Enanpad, 2002. 16 f.

SANTANA, Jaindson Valentim et al. **SISLIC: Um método para gerenciamento do processo de licenciamento ambiental**. In: Anais do VI Workshop de Computação Aplicada a Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais. SBC, 2015. p. 55-64.

SOBREIRA, T. B. **ECO-INOVAÇÃO: a evolução e a aplicação de tecnologias ambientais no setor de pintura da indústria automotiva. 2015. 107 f.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Centro Universitário da FEI, São Paulo, 2015.

SOUZA, Max et al. **Soluções Sustentáveis e Práticas Socioambientais no Gerenciamento de Resíduos da Light S.A.** 2011. Disponível em: <<https://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20110928085034-307.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2021.

TAMAYO-ORBEGOZO, Unai; VICENTE-MOLINA, María-Azucena; VILLARREAL-LARRINAGA, Oskar. **Eco-innovation strategic model. A multiple-case study from a highly eco-innovative European region**. Journal of Cleaner Production, v. 142, p. 1347-1367, 2017.

UMBRIA, Fernanda. **Estrutura do Setor Elétrico**. Disponível em: <<https://www.viex-americas.com/wp-content/uploads/2020/06/Estrutura-do-setor-elc3a9trico.pdf>>. Acesso em 07 mar. 2021.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. WRI. **Climate Watch: Historical GHG Emissions**. 2021. Disponível em: <<https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>>. Acesso em 06 mar. 2021.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

## APÊNDICE A – Perfil dos Entrevistados

Quadro 4 – Perfil dos entrevistados.

Informações dos Entrevistados					Dados da Entrevista	
Id	Gênero	Formação	Cargo	Experiência (anos)	Duração	Data
1	F	Eng. Sanitarista e Ambiental MBA em Gestão de Projetos	Analista Ambiental de Implantação	4	14 min.	09/04/21
2	M	Eng. Sanitarista e Ambiental MBA em Gerenciamento de Projetos Mestre em Engenharia e Gestão do Conhecimento	Coordenador de Meio Ambiente em campo	11	24 min.	13/04/21
3	F	Administradora Esp. em Gerenciamento de Projetos Esp. em Direito e Gestão Ambiental	Gerente de Meio Ambiente	22	35 min.	13/04/21
4	M	Eng. Sanitarista e Ambiental Esp. em Direito Ambiental	Coordenador Socioambiental de Implantação	13	32 min.	14/04/21
5	F	Bióloga Esp. em Gestão Ambiental Esp. em Gerenciamento de Projetos	Analista Ambiental de Implantação	15	18 min.	15/04/21
6	F	Eng. Florestal Esp. em Energias Renováveis com ênfase em Sustentabilidade	Coordenadora de Licenciamento em projeto em Implantação	15	21 min.	15/04/21
7	M	Eng. Ambiental Esp. em Geoprocessamento Mestre em Geotecnologias	Analista Ambiental de Implantação	6	30 min.	15/04/21
8	M	Eng. Ambiental e Sanitarista	Analista de Inovação em Consultoria Socioambiental	2	29 min.	16/04/21
9	M	Eng. Florestal MBA em Gestão de Projetos Mestre em Recursos Florestais	Coordenador Técnico em Consultoria Socioambiental	8	45 min.	16/04/21
10	M	Eng. Sanitarista e Ambiental	Consultor em Geoprocessamento	3	25 min.	16/04/21

Fonte: Elaborado pela autora (2021).



## APÊNDICE B – Roteiro de Entrevista Individual

Breve introdução sobre o objetivo da entrevista com especialistas, que faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso: “Inovação Tecnológica no apoio à gestão ambiental de grandes obras de infraestrutura: um estudo de caso em uma multinacional do setor elétrico brasileiro”. Na divulgação das informações, o anonimato dos participantes será preservado, e a participação individual autoriza expressamente o uso das informações coletadas para fins acadêmicos.

- 1) Qual a sua formação, cargo e há quanto tempo trabalha no setor elétrico?
- 2) Pensando em um **comparativo entre as práticas mais antigas na gestão ambiental e a sua atuação hoje nos projetos**, como você tem percebido a adoção de novas tecnologias e processos e qual o seu entendimento do porquê elas passaram a ser implementadas na gestão ambiental das obras do setor.
- 3) Você já participou de um **processo para escolher** uma nova tecnologia ou saberia dizer **como isso acontece dentro da empresa?**
- 4) Quais inovações tecnológicas você observa no setor e dentre essas quais **você utiliza com alguma frequência no trabalho?**
- 5) Quais **vantagens/desvantagens** você percebe na utilização?
- 6) O que você imagina que **está por vir de inovação tecnológica aplicada à gestão ambiental da implantação** e de onde você obtém informações sobre isso? Você identifica lacunas/melhorias para alguma dessas? O que esse mercado ainda precisa?