

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE - UFF**  
**FACULDADE DE ECONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA -PPGE**  
**DOUTORADO EM ECONOMIA**

**MARCELO MAESTRINI DOS SANTOS**

**DESAFIOS INOVATIVOS NO PDI-ANEEL: ANÁLISE DA RESPOSTA  
DO SEGMENTO DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA BRASILEIRO EM  
MEIO AOS DESAFIOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

**NITERÓI**

**2023**

**DESAFIOS INOVATIVOS NO PDI-ANEEL: ANÁLISE DA RESPOSTA  
DO SEGMENTO DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA BRASILEIRO EM  
MEIO AOS DESAFIOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento produtivo e mudança estrutural.

**Orientador: Professor Dr. Marco Antônio Vargas**

**Coorientador: Professor Dr. Luciano Losekann**

**Niterói**

**2023**

**Marcelo Maestrini dos Santos**

**DESAFIOS INOVATIVOS NO PDI-ANEEL: ANÁLISE DA RESPOSTA  
DO SEGMENTO DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA BRASILEIRO EM  
MEIO AOS DESAFIOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento produtivo e mudança estrutural.

Niterói, 19 de dezembro de 2023.

**Banca Examinadora**

Professor Dr. Marco Antônio Vargas Orientador, Universidade Federal Fluminense – UFF	Professor Dr. Luciano Losekann Coorientador, Universidade Federal Fluminense – UFF
Professora Dra. Niagara Rodrigues Universidade Federal Fluminense – UFF	Professor Dr. Jorge Nogueira de Paiva Britto Universidade Federal Fluminense – UFF
Professor Dr. Nivalde José de Castro Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ	Professora Dra. Marina Szapiro Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

**Niterói**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos que participaram do processo de construção deste trabalho. Em especial a minha família, meu pai Celson e minha mãe Rosangela, por todo o apoio e esforço dedicados a me proporcionar as melhores oportunidades de crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos, que não esqueceram de mim mesmo com toda a ausência dos últimos meses. Em especial a dois deles, Paulo Senra e Raissa Azevedo, cujos incentivos e apoio foram determinantes nesta fase final da tese.

Ao meu orientador, Marco Vargas, que foi essencial na execução deste trabalho. Desde as aulas sobre organização industrial até as conversas sobre a execução das etapas foram combustíveis importantíssimos nessa dura jornada. Sem isso, certamente eu não teria chegado até aqui! Ao meu coorientador, Luciano Losekann, que foi fundamental desde a fase de pré-projeto, até os ensinamentos sobre regulação econômica e setor de energia, assim como oferecendo sugestões valiosíssimas sobre esta tese.

Aos professores que moldaram meu caminho, desde a infância até a pós-graduação. Aqui um agradecimento muito especial ao Professor Luiz Ozório pelos ensinamentos na docência, por me apresentar a pesquisa científica e o GESEL-UFRJ. Isso foi determinante na minha caminhada! Ao professor, Nivalde Castro por me receber no GESEL, me apresentar o setor elétrico e me oferecer muitos ensinamentos.

A todos os profissionais do setor elétrico que me ajudaram com informações valiosas para a execução deste trabalho. Em especial a todos os profissionais que aceitaram participar das entrevistas.

## RESUMO

A difusão dos recursos energéticos distribuídos – resposta da demanda, geração distribuída, baterias e os veículos elétricos – têm acarretado mudanças significativas na dinâmica do setor. O desdobramento disto é a necessidade do desenvolvimento de novas habilidades para lidar com estes grandes desafios para os sistemas de distribuição, sobretudo em capacidade inovativas para criar novas técnicas e ferramentas. Esta mudança tecnológica deverá ser capaz de aumentar a resiliência dos sistemas de distribuição, oferecendo segurança à inserção dos recursos energéticos distribuídos. Diante da necessidade de obtenção de novas tecnologias capazes de lidar com os desafios da transição energética, o objetivo central desta tese é analisar a prontidão do segmento de distribuição brasileiro em responder a estes novos desafios inovativos. A hipótese principal deste trabalho é que o segmento distribuição elétrico brasileiro ainda não estaria pronto para responder aos desafios inovativos inerentes à transição energética de uma forma geral. Tendo em conta a heterogeneidade entre as empresas, a respostas aos desafios inovativos não ocorreria uniformemente. Espera-se que os maiores grupos econômicos do país tenham melhores condições de preparar suas concessões neste desafio tecnológico, seja por características do seu mercado ou pelo nível de capacidades dinâmicas que elas conseguiram construir. Para testar essa hipótese utilizou-se do framework metodológico de análise da teoria evolucionária, buscando analisar a influência do comportamento das empresas na evolução do mercado de distribuição. O problema de pesquisa é analisado em três etapas: primeiro, partindo de uma perspectiva consolidada de mercado, compara-se o estágio de pesquisa alcançado pelo PROP&D com o programa inglês LCNF, assim como o seu avanço tecnológico nos últimos anos. Na segunda etapa, investiga-se o padrão de alocação de recursos dos grupos econômicos em projetos de pesquisa do PROP&D. Na terceira etapa, mapeia-se as rotinas de alto nível das empresas, estabelecendo conexões com o que foi observado na alocação de recursos. Os resultados do estudo apontam para uma evolução consolidada do segmento aquém do esperado, isso porque os grupos econômicos multinacionais têm conseguido avançar em direção de inovações mais maduras ou prontas para mercado, enquanto as empresas privadas individuais estão estagnadas em projetos de tecnologia básica. Este trabalho concluiu que o segmento está se desenvolvendo de forma heterogênea em resposta às severas exigências da transição energética.

**Palavras-chave:** Distribuição Elétrica, Transição Energética, Inovação, Capacidades Dinâmicas, Sistema Nacional de Inovação

## ABSTRACT

The diffusion of distributed energy resources—demand response, distributed generation, batteries, and electric vehicles—has significantly changed the dynamics of the sector. This change necessitates developing new skills to address these substantial challenges for distribution systems, especially in building innovative capacities to create new techniques and tools. We expect this technological shift to enhance the resilience of distribution systems, providing security for the integration of distributed energy resources (DERs). To address the need for acquiring recent technologies capable of dealing with the challenges of the energy transition, the central objective of this thesis is to analyze how the Brazilian distribution segment is ready to respond to these new innovative challenges. We hypothesize that the Brazilian electric distribution sector may not be ready to comprehensively address the innovative challenges inherent in the energy transition. Considering the heterogeneity among companies, responses to innovative challenges will not occur uniformly. We anticipate that the largest economic groups in the country will be better positioned to prepare their concessions for this technological challenge, either due to market characteristics or the level of dynamic capabilities they have managed to build. To evaluate this hypothesis, we used the methodological framework of evolutionary theory analysis, aiming to analyze how company behavior influences the evolution of the distribution market. We analyzed the research problem in three stages. First, from a consolidated market perspective, we compared the research stage achieved by the Research, Development, and Demonstration Program (RD&D) with the UK's Low Carbon Network Fund (LCNF), along with its technological advancement in recent years. In the second stage, we investigated the resource allocation pattern of economic groups in RD&D projects. In the third stage, we mapped the high-level routines of companies, establishing connections with what we observed in resource allocation. The study's results indicate a consolidated evolution of the segment below expectations because multinational economic groups have managed to advance toward more mature or market-ready innovations, while individual private companies are stagnant in basic technology projects. We conclude that the segment is developing heterogeneously in response to the severe demands of the energy transition.

**Keywords:** Electrical Distribution, Energy Transition, Innovation, Dynamic Capabilities, National Innovation System

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Segmentos do Setor Elétrico .....	49
Figura 2 - Desenho Institucional do Setor Elétrico Brasileiro.....	50
Figura 3 - Empresas de distribuição do Brasil.....	56
Figura 4 - Investimento Realizados e Projetados por Concessionaria de distribuição .	57
Figura 5 - Investimento Realizados e Projetados em melhoria por Concessionaria de distribuição .....	58
Figura 6 - Trajetória do Price Cap .....	60
Figura 7 - Exemplos de Tecnologias com Impactos na Distribuição Elétrica.....	78
Figura 8 - Investimentos em redes de distribuição e transmissão no mundo .....	79
Figura 9 - Evolução da teoria sobre inovação .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 10 -Subsistemas de SNI na perspectiva restrita e ampla	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 11 - Políticas Implícitas e Explícitas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 12 - Status dos Projetos de P&D carregados pela ANEEL por Ano de Carregamento, em Milhões de Reais .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 13 – Gráfico utilização de outros programas de apoio do governo para iniciativas de inovação e P&D.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 14 – Gráfico Origem do Recurso Vs. Tipo de Atividade Inovativa.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 15 – Objetivo das Empresas com a Proposição dos Projetos	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 16 - Fatores que dificultam as atividades de P&D e inovação (Respostas só de gestores de P&D).....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 17 - Obstáculos à implementação das Inovações	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 18 – Grau de importância da área de P&D e inovação dentro da organização .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 19 - Tipos de Capacidades Dinâmicas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 20 – Características relacionadas à detecção (Sensing)	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 21 - Características relacionadas à detecção (Seizing)	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

Figura 22 - Características relacionadas à transformar (transforming)**Erro! Indicador não definido.**

Figura 23 - Capacidades para transição em direção a um modelo de negócios digital e baseado em plataforma ..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 24 - Quadro dos direcionadores das Políticas de P&D do LCNF ..... 85

Figura 25 – Quadro dos direcionadores do PROP&D..... 85

Figura 26 - Quadro Tecnologias para Atividades de Distribuição ..... 86

Figura 27 – Quadro da Cadeia de Inovação ANEEL..... 87

Figura 28 - Gráfico da Proporção de Projetos por Direcionadores de Política – PROP&D\_T1 Vs. LCNF ..... 89

Figura 29 - Gráfico da Proporção de projeto por Atividades de Operação da Rede - PROP&D\_T1 Vs. LCNF ..... 90

Figura 30 - Gráfico de Proporção de Projetos por Direcionadores de Política – PROP&D\_T1 Vs. PROP&D\_T2..... 92

Figura 31 - Gráfico de Proporção de Projetos por Atividades de Planejamento e Design da Rede - PROP&D\_T1 Vs. PROP&D\_T2..... 93

Figura 32 - Gráfico da Cadeia de Inovação dos Projetos PROP&Dt1 ..... 94

Figura 33 - Gráfico da Cadeia de Inovação dos Projetos PROP&Dt2 ..... 95

Figura 34 – Composição de Bases de Dados Utilizadas..... 98

Figura 35 – Gráfico com Limpeza da Base de Dados ..... 99

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Investimentos Planejados entre 2023 e 2026 em Rede de distribuição .....	57
Tabela 2 - Estudos Sobre Impactos Financeiros e Econômicos .....	64
Tabela 3 - Investimentos em projetos concluídos e em andamento	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 4 - Estatísticas Descritivas da Base de Dados Analisada.....	83
Tabela 5 – Grupos de ponderação a partir da base de projetos ANEEL .....	88
Tabela 6 – Estatísticas Descritivas da Base Consolidada – Principais Variáveis Estudadas .....	100
Tabela 7 – Parâmetros gerais para tipo de inovação e empresa.....	104
Tabela 8 – Escolhas alocativas gerais das empresas privadas e públicas .....	106
Tabela 9 - Escolhas alocativas gerais das classes de empresas .....	107
Tabela 10 – Escolhas alocativas gerais dos grupos econômicos - Multinacionais ...	108
Tabela 11 - Escolhas alocativas gerais dos grupos econômicos – Privadas e Públicas .....	109
Tabela 12 – Abertura do Investimento Total entre Tipo de Tecnologia e Tipo de Empresa (R\$ mil) .....	111
Tabela 13 – Abertura das Escolhas alocativas de Investimento das empresas privadas e públicas (R\$ mil) .....	113
Tabela 14 - Abertura das Escolhas Alocativas de Investimentos para as Classes de Empresas (R\$ mil).....	115
Tabela 15 - Abertura das Escolhas de Investimento para os Grupos Econômico – Multinacionais (R\$ mil) .....	116
Tabela 16 - Abertura das Escolhas de Investimento para os Grupos Econômico – Públicas e Privadas Nacionais (R\$ mil) .....	118
Tabela 17 - Alocações de Equipe entre Tipo de Tecnologia e Tipo de Empresa .....	121
Tabela 18 - Escolhas alocativas de Equipe das empresas privadas e públicas .....	122
Tabela 19 - Alocações de Equipe para as Classes de Empresas .....	123
Tabela 20 - Alocações de Equipe por Grupo Econômico - Multinacionais .....	124
Tabela 21 - Alocações de Equipe por Grupo Econômico – Públicas e Privadas Nacionais .....	125
Tabela 22 - Diferenças Gerais entre empresas Multinacionais e Demais Empresas ..	127

Tabela 23 - Diferenças em Tipo de Investimento entre empresas Multinacionais e Demais Empresas (Públicas e Grupos Nacionais).....	128
Tabela 24 – Diferença em Composição de Equipes Entre Multinacionais e Demais Empresas (Públicas e Grupos Nacionais).....	129
Tabela 25 – Entrevistados.....	133

## LISTA DE SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
AMPERE	Avaliação Multiatributo de Portfólio de PDI de Empresas de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEV	Battery Electric Vehicles
CAPEX	Capital Expenditure
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EVA	Earnings Value Added
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico
GD	Geração Distribuída
GEMulti1	Grupo Econômico Multinacional 1
GEMulti2	Grupo Econômico Multinacional 2
GEMulti3	Grupo Econômico Multinacional 3
GEN1	Grupo Econômico Nacional 1
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFI	Innovation Funding Incentive
IPCA	Índice de preços ao consumidor
LCNF	Low Carbon Network Fund
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
MC	Material de Consumo
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Material Permanente
NIC	Network Innovation Competition
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OD	Outras Despesas
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
OPEX	Operational Expenditure
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PB1	Pública 1
PDD	Plano de Desenvolvimento da Distribuição
PDI	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PEQuI	Plano Estratégico Quadrienal de Inovação
PLD	Preço de Liquidação Diária
PROP&D	Programa de Pesquisa e Desenvolvimento
PROPDI	Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PV1	Privada 1
RH	Recursos Humanos

RIIO	Revenue = Incentives + Innovation + Outputs
ROE	Return on Equity
ROIC	Return on capital
ROL	Retorno Operacional Líquido
RPZ	Registered Power Zones
SAC	serviços de atendimento ao consumidor
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Integrado Nacional
SNI	Sistema Nacional de Inovação
ST	Serviço de Terceiros
TOTEX	Total Expenditure
V2G	Vehicle-to-grid
VD	Viagens e Diárias
VEs	Veículo Elétrico

## SUMÁRIO

Introdução .....	18
1 Apresentação do setor elétrico no Brasil.....	23
1.1 Estrutura Institucional do Setor Elétrico.....	50
1.2 Segmento de Distribuição Elétrica .....	54
1.2.1 Composição do segmento .....	55
1.2.2 Marco regulatório.....	59
1.2.2.1 Regulação Tarifária.....	61
1.2.3 Desempenho Financeiro.....	63
1.3 Impactos e desafios da transição energética e os 3Ds.....	76
2 O retrato da inovação na distribuição elétrica .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.1 A inovação como um fenômeno sistêmico .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2 Sistema de inovação na distribuição elétrica ...	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.1 A experiência britânica .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.2 Regulação de Inovação - PROP&D .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.2.1 A experiência nacional no âmbito do PROP&D	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.2.2 Condicionantes para projetos de P&D no Âmbito do PROP&D.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.2.3 Crítica dos resultados alcançados pelo PROP&D	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.3 Reforma da Política de inovação no SEB – O PROPDI	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3 Capacidades dinâmicas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.1 Gestão Estratégica das Capacidades Dinâmicas	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.2 Hierarquização das Rotinas.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

2.3.3	Eixos Temáticos das capacidades dinâmicas	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.1	Detecção ( <i>Seising</i> ).....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.1.1	Processos para direcionar P&D interno e selecionar novas tecnologias	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.1.2	Processos para aproveitar a inovação do fornecedor e do complementador	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.1.3	Processos para explorar desenvolvimentos em ciência e tecnologia exógena.	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.1.4	Processos para identificar segmentos de mercado-alvo, mudanças nas necessidades do cliente e inovação do cliente .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.2	Captura ( <i>Seizing</i> ).....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.2.1	Delineamento da solução do cliente e o modelo de negócios.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.2.2	Selecionando os limites da empresa para Gerenciar Complementos e “Controlar” plataformas .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.2.3	Construir Lealdade e Compromisso.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.2.4	Seleção de protocolos de tomada de decisão	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.3	Transformação ( <i>Transforming</i> ).....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.3.1	Descentralização e quase decomponibilidade	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.3.2	Coespecialização .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.3.3	Gestão do conhecimento .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.3.3.4	Governança .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3.4	Impacto das capacidades dinâmicas na distribuição elétrica .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3	Evolução das Tecnologias Pesquisada no PROP&D .....	80
3.1	Análise da base de dados .....	81

3.2	Metodologia .....	84
3.2.1	Construção da estrutura de análise .....	84
3.2.2	Regras de mensuração das escolhas tecnológicas .....	86
3.2.3	Diretrizes dos cenários de comparação .....	87
3.3	Resultados .....	89
3.3.1	Comparação internacional entre LCNF e PROP&Dt1 .....	89
3.3.2	Evolução das escolhas do PROP&D (2010-2015 Vs. 2015-2020).....	91
3.3.2.1	Evolução de tipos de tecnologias .....	91
3.3.2.2	Evolução na maturidade das tecnologias pesquisadas .....	93
3.4	Conclusões parciais e contribuições regulatórias .....	95
4	Análise da alocação de recursos.....	97
4.1	Análise da base de dados .....	97
4.2	Metodologia .....	101
4.2.1	O teste t Student .....	101
4.2.2	Criação de variáveis .....	103
4.3	Resultados .....	103
4.3.1	Alocação Geral.....	104
4.3.1.1	Agrupamento por Tipo de Empresa .....	104
4.3.1.2	Agrupamento por Classe de empresa.....	106
4.3.1.3	Agrupamento por Grupo econômico.....	108
4.3.2	Alocação de Investimento .....	110
4.3.2.1	Agrupamento por Tipo de Empresa .....	110
4.3.2.2	Agrupamento por Classe Empresarial.....	114
4.3.2.3	Agrupamento por Grupo Econômico .....	116
4.3.3	Alocação de Equipe .....	120
4.3.3.1	Agrupamento por Tipo de Empresa .....	121
4.3.3.2	Agrupamento por Classe Empresarial.....	123

4.3.3.3	Agrupamento por Grupo Econômico .....	124
4.3.4	Diferenças produzidas entre empresas tipo de empresas .....	126
4.3.4.1	Alocação Geral.....	127
4.3.4.2	Alocação de Investimento .....	127
4.3.4.3	Alocação de Equipes .....	129
4.4	Conclusões Parciais .....	130
5	Análise das Capacidade Dinâmicas.....	132
5.1	Metodologia .....	132
5.2	Resultados .....	135
5.2.1	Visão sobre as transformações na distribuição elétrica fruto das novas tecnologias da transição energética .....	136
5.2.2	Rotinas empresariais utilizadas pela empresa para realizar o mapeamento de tecnologias - Detecção (Sensing).....	138
5.2.2.1	Rotinas para direcionar P&D interno e selecionar novas tecnologias .	138
5.2.2.2	Rotinas para aproveitar a inovação do fornecedor e do complementar	139
5.2.2.3	Rotinas para explorar desenvolvimentos em ciência e tecnologia exógena	140
5.2.2.4	Rotinas para identificar segmentos de mercado-alvo, mudanças nas necessidades do cliente e inovação do cliente .....	142
5.2.3	Rotinas para decisão sobre tecnologias a serem priorizadas no portfólio de projetos - Captura ( <i>Seizing</i> ) .....	143
5.2.3.1	Seleção de protocolos de tomada de decisão .....	143
5.2.3.2	Delineamento da solução do cliente e o modelo de negócios.....	144
5.2.3.3	Selecionando os limites da empresa para Gerenciar Complementos e “Controlar” plataformas .....	144
5.2.3.4	Construir Lealdade e Compromisso.....	145
5.2.4	Rotinas para aproveitamento no grupo empresarial dos desenvolvimentos tecnológicos alcançados nos projetos – Transformação ( <i>Transforming</i> ) .....	146

5.2.4.1	Descentralização e quase decomponibilidade.....	146
5.2.4.2	Coespecialização.....	148
5.2.4.3	Gestão do conhecimento.....	148
5.2.4.4	Governança.....	150
5.3	Conclusões Parciais.....	152
6	Conclusões.....	154
	Referências:.....	157
	Anexo I – Testes Estatísticos (tecnologia e tipo de empresa independentes).....	168
	Anexo II – Testes Estatísticos (tecnologia condicionado ao tipo de empresa).....	169
	Anexo III – Testes Estatísticos (tecnologia condicionado à classe empresarial).....	170
	Anexo IV – Testes Estatísticos (tecnologia condicionado à classe empresarial).....	171
	Anexo V – Grupos Econômicos.....	172
	Anexo VI - Grupos Econômicos 2023.....	173
	Anexo VII – Variáveis criadas.....	174

## Introdução

Por décadas, a indústria elétrica dialogou com um mesmo paradigma tecnológico. Este paradigma estava pautado pelas redes unidirecionais, geração centralizada, comunicação e automação limitadas e um consumidor passivo (com reduzido poder de respostas aos estímulos econômicos). Entretanto, com a difusão dos recursos energéticos distribuídos (REDs) – resposta da demanda, geração distribuída (GD), baterias e os veículos elétricos (VEs) – têm acarretado mudanças significativas na dinâmica do setor (Pilo et al., 2013).

Nesta perspectiva, os chamados “3Ds” da transição energética têm sido utilizados para agrupar as transformações no setor elétrico em três grandes direcionadores tecnológicos (Di Silvestre et. Al., 2018). Apesar de serem três eixos distintos, a descarbonização, descentralização e digitalização, possuem grande dependência entre si e demonstram grande potencial conjunto de ruptura tecnológica no setor elétrico. Um exemplo é a mudança da relação do consumidor de energia elétrica com o setor, onde este tem adquirido um papel cada vez mais ativo ao ser capaz de exercer suas preferências no consumo elétrico, mediante deslocamento de consumo de acordo com os sinais de preço horário e/ou pelo uso de GD (Rossetto e Reif, 2021).

Cabe destacar que o desenvolvimento tecnológico em cada um dos “Ds” irá transformar a distribuição elétrica, exigindo novas habilidades das empresas (Lockwood, 2016; Pereira, Da Silva e Cerqueira, 2020). Portanto, neste novo paradigma tecnológico as concessionárias de distribuição precisarão lidar com a complexidade imposta pelas novas ligações de GD, aumento de carga mediante instalação de eletropostos rápidos e super-rápidos, assim como, com o surgimento dos riscos relacionados à cibersegurança. Todas essas modificações têm impacto direto no aumento da complexidade da gestão da infraestrutura de distribuição elétrica (Ruester et al, 2014), que demandam um elevado nível de esforço de inovação tecnológica (Johansson, Vendel e Nuur, 2020).

Para lidar com este eminente salto de complexidade, esforços inovativos são necessários no objetivo de criar novas técnicas e ferramentas. Esta mudança tecnológica deverá ser capaz de aumentar a resiliência dos sistemas de distribuição, oferecendo segurança à inserção das REDs. Caso contrário, os usuários do serviço de distribuição poderão ficar expostos a falhas gerais, tais como interrupções no fornecimento e aumento das fraudes (Ruester et al, 2014).

Se por um lado os 3Ds trazem grandes desafios e oportunidades diante de quebras de paradigma nos padrões de uso das redes (Rossetto e Reif, 2021), por outro, este salto tecnológico pode a ser atravancado pela atual característica inovativa da indústria elétrica. Após

as reformas liberalizantes e implementação dos modelos regulatórios por incentivo, o setor elétrico se tornou ainda menos inovativo que outrora (Dooley, 1998). Portanto, a promoção de programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) se tornou uma saída regulatória para que as empresas do setor elétrico, tais como as concessionárias de distribuição, pudessem produzir as inovações necessárias (Frame et al., 2018).

Diante da ruptura de paradigma representada pelos 3Ds, os formuladores de políticas têm buscado aperfeiçoar seus programas de incentivo à pesquisa e desenvolvimento (P&D). Neste quesito, destaca-se o framework da regulação britânica, que utiliza mecanismos de competição para definir quais empresas terão seus projetos financiados pelo programa. Segundo Frame et al. (2018), esta prática foi capaz de aumentar o grau de inovação das concessionárias de distribuição, porém o nível geral de disruptividade ainda se situou em um patamar inferior ao desejado pela política.

Numa perspectiva microfundamentada, alguns estudos (Sköld; Fornstedt e Lindahl, 2018; Johansson; Vendel e Nuur, 2020; Idries; Krogstie e Rajasekharan, 2022) tem analisado as capacidades dinâmicas das empresas da indústria elétrica. Neles explica-se o desempenho de algumas empresas a partir das suas rotinas, especialmente as de alto nível. Rotinas estas que são características de mercados com alto grau de inovação.

No caso brasileiro, o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica (PROP&D) não parece ter sido capaz de proporcionar os estímulos adequados para que as empresas pudessem promover soluções tecnológicas inovadoras (Cabello e Pompermeyer, 2011; Castro *et al.*, 2020). Ambos os trabalhos advogam que o PROP&D não apresenta uma visão sistêmica, em que os processos inovativos seriam frutos de um aprendizado iterativo. Em decorrência desse fato, observa-se o predomínio de inovações incrementais, que normalmente são realizadas em campos tecnológicos já consolidados (Maestrini e Mejdalani, 2020).

Diante da necessidade de obtenção de novas tecnologias capazes de lidar com os desafios da transição energética, o objetivo central desta tese é: analisar a prontidão do segmento de distribuição brasileiro em responder a estes novos desafios inovativos. Para atingir o objetivo central, são propostos os três objetivos específicos abaixo:

- I. Analisar a evolução das plataformas tecnológicas pesquisadas nos projetos de PDI realizados pelo segmento de distribuição no âmbito do PROP&D;
- II. Analisar a estratégia de alocação de recursos dos grupos empresariais de distribuição, quando passam a pesquisar em plataformas tecnológicas mais maduras;

- III. Mapear as rotinas de alto nível inerentes ao processo de inovação das distribuidoras de energia elétrica brasileiras.

A hipótese central desta tese é que o segmento distribuição elétrico brasileiro ainda não estaria pronto para responder aos desafios inovativos inerentes à transição energética de uma forma geral. Tendo em conta a heterogeneidade entre as empresas, a respostas aos desafios inovativos não deverá ocorrer uniformemente. Espera-se que os maiores grupos econômicos do país tenham melhores condições de preparar suas concessões para este desafio tecnológico, seja por características do seu mercado ou pelo nível de capacidades dinâmicas que elas conseguiram construir.

As três hipóteses específicas são:

- I. O segmento de distribuição não teria conseguido acompanhar a evolução dos novos desafios oriundos da transição energética. Espera-se observar um atraso no avanço das plataformas tecnológicas pesquisadas em relação à Inglaterra, assim como uma mudança muito tímida nos últimos anos.
- II. Dada a tendência do setor elétrico em inovar a partir da aquisição de tecnologias, ao ampliar o escopo de análise ao nível dos grupos econômicos, imagina-se que exista uma relativa homogeneidade nas estratégias de alocação de recursos quando as empresas passam a pesquisar em plataformas tecnológicas mais maduras.
- III. Em uma análise microfundamentada dos grupos econômicos de distribuição elétrica, dada a diferenciação encontrada no grupo econômico das multinacionais, espera-se identificar as rotinas de alto nível envolvidas no processo inovativo destas empresas.

Ao testar as hipóteses supracitadas, este trabalho oferece contribuições para o desenvolvimento da agenda de pesquisa econômica industrial. Especificamente, destacam-se as contribuições na fronteira de conhecimento na teoria da regulação econômica em mercados de monopólios naturais e teoria econômica evolucionária. Neste ponto, inclusive, destaca-se a convergência da agenda evolucionária sobre os impactos de políticas governamentais em setores industriais (Nelson, 2020) e da regulatória sobre os impactos das reformas liberalizantes dos anos 90 (Jamasp e Pollitt, 2007; Jamasp e Pollitt. 2011) e impactos dos estímulos a inovação no setor de elétrico (Cambini *et al.*, 2016; Jamasp e Pollitt. 2015; Jamasp *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2023).

Sobre o primeiro ponto, destacam-se as principais contribuições deste estudo que estão centradas no aprofundamento do diagnóstico da origem dos resultados inovativos do PROP&D apresentados previamente (Cabello e Pompermeyer, 2011; Castro *et al.*, 2018; Maestrini e Mejdalani, 2020). Vale ressaltar que esta agenda de pesquisa regulatória possui um caráter mundial, onde a comparação internacional realizada do capítulo 3 atende a sugestão de futuros estudos apresentados por Frama *et al.*, (2018).

Em relação a contribuição para a teoria evolucionária, destaca-se a demonstração dos impactos das incertezas que cercam os processos inovativos (Kupfer e Hasenclever, 2013). Dentro das áreas de estudo de hábito e rotinas e Sistemas de Inovação (Robert e Yoguel, 2016), demonstra-se o caráter generalista combinado com o poder de tratar especificidades dos *frameworks* de Sistema Nacional de Inovação (Freeman, 2004) e Capacidades Dinâmicas (Teece, Pisano e Shuen, 1997). Mais especificamente, este estudo deixa claro o poder de mapear as heterogeneidades nos comportamentos das empresas (Nelson, 2008 e 2020), sobretudo em mercados regulados de distribuição elétrica.

Neste sentido, o problema de pesquisa será examinado em três etapas: primeiro, partindo de uma perspectiva consolidada de mercado, compara-se o estágio de pesquisa alcançado pelo PROP&D com o programa inglês LCNF, assim como o seu avanço tecnológico nos últimos anos. Na segunda etapa, investiga-se o padrão de alocação de recursos dos grupos econômicos nos projetos de P&D. Por fim, mapeia-se as rotinas de alto nível das empresas, estabelecendo conexões com o que foi observado na alocação de recursos.

Por fim, a justificativa para o estudo pode ser pautada em três importantes frentes: o desenvolvimento econômico do país através do aumento de sua produtividade, a alocação eficiente dos recursos dentro da indústria elétrica e a contribuição do setor elétrico para a diminuição de emissões dos gases de efeito estufa.

O desenvolvimento de um país passa pelo desenvolvimento de sua indústria e da competitividade desta no cenário mundial. Neste sentido, o desenvolvimento das novas tecnologias elétricas tem a capacidade de dirimir gargalos e promover um salto de eficiência do setor elétrico e, conseqüentemente, dos setores que utilizam a energia elétrica como insumo (Vu e Hartley, 2022). Este círculo virtuoso podendo impactar diretamente na produtividade e competição internacional do país.

Em um cenário de análise mais micro, o desenvolvimento das novas tecnologias permite que a indústria elétrica trabalhe com uma alocação mais eficiente dos recursos. Um exemplo disso é a tecnologia de resposta da demanda, onde o consumidor passa consumir os serviços elétricos reagindo aos estímulos econômicos de preço horário. Este impacto poderia ser sentido

em todo setor, diminuindo a necessidade de investimentos em expansão do sistema, ou mesmo sendo mais custo-eficiente (Davarzani *et al.*, 2021).

Por fim, argumenta-se em favor da contribuição do setor elétrico na diminuição das emissões do país. Ainda que, no Brasil, o setor de energia não seja o maior emissor de gases do efeito estufa, o papel do setor energético dentro do compromisso de reduções em emissões é muito grande, principalmente num cenário de difusão da mobilidade elétrica (Lima *et al.*, 2020).

Esta tese está organizada em seis capítulos, adicionais a esta introdução. No primeiro é realizada a revisão teórica sobre inovação, enquanto no segundo apresenta-se detalhadamente o setor elétrico brasileiro e o segmento de distribuição. No terceiro capítulo, realiza-se um estudo setorial de comparação internacional entre o PROP&D e o LCNF, enquanto no quarto capítulo são analisados os padrões de alocação de investimentos nos projetos de P&D dos grupos econômicos de distribuição. No quinto capítulo, realiza-se uma análise microfundamentada das rotinas de alto nível dos grupos econômicos de distribuição. Para finalizar, no último capítulo são oferecidas as conclusões e recomendações regulatórias.

## 1. Revisão Teórica

Dentre os mercados regulados, os organizados em monopólios naturais tendem a apresentar mais dificuldades na dinâmica inovativa (Blind, 2012). Esta limitação foi observada ainda na década de 90 (Dooley, 1998), diante dos desdobramentos das reformas liberalizantes e utilização de mecanismos regulatórios por incentivos. Alguns anos mais tarde, reguladores se sensibilizaram para a necessidade de estimular o P&D dentro do setor elétrico e, no caso brasileiro, a ANEEL adicionou a terceira modalidade regulatória, a “promoção de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e eficiência energética”.

Neste capítulo elabora-se uma visão estruturada sobre a inovação focada no segmento de distribuição elétrica. Assim, primeiro busca-se contextualizar a visão sobre os processos de inovação numa perspectiva sistêmica, para, em seguida, examinar a experiência britânica e brasileira. Por último, trabalha-se uma visão microfundamentada através da análise das rotinas empresariais por meio do *framework* das capacidades dinâmicas.

### 1.1. A inovação como um fenômeno sistêmico

Ainda que, no bojo de sua literatura, Schumpeter verse sobre a centralidade da inovação no desenvolvimento econômico, é possível dizer que a noção de inovação não foi desenvolvida com profundidade em seus trabalhos (Cassiolato e Lastres, 2005).

Dentre as correntes que vigoraram até 1960, em que se entedia a inovação ocorrendo em estágios sucessivos e independentes, tem-se: o chamado *technology push*, que está alinhado com a visão de Schumpeter, e o *demand pull*, que surge em contraposição ao entendimento anterior, voltando-se para a identificação do entendimento das necessidades do mercado como motor para o esforço inovativo (Cassiolato e Lastres, 2005).

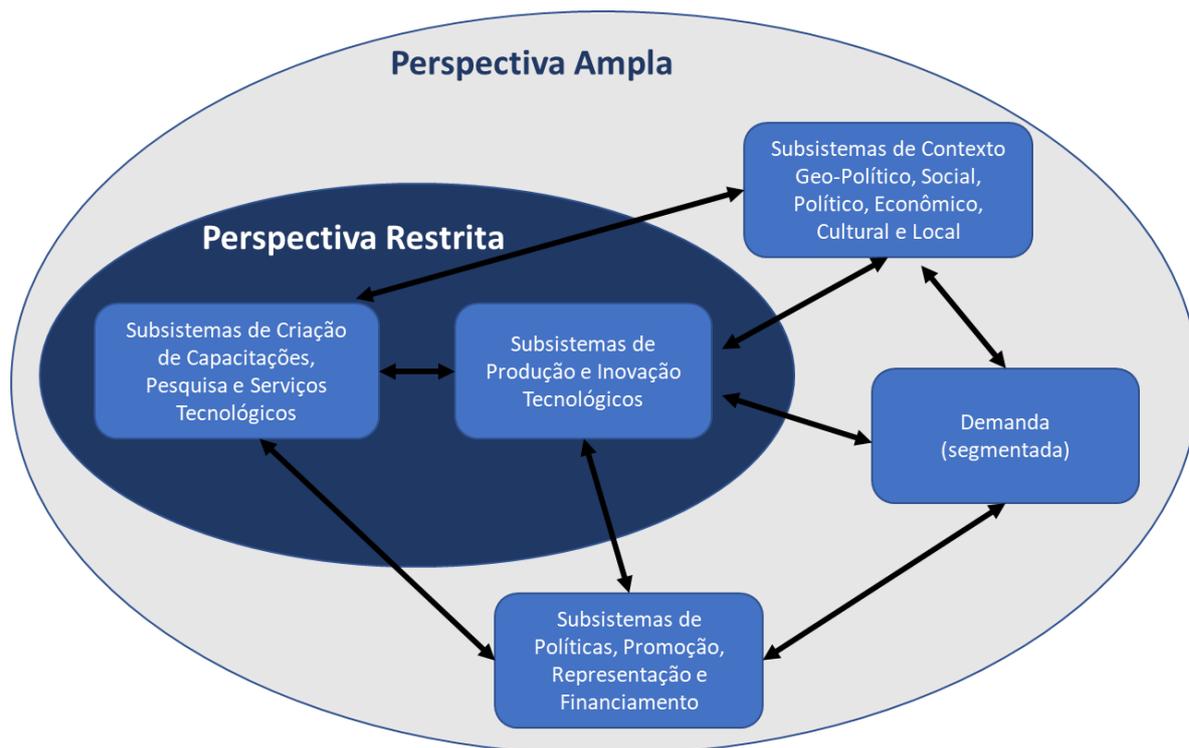
Entretanto, o estudo das forças inovativas tem um importante ponto de inflexão no final da década de 60, diante do projeto *Scientific Activity Predictor from Patterns with Heuristic Origins* (SAPPHO). Esforço conjunto de coordenação entre Freeman (SUSSEX), Nelson (YALE) e Rosenberg (Stanford), o projeto quebrou o paradigma da inovação como sendo um processo linear, desconstruindo a ideia de que a inovação estaria restrita a um processo de descobertas técnicos/científicos e criando o conceito de inovação por meio de um processo não linear (Szapiro, Mattos e Cassiolato, 2013). Em sua segunda fase, o projeto indica que algumas características no processo inovativo que poderiam ajudar a explicar o fracasso comercial das

inovações, tais como (Rothwell *et al.*, 1974): falta da utilização de processos interativos com os usuários no sentido de entender suas necessidades, assim como, a falta de parcerias para trocas de informação com redes externas de conhecimento.

Posteriormente, evoluiu-se para o chamado *path dependent*, que teve suas bases construídas a partir do modelo elo da cadeia (Kline e Rosenberg, 1986). Nele destacou-se a importância dos *feedbacks* de aprendizado entre marketing, produção e desenvolvimento e fontes internas e externas de aprendizado. A partir da década de 1970, ao se ampliar a noção sobre inovação, construiu-se a ideia de que esta não deveria ser encarada como um ato isolado, mas sim de complexas interações entre agentes.

No final da década de 1980 e início de 1990, emerge a ideia de “sistema de inovação”. O sistema de inovação pode ser definido como um conjunto de instituições distintas, que interagem com a finalidade de produzir/difundir/usar inovações e aprendizado em uma circunscrição, podendo ser territorial (um país ou região) ou um setor econômico (Cassiolato e Lastres, 2005). Assim, a inovação tem um caráter sistêmico e interativo, sendo composto por instituições de educação, financeiras, *policy makers*, instituições científicas, empresas e consumidores. Cada um destes interage por meio de um “mecanismo de acoplamento” (Freeman, 2004).

A análise do Sistema Nacional de Inovação (SNI) pode ser realizada por meio de duas perspectivas diferentes: a restrita e a ampla. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentados os subsistemas de SNI na perspectiva ampla e restrita.



**Figura 1 -Subsistemas de SNI na perspectiva restrita e ampla**  
 Fonte: Cassiolato e Lastres (2008)

Na perspectiva restrita o objeto de análise situa-se apenas nos chamados subsistemas de “criação de capacitações, pesquisa e serviços tecnológicos” e “produção e inovação tecnológica”, ambas organizações diretamente voltadas ao desenvolvimento científico e tecnológico. Enquanto na perspectiva ampla, incorpora-se os demais subsistemas, que correspondem a estrutura econômico-institucional que influenciam os processos de aprendizado e inovação.

A consequência do estabelecimento da visão ampla é de que a capacidade inovativa de um país, região ou setor é fruto das relações dos agentes econômicos, refletindo suas questões institucionais e culturais. Sobretudo, ressalta-se o papel das instituições responsáveis por regular, legislar e normatizar padrões técnicos-culturais-sociais (Castro *et al.*, 2020). Portanto, o caráter sistêmico advém desta teia interativa institucional necessária para se produzir inovações.

Neste contexto, ressalta-se que a inovação deixa de ser vista somente como resultado direto de atividades formais de P&D. A inovação passa a ser enxergada de modo ampliado, no sentido de dialogar com uma visão individualizada da empresa produzir seus bens/serviços. Pois, novas formas de produzir, mediante novas alocações de insumos, são vistas como

inovadoras, independentemente desta tecnologia já ser utilizada por eventuais concorrentes domésticos ou estrangeiros (Cassiolato *et al.*, 2013).

Outra importante contribuição da visão ampliada de inovação foi a incorporação do papel das políticas implícitas e explícitas sobre inovação explicado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**



**Figura 2 - Políticas Implícitas e Explícitas**  
Fonte: Elaboração Própria

Enquanto as políticas explícitas são aquelas formuladas e implementadas por meio de instrumentos específicos de fomento à inovação, as implícitas estão relacionadas as políticas com outros fins, mas que acabam influenciando indiretamente no processo de inovação. Conforme destaca (Cassiolato e Lastres, 2005), é condição fundamental considerar os impactos do arcabouço macroeconômico, político, institucional e financeiro específico do país. Em países em desenvolvimento, as políticas implícitas acabam travando o desenvolvimento das políticas explícitas (Herrera, 1971),

## 1.2. Capacidades dinâmicas

O surgimento do novo paradigma tecnológico no setor de distribuição elétrica tem impacto direto na complexidade das redes elétricas, sobretudo na quantidade de informações processadas (Idries; Krogstie e Rajasekharan, 2022). Um exemplo é a internet da energia (Wang *et al.*, 2017), que consiste na integração de sistemas de controle adaptativo, monitoramento em tempo real, medição inteligente e distribuição de energia.

Este redesenho tecnológico tem impacto direto nas tarefas diárias das empresas de distribuição, as quais deverão ser desafiadas a manterem processos contínuos de inovação em suas rotinas. Nestes termos, o framework analítico produzido pelo ramo da teoria evolucionária dedicada à análise dos hábitos e rotinas (Robert e Yoguel, 2016) tem muito a contribuir, especialmente ao que tange o estudo das capacidades dinâmicas. O grupo conceitual possui

foco nos processos de aprendizados no nível da empresa, partindo da construção de rotinas como forma de lidar com a racionalidade limitada dos agentes e incertezas do ambiente.

O uso das rotinas está associado à construção, por parte da firma, das melhores práticas na execução de suas atividades. Ao longo de sua história, a empresa cria uma memória com as melhores maneiras de executar suas atividades, o que diminui o nível de envolvimento gerencial a cada execução das tarefas. Ou seja, as rotinas automatizam e padronizam o processo produtivo da firma, “construindo blocos de capacidades organizacionais” (Dosi *et al.*, 2000; Winter, 2003).

Entretanto, as rotinas podem ser revistas mediante a detecção – por parte dos gestores – de alguma ineficiência associada à sua execução ou oportunidade de melhora. Tal iniciativa de aperfeiçoamento das rotinas pode ocorrer pela aplicação de práticas de sucesso à novos contextos, sejam elas fruto de observação interna ou externa à empresa. Esta prática podendo resultar em inovações, mediante experimentação de algo que ainda não havia sido utilizado (Nelson, 2020).

Se por um lado, a criação de processos é importante na propagação e conservação das melhores práticas da firma, por outro, eles possuem um potencial de engessar transformações. Por isso, as rotinas precisam incorporar um certo grau de flexibilidade, sendo capazes de lidar com cenários complexos e específicos, sem a necessidade de ajustes radicais. Em especial, ambientes caracterizados por mudanças contínuas e imprevisíveis exigem ainda mais da performance adaptativa da firma e das suas rotinas.

Conforme destaca Nelson (2020) sobre a teoria de Schumpeter, as firmas possuem a necessidade de inovar para sobreviver em “ambientes em desequilíbrios”. Portanto, nestes ambientes de profunda competição em inovações, as respostas necessárias não são previsíveis e precisam ser ágeis, requerendo capacidades empresariais diferentes daquelas desempenhadas nas rotinas básicas.

Neste ponto, vale destacar que o corpo de autores evolucionistas que trabalham mais no nível microeconômico do aprendizado advoga em favor de políticas industriais do tipo *bottom-up*. O desenvolvimento de políticas que invistam em aperfeiçoamento das habilidades individuais das firmas pode ser através do aprimoramento das capacidades dinâmicas dos agentes do setor e seus processos de aprendizagem (Robert e Yoguel, 2016).

A resposta das firmas aos ambientes complexos pode vir através dos desenvolvimentos das “capacidades dinâmicas” (Teece, Pisano e Shuen, 1997). Esta “habilidade” está associada à capacidade da firma em perceber rupturas no ambiente de negócio e, rapidamente, promover os ajustes necessários para lidar com a nova realidade. Winter (2003), descreve a capacidade

organizacional como sendo uma rotina de alto nível e as capacidades dinâmicas como aquelas que se preocupam com as mudanças. Zott (2003) observa que as capacidades dinâmicas modificam as capacidades da empresa, rotinas operacionais e nichos de recursos, o que afeta o desempenho da organização.

Em uma corrente teórica mais ligada à visão baseada em recursos, ela é vista como a capacidade da firma de promover ajustes intencionais na sua base de recursos (Helfat et al, 2009), sendo responsável por explicar as diferenças na criação, provisão e emprego de novos recursos e atividades de aprendizagem (Rahmeyer, 2010).

Embora exista algumas nuances no enquadramento da abordagem das capacidades dinâmicas, ora sendo vista como uma habilidade, ora com uma rotina, destaca-se o traço comum entre as abordagens, que é o impacto delas nas empresas. Teece et al., (2007) afirma que o *framework* das capacidades dinâmicas é reconhecido por autores identificados com a teoria comportamental da empresa, evolucionistas e pela abordagem baseada em recurso. O autor afirma que as empresas podem ser mais parecidas com organismos biológicos do que alguns economistas, gerentes e estudiosos da estratégia estão dispostos a admitir; mas também são mais maleáveis do que alguns teóricos organizacionais estão dispostos a reconhecer.

Com base na visão evolucionista identifica-se uma relação positiva entre capacidades dinâmicas e desempenho organizacional no longo prazo (Guo *et al.*, 2022). Sendo elas extremamente importantes em ambientes de grande transformação, como também possuindo importante papel em mercados mais estabilizados (Zahra et al, 2006). A posse das capacidades dinâmicas é valiosa em mercados com quatro características específicas no ambiente de negócio (Teece *et al.*, 2007):

- i. Abertura do ambiente de negócio ao comércio internacional, estando totalmente exposto às oportunidades/ameaças provocadas à acelerada mudança tecnológica;
- ii. O caráter sistêmico da mudança técnica. O que pressupõe combinação de inúmeras invenções objetivando a criação de produtos/serviços que atendam às necessidades do cliente;
- iii. Existência de mercados globais satisfatoriamente desenvolvidos para a troca de bens/serviços (componentes);
- iv. Possui mercados insatisfatoriamente desenvolvidos para troca de *know-how* tecnológico e gerencial.

Destaca-se que as capacidades dinâmicas abarcam diferentes capacidades de gestão dentro da empresa. Inclui-se atividades de desenvolvimento de produto/serviço, aprendizagem organizacional, estabelecimento/gestão de parcerias etc (Lawson & Samson, 2001). Outra importante característica é que elas podem ser encontradas em grande parte dos setores da economia global, assim como em setores de alta tecnologia.

### **1.2.1. Gestão Estratégica das Capacidades Dinâmicas**

Uma diferença marcante entre capacidades comuns e dinâmicas é a característica de idiocrasia desta última (Teece, 2023). Enquanto as capacidades comuns podem ser atualizadas mediante acesso a conhecimentos públicos ou licenciado, as capacidades dinâmicas de alto nível precisam ser construídas dentro da firma por meio da cognição gerencial (Adner e Helfat, 2003). Elas possuem forte influência da história e cultura da empresa, onde, geralmente, capacidades dinâmicas fortes estão ligadas às empresas com seu “exclusivo processo de assinatura” (Gratton e Ghoshal, 2005), que refletem seus valores.

Assim, ao ter uma gestão preocupada em nutrir tais capacidades mediante rupturas do ambiente de negócio, esse “processo de assinatura” pode se transformar em uma vantagem competitiva (Teece, 2023). Destaca-se aqui a necessidade do papel empreendedor da gestão (Teece, 2016), que significa que o corpo gerencial precisa se envolver nas construções estratégicas sobre tendências tecnológicas e mercados emergentes, assim como participar da criação/aperfeiçoamento de novos modelos de negócios e empreender ações de orquestramento dos ativos internos e externos a empresas. Teece et al. (2016) ainda faz referência ao papel dos conselhos de administração em garantir que os gerentes tenham “um olhar para frente”, capaz de lidar com as incertezas do ambiente de negócio. Em suma, a construção e gestão das capacidades dinâmicas devem ser elemento central da gestão estratégica da empresa (Strønen et al, 2017).

Se por um lado, especialistas externos têm capacidades de contribuir com elementos importantes para a construção das capacidades dinâmicas de uma empresa, por outro, o alinhamento com o histórico e cultura da empresa reforçam o caráter tácito da sua construção. Assim, a terceirização desta atividade não deve ocorrer (Teece, 2023). Portanto, a mobilização gerencial para a construção das capacidades dinâmicas passa por uma estratégia eficaz para gerar vantagem competitiva. Teece (2023) ainda destaca que as capacidades dinâmicas de uma firma podem ser ajustadas com a combinação de *insights* trazidos por novos gerentes e as rotinas e cultura de alto nível das empresas (que mudam mais lentamente).

É importante frisar que a resolução *ad hoc* de problemas não se configura numa capacidade. Assim como a adoção de ferramentas de melhores práticas não pode ser considerada uma capacidade dinâmica (Winter, 2003).

### **1.2.2. Hierarquização das Rotinas**

É importante destacar que a noção de capacidade dinâmica é relativa, pois dependerá do *core business* da empresa em questão. Neste ponto, faz-se necessário diferenciar as capacidades dinâmicas das capacidades comuns. Conforme destaca Winter (2003), as empresas possuem um nível zero de atividades, que é definido localmente. Tais atividades estão ligadas a atividade principal da empresa, como é o monitoramento da rede de distribuição para uma concessionária de distribuição elétrica. Entretanto, o desenvolvimento de ações de aperfeiçoamento dos sistemas de monitoramento é um exemplo de capacidade dinâmica de primeira ordem.

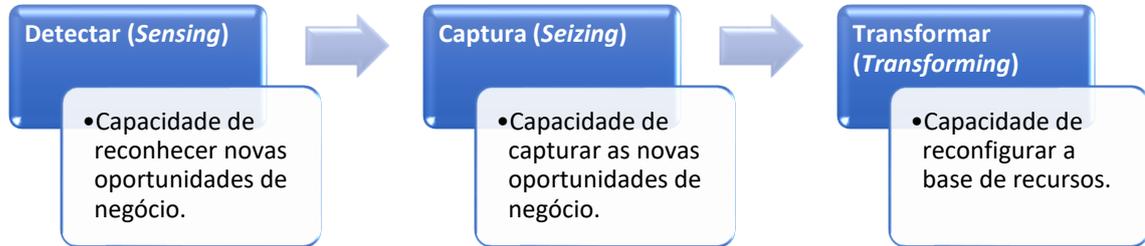
Analogamente, o desenvolvimento de um novo produto por um laboratório de P&D não se configura como um exemplo de capacidade dinâmica, mas sim de uma atividade nível zero. Afinal, a atividade fim do laboratório é desenvolver novos produtos. É importante salientar que as capacidades dinâmicas são rotinas de alto nível que auxiliam as empresas a criar, estender e ajustar suas capacidades de nível zero (Winter, 2003).

Espera-se que um conjunto circunscrito de empresas tenham disponibilidade de capacidades dinâmicas de níveis mais altos, aquelas atreladas a métodos disruptivos. Acontece que, a manutenção/desenvolvimento de certo nível de capacidade dinâmica incorre em custos, onde este será influenciado pelo nível de capacidade pretendida. Winter (2003) defende que o desenvolvimento de capacidades dinâmicas deve ser visto numa matriz de custo e benefícios, pois existem alguns condicionantes a serem levados em consideração, tal como: a possibilidade de os problemas poderem ser tratados com decisões pontuais (o que ele chama de “problemas *ad hoc*”). Por exemplo, essa solução seria mais indicada quando o benefício de a criação da capacidade dinâmica não superar os custos oriundos de oportunidades competitivas caras/escassas, em mercado saturados por inovações rivais.

### **1.2.3. Eixos Temáticos das capacidades dinâmicas**

Conforme expõe Teece (2007), as capacidades dinâmicas podem ser reunidas em três grupos distintos (Figura 3). Tais atividades são chave para as organizações e seus corpos

administrativos desejarem identificar as tendências tecnológicas para onde o mercado está se movendo (Teece, 2023).



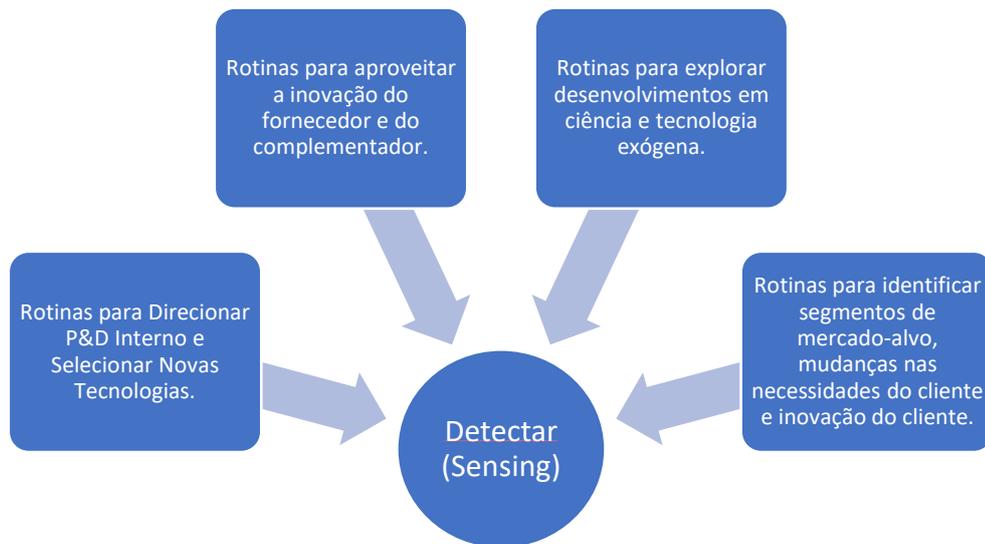
**Figura 3 - Tipos de Capacidades Dinâmicas**  
 Fonte: elaboração própria a partir de TEECE (2007)

O primeiro eixo refere-se à detecção, onde estão atividades ligadas à obtenção de informações do ambiente externo da firma, que podem ser analisar ações da concorrência ou mesmo resultados de desenvolvimentos em P&D. Em “captura” a empresa toma as atitudes para aproveitar as oportunidades, por exemplo delineando soluções para os clientes e modelo de negócio. Por último, tem-se a transformação, que reconfigura as rotinas da empresa, alterando a forma como se utiliza a base de recursos da empresa.

### 1.2.3.1. Detecção (Seising)

Para aproveitar as oportunidades criadas por um ambiente de negócio em transformação, primeiramente, uma empresa precisa desenvolver uma leitura completa do mercado. Necessidades dos consumidores, posicionamentos da concorrência, novas inovações tecnológicas, entre outros fatores, são informações valiosas que a empresa acompanhar para poder ter a chance de fazer os ajustes na sua oferta.

Deste modo, Teece *et al.*, (2007) desenvolveu um sistema analítico para analisar as capacidades dinâmicas capazes de proporcionar aprendizado, sensibilidade, filtragem, moldagem e calibragem das oportunidades (Figura 4).



**Figura 4 – Características relacionadas à detecção (Sensing)**  
 Fonte: Elaboração própria com informação de (Teece *et al.*, 2007)

Na figura estão elencadas características que microfundamentam as capacidades ligadas a detecção das oportunidades. Todas as características pressupõem a leitura do ambiente externo à empresa, ainda que “processos para direcionar P&D interno e selecionar novas tecnologias” também remeta a pesquisa interna. Por isso, chama-se a atenção para o conceito de inovação aberta, que amplifica a necessidade de relacionamento com o ecossistema de inovação. A prática da inovação aberta está associada a uma ampla base externa, que demandará esforços na busca e integração com o ecossistema.

Desta forma, a habilidade da gestão na hora de avaliar e inferir é muito importante. Ainda que circunscritos ao ecossistema, a complexidade na interpretação dos grandes fluxos de dados é um grande desafio e, quando não realizados da melhor forma, pode minimizar a relevância da informação gerada e o seu impacto nas decisões tomadas. Por exemplo, a informação pode chegar no local correto da tomada de decisão tarde demais. Por isso, confere-se grande importância para os mecanismos de coleta e filtragem das informações de mercado, competitivas e tecnológicas geradas dentro e fora da empresa.

Tendo em vista a escassez dos recursos empresariais, a alocação dos recursos de busca precisa ser bem ponderada. Possuir uma estratégia bem alinhada pode prevenir a perda de tempo com iniciativas que fogem do escopo pretendidas pela empresa, funcionando como um filtro e assim reduzindo o número de cenários para serem analisados. Por último, espera-se um impacto cognitivo dos colaboradores envolvidos na dinâmica, que deverá se desdobrar em ações mais

ágeis e com maior potencialidade de se transformar em maior segurança para a tomada de decisões.

Abaixo, são elencadas as quatro características das capacidades de detecção (*sensing*).

#### **1.2.3.1.1. Processos para direcionar P&D interno e selecionar novas tecnologias**

Em ambientes de negócio com ritmo acelerado de transformações, fruto de introdução de novos produtos de fontes externas, a busca realizada no escopo dos projetos de P&D não deveriam ser apenas locais. Embora tenha sua importância, a pesquisa local é apenas uma parte do trabalho, pois as empresas precisam ter um escopo de pesquisa que englobe o centro e a periferia do ecossistema ao qual está inserida (Teece et al., 2007).

#### **1.2.3.1.2. Processos para aproveitar a inovação do fornecedor e do complementar**

Mediante o desenvolvimento da inovação aberta, o uso das informações dos fornecedores e complementadores pode ter forte influência na trajetória de inovação. Conforme argumenta Teece et al., (2007), a busca não deve ser focada em inovações externas que ampliem o leque de possibilidades, mas também de combinar inovações para criar soluções eficientes capazes de atender os desejos dos clientes.

#### **1.2.3.1.3. Processos para explorar desenvolvimentos em ciência e tecnologia exógena.**

As funções de detecção externas devem estar enraizadas nas rotinas das empresas, não sendo uma expressão ou traço cognitivo de algum colaborador da empresa. Teece et al., (2007) argumenta que funções sensoriais, criativas e de aprendizagem precisam ter este cuidado, sob o risco de a empresa ficar vulnerável. Os autores ainda advogam que tais processos podem ser implementados para acompanhar os desenvolvimentos da ciência desenvolvida exogenamente, assim como para monitorar a atividade de concorrentes e mapear as necessidades dos clientes. As informações devem alimentar os departamentos pertinentes, promovendo discussão interna sobre as transformações tecnológicas e de mercado.

#### **1.2.3.1.4. Processos para identificar segmentos de mercado-alvo, mudanças nas necessidades do cliente e inovação do cliente**

O sucesso de uma inovação está condicionado ao nível de atenção conferida pelos desenvolvedores as necessidades dos potenciais clientes (Freeman, 1974). Portanto, é importante que a empresa cultive um canal de comunicação aberto com seus clientes, pelo qual poderá analisar o comportamento deles ao consumir seu produto/serviço. O usuário está dentre os primeiros a notar novas aplicações potenciais para os produtos, ao efetuar o uso em condições não imaginadas pelo fabricante.

#### **1.2.3.2. Captura (*Seizing*)**

Uma vez identificada a oportunidade, questiona-se “como” a empresa pode de fato aproveitá-la. Até que se tenha um design dominante, as possibilidades de investimentos são diversas, então permanecer flexível até se tenha maior segurança sobre um modelo dominante pode ser uma estratégia. Conforme argumenta Teece *et al.*, (2007), a empresa deveria selecionar ou criar um modelo de negócios específico para implementar sua estratégia de investimentos e comercialização.

O autor ainda menciona que o sucesso do empreendimento empresarial está associado tanto a inovação organizacional, quanto à seleção de novas tecnologia. Sendo isto uma realidade tanto no nível da empresa, quanto no nível do mercado (Nelson, 2005). As incumbentes podem ter sucesso na sua missão de permanecer competitiva no mercado, desde que demonstrem sensibilidade em identificar vieses em processos decisórios de investimentos. Um grupo de capacidades dinâmicas importantes relaciona-se com o empoderamento de gerentes, os quais podem ajustar itens disfuncionais das rotinas de alocação de recurso (Teece *et al.*, 2007).

Outros desafios sobre a administração dos processos internos da firma, os quais são responsáveis por capturar o conhecimento levantado pelas rotinas de alto nível em *Seising*, tais como: a administração de investimentos em ativos intangíveis coespecializados (Ex. conhecimento tecnológico exclusivo ou marcas registradas), desvios cognitivos na avaliação de estratégias ótimas, entre outros. Estes pontos fazem parte do conjunto de características das capacidades dinâmicas relacionadas a captura (*seizing*), conforme é apresentada na Figura 5.



**Figura 5 - Características relacionadas à detecção (Seizing)**  
 Fonte: Elaboração própria com informação de (Teece et al., 2007)

Assim como nas características de detecção, aqui são elencadas quatro características importantes para que o processo de captura das informações possa municiar o corpo gerencial na missão de avaliar e ajustar as rotinas ineficientes da firma.

#### **1.2.3.2.1. Delineamento da solução do cliente e o modelo de negócios**

A modelagem de negócio tem por objetivo criar uma representação de como a empresa irá interagir com os *stakeholders* no seu nicho de mercado. A ideia é que ela consiga gerar valor em sua oferta e capture este valor via comercialização dos seus produtos/serviços. Portanto, o modelo de negócio pode ser visto como a metodologia de como a empresa transforma uma ideia de produto/serviço em receita. Sendo assim, um modelo de negócio diferenciado pode trazer vantagem competitiva, o que poderia se transformar em renda ricardiana.

Entretanto, propor ou ajustar uma modelagem de negócio pode colocar o gestor em um lugar cercado de subjetividade. Tal subjetividade decorre da imprecisão dos dados e informações em revelar o futuro com precisão, ou seja, para projetar um modelo de negócio, a gestão deverá lançar mão de “palpites”, sob a forma de premissas, a respeito do futuro. O que o expõe ao risco do cenário imaginado não se materializar. Premissas essas que deverão abarcar questões envolvendo concorrência, clientes, complementadores, fornecedores e outros *stakeholders*.

Destaca-se que as chances de sucesso do modelo de negócio estão intimamente ligadas a compreensão aprofundada das necessidades do consumidor. A solução tecnológica deve possuir atributos valorizados pelo usuário, o que denota a necessidade de readequação da oferta mediante mudanças culturais e tecnológicas.

Por fim, vale ressaltar que virtudes em governança corporativa ou nas lideranças empresariais não logrará bons resultados em um negócio mal especificado. Este virtuosismo, no máximo, será capaz de gerar uma fração do valor potencial, e/ou poderá capturar parte do valor gerado.

#### **1.2.3.2.2. Selecionando os limites da empresa para Gerenciar Complementos e “Controlar” plataformas**

A definição dos limites empresariais tem impacto direto na modelagem de negócio. Aspectos como: criar limites para garantir os ganhos provenientes das tecnologias criadas, integração com parceiros dentro da cadeia produtiva, aquisição de tecnologias externas e terceirização de ativos e serviços.

Os limites da empresa precisam ser definidos no sentido de garantir que os frutos dos esforços inovativos realizados pela empresa a beneficie. Os elementos-chave são (Teece *et al.*, 2007):

- i. Regime de apropriabilidade, o que significa o nível de proteção legal e natural dado a inovação produzida;
- ii. A natureza dos ativos complementares que a empresa possui. Se são ou não coespecializados;
- iii. Posicionamento relativo em relação aos ativos complementares, por parte de inovadores e imitadores;
- iv. Fase da indústria, tendo como base o seu desenvolvimento no período pré ou pós *design* dominante.

Os limites da empresa também serão influenciados pela distribuição das capacidades na indústria. Neste caso, a integração da empresa no *downstream*, *upstream* e com outras empresas é conduzida no sentido da construção de capacidades, onde tal integração é uma função da heterogeneidade das capacidades das empresas. Nota-se também modificações no processo de construção destas capacidades em razão do escopo, como também a influência da inovação

sistêmica na integração da cadeia de valor, seja por questões de custo de transação ou por questões de capacidade (Teece, 1998).

No sentido de promover a integração da indústria é importante que as empresas, e seu corpo gerencial, não alimente preconceitos sobre a internalização de tecnologias exógenas. Muito pelo contrário, uma atuação ativa no intuito de promover acordos cooperativos com troca de conhecimento são importantíssimos, tanto para a atualização de habilidades quanto para o acúmulo no estoque de conhecimento (Branzei e Vertinsky, 2006).

Por último, vale destacar a importância da identificação e do controle dos pontos de estrangulamento da cadeia de valor da indústria em questão. Com isso, separar e terceirizar o que estiver em oferta competitiva torna-se uma excelente estratégia, onde a empresa poderá se especializar no pedaço da cadeia onde o valor de fato é gerado (Teece et al., 2007).

#### **1.2.3.2.3. Construir Lealdade e Compromisso**

Um bom gerenciamento tem impacto direto na lealdade e compromisso dos colaboradores para com os objetivos empresariais. Mediante a implementação de ações e comunicação eficientes, o comprometimento das equipes tende a aumentar, o que gera engajamento para implementação de inovações e aumento da eficiência. A lealdade é vista como “uma poderosa ferramenta altruísta” (Teece *et al.*, 2007) que canaliza os esforços dos colaboradores e modelos cognitivos que eles pensam sobre si. Este processo tem o poder de gerar uma identificação organizacional que tenderá impactar positivamente o desempenho da empresa.

#### **1.2.3.2.4. Seleção de protocolos de tomada de decisão**

Diante da subjetividade de cenários mercadológicos em rápida mutação, assim como o despreparo de gestores, erros em decisões empresariais é algo relativamente comum. Comportamentos como otimismo em excesso e aversão a risco são exemplos de comportamentos que podem levar a uma má avaliação de um cenário de investimento e, conseqüentemente a uma decisão errada. Por exemplo, a necessidade da execução de um grande investimento no desenvolvimento de uma nova tecnologia pode ser postergada, equivocadamente, mediante a insegurança de um gestor.

A implementação de uma abordagem cognitiva mais sofisticada e disciplinada pode proporcionar a superação de preconceitos no processo de tomada de decisões empresariais. Isto envolve mapear os incentivos dos decisores, as assimetrias de informação e o uso de parcerias com outras instituições para análise de dados de mercado e o enquadramento lógico do problema.

Cenários de rápidas transformações, os quais exigem importantes decisões sobre grandes investimentos pontuais, são mais difíceis de se lidar. Diferentemente de quando o investimento pode ser diluído em menores porções, com sua realização mediante múltiplos aportes. A simples possibilidade de se ter que corrigir o rumo dos investimentos torna o investimento pontual mais arriscado.

Por fim, ressalta-se a complexidade na tomada de decisões sobre os ativos intangíveis coespecializados. O cerne da questão está na impossibilidade de apartar as atividades em ambientes de rápida transformação, onde os retornos dos ativos coespecializados não podem ser bem repartidos (Teece *et al.*, 2007). Isto impacta no uso das ferramentas financeiras de fluxo de caixa, que por sua vez podem considerar um cenário não fidedigno. Portanto, os gerentes são obrigados a tomar decisões sob forte incerteza.

### **1.2.3.3. Transformação (*Transforming*)**

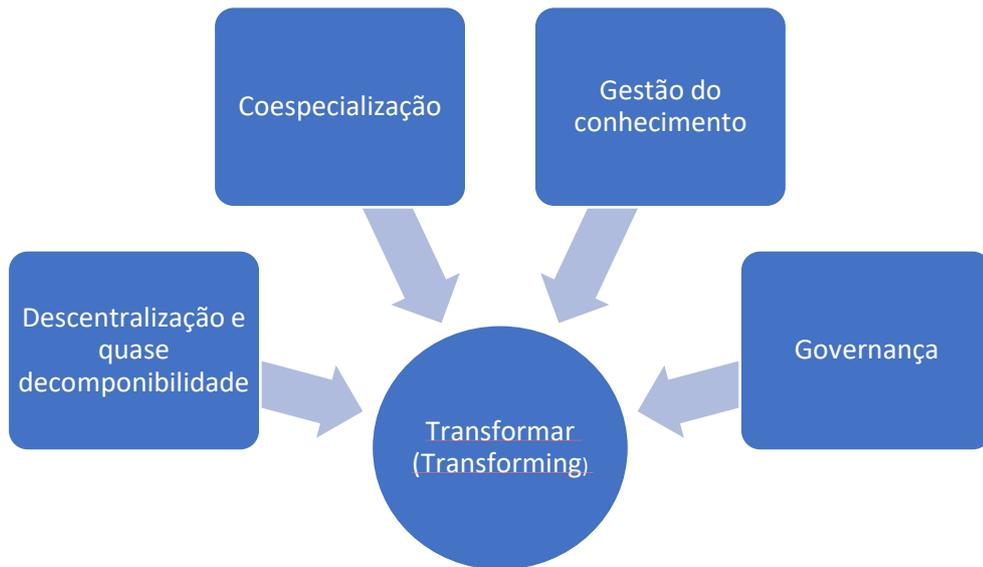
O sucesso na detecção e captura das novas tecnologias leva a um novo processo, que se trata da sua incorporação as rotinas atuantes na firma. Este processo de transformação é necessário em um movimento de crescimento sustentável da empresa e/ou ajustes no ambiente de negócio. Novamente, é preciso destacar a diferença deste movimento em mercados com processo de ruptura tecnológica, onde este processo pode ser mais difícil.

Diante de um mercado que se transforma paulatinamente, a firma pode se reconfigurar continuamente, sem descontinuação de rotinas abruptamente. Inversamente, movimentos intensos de mercado levam a empresa a movimentos de ajustes mais arriscados, com o troca de rotinas consolidadas por outras ainda pouco testadas, o que tem o poder de provocar grande insegurança entre os colaboradores. Assim, este tipo de movimento acaba sendo mais bem digerido em empresas que possuem uma cultura desenhada para a inovação, aceitando bem os ajustes das rotinas. Diminui-se assim a possibilidade do “viés de anticanibalização” (Teece, 2000).

Teece (2000) ainda destaca que os gerentes devem superar os limites cognitivos e vieses de enquadramento. Em função dos ativos estabelecidos pela firma, o autor argumenta que pode

ocorrer uma limitação na avaliação dos gestores sobre novas possibilidades de inovações disruptivas. A tendência é que eles foquem no desenvolvimento dos ativos estabelecidos e, assim, limitar os investimentos em novas plataformas tecnológicas, ainda que reconheçam as oportunidades.

Na Figura 6 apresenta-se as características das capacidades dinâmicas relacionadas as atividades de transformação:



**Figura 6 - Características relacionadas à transformar (transforming)**  
 Fonte: Elaboração própria com informação de (Teece et al., 2007)

Na etapa de transformação, as rotinas de alto nível podem ser divididas em quatro frentes (Teece, 2007): governança, descentralização e quase decomponibilidade, coespecialização e gestão do conhecimento.

#### **1.2.3.3.1. Descentralização e quase decomponibilidade**

Para ser capaz de responder as transformações de mercado e as necessidades dos clientes, as rotinas das empresariais devem ter um certo grau de flexibilidade. Os subsistemas da empresa precisam desenvolver um crítico equilíbrio entre a sua autonomia decisória e a unidade institucional. Cada gerente deve ter o empoderamento para oferecer o tratamento necessário para o problema particular que estiver tratando, mas seguindo o direcionamento empresarial. A este equilíbrio, denominou-se de “quase decomponibilidade” (Simon, 2002).

Mesmo com independência, as iniciativas no sentido de capturar as oportunidades de economia de escala e escopo é imprescindível. O uso de uma gestão colaborativa, com a utilização de conselhos e fóruns de integração podem auxiliar na coordenação dos esforços e captura das economias. Ainda neste sentido, o modelo de inovação aberta é importante para acessar e integrar as tecnologias desenvolvidas nos diferentes departamentos.

#### **1.2.3.3.2. Coespecialização**

A coespecialização é importante tanto para as rotinas de “captura” quanto para as de “transformação”. Conforme argumentado na seção anterior, eles trazem uma grande dificuldade ao processo decisório dos gerentes. Aqui, a criação de valor fruto da coespecialização pode ocorrer de um ativo para outro, de uma estratégia para outra ou de uma estratégia por um processo (TEECE, 2007). O autor ainda destaca que a coespecialização é elemento chave para a adequação estratégica dentro do *framework* de capacidades dinâmicas, ao operacionalizar a adaptação organizacional e assim agregar valor.

Entretanto, nem sempre haverá a combinação dos ativos coespecializados da empresa. Seja por incapacidade gerencial, ou por não julgarem pertinente, os gestores podem não efetuar a integração dos ativos. A questão é que o investimento em ativos coespecializados é fundamental para as capacidades dinâmicas, seja este investimento através da aquisição externa ou do desenvolvimento interno.

Portanto, a construção de vantagem competitiva sustentável passa por uma administração eficiente dos ativos coespecializados. Com esta finalidade, faz-se necessário a coordenação dos esforços de P&D e no estabelecimento de alianças.

#### **1.2.3.3.3. Gestão do conhecimento**

A gestão eficiente do conhecimento produzido pela firma é elemento chave na criação de diferenciais competitivos. Em resumo, destaca-se dois pontos importantes: i) a criação e disseminação de conhecimento, e, ii) a proteção do conhecimento desenvolvido pela empresa.

Conforme foi sendo construído através dos eixos de capacidades dinâmicas nesta seção, observa-se grande criticidade na administração de ativos intangíveis na construção de uma oferta superior a concorrência. A habilidade de combinar estes ativos é essencial, seja ele endógeno ou exógeno a empresa. Estruturar incentivos para a criação de rotinas de aprendizado

e compartilhamento de conhecimento é uma importante capacidade dinâmica. Principalmente quando se trata de inovação com ajuda de parceiros.

Nesta busca inovativa, as empresas precisam se relacionar com o seu ecossistema de inovação, o qual estão, por exemplo, universidades e fornecedores. Assim, ao se utilizar do conceito de inovação aberta, depara-se com questões relacionadas a vazamento informações tecnológicas importantes, o que expõe segredos industriais da empresa ao mercado e, principalmente, a concorrência. Neste sentido, torna-se importante a criação de processos de gestão do fluxo de informações tecnológicas para proteger a empresa de espionagem industrial.

#### **1.2.3.3.4. Governança**

Elementos de governança permeiam várias das questões abordadas nos tópicos anteriores, tais como: modelagem de negócio, delimitação das fronteiras da empresa, decomponibilidade, modificações da oferta da firma etc. Adicionalmente, destaca-se questões relacionadas ao alinhamento de interesses entre os gestores profissionais e proprietários da empresa e de gestão de rede.

Portanto, deve-se criar mecanismos para prevenir o abuso do poder discricionário, por parte dos funcionários. Iniciativas como a utilização de conselhos, que tenham a responsabilidade de avaliar a conduta colaboradores com altos cargos, pode ser benéfico na prevenção do problema. Outras capacidades dinâmicas para prevenir a apropriação de recursos empresariais por funcionários também devem ser conduzidas.

Em relação a gestão de rede, Lütjen *et al.*, (2019) indica a necessidade de as empresas possuírem processos consistentes de identificação e seleção de parceiros. Estes processos devem envolver o estabelecimento de estrutura com avaliação contínua dos papéis e processos de gestão da rede e da própria empresa.

### **1.3. Inovação na distribuição elétrica**

Como ponto de partida para a análise sobre inovação pretendida no estudo proposto, é importante que este conceito esteja definido claramente. Com a finalidade de padronizar a coleta e interpretação de dados sobre o tema, a OCDE elaborou o Manual de Oslo em 1990, sendo reeditado algumas vezes e chegando até a última versão de 2018. Seguindo esta última versão, a inovação é descrita como a criação ou melhora de um produto (e/ou processo) que

produza significativa alteração em relação a unidade previamente produzida (e/ou processo executado) na referida unidade (OCDE, 2018). Ainda neste sentido, Lastres e Cassiolato (2008) destacam que a inovação vai além das atividades de P&D, incorporando todas as diferentes combinações de insumos que possam gerar uma tecnologia nova para a empresa, por mais que não sejam novas para outras.

Desta forma, é importante destacar que os ganhos de produtividade do setor oriundos da troca de equipamentos e mudanças de processos devem ser tratados como inovações. Isto é especialmente importante porque o setor elétrico, dentro da classificação criada por Pavitt (1984), é tido como uma indústria dominada pelos fornecedores (De Oliveira, 2011; Castro *et. al.*, 2020). Portanto, por mais que as inovações mais disruptivas ocorram fora do setor, existem esforços inovativos – aprendizagem e incorporação da nova tecnologia – que demandam grandes investimentos para alcançar a plena utilização de seus potenciais.

Se a tendência padrão das concessionárias é ter um comportamento inovativo modesto, isto tende a ser mais crítico quando se espera delas investimentos arrojados em tecnologias absolutamente novas no âmbito dos 3Ds. O novo contexto criado a partir da última década, marcado pela introdução de fontes energéticas não-convencionais e um papel mais ativo dos consumidores (via recursos Energéticos Distribuídos e resposta da demanda), traz consigo grandes incertezas. Existe a incerteza sobre que tecnologia prevalecerá (Ex. Carro elétrico Vs. Carro a hidrogênio), ou porque as empresas tradicionalmente inseridas em sistemas elétricos possuem um *lock-in* em tecnologias tradicionais. Estas e tantas outras questões, se não tratados com atenção, poderão trazer dificuldades a todo o sistema elétrico brasileiro, assim como já se começa a observar por meio das recentes falhas ocorridas em agosto de 2023, com o apagão que afetou 26 das 27 unidades federativas do país<sup>1</sup>.

Por este motivo, observa-se um crescente interesse pelo tema no que tange os artigos acadêmicos e da regulação brasileira e internacional. Neste sentido, o tema tem sido analisado sob a ótica sistêmica de SNI, assim como numa visão microfudamentada através da análise das rotinas das empresas.

### **1.3.1. Crítica dos resultados alcançados pelo PROP&D**

No Brasil, a organização das atividades inovativas no nível da internalização das empresas, alguns estudos observam limitados resultados inovativos no PROP&D (Cabello e

---

<sup>1</sup> <https://g1.globo.com/economia/noticia/2023/08/16/apagao-nacional-o-que-se-sabe-ate-agora.ghtml>

Pompermeyer, 2011; Castro *et. al.*, 2018). Sobretudo, foram estabelecidas conexões dos resultados alcançados com falta de diretrizes capazes de estimular redes de inovação, necessárias para romper com a visão linear de inovação.

Sob uma ótica neoschumpeteriana, Castro *et al.* (2020) avaliam que a principal limitação do programa se concentra na sua visão linear do mecanismo de inovação, segundo o qual, a inovação é movida por duas forças atuantes (Cassiolato e Lastres, 2005), uma “empurrada” pela ciência (*Science push*) e outra “puxada” pela demanda por novas tecnologias (*demand pull*). Castro *et al.* (2020) ainda destacam que a visão não apresenta um componente sistêmico, em que os processos inovativos são frutos de um aprendizado interativo. Como consequência, o programa geraria inovações “com baixa intensidade tecnológica e baixos impactos para a sociedade”, uma vez que os critérios de avaliação se limitam ao projeto e não à dinâmica da inovação.

Especificamente, identifica-se três pontos na regulação do PROP&D que favorecem os baixos resultados do programa, são eles (Castro *et al.*, 2020):

- i. Enquadramento do projeto em etapas da cadeia de inovação – os projetos devem ser classificados entre pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental, implantação de projeto piloto ou de protótipos e produção de cabeça de série, lote pioneiro ou inserção no mercado. Os autores consideram que isto induz a uma lógica fragmentada de inovação, onde os avanços ocorreriam em etapas sucessivas e vem definidas;
  - ii. Avaliação final e inicial – dentre as quatro dimensões de avaliação, originalidade possui indicadores de avaliação inapropriados, são eles: registro de patentes ou software, produtos acadêmicos e publicações em periódicos com Qualis acima de B1.
  - iii. Rede de relacionamento – é característica comum os projetos não privilegiarem a participação de mais de uma empresa do setor elétrico, ou mesmo de fornecedores.
- Os três itens estão ligados a uma visão linear de inovação,

Analogamente, Cabello e Pompermeyer (2011) identificam que, embora o programa busque promover inovações que solucionem necessidades reais das empresas, os projetos propostos se concentram em problemas de ordem prática das empresas por meio de inovações incrementais. Este comportamento conservador dos agentes do setor elétrico pode ser exemplificado por meio da disparidade no volume de investimento por projeto em favor dos projetos proposto por meio de chamadas estratégicas, assim como existe uma tendência de se

investir mais em tecnologias mais consolidadas nos projetos cooperativos (Maestrini e Mejdalani, 2020). Conforme os próprios autores frisam, este comportamento está intimamente ligado à menor possibilidade de glosa de investimentos em projetos de chamada estratégica.

Portanto, o ímpeto conservador das empresas acaba sendo presente principalmente na modalidade cooperativa do programa, onde o projeto é proposto pela própria empresa. Ainda que os resultados em disruptividade inovativa da modalidade possam estar aquém do esperado, vale frisar que eles são importantes na construção da trajetória inovativa das empresas. Isto é crucial para a sua busca de progresso técnico, visto que os processos de busca tecnológica são cumulativos, onde o que é feito no futuro está ligado com o que construiu no passado (Dosi, 1988). Neste sentido, pode-se descrever o processo inovativo capaz de contribuir para o progresso técnico como sendo complexo, o qual é desenvolvido no longo prazo.

Como as firmas possuem competência específicas para executar suas atividades, as trajetórias tecnológicas em muitos casos acabam tendo no conhecimento tácito uma peça fundamental (Marleba, 1993). Neste sentido, entende-se que o aprofundamento na análise da construção e reformulação das rotinas é importante para se entender os rumos que o segmento de distribuição elétrica vem tomando.

### **1.3.2. Impacto das capacidades dinâmicas na distribuição elétrica**

Neste ponto é importante ressaltar que, a análise sobre a inovação no setor elétrico utilizando o arcabouço de Sistemas de Inovação já foi razoavelmente explorada. No entanto, outras abordagens consistentes fizeram uma varredura setorial observando as dificuldades dos setores elétricos do Reino Unido, Brasil, Suécia (Sköld; Fornstedt e Lindahl, 2018; Johansson; Vendel e Nuur, 2020) e Noruega (Idries; Krogstie e Rajasekharan, 2022). Nestes dois últimos estudos, observa-se um avanço da literatura na busca pelos determinantes dos baixos resultados inovativos, que versam sobre as dificuldades das concessionárias em ler, interpretar e a justar suas rotinas.

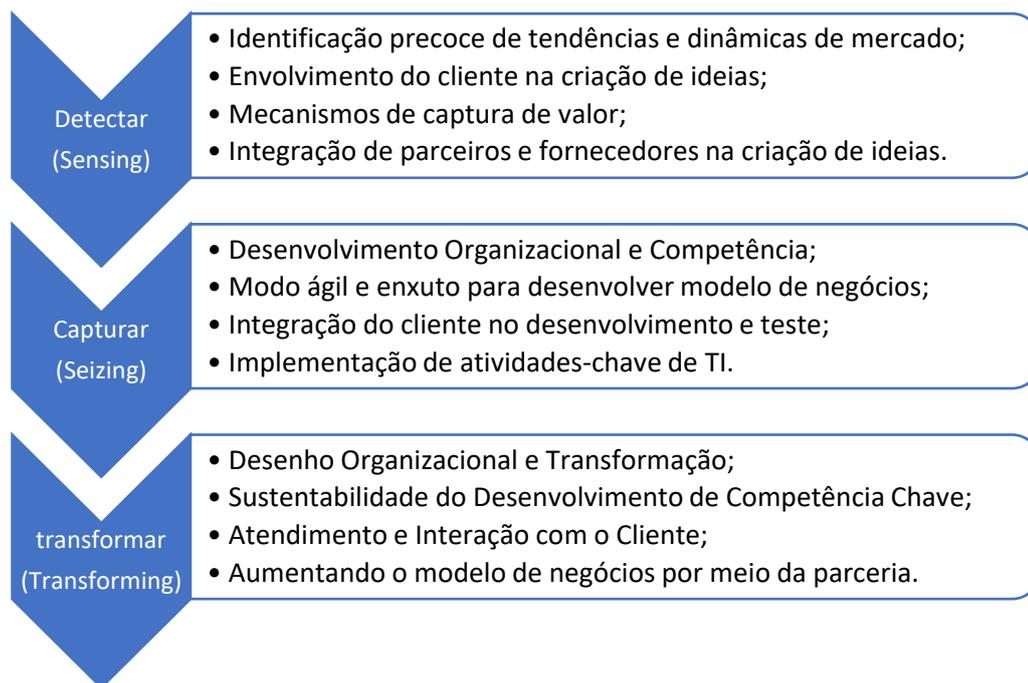
Como ponto de partida para uma análise microfundamentada, cumpre-se dizer que as empresas de distribuição elétrica possuem rotinas altamente estruturadas e de difícil alteração (Bolton e Foxon, 2011). Esta característica advém dos estímulos da estrutura do marco regulatório, assim como da característica dos ativos que possuem vida útil muito elevada. Por outro lado, os autores também observaram que a liberalização do setor elétrico provocou um duro golpe nos processos de aprendizagem do setor. A passagem para o modelo mais pautado

pelo mercado se configurou na quebra da abordagem holística, onde se tinha uma visão geral de toda a cadeia de valor do setor. Assim como na leitura setorial realizada em (Jasmab e Pollitt, 2011; 2015), Bolton e Foxon (2011) pontuam o novo paradigma de inovações incrementais, só que, dessa vez, por meio de uma análise interna a firma.

De modo confluyente e complementar, chama-se a atenção o link estabelecido por Worch *et al.* (2013) entre as rotinas empresariais e os resultados inovativos no setor de infraestrutura. Neste cenário, ajustamentos institucionais que criem barreiras à inovação ou a criação de novas capacidades podem incorrer na prestação de serviços insatisfatórios, assim como foi observado no setor elétrico pelos autores tendo em vista o processo de desregulamentação.

Reforçando o papel central da distribuição no setor elétrico, em (Sköld, Fornstedt e Lindahl, 2018) foi observado que o corte de custos promovido pelas concessionárias teve importante repercussão nas inovações de toda cadeia elétrica. A terceirização das equipes de atendimento das distribuidoras impactou a capacidade de detecção de novas oportunidades, mediante a falta de interação direta com os clientes. Isto diminuiu, ou até mesmo eliminou, os mecanismos de detecção de oportunidades (*Sensing*), sobretudo por meio dos mecanismos de feedback dos clientes.

Examinando a experiência da concessionária norueguesa TrønderEnergi, Idries, Krogstie e Rajasekharan (2022) fazem um mapeamento das capacidades necessárias para a transição de um modelo de distribuição tradicional para um pautado por serviços digitais na distribuição elétrica (Figura 7).



**Figura 7 - Capacidades para transição em direção a um modelo de negócios digital e baseado em plataforma**

Fonte: (Idries, Krogstie e Rajasekharan, 2022)

Na figura são apresentados os três eixos das capacidades dinâmicas e, em cada um deles, são descritas as capacidades mapeadas como necessárias para a modernização do serviço. O primeiro destaque fica por parte da capacidade de identificação precoce de oportunidades, dentro do eixo de detecção (*Sensing*). Como visto, essa capacidade é central no modelo de capacidades dinâmicas (Teece, 2007), dado que o paradigma tecnológico do setor elétrico vem se modificando rapidamente, acentuando a necessidade de interação com stakeholders. Tal necessidade já tendo sido identificada no universo da digitalização de serviços (Witschel *et al.*, 2022; Karami *et al.*, 2022).

Ao analisar concessionárias de energia em alguns países, o foco na identificação de parceiros também foi descrito como um fator de sucesso inovativo em (Lütjen *et al.*, 2019). Os autores ainda acrescentam que observaram uma relação causal positiva entre sucesso inovativos e avaliação sistemática de potenciais parceiros, divulgação os próprios objetivos ao se comunicar com potenciais parceiros e análise dos pontos fortes e fracos da empresa, bem como do ambiente de mercado.

Ainda dentro do primeiro eixo, destaca-se a capacidade de interação com os clientes no desenvolvimento de novas ideias. Vale ressaltar a confluência com os impactos negativos observados na indústria norueguesa com a terceirização das equipes de manutenção (Sköld, Fornstedt e Lindahl, 2018). Tal participação dos clientes podem envolver investimento em sua

capacitação na avaliação da utilização dos serviços elétricos por meio de *data driven* (Psara *et al.*, 2022). Idries; Krogstie e Rajasekharan (2022) ressaltam que a concessionária norueguesa implementou uma abordagem interativa com seus clientes e, como resultado, potencializou os feedbacks recebidos.

Uma vez identificadas as oportunidades, as capacidades de captura (*Seizing*) são importantes na resposta da empresa. Logo, a capacidade de desenvolvimento de novas competências é fundamental para uma empresa em um mercado em intensa transformação. Acontece que, no novo mercado de distribuição elétrica, inundado por ferramentas de tecnologia da informação (TI), a característica de conhecimento avança sobre a interdisciplinaridade (Idries, Krogstie e Rajasekharan, 2022). Neste sentido, observa-se problemas na aquisição de mão de obra com conhecimento adequado (Johansson; Vendel e Nuur, 2020).

De acordo com Johansson; Vendel e Nuur (2020), conjuntamente com o marco regulatório sueco, a falta de conhecimento interno é uma barreira cabal para a adoção de soluções de redes digitais. Ressalta-se aqui as dificuldades adicionais apresentadas pelas concessionárias de menor porte, que não possuem as capacidades necessárias para lidar com o desafio da digitalização. Os autores ainda relatam que concessionárias suecas optaram por se envolver em projetos de P&D com a finalidade de construir novas competências. Adicionalmente, a cooperação entre diferentes empresas é uma ferramenta importante no apoio a inovação (Idries, Krogstie e Rajasekharan, 2022).

Em relação ao estabelecimento de limites da firma, observa-se em concessionárias de energia que a dedicação da empresa em regulamentar formalmente os acordos de cooperação possui um impacto inovativo positivo. Estes acordos ficando a cargo de regimentar contratualmente questões sobre propriedade intelectual, escopo de troca de informações, duração de parceria e recursos comprometidos (Lütjen *et al.*, 2019), o que já havia sido teorizado em um contexto geral por (Branzei e Vertinsky, 2006). Cabe informar que Lütjen observa também o impacto positivo da alocação de equipes dedicadas a operacionalizar estes contratos, onde os funcionários são incentivados a estarem aberto a contribuição externas em geral.

Por último, tem-se o eixo das capacidades ligadas à transformação, que se caracterizam pela adaptação da empresa frente o novo paradigma dos 3Ds. Neste sentido, sugere-se que o processo de aprendizado transformativo é chave na criação de inovações estratégicas (Gebauer; Worch e Truffer, 2012), embora isso esteja em amplo conflito com a característica de

inflexibilidade no ajuste das rotinas das concessionárias elétricas (Bolton e Foxon, 2011; Idries, Krogstie e Rajasekharan, 2022).

Se por um lado existe a influência regulatória e característica dos ativos na inflexibilidade nos ajustes das rotinas, por outro, observa-se também um comportamento conservador das concessionárias, no sentido de evitar uma dependência de terceiros (Johansson, Vendel e Nuur, 2020). Conforme relatam os autores, algumas concessionárias suecas veem a evolução do mercado elétrico como um problema e não como uma oportunidade. Elas acabam optando por se eximir da responsabilidade de gerenciar questões relacionadas as novas tecnologias dos 3Ds, visto que poderão não ter o controle direto sobre seus sistemas (mediante o uso de plataformas oferecidos por agregadores). Este resultado estando em consonância com Teece (2000), no sentido da resistência em avançar para novas plataformas, ainda que se tenha consciência de ser um investimento com grande potencial de sucesso.

Por fim, observa-se em (Lütjen *et al.*, 2019) uma relação forte entre a inovação dos serviços elétricos e relações externas a firma. Este processo destacado em (Teece, 2007) ao argumentar sobre a descentralização no processo produtivo e da necessidade de a empresa buscar inovação além dos seus limites físicos. Lütjen destaca não apenas a integração com fornecedores e clientes, mas acrescenta os reguladores e governos locais e nacionais, comunidades, associações industriais entre outros.

## 2. Apresentação do setor elétrico no Brasil

O setor elétrico tradicional é formado por quatro segmentos: Geração, transmissão, distribuição e comercialização (Figura 8). No Brasil, esta composição é válida no ambiente de contratação livre, porém, no ambiente regulado, a função de distribuição e comercialização é exercida pelas concessionárias de distribuição.



**Figura 8 - Segmentos do Setor Elétrico**

Fonte: ABRADÉE (2023)

Por uma questão de economias de escala, historicamente, o sistema elétrico foi constituído a partir de grandes empreendimentos (sobretudo hidroelétricas no Brasil), com grandes estruturas de geração e transmissão e uma rede física unificada de atendimento. Esta configuração se deve a dois atributos: flexibilidade, que está relacionado à possibilidade de a eletricidade ser transformada facilmente em outras formas de energia; e, transmissibilidade, em função da viabilidade do seu transporte por longas distâncias. Ambos foram determinantes para uma das características mais marcantes do setor, a sua intensividade em capital.

Entretanto, com a entrada da GD, a geração passa a atuar conectada diretamente à distribuição. Ou seja, o final da cadeia do setor elétrico, que tinha um papel bem definido de ser apenas o consumidor, também passa a produzir eletricidade. Portanto, o fio que antes só levava eletricidade para as residências, agora também passa a receber carga delas. Parece uma mudança simples, porém os equipamentos elétricos – transformadores e subestações – precisam de adequações importantes para suportar o fluxo bidirecional.

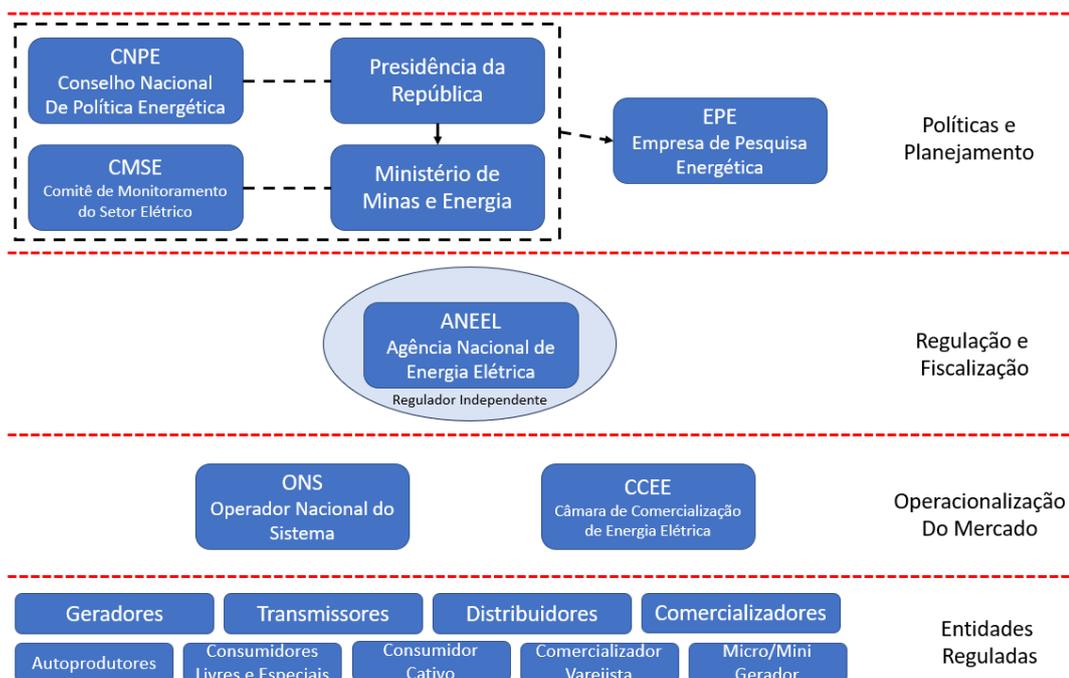
Por ser capital intensivo, o setor elétrico favoreceu o surgimento de uma estrutura verticalizada em alguns países, como foi o caso brasileiro. Entretanto, a partir da década de 1970, diante da escassez de recursos para investimento na expansão do setor, iniciou-se um movimento de reformas em vários países, sobretudo na Europa, estruturados verticalmente e

com presença de empresas estatais. No Brasil, as reformas chegaram na década de 1990, onde muitas empresas foram transformadas em concessões e repassadas para a administração privada. Este processo de privatização ainda vem ocorrendo, vide o atual debate acerca da venda da Eletrobras.

## 2.1. Estrutura Institucional do Setor Elétrico

A atual estrutura do setor elétrico nacional começou a ser desenhada a partir da reforma dos anos 1990. Como parte das ações de liberalização do mercado, mediante a Lei nº 9.427/96, foi criado o papel da terceira parte no setor elétrico. Ou seja, o poder concedente (na figura do estado brasileiro) designou a responsabilidade de regular o setor a um intermediário independente, o qual possui o papel de equilibrar demandas relacionadas a externalidades e renda excessiva.

Assim, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) ficou responsável por regulamentar as políticas e diretrizes na utilização e exploração do serviço público de energia elétrica. O setor ainda ganhou outros atores, tal como a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que é responsável por elaborar importantes estudos para o Setor. A atual estrutura institucional do setor é apresentada pela Figura 9.



**Figura 9 - Desenho Institucional do Setor Elétrico Brasileiro**

Fonte: Elaboração própria

A Figura 9 demonstra as quatro esferas do desenho institucional do setor elétrico, que são elas: política e planejamento, regulação e fiscalização, operacionalização do mercado e entidades reguladas. Na primeira esfera, estão quatro órgãos do governo federal (CNPE, CMSE, presidência e ministério de minas e energia), que formulam políticas para o setor de energia (fósseis e elétrica), além do EPE, responsável pelos estudos técnicos setoriais que visa atender os quatro órgãos do governo federal. Na esfera intermediária estão as instituições responsáveis por coordenar o setor, onde a ANEEL cuida da parte regulatória, a ONS da coordenação técnica da operação do sistema elétrico, o que engloba a produção e transmissão, e, por último o CCEE, que tem papel de viabilizar o comércio de energia elétrica no Brasil. Na última esfera encontram-se os consumidores e empresas participantes do setor.

Órgão central na pauta de políticas energéticas do país, o CNPE é um órgão de assessoramento da presidência da república, cujo objetivo é formular as políticas e diretrizes no campo energético. Ele foi criado em 1997 e suas ações englobam a revisão da matriz energética do país, direcionar o melhor aproveitamento dos recursos energéticos, assim como estabelecer programas para o setor de energia. O órgão é presidido pelo ministro de minas e energia e possui outros 10 membros efetivos, 9 ministros e o presidente do EPE (MME, 2021).

O Ministério de Minas e Energia (MME) é responsável, principalmente, por integrar o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE). O ministério possui quatro secretarias seccionadas por sua área de atuação, são elas: Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético e Secretaria de Energia Elétrica. Um exemplo recente importante do MME foi a coordenação das ações de enfrentamento da pandemia, onde o setor elétrico ficou exposto a uma crise econômica em decorrência de uma súbita redução do mercado das concessionárias de distribuição<sup>2</sup>. Conjuntamente com a ANEEL, foram propostas ações que, inclusive, tiveram importantes desdobramentos no PROP&D (ANEEL, 2020a).

Criado em 2004, o CMSE é um órgão coordenado pelo ministério de minas e energia, o qual tem por responsabilidade acompanhar e avaliar a segurança energética do país. Ele é presidido pelo ministro do MME, possuindo alguns outros membros desse ministério conjuntamente com representantes do setor de petróleo & gás e setor elétrico.

Fechando as instituições da esfera de políticas e planejamento tem-se a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que é responsável por subsidiar as demais instituições com estudos

---

<sup>2</sup> Esta redução ocorreu somente nos primeiros meses da pandemia. Em outubro/20 o consumo já foi maior do que os meses pré-pandemia (EPE, 2023).

técnicos sobre todo o setor de energia. Constituída em 2004, a EPE atua nas seguintes áreas: Energia Elétrica; Petróleo, Gás e Biocombustíveis; Estudos Socioambientais, Planejamento Energético entre outras. No setor elétrico destaca-se o relatório “Plano Decenal de Expansão de Energia” que fornece as perspectivas e projeções de expansão para o setor elétrico num horizonte de dez anos.

Na esfera de regulação e fiscalização destaca-se a atuação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que em 1996 foi criada para regular o setor elétrico nacional. Dentre suas responsabilidades estão a regulação da cadeia elétrica, fiscalizar as concessionárias de serviço público, assim como a implementação das políticas e diretrizes estabelecidas pelo MME. Também se destaca a coordenação do processo tarifário, realização de outorgas de concessão e principalmente intermedia a relação entre as concessionárias e consumidores.

De acordo com o Planejamento Estratégico 2018-2021 (ANEEL, 2021), a agência tem a missão de “Proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade” e uma visão de “ser essencial para assegurar a qualidade e a sustentabilidade do serviço de energia elétrica”. Como resultados esperados tem-se o desejo de promover um ambiente propício para o desenvolvimento sustentável do setor e garantir uma prestação dos serviços de fornecimento elétrico com qualidade e tarifas justas.

A regulação da ANEEL é realizada mediante três modalidades (ANEEL, 2021a):

- Regulação técnica, determinando padrões de serviço para geração, transmissão, distribuição e comercialização;
- Regulação econômica, que rege a tarifação e o mercado;
- Promoção de projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e eficiência energética.

Na esfera de operacionalização do mercado, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) é responsável por viabilizar toda a atividade de compra e venda de energia elétrica no Brasil. Criado em 2004, o CCEE coordena as negociações envolvendo diversos atores do setor, tais como: distribuidoras, comercializadoras, importadoras e exportadoras de energia elétrica, consumidores livres e especiais, produtores independentes, entre outros. Especificamente, sua atuação ocorre nas atividades de medição da energia gerada e consumida, assim como na liquidação dos contratos no mercado de curto prazo e divulgação do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD). Outra atribuição da instituição é fomentar discussões voltadas para o desenvolvimento do mercado de comercialização (CCEE, 2021).

Um grande avanço foi a introdução de competição no segmento de geração, que passou a ter um ambiente de contratação livre (ACL) e outro ambiente de contratação regulado (ACR). No primeiro os agentes de mercado possuem liberdade para negociar preços, enquanto, no segundo, a comercialização é feita através de leilões realizados pelo CCEE tendo em vista a delegação da ANEEL.

Diante da importante característica da eletricidade de não ser estocável, se faz necessário o equilíbrio imediato entre oferta e demanda. O Operador Nacional do Sistema (ONS) é a instituição responsável por este controle técnico, onde ele coordena as instalações de geração e transmissão elétrica dos sistemas integrado nacional (SIN) e dos isolados. Criado em 1998, trata-se de uma empresa privada e sem fins lucrativos, que segue os padrões técnicos de confiabilidade estabelecidos através dos “Procedimentos de Rede” aprovados pela ANEEL. Dentre os seus objetivos destaca-se: i) promoção da otimização do sistema, tendo como finalidade o menor custo do sistema; ii) garantir, aos agentes do setor, acesso não discriminatório ao sistema de transmissão; e, iii) colaborar com a expansão do SIN no menor custo possível e nas melhores condições operacionais futuras.

Por fim, destacam-se as entidades reguladas pertencentes ao sistema elétrico nacional:

- Geradores – São as empresas responsáveis por produzir a eletricidade que será entregue aos consumidores;
- Transmissores – correspondem as empresas que transportam em alta tensão, ligando a energia elétrica produzida pela geração com as redes de distribuição.
- Distribuidores – são empresas que fazem a distribuição elétrica em baixa e média tensão. No Brasil acumulam a função de comercializar energia no mercado cativo.
- Comercializadores – possuem a função de vender a energia elétrica, que aqui no Brasil, ainda é restrita ao mercado de contratação livre.
- Autoprodutores – corresponde a uma pessoa física ou jurídica, ou ainda empresas reunidas em consorcio, autorizadas a produzir eletricidade para consumo próprio. Estes possuem a garantia de acesso aos sistemas de transmissão e distribuição.
- Consumidores Livres e Especiais – são os consumidores com carga igual ou maior que 0,5MW<sup>3</sup> e que são atendidos em tensão igual ou superior a 69kV, que optaram por ser atendidos por empresas que não são a concessionária de distribuição de sua localidade.

---

<sup>3</sup> Portaria MME 514/18, com redação dada pela Portaria 465/2019

- Consumidor Cativo – corresponde aos consumidores que são obrigatoriamente atendidos pelas concessionárias e permissionárias de distribuição.
- Comercializador Varejista – são empresas com a responsabilidade de gerir a compra e venda de energia para consumidores e geradores. São atendidos nesta modalidade os consumidores que optam por não se associar à CCEE, o que simplifica a sua participação do mercado livre.
- Micro/Minigerador – os microgeradores correspondem aos detentores de centrais elétricas com potência igual ou inferior a 75kV e que utilizam cogeração qualificada, enquanto os minigeradores correspondem as centrais elétricas com potência superior a 75Kv e menor que 3MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5MW para cogeração qualificada ou para demais fontes renováveis.

Um dos mais importantes motores da transformação do setor elétrico é a aceleração da difusão da geração distribuída. Neste sentido, a resolução normativa nº 482/2012 da ANEEL regulamentou a GD no Brasil, surgindo as figuras dos Micro/Minigerador e dos Autoprodutores. Devido aos incentivos que vieram sob a forma de linhas de crédito do BNDES, assim como o sistema de compensação – o *Net Metering* – a GD com painéis solares tem se desenvolvido rapidamente, com destaque para Minas Gerais onde as condições geográficas favorecem esse tipo de geração. Hoje, a ANEEL já demonstra preocupação no monitoramento das regiões com maior ocorrência de instalações de GD, ficando evidente por meio de notas técnicas com projeções de novas ligações de painéis fotovoltaicos (ANEEL, 2017).

## **2.2. Segmento de Distribuição Elétrica**

O segmento de distribuição se caracteriza por ser uma indústria de rede, onde existem grandes economias de escala. Esta condição acaba sendo determinada pela característica de seu investimento, que é composto por uma grande parcela de custos afundados, o que faz da distribuição elétrica um exemplo de monopólio natural. Devido à esta característica de monopólio, a solução de equilíbrio de preços próximo a níveis mais eficientes ocorre por meio da regulação econômica.

Nesta subseção três eixos importantes do segmento de distribuição brasileiro serão apresentados, são eles: sua composição, marco regulatório e desempenho financeiro das concessionárias. Conforme poderá ser constatado, o cenário de incertezas para o segmento de

distribuição é expressivo. Seja pela dispersão das características regionais dos estados brasileiros, que se materializa sob as áreas de concessão na forma de disparidades geográficas e socioeconômicas, se desdobrando em diferentes demandas inovativas; ou pelas tradicionais dificuldades na internalização de novas tecnologias no setor, mediante sinais econômicos difusos no cenário de investimento; ou ainda pelo próprio risco econômico-financeiro oriundo de crises econômicas e políticas malsucedidas. Diante destes fatores, o segmento de distribuição brasileiro encontra-se numa posição de extrema pressão para lidar com os investimentos inovativos no âmbito dos 3Ds da transição energética.

### **2.2.1. Composição do segmento**

A distribuição elétrica é realizada por 52 permissionárias, 52 concessionárias e 1 designada. Entretanto, conforme foi definido anteriormente, o objeto de estudo desta tese circunda exclusivamente sobre as concessionárias de distribuição e os grupos econômicos aos quais elas estão inseridas.

Uma característica marcante do segmento é o número de empresas, assim como as disparidades regionais as quais elas se defrontam. Tais disparidades normalmente são fundamentadas pelas diferentes características territoriais e culturais as quais as concessionárias estão expostas. Atualmente existem 7 concessionárias sob a administração pública e 45 sob a administração privada. Na Figura 10 são apresentadas as concessionárias de distribuição de energia elétrica no território nacional.



**Figura 10 - Empresas de distribuição do Brasil**

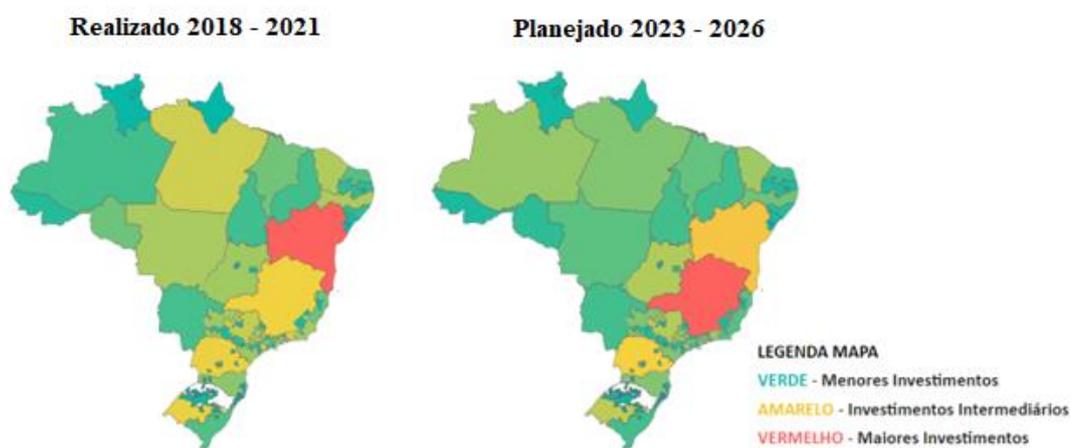
Fonte: ANEEL (2023c)

No mapa ficam claras as diferenças em relação à extensão territoriais das áreas de concessão, assim como a sua exposição a regionalidades e características climáticas que irão impactar diretamente a operação da rede. Um bom exemplo de impacto da regionalidade na operação das concessionárias é o furto de energia, que impõe uma grande complexidade operativas para algumas empresas do estado do Rio de Janeiro. Essas características regionais acabam sendo determinantes nas decisões tecnológicas das empresas, principalmente quando se deparam com um *trade-off* entre possibilidades de novos investimentos. Tais diferenças, podem ajudar a explicar as diferentes propensões a inovar no âmbito do programa de P&D, entre as empresas do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), observadas por Castro *et al.* (2020).

Tendo em vista que, no setor elétrico, a aquisições de tecnologias é um dos principais meio de inovação, propõe-se examinar os investimentos programados para as diferentes regiões do país. Segundo dados do Plano de Desenvolvimento da Distribuição (PDD), que é divulgado pela ANEEL, foram realizados investimentos na ordem de 63,4 bilhões de reais entre 2018 e 2021, assim como estão previstos 106,4 bilhões para o período entre 2023 e 2026 (ANEEL, 2023b)<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> No momento da pesquisa o valor realizado para o ano de 2022 não estava disponível, havendo somente a informação do planejado. Como a pesquisa ocorreu em abril de 2023, optou-se por não considerar o planejado para 2022.

Na Figura 11, é realizada uma análise comparativa entre o investimento realizado e o que está planejado para expansão, melhoria e renovação. No mapa, as áreas de concessão com maiores investimentos estão pintadas em vermelho e as com menor em verde.



**Figura 11 - Investimento Realizados e Projetados por Concessionaria de distribuição**

Fonte: ANEEL (2023b)

Ao comparar realizado com o planejado, verifica-se que a maior parte das regiões perdem na intensidade de investimentos enquanto o Sudeste sobressai. Destaques nos investimentos, a CEMIG (Minas Gerais) sai de 3,8 bilhões de reais em investimentos realizados para 14 bilhões de reais, um salto de 271%. Destaque no realizado, a COELBA (Bahia) tem um aumento de apenas 7% para o quadriênio planejado e, assim, perde destaque relativo.

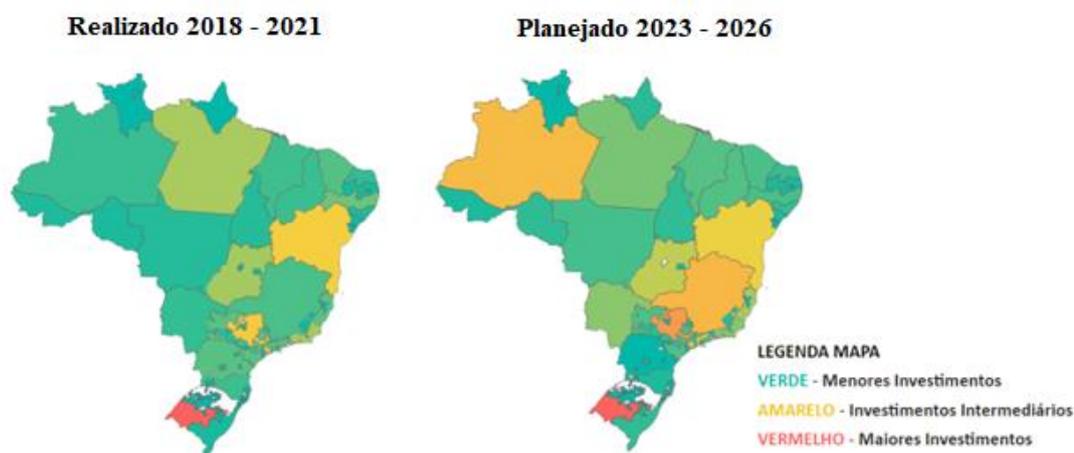
Detalhando o investimento planejado da COELBA, tem-se os seguintes montantes: 64,8 bilhões para expansão da rede, 25,7 bilhões para melhoria da qualidade/confiabilidade do sistema e 15,8 bilhões para renovação de equipamentos. A Tabela 1 demonstra a distribuição percentual por região dentro de cada tipo de obra.

<b>Tabela 1 - Investimentos Planejados entre 2023 e 2026 em Rede de distribuição</b>				
<b>Região</b>	<b>Expansão</b>	<b>Melhoria</b>	<b>Renovação</b>	<b>Total Geral</b>
Centro-oeste	10%	10%	5%	9%
Nordeste	23%	17%	29%	22%
Norte	12%	14%	10%	12%
Sudeste	34%	45%	51%	39%
Sul	21%	14%	6%	17%
Total	100%	100%	100%	100%

Fonte: Elaboração Própria com dados de ANEEL (2023b)

Destaque dentre as regiões, o Sudeste é onde deverão ocorrer 39% de todos os investimentos previstos para o país, enquanto o Centro-Oeste fica com 9%. Ressalta-se aqui as obras classificadas como melhoria do sistema, que podem estar relacionadas a investimentos em tecnologias dentro dos 3Ds, e onde a região Sudeste leva quase a metade do investimento do país (45% do total). Como destaque negativo tem-se as regiões Norte e Centro-Oeste, que possuem 14% e 10% dos investimentos em melhoria, respectivamente.

Refinando a análise somente para os investimentos em melhoria (Figura 12), o deslocamento dos investimentos para as áreas de concessão das regiões Sul e Sudeste fica mais evidente.



**Figura 12 - Investimento Realizados e Projetados em melhoria por Concessionaria de distribuição**  
Fonte: ANEEL (2023b)

Com a exceção do estado do Amazonas, assim como nos investimentos gerais, existe um ganho de importância da região Sudeste frente os demais estados. O comportamento de crescimento no investimento da Amazonas Energia pode ser justificado pela privatização da distribuidora ocorrida em dezembro de 2018. No caso, os investimentos saltaram 612% em melhorias, chegando a 1,9 bilhões de reais, o que pode estar ligado ao combate de perdas não técnicas<sup>5</sup>.

Cumpram-se destacar a RGE-SUL, que vem se mantendo como o grande destaque em investimentos em melhoria, 2,2 e 3,0 bilhões de reais para realizado e planejado, respectivamente. Na região Sudeste destacam-se os investimentos planejados da CEMIG de 1,9

<sup>5</sup> A distribuidora Amazonas Energia notabiliza-se recorrentemente por ser a mais ineficiente em perdas não técnicas dentro do segmento de distribuição elétrica. As perdas ultrapassando a energia injetada em baixa tensão.

bilhões de reais (aumento de 449%) e CPFL Paulista com um planejado de 2,2 bilhões de reais (crescimento de 86%). EDP-SP e ENEL-SP apresentam planejado 1,4 bilhões cada uma, sendo que a EDP-SP salta 217% nos seus investimentos e a ENEL-SP mantém o mesmo nível.

### 2.2.2. Marco Regulatório

Diante de um mercado com a configuração de monopólio natural, a regulação irá buscar direcionar o preço para o patamar suficiente para remunerar o custo total das concessionárias, o chamado segundo melhor preço (do inglês *second-best price*). Por exemplo, no caso da distribuição elétrica, é importante frisar que este preço será capaz de remunerar todos os custos incorridos na prestação do serviço, inclusive o custo de capital da empresa.

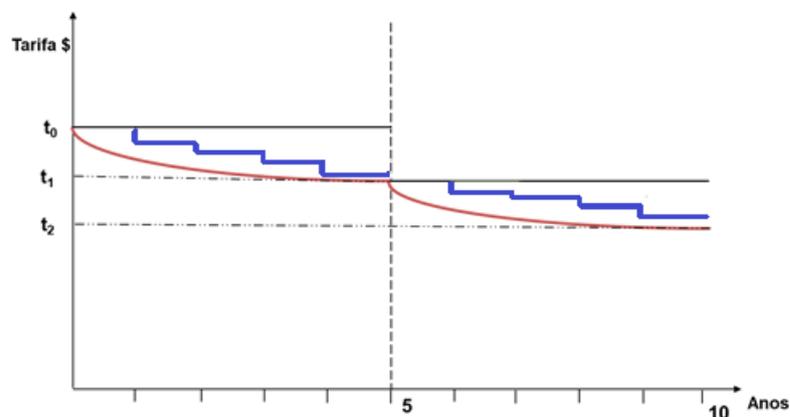
Buscando operacionalizar o *second-best price*, o regulador regulamenta mecanismos e regras de controle da receita permitida, qualidade, acesso de terceiros entre outros (Cossent, Gómez e Frías, 2009; Joskow, 2014). Na tarefa de definir a tarifa adequada pela prestação do serviço público de distribuição elétrica, a literatura consagra alguns mecanismos de regulação mais tradicionais, tais como: o Custo de Serviço (ou Taxa de Retorno) e os por incentivo (Ex. *Price Cap*, *Revenue Cap* e *Yardstick Regulation*).

A regulação por custo de serviço é a forma mais convencional (Cossent e Gómez, 2013), onde o regulador estipula que a remuneração da firma será igual aos custos apurados *ex post* (Joskow, 2014). O desdobramento disto é que a concessionária pode não ter estímulos para ser custo-eficiente (Shleifer, 1985; Joskow e Schmalensee, 1986; Cossent e Gomez, 2013; Joskow, 2014), muito pelo contrário, nesta metodologia, a concessionária pode acabar optando por praticar um hiper investimento e que lhe renderá maiores ganhos. Este efeito de *rent-seeking* ficou conhecido na literatura como *Averch-Johnson effect* (Shleifer, 1985; Joskow e Schmalensee, 1986; Joskow, 2014). O mecanismo de custo de serviço ainda é utilizado nos Estados Unidos, assim como foi utilizado na Europa e Brasil até as reformas liberalizantes, onde acabou sendo trocado por mecanismos por incentivos como o *Price Cap*.

O *Price Cap*, que se notabiliza por ser um mecanismo da regulação incentivada, pode ser visto como uma estratégia de preço fixo, que fornece estímulos de alavancagem da lucratividade para concessionária via redução de custo (Joskow, 2014). A sua operacionalização é bem simples, envolvendo a determinação *ex ante* de uma trajetória de queda dos custos de prestação do serviço e repasse para a tarifa, que será realizado automaticamente através dos reajustes anuais (equação 1).

$$\% \Delta_p = I - X \quad (1)$$

Onde  $\% \Delta_p$  corresponde à variação percentual que deverá ser aplicada à tarifa praticada pela concessionária,  $I$  corresponde ao indicador de inflação para os doze últimos meses e o fator  $X$  corresponde ao fator de desconto regulatório, que está ligado aos ganhos de produtividade da concessionária via aperfeiçoamento tecnológico. Portanto, este mecanismo estabelece uma trajetória de queda (Figura 13) – em termos reais – da tarifa, sendo interrompida ao final do período regulatório, onde deve ser realizada uma avaliação dos investimentos e recalculado os parâmetros norteadores do ganho de eficiência para o próximo período.



**Figura 13 - Trajetória do Price Cap**

Fonte: Elaboração Própria

Na Figura 13, fica exemplificado que na revisão, ocorridas no ano 5, a trajetória de eficiência em custo da empresa (linha vermelha) e a trajetória imposta pela regulação (linha azul) são ajustadas para partirem da mesma origem no ano 6.

Acontece que, ao não conhecer a estrutura de custo da concessionária, especialmente o seu progresso técnico, o regulador poderá incorrer em problemas de incerteza no posicionamento eficiente de preço (via fator  $X$ ) e poderá estimular a deterioração da qualidade do serviço (Pinto e Silveira, 1999; Jamasb e Pollitt, 2007; Joskow, 2014) ou mesmo desincentivando os investimentos em modernização da rede. Laffont e Tirole, (1993) exemplificam o problema de assimetria que o regulador se depara da seguinte forma: Se a opção for no sentido de uma regulação de custo de serviço, o regulador estaria se resguardando do risco de seleção adversa, mas exposto a um risco moral; ou, do contrário, ao decidir pelo preço fixo estaria protegido do risco moral, mas ficaria exposto a um risco de seleção adversa.

### 2.2.2.1. Regulação Tarifária

No Brasil, a tarifa elétrica é revisada de acordo com o contrato das distribuidoras – que pode ser a cada 3, 4 ou 5 anos – e os reajustes aplicados anualmente, quando não há revisão. Para isto, tanto reajuste (ANEEL, 2016) quando a revisão (ANEEL, 2020) são realizadas somente na parcela da receita requerida sob a gerência da concessionária, a chamada parcela B (equação 2):

$$\text{Parcela B} = \text{Receita Requerida} - \text{Parcela A} \quad (2)$$

A receita requerida corresponde ao valor necessário para o distribuidor pagar todos os seus custos e ainda auferir uma remuneração justa pela prestação do serviço público. Em relação a Parcela A, ela corresponde principalmente ao custo de aquisição de energia e corresponde apenas a um repasse para o consumidor final (o chamado *pass-through*).

Nos reajustes, a ANEEL utiliza o mecanismo de *Price Cap* nos reajustes anuais (equação 1). Para o fator  $X$  utilizado no reajuste tarifário anual (RTA), o regulador utiliza uma composição de três tipos de fatores (equação 3).

$$X = P_d + Q + T \quad (3)$$

O  $P_d$  corresponde ao ganho de produtividade da atividade de distribuição e o crescimento médio do mercado faturado,  $Q$  corresponde ao indicador de qualidade técnica e comercial do serviço prestado ao consumidor e  $T$  corresponde ao ajuste em função das metas regulatória de ganhos de produtividade. Chama-se a atenção para o fato de  $P_d$  e  $T$  serem calculados somente nas revisões e  $Q$  ser calculado anualmente.

Em períodos normais, a estimação do indicador  $T$  por parte do regulador já seria um grande desafio, no entanto, em períodos como o atual, de disrupção tecnológica, esta tarefa se torna extremamente complicada, tendendo à estímulos regulatórios em direção a alocações ineficientes.

Para efetuar a revisão necessária para o início do próximo período regulatório, o regulador precisa fazer um trabalho um pouco mais minucioso, onde todo o custeio da concessionária deve ser estimado. Este trabalho é longo e demanda muitos recursos da agência reguladora, o que justifica a sua realização apenas em intervalos de tempo mais espaçados. No

Brasil, o primeiro nível de abertura da Parcela B é realizado conforme demonstra na equação 4:

$$\text{Parcela B} = (CAOM + CAA) * (1 - P_m - MIQ) - OR \quad (4)$$

Onde CAOM corresponde ao custo de administração, operação e manutenção; o CAA é o custo anual dos ativos; o  $P_m$  corresponde ao fator de ajuste de mercado; o MIQ é o mecanismo de incentivo de melhoria da qualidade; e, o OR corresponde as outras receitas. Simplificando a análise, assume-se a partir daqui o CAOM como sendo as despesas operacionais (do inglês *OPEX*) e o CAA como sendo a remuneração do investimento em bens de capital (do inglês *CAPEX*).

No Brasil, a determinação das metas regulatórias para *OPEX* e *CAPEX* são bem diferentes. A ANEEL calcula a meta de *OPEX* através de uma análise de *benchmarking* realizada por meio da metodologia de *Yardstick Competition* via *Data Envelopment Analysis* (DEA). A depender da eficiência da concessionária em questão perante a concessionária referência, ela poderá ter ganhos se operar com um custo menor que a referência ou prejuízo se operar com um custo maior. Enquanto isso, a avaliação dos novos investimentos em *CAPEX* é realizada no final do ciclo tarifário, seguindo o conceito de investimento prudente. Ou seja, na avaliação dos investimentos realizados no ciclo findado, o regulador poderá de maneira discricionária rejeitar a inclusão de novos ativos na Base de Ativos Regulatória (ANEEL, 2020).

A ANEEL procura estabelecer alguns parâmetros para equalizar as empresas que terão seus custos comparados, porém, conforme visto na seção 0, as áreas de concessão podem ter demandas tecnológicas completamente diferentes, seja por questões geográficas ou socioeconômicas. Portanto, análises de *benchmarking* também possuem potencial para direcionar investimentos tecnológicos ineficientemente ao simplesmente cercar a concessionária de buscar a melhor alocação tecnológica, ante um determinante que pode ser diferente com o qual lida em seu território. Neste sentido, devido a tal complexidade territorial brasileira, problemas com a formulação do DEA têm sido pontuadas na literatura (Gil *et al*, 2017).

Apesar de ser amplamente utilizado por reguladores, sobretudo em países europeus, o *Price Cap* apresenta considerável dificuldade para lidar com a incorporação de novas tecnologias. Destaca-se as distorções entre adoção de *OPEX/CAPEX*, postergação de investimentos e aversão a investimento em tecnologias com longo prazo de maturação (Jamash e Pollitt, 2007; Joskow, 2014).

Sobre a distorção entre a adoção de *OPEX/CAPEX*, destaca-se a potencialização deste efeito mediante a conjugação do *Price Cap* e *Yardstick Competition*, como é o caso brasileiro. Sob este cenário, as concessionárias são ainda mais estimuladas a investir em *CAPEX* em detrimento do *OPEX*, seja para atingir (ou superar) a meta de *OPEX* e assim alavancar rentabilidade, quanto para inflar alocações em *CAPEX* e, assim, aumentar sua remuneração via custo de capital.

Em relação ao uso do *Yardstick Competition*, a literatura aponta impactos no nível de qualidade do serviço (Tangera, 2003), assim como no tipo de inovação que as concessionárias passam a produzir sob este tipo de mecanismo regulatório (Dalen, 1998). Sobre a qualidade, Tangera (2003) observa que ao se estimular competição por comparação de custos a qualidade tende a se reduzir. Segundo Dalen (1998), sob *yardstick competition*, os investimentos em inovação com *spill-overs* tendem a se reduzir, enquanto os investimentos em tecnologias visando a melhora em eficiência específica da empresa tendem a aumentar.

Por último, destaca-se a possibilidade de desequilíbrios entre oferta e demanda em redes locais mediante a penetração das REDs (Ruester *et al*, 2014). Segundo os autores, tais desequilíbrios podem gerar maior volatilidade e perdas de energia potencialmente mais altas quanto maior for a penetração das REDs, o que se desdobra em custos crescentes para o distribuidor no desenvolvimento e balanceamento das redes. Jenkins *et al*, (2014) afirmam que tais desafios serão mais abrangente e destacam os seguintes pontos: Uso de sistema e oportunidades para reduzir custo e melhorar performance, crescente incerteza sobre a evolução das necessidades da rede e *trade-off* entre *CAPEX* e *OPEX*. Castro *et al.*, (2020) aponta para uma tendência dos investimentos em automação serem no formato de *OPEX*, o que acaba sendo só um *pass-through* para as empresas de distribuição e, assim, podendo ser visto como um caminho menos interessante.

### **2.2.3. Desempenho Financeiro**

Por último, considera-se a conjuntura econômico-financeira das concessionárias brasileiras na construção do pano de fundo para a análise do cenário de investimentos na modernização das redes. O setor elétrico tem passado por diversas crises nos últimos 25 anos, as quais destacam-se o racionamento de 2001, a MP547 e a crise hídrica de 2013, a crise financeira de 2015/16 e, por último, o COVID-19. Em todas estas oportunidades, o setor de distribuição acabou sentindo, nos seus resultados financeiros, os efeitos das perturbações. A

Tabela 2 mostra alguns estudos levantados sobre o desempenho econômico/financeiro das empresas de distribuição do Brasil, onde foram utilizados indicadores tais como retorno sobre capital investido (ROIC), retorno sobre patrimônio líquido (ROE), valor econômico agregado (EVA), entre outros.

**Tabela 2 - Estudos Sobre Impactos Financeiros e Econômicos**

<b>Autor</b>	<b>Período</b>	<b>Indicador</b>	<b>Quantidade de Empresas</b>	<b>Lucratividade</b>
Rocha et al. (2007)	1998-2005	ROIC/ROE	26	Em crescimento
Sampaio et al. (2006)	2003-2005	EVA	1	Satisfatória
Tavares et al. (2007)	2004-2006	EVA	16	68% em crescimento
Ozorio (2015)	2001-2011	Margem, receita e lucro econômico	5	Difusa
Campos et al. (2016)	2001-2013	ROA, ROE e margem	10	Satisfatória
Gilberto et al. (2016)	2012-2015	EVA	3	Em queda
Castro et al. (2018)	2009-2015	Índice de lucratividade	60	Em queda
Brandão et al. (2021)	2009-2016	Índice de lucratividade	53	Em queda

Fonte: Elaborado a partir de dados de Brandão *et. al.* (2020)

De uma forma geral, os estudos apontam para três fases na lucratividade das concessionárias brasileiras. A primeira correspondendo ao período até o ano de 2001, onde a lucratividade tinha viés de alta, mas que foi interrompido pela crise do racionamento do mesmo ano. A segunda fase corresponde ao intervalo entre 2001 e 2013, onde a rentabilidade se mostra em crescimento em alguns estudos e difusa em outros. Vale observar que este período houve um considerável crescimento econômico no país, o que também fez crescer a demanda por energia. Por último, a terceira fase corresponde ao período posterior a 2013, onde todos os estudos apontam para uma queda na lucratividade. Sendo determinante para esta fase o impacto da MP579 e crise hídrica de 2013 e a crise econômica de 2015/16 (Brandão *et al.*, 2021).

Buscando determinar as origens das atuais dificuldades financeiras das distribuidoras, Brandão identifica fortes indícios de ineficiência provocadas por má administração das empresas. Isto é visível principalmente no determinante que mede a administração dos custos operacionais, onde fica claro que as empresas públicas não conseguem atingir a meta regulatória e, ano após ano, perdem dinheiro nesta rubrica. Pois bem, se uma empresa não consegue ser

eficiente na administração dos seus custos do dia a dia, pode-se esperar que terá um desempenho pior em atividades mais complexas, como é o caso da inovação.

Brandão *et al.*, (2021) ainda identifica impactos negativos em rentabilidade da companhia oriundo do furto de energia (ou como denominado regulatoriamente, perdas não técnicas). Assim como as metas de *OPEX*, a meta de perdas não técnicas é calculada tendo como base a metodologia de benchmarking via *yardstick competition*. Assim, novamente se compara áreas de concessão que podem não ser compatíveis.

Por fim, observa-se que a atividade de distribuição nacional vem demonstrando muita variabilidade nos resultados, o que é preocupante. Brandão *et al.* (2021) pontua que esta variabilidade denota que o segmento de distribuição no Brasil é uma atividade de risco, o que pode se desdobrar em redução dos investimentos.

#### O retrato da inovação na distribuição elétrica

Buscando trabalhar todo o contexto inovativo no qual o setor elétrico brasileiro e mundial está exposto, nesta seção serão examinadas as seguintes dimensões: i) benchmarking britânico em P&D, ii) apresentação do programa brasileiros de inovação (PROP&D), iii) resultados do PROP&D e, por fim, iv) análise crítica do PROP&D.

#### Regulação de Inovação - PROP&D

Entre 2000 e 2023, o PROP&D foi a principal política de auxílio à inovação sob coordenação da ANEEL<sup>6</sup>. Suas bases foram estabelecidas pela Lei nº 9.991/2000, que definiu os percentuais mínimos de investimento a serem realizado pelas companhias do setor elétrico, as fontes de financiamento e repartição de recursos, bem como o papel da ANEEL como ente regulador e fiscalizador dos projetos de P&D e de eficiência energética. Nesta atribuição, a ANEEL cria as regras e procedimentos para chamadas e submissão de projetos no PROP&D (Procedimentos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento) e no Manual do Programa de P&D.

Esta regulamentação foi aperfeiçoada ao longo dos últimos 24 anos, conforme pode ser visto na figura 14, que traz alguns marcos desta evolução.

---

<sup>6</sup> Em outubro de 2022 a ANEEL aprovou o novo Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PROPDI). Ele entrou em vigor em 1 de julho de 2023.



Figura 14 - Marcos das Edições Anteriores do Manual de P&D

Fonte: Elaboração Própria

Descarta-se aqui a contínua evolução das regras do programa, assim como a redistribuição dos recursos a partir de 2004 e foco dado na criação de produtos, a partir de 2015.

Segundo o Manual do Programa de P&D (ANEEL, 2017c), todas as empresas do setor elétrico brasileiro (SEB) – concessionárias de geração, transmissão e distribuição, bem como as permissionárias de distribuição e produtores independentes de energia elétrica – devem aplicar um percentual da receita operacional líquida (ROL) anual em projetos de pesquisa e desenvolvimento. A exceção são:

- empresas geradoras de energia exclusivamente a partir de instalações eólica, solar, biomassa, cogeração qualificada e pequenas centrais hidrelétricas;
- permissionárias de distribuição com volume de venda anual menor que 500 GWh;
- autoprodutoras (exceto as receitas provenientes de comercialização de energia).

Segundo o artigo 1º da Lei nº 9.991/2000, as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica ficam obrigadas a investir o total de 0,75% da sua ROL em projetos de P&D, e 0,25% em projetos de eficiência energética. Já as concessionárias de geração e transmissão devem aplicar no mínimo 1% da ROL em projetos de P&D. Eximem-se desta obrigatoriedade as permissionárias cuja energia vendida anualmente seja inferior a 500 GWh e

as empresas geradoras que operam exclusivamente com energias solar, eólica, biomassa, cogeração qualificada e pequenas centrais hidrelétricas (Art. 2º).

Dos recursos destinados a P&D, apenas 40% são destinados à execução de projetos regulados pela ANEEL, outros 40% são destinados ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico (FNDCT), e 20% ao Ministério de Minas e Energia.

Os projetos de P&D regulado da ANEEL podem ser de dois tipos: (1) estratégico ou (2) cooperativo. Os projetos estratégicos, segundo a ANEEL (2012), possuem “grande relevância para o setor elétrico” e são fruto de esforços conjuntos de várias empresas do setor, e entidades executoras. Estes projetos são definidos em uma Chamada Pública, para a qual as empresas interessadas demonstram interesse. Vale ressaltar que, por mais que eles sejam aprovados por chamada pública, não existe competição entre os projetos das diferentes empresas.

Os projetos de P&D cooperativo, por sua vez, são aqueles submetidos por duas ou mais empresas para a ANEEL, a quem cabe aprovar o enquadramento do projeto nas definições de P&D estabelecidas no PROP&D, bem como a capacidade financeira das empresas proponentes para executar os projetos. Um aspecto importante desta última modalidade é que a aprovação da ANEEL ocorre somente na prestação de contas, quando o projeto já foi completamente executado e a empresa elétrica já desembolsou todo o investimento. Este fluxo acaba incorporando um componente de incerteza ao processo (Maestrini e Mejdalani, 2020).

O escopo dos projetos submetidos à avaliação da ANEEL deve estar enquadrado em pelo menos um dos onze temas prioritários definidos pela Agência, a saber ANEEL (2020b):

1. Fontes alternativas de geração de energia elétrica;
2. Geração Termelétrica
3. Gestão de Bacias e Reservatórios;
4. Meio Ambiente;
5. Segurança;
6. Eficiência Energética;
7. Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica;
8. Operação de Sistemas de Energia Elétrica;
9. Supervisão, Controle e Proteção de Sistemas de Energia Elétrica;
10. Qualidade e Confiabilidade dos Serviços de Energia Elétrica;
11. Medição, faturamento e combate a perdas comerciais.

Esta lista temática não é fixa, contudo, periodicamente cabe a ANEEL revisar a lista de prioridades tecnológicas do setor elétrico de modo a incluir novos desafios ou a promover o desenvolvimento tecnológico em algum setor ainda incipiente no país. Enquanto alguns temas prioritários exploram capacidades já desenvolvidas no contexto do setor elétrico brasileiro, outros eixos temáticos requerem maior grau de coordenação entre agentes de diferentes setores ou a exploração de tecnologias ainda pouco adotadas no Brasil.

*A experiência nacional no âmbito do PROP&D*

A introdução do PROP&D tem sido exitosa na promoção de P&D no SEB. Segundo ANEEL (2020a) foram investidos 3 bilhões de reais em projetos de P&D entre os anos de 2008 e 2019, onde o segmento de distribuição foi responsável por 1,4 bilhões de reais. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** demonstra anualmente a soma dos valores consolidados dos projetos de P&D propostos pelo programa.

**Tabela 3 - Investimentos em projetos concluídos e em andamento**

<b>Ano</b>	<b>Comercialização</b>	<b>Distribuição</b>	<b>Geração</b>	<b>Transmissão</b>	<b>Total Geral</b>
2008		10.638.004	16.140.969	769.378	27.548.351
2009	992.773	165.032.271	124.184.233	13.451.696	303.660.973
2010	5.066.685	166.179.701	139.130.570	8.436.427	318.813.384
2011	1.886.280	242.529.204	178.759.656	43.486.908	466.662.048
2012		131.517.053	74.866.353	16.209.277	222.592.683
2013		85.257.208	105.724.750	13.765.862	204.747.819
2014		71.063.327	34.982.501	8.004.752	114.050.580
2015	5.972.650	23.383.044	35.286.311	4.078.092	68.720.098
2016		13.420.947	8.728.242	4.132.198	26.281.387
2017		76.913.035	47.543.971	17.515.582	141.972.589
2018	3.746.391	402.953.080	424.136.811	96.548.433	927.384.715
2019		45.058.353	117.108.095	16.772.750	178.939.198
<b>Total Geral</b>	<b>17.664.779</b>	<b>1.433.945.228</b>	<b>1.306.592.462</b>	<b>243.171.355</b>	<b>3.001.373.824</b>

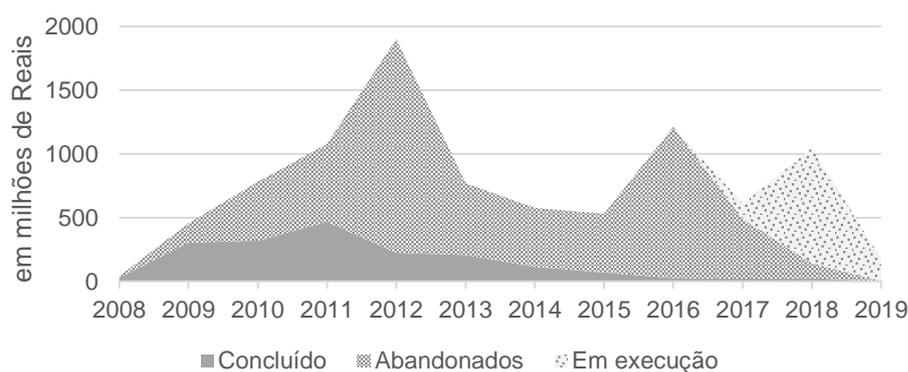
Fonte: (Maestrini e Mejdalani, 2020).

A tabela demonstra uma considerável variabilidade de investimentos ano a ano. Isto está relacionado a dois pontos: i) os investimentos de todo o projeto são apontados no seu ano de início, assim projetos com alto investimentos provocam acentuada elevação dos investimentos considerados em um determinado ano; e, ii) a própria decisão de investir das concessionárias.

Em ambos os casos, seja pelo investimento em si ou a sua intensidade, existe um significado econômico sobre a aposta do setor nas atividades inovativas (Maestrini e Mejdalani, 2020).

Outro aspecto relevante é que, somente nos anos de 2013, 2015 e 2018, a distribuição deixa de ter um papel de absoluto destaque, ao ter redução na participação do total investido. Conforme já visto, os anos de 2013 e 2015 foram marcados por um impacto financeiro relevante no segmento, o que ajuda explicar a queda do apetite inovativo. Já no ano de 2018, apesar da queda na participação total, a distribuição aumentou o investimento em mais de cinco vezes em relação ao ano anterior, sendo superada somente pela geração que aumentou quase nove vezes o investimento no mesmo ano.

Em uma visão complementar, apresenta-se o gráfico com os *status* de todos os projetos de P&D executados e disponíveis na base de dados (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

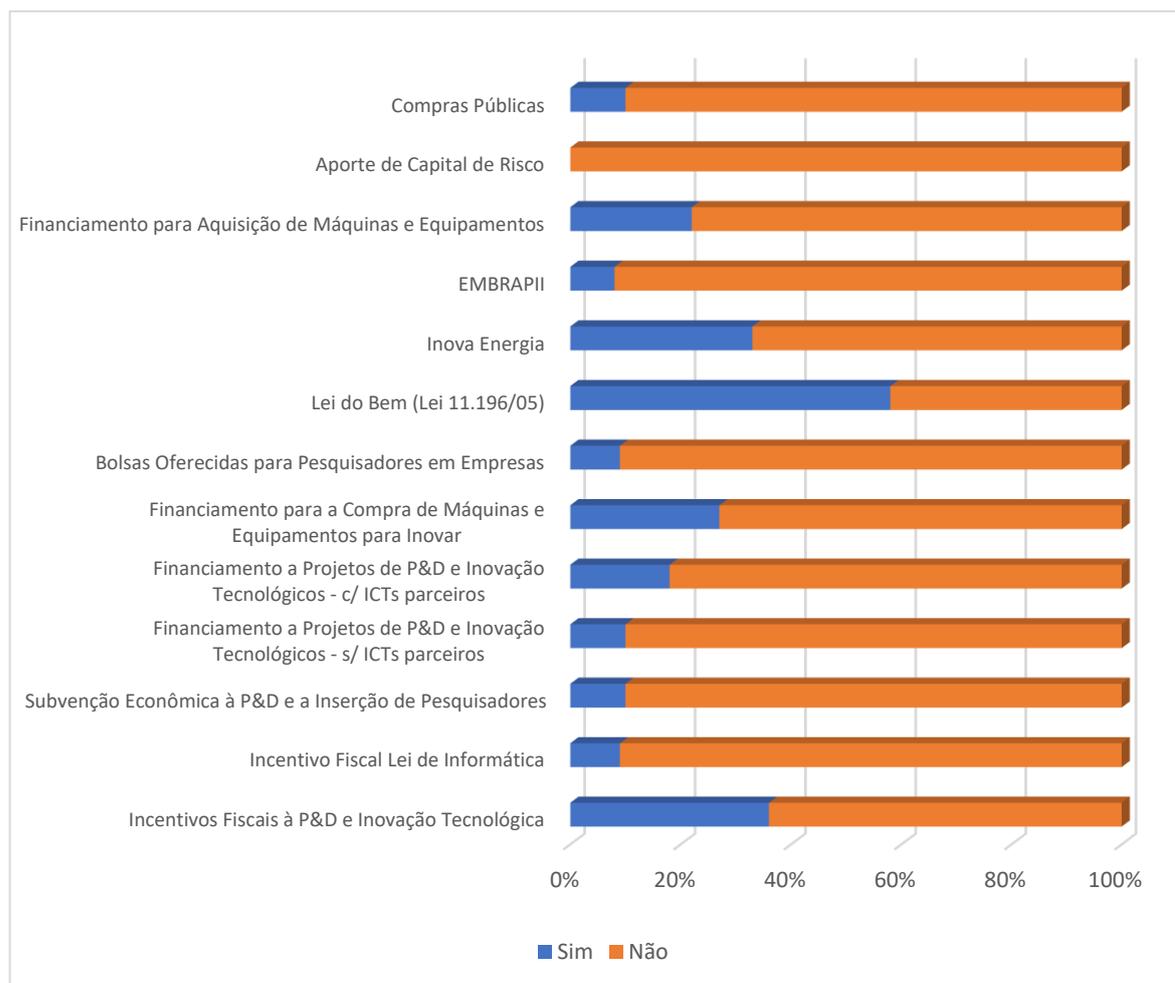


**Figura 15 - Status dos Projetos de P&D carregados pela ANEEL por Ano de Carregamento, em Milhões de Reais**

Fonte: Maestrini e Mejdalani (2020)

Indícios sobre os efeitos das dificuldades econômicas brasileiras nos projetos de P&D também podem ser vistos por meio dos picos de cancelamentos de projetos. Estes picos ocorrem em sobretudo em projetos carregados no sistema em 2012 e 2016.

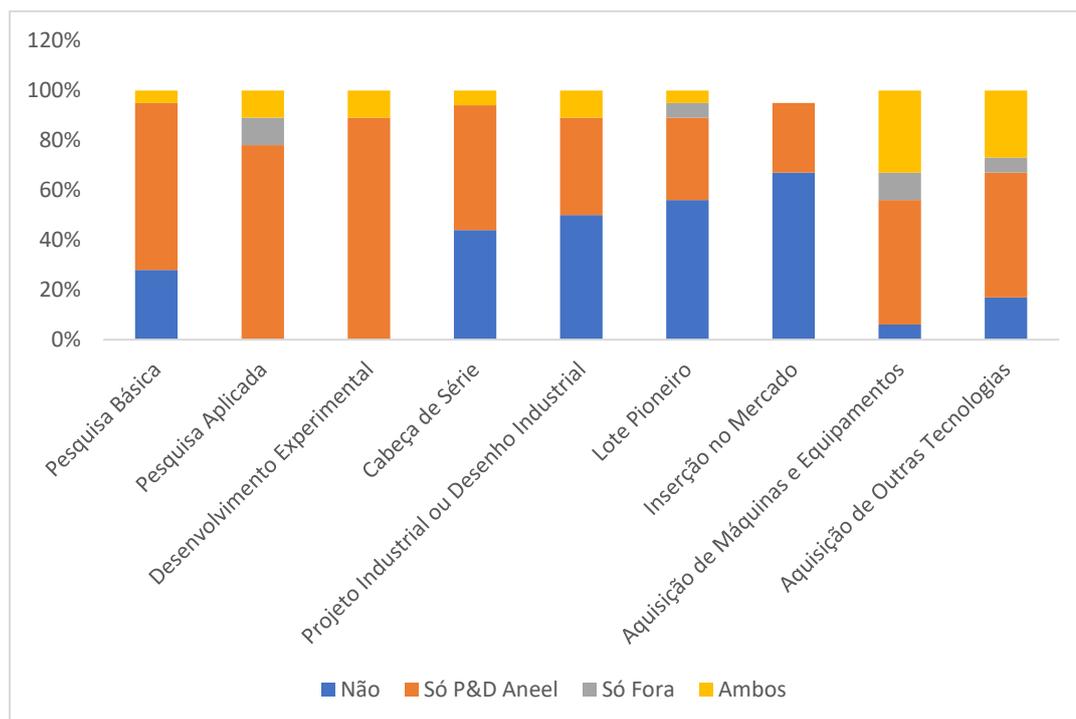
Chama-se a atenção aqui para o fato do PROP&D ser a principal fonte de financiamento do setor elétrico brasileiro (Castro et al., 2020). Sobre as demais fontes de financiamento, a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra o resultado de uma pesquisa realizada com representantes de 18 empresas do setor elétrico.



**Figura 16 – Gráfico utilização de outros programas de apoio do governo para iniciativas de inovação e P&D**

Fonte: Castro et al. (2020)

Com a exceção da Lei do Bem, os incentivos fiscais e o Inova Energia, as outras modalidades foram bem menos utilizadas pelas empresas. Em uma visão complementar tem-se a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, onde pode-se verificar a origem do recurso aplicado em cada uma das etapas de inovação. As empresas tiveram quatro possibilidades de resposta por categoria: i) não utilização de recursos do PROP&D naquela categoria, ii) utilização exclusiva de recursos do PROP&D naquela categoria, iii) utilização somente de recursos externos ao PROP&D naquela categoria, e, iv) utilização de ambos os tipos de recursos naquela categoria.



**Figura 17 – Gráfico Origem do Recurso Vs. Tipo de Atividade Inovativa**  
 Fonte: Castro *et al.* (2020)

O primeiro ponto que chama a atenção são as altas taxas de não utilização de recursos do PROP&D em projetos com tecnologia mais maduras, demonstrando que muitas empresas não fazem este tipo de pesquisa. Também fica claro na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** que o financiamento externo é pouco presente nas ações de inovação, aparecendo em proporção bem reduzida e em apenas algumas classes.

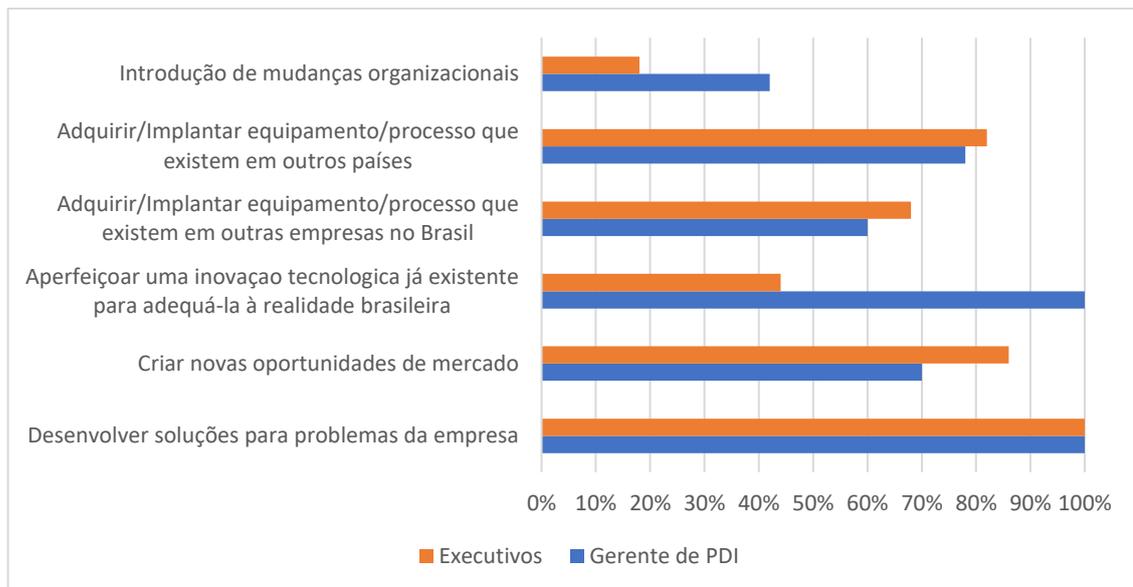
Sendo assim, observa-se que o PROP&D tem sido de grande importância para financiar a P&D no setor. Entretanto, apesar dos expressivos investimentos, ao avaliar os resultados inovativos do PROP&D, a literatura tem apontado problemas como a baixa capacidade deste em promover um progresso técnico satisfatório.

Por último, cabe ressaltar o impacto da crise do Covid-19 no mercado de distribuição elétrica e o seu desdobramento no programa de P&D. Com as medidas restritivas esperava-se uma redução drástica do consumo de energia, o que levaria as empresas a uma situação de prejuízo em decorrência de sobrecontratação. A queda na receita se confirmou, porém não nos níveis que se esperava, mas algumas ações para salvar o setor foram efetivadas, tais como: empréstimo de cerca de 14,8 bilhões para 50 distribuidoras e a utilização de 2,23 bilhões de recursos de P&D. Esta última sob o pretexto de reduzir a necessidade de aumentos em tarifas.

*Condicionantes para projetos de P&D no Âmbito do PROP&D*

Nesta seção serão examinados aspectos sobre as iniciativas das 28 empresas entrevistadas em (Castro et al., 2020). Com esta finalidade, foram utilizados os resultados observados em cinco perguntas sobre os objetivos e critérios de seleção dos projetos propostos, obstáculos e importância da área de P&D dentro da estrutura organizacional das empresas.

O primeiro passo para obter um enquadramento inicial sobre a visão das empresas sobre a pesquisa e desenvolvimento é realizado a partir da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Nela são apresentados os objetivos almejados pelas empresas no momento da proposição de um projeto de P&D, onde os resultados são separados de acordo com o nível hierárquico do respondente dentro da organização.

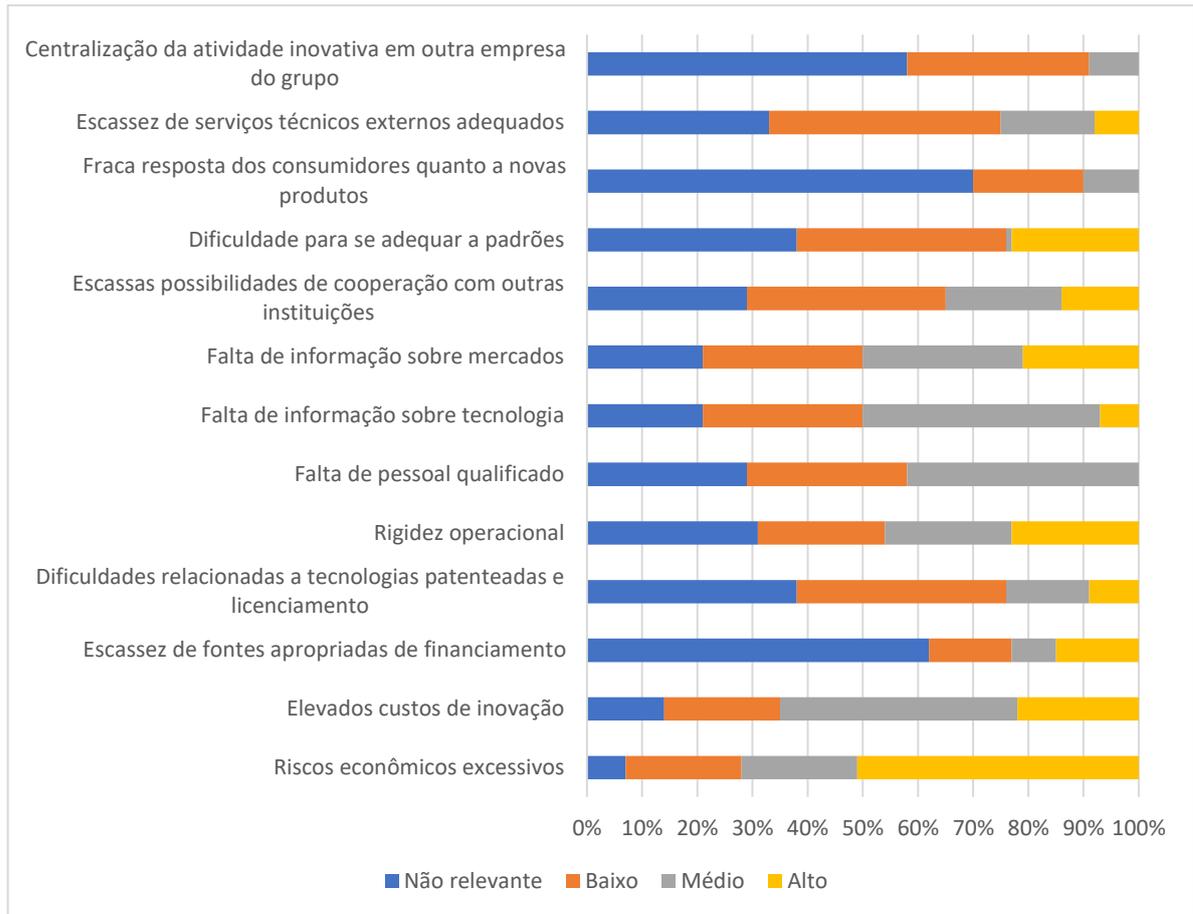


**Figura 18 – Objetivo das Empresas com a Proposição dos Projetos**

Fonte: Castro *et al.* (2020)

Chama a atenção que 100% dos entrevistados enxergam que os recursos do PROP&D devem solucionar problemas da empresa. Destaca-se também a visão sobre a criação de oportunidades de mercado e a internalização de tecnologias utilizadas fora do país.

Voltando a atenção para os problemas enfrentados por quem tem a responsabilidade de gerir as atividades de P&D (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) são examinados 13 pontos que, na visão dos gestores de P&D, dificultam a execução dos projetos.



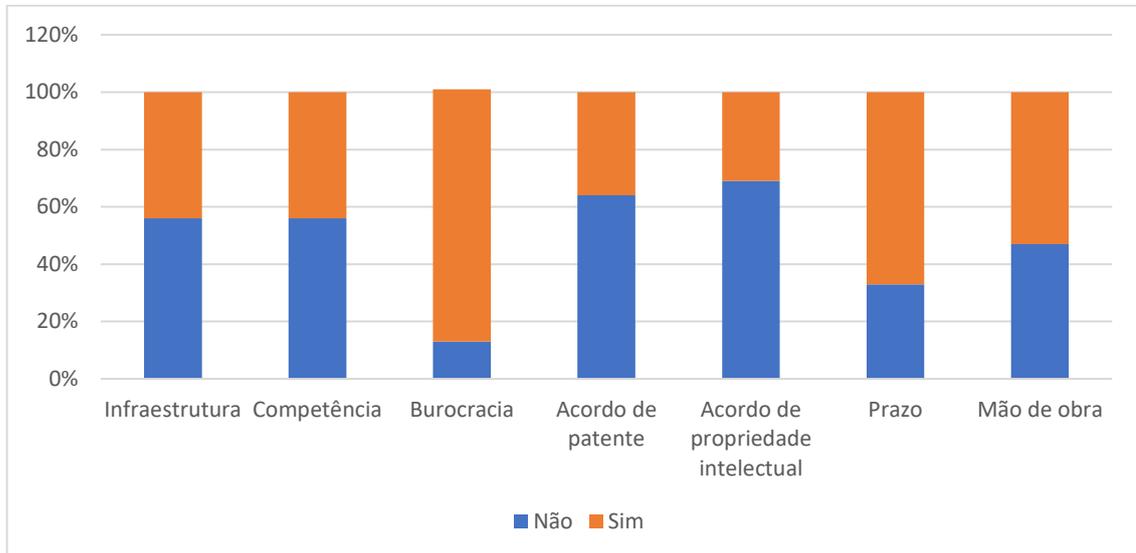
**Figura 19 - Fatores que dificultam as atividades de P&D e inovação (Respostas só de gestores de P&D)**  
 Fonte: Castro *et al.* (2020)

Os riscos econômicos foram vistos por 71% dos gestores como sendo um risco médio ou alto. Castro *et al.* (2020) relaciona esse resultado com a percepção dos gestores sobre o risco de glória, o qual dificulta a operacionalização do projeto.

O que mais chama a atenção neste resultado são as dificuldades que podem ser relacionadas facilmente à falta de capacidades inovativas das empresas. Em resumo, observa-se que as empresas são rígidas organizacionalmente, as equipes não possuem qualificação adequada, falta de visão sobre as tecnologias e mercados e dificuldade de relacionamento cooperativos com outras instituições. Estes resultados podem ser tidos como um indício da falta de capacidades dinâmicas nos três níveis (detecção, captura e transformação).

Por outro lado, destaca-se a visão sobre a interação com os consumidores. Nenhum dos gestores observa este item como sendo um problema com alto impacto e 70% deles não observam relevância nas dificuldades relacionadas aos consumidores.

Sobre os obstáculos, são examinados pontos como infraestrutura, competências, burocracia, patente, propriedade intelectual, prazo e mão de obra (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

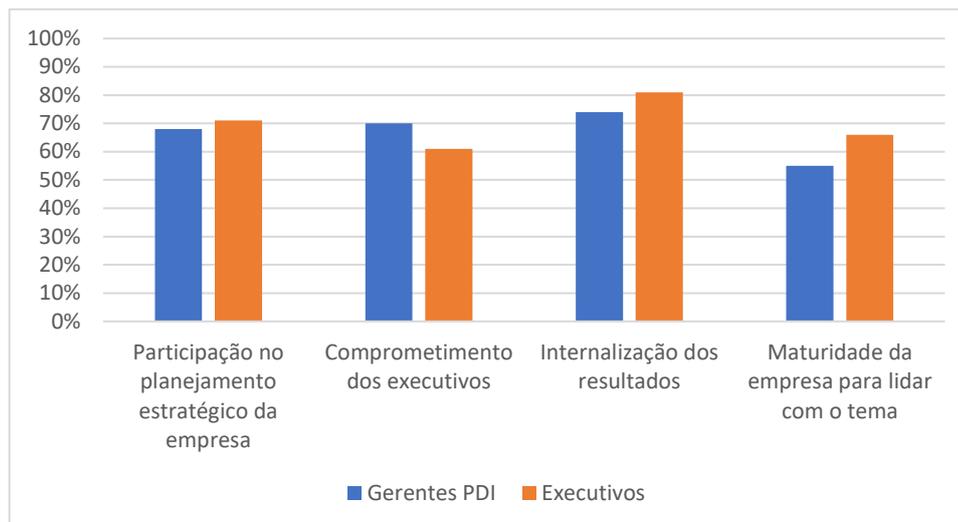


**Figura 20 - Obstáculos à implementação das Inovações**

Fonte: Castro *et al.* (2020)

O pior problema identificado está relacionado com a burocracia. Castro *et al.* (2018) não é claro sobre o detalhamento desta percepção, onde ela poderia estar sendo influenciada pela rigidez organizacional identificada acima. Outro ponto importante é a visão da mão de obra se qualificar como um obstáculo a inovação, o que denota que os resultados na formação profissional e acadêmicas observadas no escopo do programa ainda não são suficientes.

Por último, demonstra-se a visão dos entrevistados sobre o posicionamento organizacional da área de P&D dentro da estrutura a que ele pertence (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).



**Figura 21 – Grau de importância da área de P&D e inovação dentro da organização**  
 Fonte: Castro *et al.* (2020)

Destaca-se aqui a visão de que a maior parte reconhece uma importância grande de P&D na participação do planejamento estratégico da empresa, assim como se reconhece a importância da internalização dos resultados. Entretanto, o indicador menor avaliado é o de nível de maturidade organizacional para lidar com o tema, o que pode explicar os resultados insatisfatórios observados no setor elétrico e que serão demonstrados na próxima seção.

#### *Reforma da Política de inovação no SEB – O PROPDI*

A criação do PROPDI veio em resposta a todas as críticas que o PROP&D recebeu ao longo da sua existência. O PROPDI substituiu o PROP&D a partir de 1 de julho de 2023, prevendo uma janela de transição até o início de 2024 (ANEEL, 2022). Este processo começou em 2019 com a consulta pública da ANEEL 17/2019 e finalizando com a consulta pública 12/2023 sobre o PEQuI e posterior divulgação do regulamento (ANEEL, 2023b).

O novo programa da ANEEL possui o objetivo de acelerar a inovação no setor elétrico brasileiro. Para isso a agência preparou um regulamento que trata das diretrizes sobre inovação, os instrumentos utilizados, avaliação e monitoramento, prestação de contas, comunicação e período de transição. O ponto-chave do programa é estimular nas empresas o foco na produção de inovações que sejam inseridas no mercado. Para isto, são estimuladas as parcerias com *Startups*, a realização de projetos cooperados e estratégicos e os programas de gestão de inovação.

A agência estabeleceu um plano quinquenal (o PEQuI) o qual contém as regras de avaliação da performance das empresas participantes. Se antes a avaliação ocorria projeto a projeto, nesta nova versão, a ANEEL irá avaliar o portfólio de projetos de cada empresa. Neste sentido, a agência determinou que as empresas reportarão periodicamente os avanços de seus portfólios de inovação. Destaca-se aqui a atualização no final do quinquênio, pois é onde a agência fará uma avaliação voltada para o reconhecimento das despesas de todo o portfólio de projetos.

Com essa finalidade, foram definidos dez indicadores onde são avaliados os seguintes aspectos (ANEEL, 2023b):

- Investimento em temas estratégicos;
- Retorno de uma parcela do investimento;
- Pesquisa em tecnologias com TRL<sup>7</sup> acima de 6;
- Aproveitamento tecnológico nas empresas;
- Recursos em contrapartida de terceiros;
- Titulações técnico-científicas;
- Publicações em periódicos científicos;
- Participação de empresas sediadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste;
- Quantidade de Patentes;
- Divulgação audiovisual do portfólio de projetos.

Cada um desses direcionadores possui uma meta e um peso específico dentro avaliação final<sup>8</sup>. Esta avaliação recebeu o nome de Avaliação Multiatributo de Portfólio de PDI de Empresas de Energia Elétrica (AMPERE), onde a empresa regulada deverá ter um aproveitamento maior ou igual a 85% da pontuação total para recuperar todo o investimento realizado em seu portfólio. Caso a nota seja inferior, está previsto o estorno da despesa para a conta de P&D, o que fará com que a despesa não reconhecida seja lançada no resultado da empresa.

Impactos e desafios da transição energética e os 3Ds

---

<sup>7</sup> Para maiores informações sobre a definição de TRL consultar Mankins (1995).

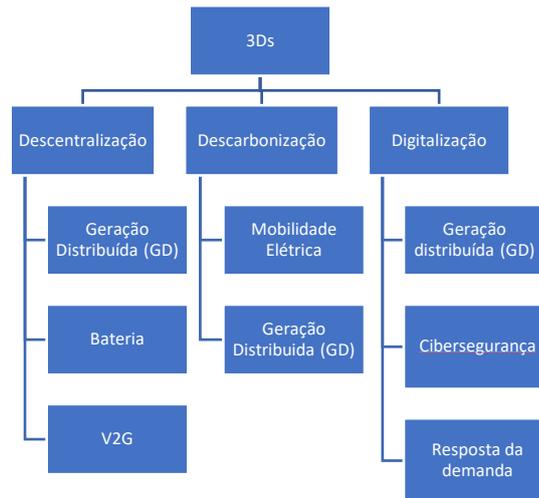
<sup>8</sup> Para maiores detalhes sobre as metas e pesos de cada indicador olhar o módulo 4 (página 25) de ANEEL (2023b).

Diante da ameaça do aquecimento global, em 2015, foram estabelecidas metas de redução de emissões de carbono, o que ficou conhecido como o acordo de Paris. A meta do acordo é frear o aquecimento global, assegurando que a elevação da temperatura em relação a níveis pré-industriais fique abaixo de 2° e empreender esforços adicionais para tentar manter a elevação da temperatura em até 1,5°C. O acordo deixou a cargo dos países a tarefa de estipular as suas metas individualmente, mas ele incentiva que estas sejam ambiciosas, sendo aplicadas a cada 5 anos (UNITED NATIONS, 2015).

Diante deste cenário, os governos de países desenvolvidos veem criando incentivos, como também efetuando grandes investimentos no setor de energia, substituindo combustíveis fósseis por renováveis em sua matriz, o que hoje é chamado de transição energética. Acontece que as novas tecnologias renováveis – Ex. solar e eólicas – impõem novos desafios ao sistema elétrico como um todo em função de sua intermitência. Seja na geração devido *ramp-up* da curva do pato (CAISO, 2013) ou nas redes de distribuição e transmissão, por conta dos fluxos reversos e necessidade de reformulação da rede (Cossent e Gomez, 2013). A transição energética tem provocado grandes transformações tecnológicas no setor elétrico e essas transformações têm sido analisadas por meio da abordagem dos 3Ds (descentralização, descarbonização e digitalização).

A descentralização, digitalização e descarbonização representam três frentes tecnológicas por onde toda a transformação do setor elétrico mundial irá ocorrer. A GD pela descentralização, o *Big Data* pela digitalização e a mobilidade elétrica pela descarbonização são exemplos retóricos de cada eixo. No entanto, também cabe destacar, por exemplo, a bateria, que está presente na descentralização ao ser um backup de uma rede e por sua importância enquanto componente nos Veículos Elétricos (VEs). Portanto, ainda que o conceito de 3Ds exerça o papel de apontar caminhos pelos quais a transformação irá ocorrer, é importante frisar que esses caminhos estão entrelaçados, principalmente pelas redes de distribuição elétrica.

Toda essa transformação no campo da distribuição elétrica é especialmente desafiadora, uma vez que exige grandes investimentos de recursos no desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias. A figura 7 traz os três eixos temáticos dos 3Ds e, para cada um deles, elenca alguns exemplos de tecnologias que possuem impactos consideráveis da complexidade da rede.

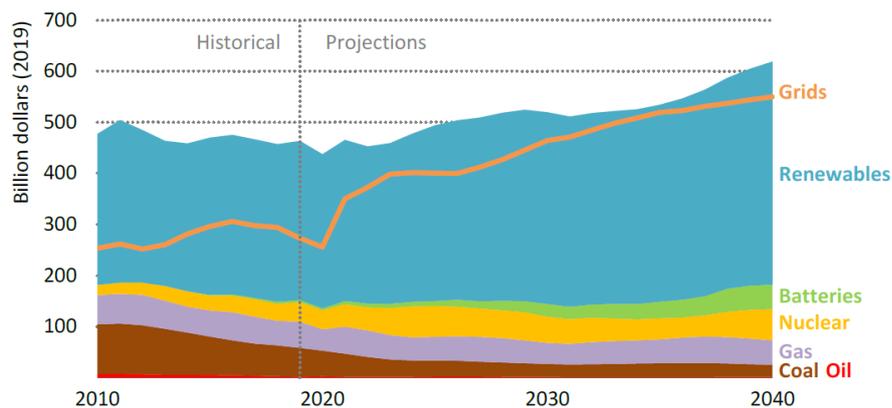


**Figura 22 - Exemplos de Tecnologias com Impactos na Distribuição Elétrica**  
 Fonte: Elaboração Própria

Destaque dentre a amostra de tecnologias elencadas, a GD possui impacto considerável tanto na descentralização, ao introduzir a possibilidade do fluxo reverso na rede, na digitalização, por aumentar o número de variáveis a serem consideradas na administração de sua rede e na descarbonização, por gerar eletricidade sem a queima de combustíveis fósseis. No campo da descentralização, a bateria e o V2G<sup>9</sup> podem ser vistas como oportunidades tecnológicas que a distribuição pode utilizar para manter a rede equilibrada. Pelo lado da descarbonização, a mobilidade elétrica por meio de VEs do tipo BEV (do inglês *Battery electric vehicles*) exigem reforços na rede diante da instalação de infraestrutura de recargas públicas que possuem elevada potência, o que muitas vezes exigem obras e troca de equipamentos. Por fim, mas não menos importante, a resposta da demanda e a cibersegurança são temas que demandam grandes investimentos em novos sistemas de controle, assim como oferece oportunidades para os “braços empresariais” dos grupos controladores das concessionárias de distribuição.

Neste sentido, os investimentos mundiais em redes de distribuição e transmissão, que já são vultosos, possuem perspectivas ainda mais expressivas. Na Figura 23, é apresentada a evolução comparativa dos investimentos em fontes energéticas e redes de eletricidade (distribuição e transmissão) entre os anos de 2010 e 2019, assim como a projeção até 2040. O gráfico ratifica os rumos da transição energética, onde as fontes renováveis continuam a ganhar cada vez mais investimentos e as redes ganham cada vez mais destaque.

<sup>9</sup> Do inglês Vehicle-to-grid, corresponde a injeção da energia armazenada nas baterias dos VEs na rede de distribuição.



**Figura 23 - Investimentos em redes de distribuição e transmissão no mundo**  
Fonte: IEA (2020)

Em relação aos investimentos em redes (distribuição e transmissão), observa-se uma rápida recuperação já em 2021, devendo chegar a U\$ 460 bilhões em 2030. Isto representa um aumento de 66% em relação ao ano de 2019. Este efeito se deve a condição *sine qua non* entre investimentos em fontes renováveis intermitentes e redes inteligentes capazes de lidarem com uma complexidade crescente.

No entanto, no Brasil ainda que se observe algumas iniciativas inovativas, o setor de energia do Brasil apresenta resultados muito modestos em tecnologias de energias renováveis, principalmente quando comparados internacionalmente (Emodi, Bayaraa e Yusuf, 2015). No próximo capítulo, serão examinados os condicionantes inerentes ao setor elétrico nacional e internacional que atravancam o seu desempenho inovativo.

### **3. Evolução das Tecnologias Pesquisada no PROP&D**

Esta seção foi dividida em quatro partes: a primeira tem o propósito de descrever a base de dados utilizada no estudo, a segunda descreve toda a metodologia empregada na análise estatística, enquanto a terceira apresenta os resultados. Para finalizar, são apresentadas as conclusões parciais e recomendações regulatórias.

#### **3.1. A experiência britânica**

Tendo em vista a preponderância e a referência de benchmarking que representa para reguladores elétricos de todo o mundo, neste estudo utiliza-se o caso britânico como contrafactual da comparação internacional. Assim, nesta seção a experiência britânica será examinada sob duas perspectivas: evolução do framework regulatório e evolução da Geração distribuída.

##### **3.1.1. Evolução do framework regulatória**

No Reino Unido, historicamente se observou um fluxo de investimentos estável em inovação, seja por P&D ou incorporação de novas tecnologias. Entretanto, com as reformas liberalizantes e adoção de modelos regulatórios por incentivos, as empresas reguladas passaram a cortar os investimentos em novas tecnologias, inclusive observando-se impactos na qualidade da prestação do serviço, como foi o caso das concessionárias de distribuição (Jamab e Pollit, 2007).

Além da queda em qualidade do serviço, observou-se um grande impacto no ímpeto inovativo por meio do declínio dos investimentos em P&D por parte das concessionárias de distribuição privadas da Inglaterra (Jasmab e Pollitt, 2011). Posteriormente, Jasmab e Pollitt (2015) analisaram que este efeito levou a uma busca por uma resposta regulatória, que chegou através da adoção de programas dedicados à promoção de P&D dentro do setor elétrico. Desde então, a Ofgem (regulador britânico) já promoveu 3 programas diferentes de incentivo a P&D no setor elétrico do Reino Unido.

O primeiro deles ocorreu a partir do quarto período de controle de preços (2005-2010). Neste ciclo tarifário o framework regulatório deixou de ser focado na redução de custo e promoção de competição, passando a ser focado na redução das emissões de carbono e

segurança energética (Bolton e Foxon, 2010). Sabendo que o mecanismo de Price Cap era efetivo em promover eficiência no setor elétrico, mas que possuía dificuldades em estimular P&D, o regulador inglês criou o *Innovation Funding Incentive* (IFI) e o *Registered Power Zones* (RPZ). O primeiro tinha como foco apoiar projetos de P&D técnicos de rede de distribuição com objetivo de entregar valor para o consumidor final, enquanto o segundo incentivou a conexão de geração distribuída mediante aumento da receita das concessionárias (Frame et al, 2018).

No período de controle de preços seguinte (2010-2015), a Ofgem implementou o *Low Carbon Networks Fund* (LCNF). O objetivo do programa foi ajudar os distribuidores a definir o papel deles no fornecimento de segurança no abastecimento, mantendo uma relação adequada de custo-benefício, enquanto o Reino Unido direcionava-se para uma economia de baixo carbono. Foram disponibilizados 500 milhões de Libras para os distribuidores ingleses nos seus 5 anos de funcionamento, sendo o programa capaz de estimular inovação nas concessionárias, assim como criou uma cultura de inovação no setor (Rhodes e Van Diemen, 2016). Porém, faltou uma abordagem efetiva de aprendizado e redução de incerteza para as tecnologias prioritárias (Rhodes e Van Diemen, 2016; FRAME et al, 2018).

Em 2015, como parte integrante do sistema de controle de preços RIIO, o Ofgem lançou o *Electricity Network Innovation Competition* (NIC). O programa disponibiliza até 70 milhões de libras por ano, funcionando como uma chamada de projetos a serem submetidos pelas concessionárias, os quais serão avaliados e ranqueados. Desta forma, ele possui um caráter competitivo, pois somente os melhores projetos receberão recursos.

### **3.1.2. Evolução da GD**

A partir da liberalização do setor elétrico britânico, as discussões foram centradas na mitigação dos impactos ambientais e integração das fontes renováveis. Esta tendência foi observada nos países europeus, fruto das metas estabelecidas nos acordos climáticos publicados pela comissão europeia em 1989 (Castro e Dantas, 2016). Na Inglaterra, observou-se uma primeira tentativa a partir da década de 90, com a adoção do *Non Fossil Fuel Obligation* (NFFO), e, posteriormente, *Renewable Obligation* (RO) de 2002. Mas, ambos os programas, não conseguiram ser efetivos.

Em 2010, os britânicos instituíram o mecanismo de tarifa feed-in. Ele foi focado em projetos de pequeno porte, com fontes fotovoltaicas, eólicas, hídrica e de digestão anaeróbia, cuja capacidade total instalada não ultrapassasse 5MW (Castro e Dantas, 2016). Segundo

OFGEM (2016), a partir de 2015 houve uma aceleração nas instalações, por parte dos consumidores, de painéis fotovoltaicos. Neste sentido, Morcillo *et. al.* (2022) fizeram uma projeção para comparar a difusão da instalação de energia fotovoltaica na Inglaterra, Brasil e Colômbia (figura 23). O eixo y representa a participação da geração fotovoltaica na matriz dos países.

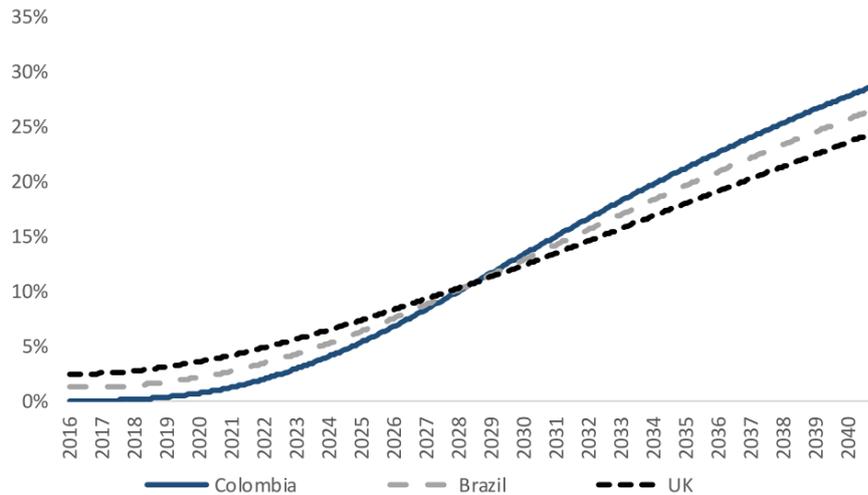


Figura 24 - Projeção de Instalação de Energia Fotovoltaica

Fonte: (Morcillo *et. al.*, 2022)

Conforme projeção realizada por Morcillo *et. al.* (2022), em 2016 a Inglaterra já apresenta resultado superiores a países como o Brasil e Colômbia, ainda que em todos os casos a participação na matriz elétrica até 2020 seja bem pequena em todos os casos. Observa-se também que, por volta de 2028, a tendência é que Colômbia e Brasil ultrapassem o percentual de participação da Inglaterra.

### 3.2. Análise da base de dados

A base de dados utilizada neste estudo é disponibilizada em (ANEEL, 2021) e corresponde a todos os registros dos projetos do PROP&D. São 3.115 observações, que correspondem a um projeto específico propostos entre 20 de novembro de 2008 e 14 de janeiro de 2020 pelos segmentos de geração, transmissão, distribuição e comercialização. Estão disponíveis 36 variáveis, que detalham cada projeto desde o seu carregamento do sistema da ANEEL até a sua conclusão, passando por justificativas, resultados alcançados e valores envolvidos. As análises foram elaboradas com os softwares Microsoft Excel e RStudio.

É importante destacar que, para as análises deste estudo, serão considerados apenas os projetos com status de concluído. Esta ação é importante para retirar do escopo de análise os projetos carregados no sistema da ANEEL, indicando o seu início, mas que foram cancelados e permanecem com status que indicam algum tipo de atividade. Outro aspecto importante relaciona-se com a contabilização do investimento do projeto, que é mensurado pelo “custo total realizado” no seu ano de início (“ano de carregamento”). Esta definição se deve pela falta de informação sobre a real distribuição dos recursos ao longo da execução e por representar o período em que a empresa toma a decisão sobre o investimento.

Para se chegar à base de dados final que será analisada, foi preciso alguns tratamentos na base de dados, os quais são listados abaixo:

- a) Retirados 1.902 projetos com status diferente de concluído;
- b) Retirados 567 projetos propostos por outros segmentos que não distribuição;
- c) Retirados 148 projetos anteriores a abril de 2010;
- d) Retirados 47 projetos sem a informação de custo realizado;
- e) Criação de variáveis de classificação para os diferentes tipos de tecnologias analisados.

Vale lembrar que o corte no período de análise realizado a partir de abril de 2010 justifica-se pela equalização temporal dos dados do PROP&D e do LCNF. Ao final deste tratamento ficaram 451 observações, cada qual corresponde a um projeto, e 55 variáveis. As estatísticas descritivas desta base de dados estão demonstradas por meio da Tabela 4. Nela considera-se o ano de início dos projetos.

**Tabela 4 - Estatísticas Descritivas da Base de Dados Analisada**

<b>Ano</b>	<b>Quantidade De Projetos</b>	<b>Duração Realizada Média</b>	<b>Desvio Padrão Duração Realizada</b>	<b>Custo Total Realizado (R\$M)</b>	<b>Desvio Padrão do Custo Total Realizado (R\$ M)</b>	<b>Custo Mensal Realizado (R\$ M)</b>
<b>2010</b>	96	35,8	13,7	128,83	2,52	1,34
<b>2011</b>	114	40,2	12,6	209,91	3,09	1,84
<b>2012</b>	88	41,6	15,4	185,66	3,33	2,11
<b>2013</b>	17	39,6	16,4	98,81	9,26	5,81
<b>2014</b>	44	36,3	11,9	77,51	1,90	1,76
<b>2015</b>	22	32,8	8,3	40,41	3,11	1,84
<b>2016</b>	19	28,9	6,3	34,00	1,56	1,79
<b>2017</b>	22	30,0	16,0	44,72	3,04	2,03

<b>2018</b>	28	35,1	17,2	52,00	3,15	1,86
<b>2019</b>	1	60,0	-	4,14	-	4,14

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2021)

Verifica-se que a tabela possui uma quantidade expressiva de projetos. Por privilegiar a acuracidade das informações, este estudo utiliza somente os projetos concluídos. Os projetos em execução não costumam ser atualizados pela ANEEL antes do término. Um segundo ponto importante é em relação ao prazo de execução dos projetos, que costuma possuir uma média entre 30 e 40 meses. Sobre os custos dos projetos, verifica-se que a partir de 2013 a média anual de custo total dos projetos propostos é reduzida, mas a média anual dos custos mensais mantém uma linearidade.

### 3.3. Metodologia

A metodologia utilizada neste estudo é inspirada em (Frame *et al.*, 2016, Frame *et al.*, 2018). Estes trabalhos analisam os resultados das escolhas das plataformas tecnológicas pesquisada pelas empresas do segmento de distribuição do Reino Unido no âmbito do programa de P&D LCNF coordenado pelo Ofgem. Os trabalhos identificam quais tipos de tecnologias foram mais pesquisados. Neste trabalho, buscou-se realizar uma pesquisa similar para o PROP&D. Portanto, são realizados dois tipos de comparações: a primeira corresponde a uma comparação do programa britânico (LCNF) e o brasileiro (PROP&D), na segunda, é realizado uma comparação do programa brasileiro no período 2010-2015 (PROP&Dt0) e o quinquênio posterior 2015-2020 (PROP&Dt1).

Neste sentido, pode-se dividir a metodologia que será adotada neste trabalho em três partes:

- I. Construção de framework de análise;
- II. Estabelecimento das regras de mensuração das escolhas tecnológicas;
- III. Estabelecimento das diretrizes dos cenários de comparação.

#### 3.3.1. Construção da estrutura de análise

No em seu estudo, Frame *et al.*, (2018) faz uma análise dos projetos examinado quatro categorias de tecnologias, conforme demonstrado na Figura 25.

Categorias do LCNF			
Melhoria da Confiabilidade do Fornecimento	Facilitação Eficiente do Crescimento da Demanda Geral	Facilitar nova Demanda de Baixo Carbono	Facilitar a Geração Distribuída

**Figura 25 - Quadro dos direcionadores das Políticas de P&D do LCNF**

Fonte: Frama *et al.*, (2018)

Essas categorias elencam tecnologias atreladas diretamente a questões de adequação da distribuição elétrica às novas demandas da transição energética (facilitar nova demanda de baixo carbono e facilitar a geração distribuída), enquanto as demais também podem estar ligadas a atividades tradicionais de distribuição (melhoria da confiabilidade do fornecimento e facilitação eficiente do crescimento da demanda geral).

Além das tecnologias elencadas acima, foram introduzidas outras cinco categorias no âmbito dos direcionadores da política de P&D (Figura 26). Isto foi necessário para melhor enquadrar a maior abrangência do programa brasileiro.

Categorias Adicionais do PROP&D					
Adicional PROP&D				Outros	
Medição, faturamento e combate a perdas comerciais	eficiência operacional	Eficiência Energética	Meio Ambiente	Inovação Regulatória	Inclusão Social

**Figura 26 – Quadro dos direcionadores do PROP&D**

Fonte: Elaboração Própria

As categorias foram adicionadas como direcionadores: Medição, faturamento e combate a perdas comerciais, eficiência operacional em custos, eficiência energética e meio ambiente, inovação regulatória e inclusão social, que também correspondem a áreas de pesquisas recorrentes.

No âmbito das atividades dos distribuidores (Figura 27), optou-se por manter as categorias definidas em Frama *et al.*, (2018), uma vez que as atividades de um distribuidor são muito próximas independentemente de sua localização.

Armazenamento	Demanda flexível	Controle do Gerador	Reconfiguração de rede	Equipamento para regulação ativa de tensão
---------------	------------------	---------------------	------------------------	--

**Figura 27 - Quadro Tecnologias para Atividades de Distribuição**

Fonte: Elaboração Própria a partir de (Frama *et al.*, 2018)

Dentro de planejamento e design da rede destacam-se as atividades de previsão de carga, localização de dimensionamento de subestações, roteamento e dimensionamento dos alimentadores (Lakervi e Holmes, 2003). Em relação às categorias dentro de operação de rede, estão atividades que expõem as concessionárias às penalidades e/ou recompensas. São exemplos a gestão dos custos operacionais (OPEX), qualidade no fornecimento (DEC/FEC), assim como a gestão de perdas.

### 3.3.2. Regras de mensuração das escolhas tecnológicas

Uma vez estabelecido os agrupamentos de tecnologias, a mensuração das escolhas tecnológicas é realizada em 2 etapas:

- i. Avaliação das tecnologias mais pesquisadas;

Como existem algumas diferenças dos programas britânico e brasileiro, serão necessários alguns tratamentos nos dados. Especificamente, o programa britânico é realizado em uma janela de tempo delimitada, assim como é voltado para o estímulo da transição energética, enquanto o programa brasileiro acaba sendo mais abrangente.

O primeiro tratamento diz respeito ao uso de uma mensuração relativa da participação de cada uma das tecnologias elencadas anteriormente. Assim, a identificação das plataformas tecnológicas mais pesquisadas no PROP&D é realizada por meio de contagem do número de projeto que abarcam o direcionador tecnológico ou a tecnologia específica. No caso da comparação internacional, este número de projetos é ponderado através da sua divisão pela quantidade de projetos ligados somente a transição energética. A equação 5 demonstra a operação mencionada:

$$\%Pt_i = \frac{\sum Pt_i}{n_i} \quad (5)$$

Onde  $Pt_i$  corresponde aos projetos para o direcionador ou tecnologia  $i$  e  $n_i$  a amostra dos projetos ligados a transição energética. O  $n_i$  é encontrado ao se subtrair os projetos de temas mais específicos do PROP&D. Para a comparação intertemporal entre as duas fases do PROP&D, serão utilizados todos os 451 projetos que constam na amostra selecionada.

Assim como ocorre no estudo britânico, um mesmo projeto poderá abarcar mais de uma categoria dos direcionadores de política de P&D, assim como as atividades de distribuição.

ii. Avaliação da maturidade tecnológica;

A avaliação da maturidade tecnológica foi realizada a partir da variável “Fase da Inovação”, que identifica em qual fase da cadeia de inovação um projeto está no momento da proposta do projeto (Figura 28).

Cadeia de inovação					
Pesquisa Básica Dirigida	Pesquisa Aplicada	Desenvolvimento Experimental	Cabeça de Série	Pioneiro Lote	Inserção no Mercado

**Figura 28 – Quadro da Cadeia de Inovação ANEEL**  
Fonte: Elaboração Própria a partir de ANEEL (2023b)

A fase inicial da cadeia de inovação corresponde a pesquisa básica, onde são realizadas as pesquisas que geram conhecimento sem uma aplicação prática. Conforme se avança na cadeia, busca-se chegar na fase de inserção no mercado, que corresponde a uma inovação pronta para ser comercializada e um custo competitivo.

### 3.3.3. Diretrizes dos cenários de comparação

Por fim, além da diferenciação em relação ao programa analisado, este trabalho avança no estabelecimento de bases de compatibilidade tecnológica. São elas:

i. Comparação internacional – PROP&Dt1 Vs. LCNF;

A partir do parâmetro de vigência do programa LCNF – abril de 2010 a março de 2015 – foi construído um cenário para o PROP&Dt1 respeitando o mesmo corte temporal. Para isso, inicialmente foram considerados todos os projetos iniciados na janela temporal mencionada, porém houve a necessidade de realizar um tratamento nos projetos com a execução que ultrapassaram março de 2015.

Com esta finalidade, ponderou-se o tempo de execução desses projetos dentro da janela temporal definida. Então, só permaneceram dentro da janela os projetos com 50% ou mais de execução no período. Os demais projetos foram retirados de PROP&Dt1.

A comparação entre LCNF e PROP&Dt1 foi realizada nas duas dimensões delineadas nas regras de mensuração e framework de análise.

ii. Comparação intertemporal – PROP&Dt1 Vs. PROP&Dt2.

Para a comparação intertemporal do PROP&D foram realizados dois recortes temporais. O primeiro (PROP&Dt1) correspondendo ao período de abril de 2010 a março de 2015 (idêntico ao utilizado na comparação internacional) e, o segundo (PROP&Dt2), iniciando em abril de 2015 e terminando em 2019. Ressalta-se que os projetos com execução inferior a 50% em PROP&Dt1 foram deslocados para PROP&Dt2. Assim, na Tabela 5 são demonstrados os grupos com a quantidade de projetos para cada análise.

**Tabela 5 – Grupos de ponderação a partir da base de projetos ANEEL**

<b>Tipo de Projeto</b>	<b>2010-2015</b>	<b>2015-2019</b>
Projetos enquadrados nas políticas do LCNF e/ou Atividades dos distribuidores	224	172
Projetos sobre categorias Adicionais do PROP&D	25	30
Total Projetos da Base	249	202

Fonte: Elaboração própria

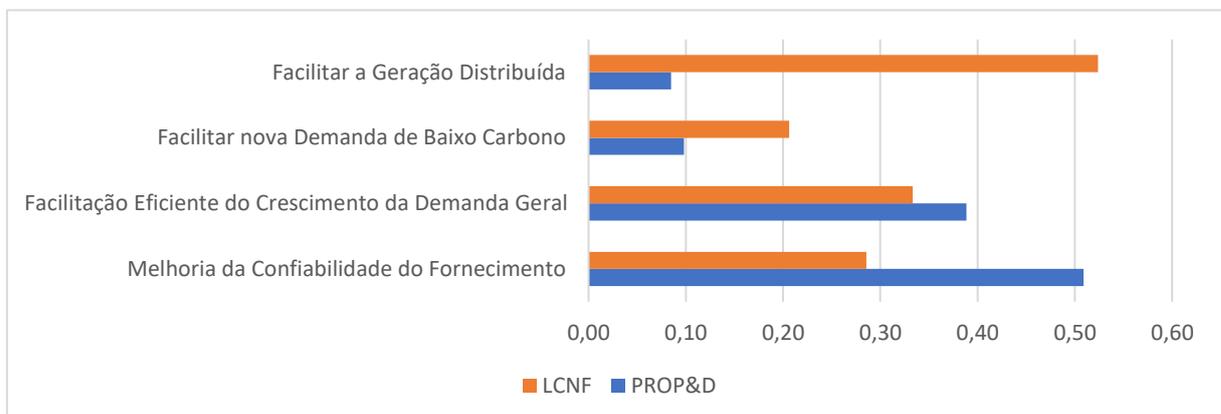
Na comparação internacional a contagem dos projetos para cada uma das categorias (Figura 25 e Figura 27) é ponderada por 224, que corresponde ao total de projetos no primeiro quinquênio. Já a comparação da evolução ocorre com o total de projetos da base, que também leva em conta projetos como por exemplo perdas não técnicas, é utilizado o total de projetos da base. Ou seja, para o quinquênio 2010-2015 é de 249 e o segundo é de 202.

### 3.4. Resultados

Nesta seção, os resultados serão demonstrados em 2 partes. A primeira está focada em demonstrar as diferenças das escolhas tecnológicas entre PROP&D e LCNF durante o período que este último vigorou, e, a segunda, onde será examinada a evolução das escolhas tecnológicas no PROP&D.

#### 3.4.1. Comparação internacional entre LCNF e PROP&Dt1

Tendo em vista os direcionadores regulatórios de pesquisa de P&D, a Figura 29 realiza uma comparação entre o que foi pesquisado no PROP&D frente ao LCNF no período de abril de 2010 até março de 2015. Com esta finalidade, a barra laranja (superior) mensura o valor relativo das escolhas no âmbito do LCNF e a barra azul (inferior) mensura o valor relativo das escolhas do PROP&D.



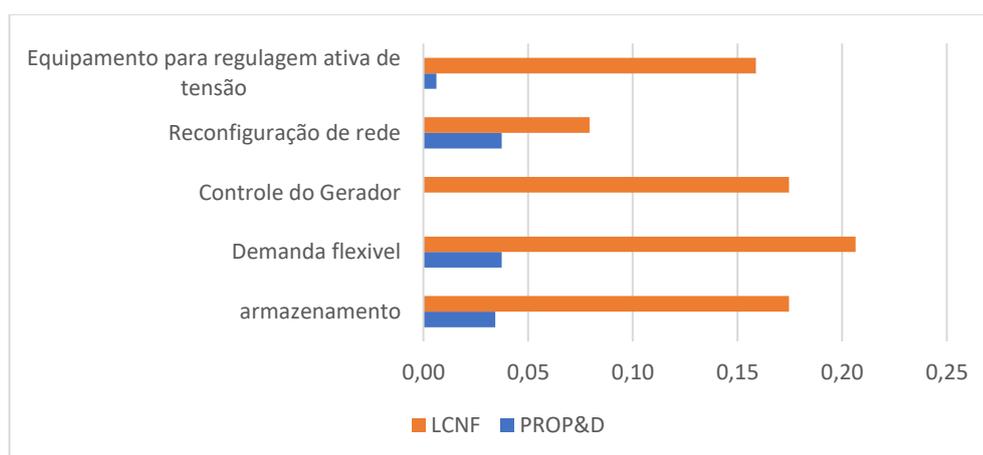
**Figura 29 - Gráfico da Proporção de Projetos por Direcionadores de Política – PROP&D\_T1 Vs. LCNF**  
 Fonte: Elaboração Própria com dados de (ANEEL, 2020; FRAMA et. al., 2018)

A partir dos direcionadores tecnológicos regulatórios, o gráfico mostra que as escolhas tecnológicas inglesas, proporcionalmente, estão bem mais alinhadas com as demandas da transição energética. Enquanto mais de 50% dos projetos ingleses buscaram melhorar a acomodação de GD na rede, menos de 10% dos brasileiros tiveram a mesma preocupação. A acomodação da nova demanda de baixo carbono, proporcionalmente, também foi bem mais

explorada no LCNF (quase o dobro da brasileira). Por outro lado, verifica-se que os campos tecnológicos mais básicos, como facilitação do crescimento da demanda geral e melhoria na confiabilidade do fornecimento, foram mais explorados no PROP&D.

Este comportamento demonstra uma dificuldade do segmento de distribuição semelhante ao identificado para energia renováveis frente a agenda internacional (Emodi, Bayaraa e Yusuf, 2015). No setor elétrico, esta dificuldade já havia sido identificada em 2010 por De Oliveira (2011), como também corrobora com as conclusões sobre o insucesso do PROP&D incentivar pesquisas mais disruptivas (Cabello e Pompermeier, 2011; Castro *et. al.*, 2018; Maestrini e Mejdalani, 2020).

Aprofundando a análise, a Figura 30 examina algumas tecnologias de operação da rede ligadas à transição energética. Tecnologias estas que são importantes para prevenir as dificuldades de balanceamento da rede discutidas em (Ruester et al, 2014). As barras seguem o mesmo padrão da figura anterior.



**Figura 30 - Gráfico da Proporção de projeto por Atividades de Operação da Rede - PROP&D\_T1 Vs. LCNF**

Fonte: Elaboração Própria com dados de (ANEEL, 2020; FRAMA *et. al.*, 2018)

Esta análise reforça a ideia da pouca atenção do segmento de distribuição para as plataformas tecnológicas ligadas à transição energética. Destaca-se a atenção conferida às pesquisas sobre a flexibilidade da demanda – abordado em mais de 20% dos projetos do LCNF – o qual tem sido objeto de grande debate no campo acadêmico no que tange a acomodação de GD (Kondziella e Bruckner, 2016), assim como das necessidades de mudanças regulatórias (Ruester et al., 2014; Mlecnik et al., 2020).

Dentre as mais pesquisadas no PROP&D tem-se a reconfiguração da rede. Acontece que este tipo de tecnologia é voltado para lidar com otimização da rede (Kahouli *et al.*, 2021).

Ele possui aplicações para acomodar melhor a GD (Li *et al.*, 2009), como também oferecer meios de se reduzir perdas de energia (Savier e Das, 2007). Este último ponto acaba sendo mais ligado a problemas tradicionais da rede de distribuição.

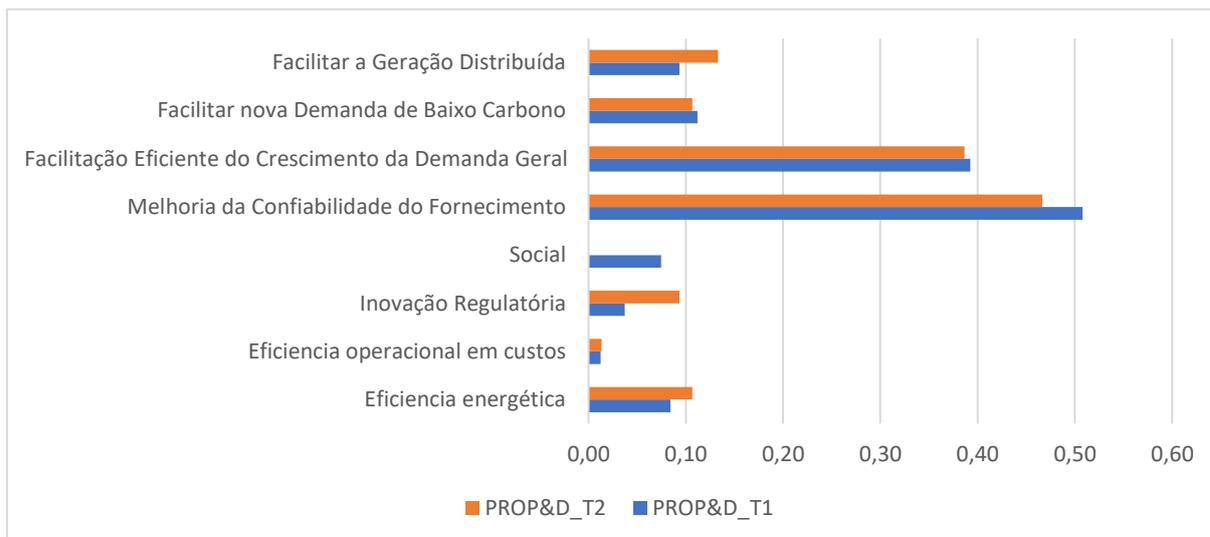
Em resumo, verifica-se que o segmento de distribuição se aventurou menos em tecnologias na fronteira de pesquisa voltada para energias limpas. No período correlato ao programa britânico observa-se uma performance bem abaixo do PROP&D. A questão agora é saber se, ainda que com alguma defasagem, as empresas foram capazes de caminhar para o estado da arte da pesquisa tecnológica para a distribuição elétrica.

### **3.4.2. Evolução das escolhas do PROP&D (2010-2015 Vs. 2015-2020)**

Nesta segunda frente de análise, avalia-se a evolução do programa comparando o período denominado de T1 (abril de 2010 até março de 2015) com o T2 (abril de 2015 até 2019). Neste sentido, primeiro são avaliados os direcionadores de política de inovação utilizados na comparação internacionais, acrescidos de alguns outros direcionadores mais específicos do Brasil. Em seguida, tendo em vista a preocupação da ANEEL, mediante novas diretrizes do PEQuI, com a evolução dos projetos em direção de tecnologias mais maduras, realiza-se uma comparação da quantidade de projetos em cada fase da cadeia de inovação.

### **3.4.3. Evolução de tipos de tecnologias**

Começando pelos direcionadores de política, a Figura 31 avalia os quatro direcionadores de políticas analisados na seção anterior e acrescenta quatro outros direcionadores (social, inovação regulatória, eficiência operacional em custos e eficiência energética). Para a mensuração das escolhas utiliza-se a barra laranja (superior) para o PROP&Dt2 e a barra azul para o PROP&Dt1.



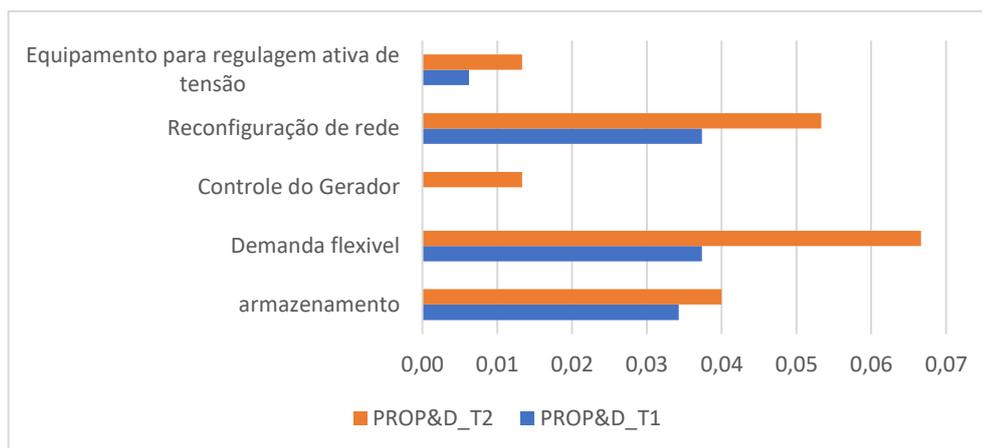
**Figura 31 - Gráfico de Proporção de Projetos por Direcionadores de Política – PROP&D\_T1 Vs. PROP&D\_T2**

Fonte: Elaboração Própria com dados de (ANEEL, 2020)

Observa-se que houve um tímido crescimento no interesse da pesquisa nos campos tecnológicos ligados à transição energética. Como destaque está a facilitação da geração distribuída, que tem tido grande crescimento no Brasil (EPE, 2022), se tornando um problema operacional para algumas distribuidoras e, conseqüentemente, objeto de debate regulatório e no setor de distribuição (Iglesias e Vilaça, 2022).

Na contramão do estado da arte, a predominância ainda continua sendo a pesquisa em campos tecnológicos mais tradicionais, que são representados pela facilitação eficiente do crescimento da demanda geral, assim como em confiabilidade do fornecimento. Adicionalmente, observa-se um crescimento nas pesquisas em inovação regulatória, demonstrando a busca por inovações no campo da coordenação do setor. Destacam-se aqui que três dos sete projetos buscam aperfeiçoamentos de aspectos financeiros das empresas, o que corrobora com os efeitos da crise enfrentada pelo setor em 2013 (Brandão *et. al.*, 2020).

Voltando o foco da análise para as tecnologias de operação da rede distribuição, a Figura 32 demonstra o comportamento evolutivo entre os dois períodos. As barras seguem a mesma atribuição da figura anterior.



**Figura 32 - Gráfico de Proporção de Projetos por Atividades de Planejamento e Design da Rede - PROP&D\_T1 Vs. PROP&D\_T2**

Fonte: Elaboração Própria com dados de (ANEEL, 2020)

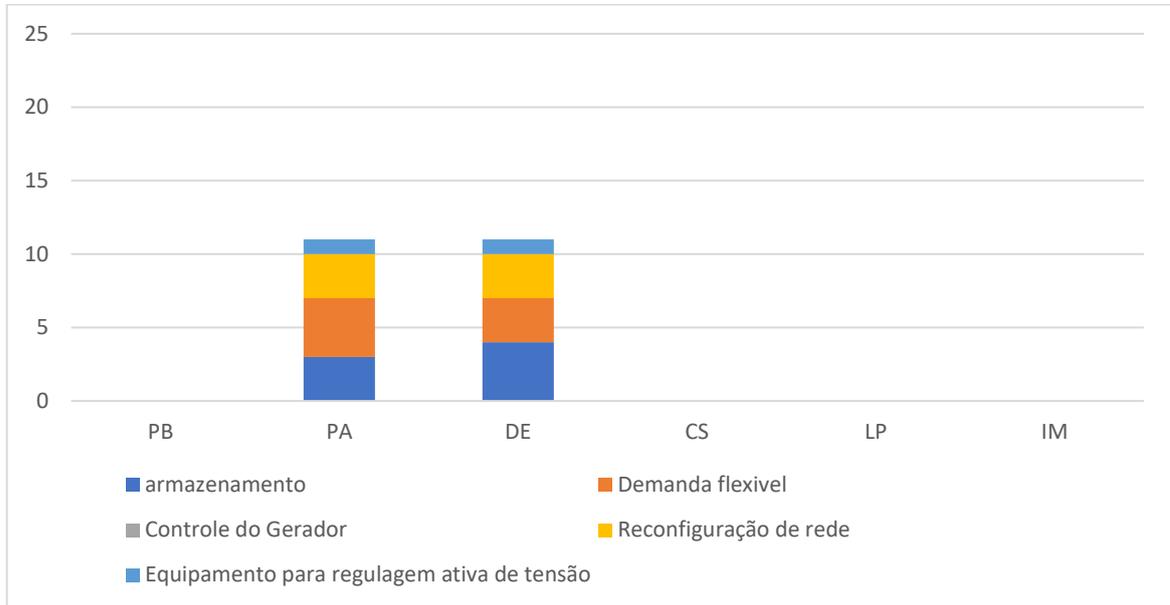
Apesar do aumento em todas as cinco plataformas tecnológicas, o interesse das concessionárias ainda permanece bem tímido. Basta verificar que as tecnologias de flexibilidade da demanda, que são as mais pesquisadas, não chegam a 10% dos projetos realizados. Este cenário acaba sendo preocupante por conta da forte aceleração na expansão da GD nos últimos anos (EPE, 2022), especialmente em localidades como Minas Gerais (ANEEL, 2017). Outro fato preocupante é a pouca exploração das tecnologias de armazenamento, que tem o poder de oferecer maior segurança ao fornecimento elétrico, principalmente em um cenário com maior participação de tecnologias intermitentes.

Neste ponto, verifica-se uma evolução no cenário de pesquisa em direção das tecnologias ligadas a transição energética. Entretanto, o avanço ainda é bem tímido. Esta evolução só um pouco maior no direcionador de tecnologias para facilitar a demanda de GD, que hoje já tem se configurado como uma preocupação importante dentro do setor elétrico (Iglesias e Vilaça, 2022). Estes resultados poderiam estar associados ao uso de modelos regulatórios que não tratam OPEX e CAPEX igualmente (Castro et al., 2020), como é o caso do TOTEX britânico.

#### **3.4.4. Evolução na maturidade das tecnologias pesquisadas**

Além da necessidade de se redirecionar as pesquisas para uma agenda mais próxima à internacional, outro ponto importante é o estágio de desenvolvimento delas. Buscando examinar o estágio de desenvolvimento tecnológico dos projetos ligados as plataformas relacionadas ao planejamento e design da rede de distribuição executados no PROP&Dt1, a Figura 33 relaciona

cada uma das cinco tecnologias e a quantidade de projetos para cada uma das seis fases da cadeia de inovação. Diferentemente, aqui o resultado está em valores absolutos.



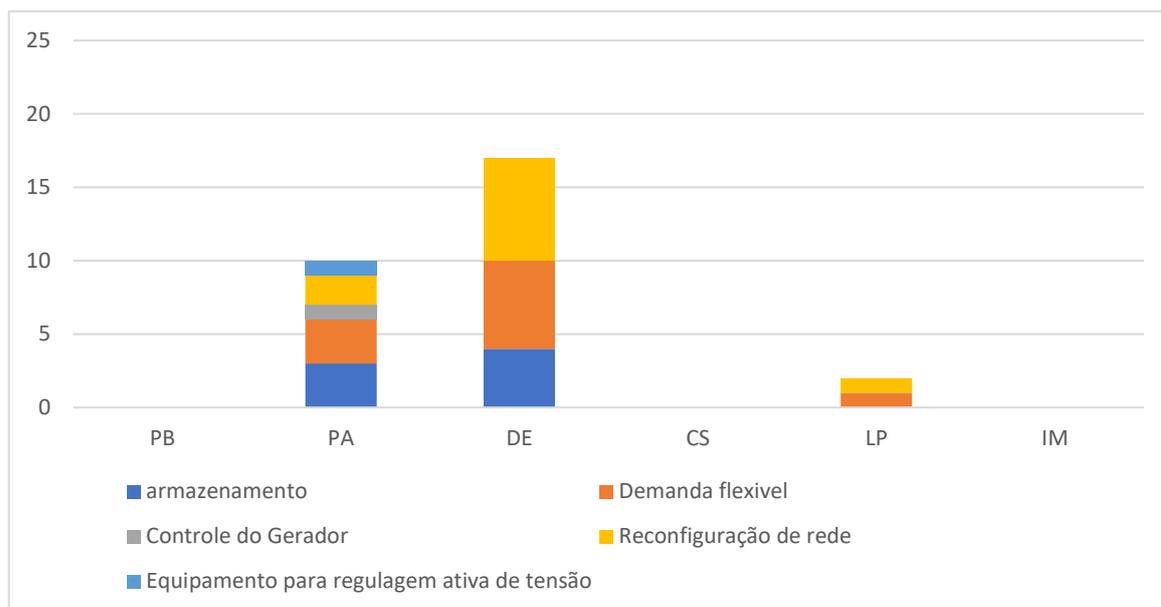
**Figura 33 - Gráfico da Cadeia de Inovação dos Projetos PROP&Dt1**

Fonte: Elaboração Própria com dados de (ANEEL, 2020)

Além dos resultados relativos serem bem inferiores ao observado no LCNF, verifica-se pelo gráfico que as plataformas tecnológicas pesquisadas no PROP&Dt1 se encontravam em estágios iniciais da cadeia de inovação. Este resultado confirma o que foi encontrado por De Oliveira *et al.*, (2010) e Castro *et al.*, (2018), inclusive sobre o que Castro abordou sobre as empresas terem maior dificuldade em se aventurar em novas tecnologias. No mesmo sentido, Framma *et al.*, (2018) também relata uma dificuldade do LCNF em conseguir oferecer uma quantidade adequada de tecnologias prontas para serem comercializadas.

Outro resultado importante é a falta de pesquisas sobre o controle de gerador. Essa tecnologia é ligada à GD na questão das microrredes. Com relação a armazenamento, destaca-se que os 23 projetos aprovados na chamada de P&D estratégico 21/2016 (ANEEL 2017), não estão na base analisada, pois ainda não estavam fechados na data de extração da base.

Para finalizar, a mesma análise é realizada para o PROP&Dt2 na Figura 34.



**Figura 34 - Gráfico da Cadeia de Inovação dos Projetos PROP&Dt2**  
 Fonte: Elaboração Própria com dados de (ANEEL, 2020)

Além do baixo interesse do segmento em pesquisar as tecnologias operativas ligadas à transição energética, verifica-se que os poucos projetos realizados não produziram tecnologias maduras o suficiente para chegar a uma etapa de inserção no mercado. As tecnologias com melhor desempenho aqui são as ligadas à flexibilidade da demanda e reconfiguração da rede. Ainda que tímida, também se percebe uma evolução no PROP&Dt2 na maturidade das tecnologias pesquisadas. Entretanto, este resultado reforça os problemas de evolução das pesquisas tecnológicas relatados em (Castro et. al., 2018) e são muito mais tímidos dos que os relatados em (Frama et. al., 2018) para o caso inglês entre 2010 e 2015, no qual o regulador só aceitou projetos com classificação equivalente a cabeça de série ou acima.

### 3.5. Conclusões parciais e contribuições regulatórias

Esta seção teve como propósito verificar se o PROP&D foi capaz de estimular as escolhas inovativas das concessionárias de distribuição em direção às novas tecnologias relacionadas com a transição energética. Neste sentido, confirmou-se a primeira hipótese onde as empresas do segmento de distribuição não conseguiram acompanhar os desafios inovativos da transição energética. Isto fica claro mediante a comparação internacional com o Reino Unido, assim como pela baixa evolução na comparação dos dois períodos analisados.

A conclusão principal do estudo é de que houve um redirecionamento das escolhas tecnológicas do segmento, ainda que o ímpeto inovativo nestes campos tecnológicos permaneça

muito tímido em todo período de análise. Ainda existe uma dificuldade do segmento em se alinhar a agenda de inovação mundial (De Oliveira, 2011), especialmente em tecnologias renováveis (Emodi, Bayaraa e Yusuf, 2015).

A dificuldade do setor elétrico em inovar é algo que tem sido estudado desde a década de 90, quando observou-se os primeiros sinais de reversão dos investimentos em P&D (Dooley, 1998). Entretanto, espera-se que os incentivos à invocação por meio de políticas regulatórias possam ser capazes de produzir as transformações tecnológicas necessárias para o segmento de distribuição. E, assim, o segmento possa lidar com os novos desafios operativos inerentes à massificação das REDs (Ruester et al, 2014). Contudo, tanto no Reino Unido (Frama et. al., 2018) quando no Brasil (Cabello e Pompermeyer, 2011; Castro et. al., 2018; Maestrini e Mejdalani, 2020) a literatura vem demonstrando que isto ainda está aquém do necessário. Neste sentido, este trabalho cumpre o seu papel em mostrar que, no caso brasileiro, este cenário evoluiu insuficientemente.

O baixo interesse do segmento de distribuição foi demonstrado pela discrepância com a referência britânica, assim como pela baixa evolução entre os períodos analisados (PROP&Dt1 e PROP&Dt2). Observou-se que as escolhas brasileiras ainda estão em campos tecnológicos tradicionais, relacionados ao crescimento da demanda geral e confiabilidade do fornecimento, assim como pela baixa maturidade tecnológicas das poucas iniciativas propostas.

Tendo em vista os grandes desafios da pauta climática para todas as nações do planeta, assim como o protagonismo do setor elétrico mundial, este capítulo tem como principal contribuição demonstrar o avanço das pesquisas em inovação no segmento de distribuição brasileiro. Estas pesquisas são imprescindíveis em um contexto de diminuição das emissões de gases de efeito estufa. Adicionalmente, em uma esfera local, ele contribui na análise do setor elétrico brasileiro e suas dificuldades.

Uma limitação do estudo está relacionada a comparação internacional, a qual compara-se dois programas com históricos desiguais. Enquanto o Reino Unido está inserido em um contexto europeu que vem capitaneando as políticas públicas mundiais sobre transição energética e novas soluções relacionadas a fontes renováveis, o Brasil ainda enfrenta desafios tecnológicos relacionados a questões fundamentais, tais como qualidade do serviço de distribuição e uma matriz hidráulica com reservatórios bem estabelecida.

## **4. Análise da alocação de recursos**

Nesta seção são analisadas as estratégias de alocação de recursos dos grupos empresariais de distribuição, quando passam a pesquisar em plataformas tecnológicas mais maduras. Desta forma, busca-se observar a existência de um padrão na alocação dos investimentos realizados pelos grupos empresariais da distribuição elétrica brasileiras. Basicamente, neste capítulo procura-se responder a três perguntas:

1. Os diferentes grupos empresariais possuem uma agenda de pesquisa em plataformas tecnológicas mais maduras equivalentes?
2. Quando optam por projetos em tecnologias mais maduras, como a alocação de recursos se modifica em relação aos projetos em tecnologias mais básicas?
3. As empresas conseguem manter o mesmo nível de envolvimento nos projetos quando estes ocorrem em plataformas tecnológicas mais maduras?

As respostas a estes questionamentos são importantes para se entender as estratégias empresariais de investimento em inovação, bem como inferir sobre suas capacidades de inovar.

Assim como foi feito no capítulo 3, esta seção está dividida em quatro partes. Nelas são apresentadas o conjunto de dados utilizado, a metodologia de tratamento dos dados, os resultados e uma conclusão parcial.

### **4.1. Análise da base de dados**

A base de dados utilizada neste capítulo é resultado da junção de algumas bases disponibilizadas pela ANEEL e IBGE (Figura 35), são elas:

PD Busca Textual	PD Situação Projetos	PD Auditoria Custos	PD RF Equipe	Indicadores Base	IPCA
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dados detalhados sobre todos os P&amp;D submetidos para a ANEEL.</li> <li>•Fonte: ANEEL via lei de acesso a informação.</li> <li>•Atualização: jun/2023</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dados gerais sobre o status dos projetos.</li> <li>•Fonte: ANEEL via lei de acesso a informação.</li> <li>•Atualização: jun/2023</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dados detalhados sobre os investimentos.</li> <li>•Fonte: ANEEL via lei de acesso a informação.</li> <li>•Atualização: jun/2023</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dados das equipes participantes dos projetos.</li> <li>•Fonte: site ANEEL</li> <li>•Atualização: mar/2020</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Bases anuais com dados gerais sobre as distribuidoras.</li> <li>•Fonte: site ANEEL</li> <li>•Atualização: abril/2023</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Base com a série histórica do IPCA.</li> <li>•Fonte: site IBGE</li> <li>•Atualização: agosto/2023</li> </ul>

**Figura 35 – Composição de Bases de Dados Utilizadas**

Fonte: Elaboração Própria

Dentre as seis bases utilizadas para compor a base de dados trabalhada nessa seção, as cinco primeiras são disponibilizados pela ANEEL e a última disponibilizada pelo IBGE. Das cinco bases ANEEL, as quatro primeiras estão especificamente relacionados com o PROP&D, cada qual tratando de uma parte da informação dos projetos.

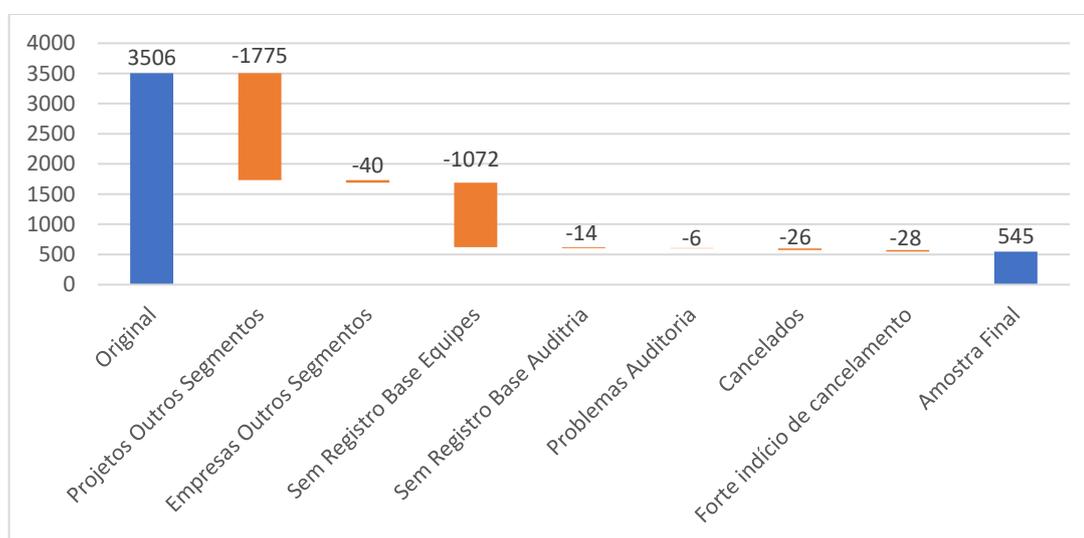
Conforme já discutido no capítulo anterior, a PD Busca Textual possui informações de data início e fim, situação, custo total, descrição, avaliação, classificação do tipo e maturidade da tecnologia etc. A PD Situação Projetos adiciona informações sobre o processo de auditoria, considerá-la é importante porque é uma garantia de que as informações da PD Busca Textual estão atualizadas. A PD Auditoria Custos identifica as empresas envolvidas no projeto (Proponentes, Cooperadas e Executoras), assim como a origem e destino do recurso investido. A PD RF Equipe identifica individualmente todos os pesquisadores envolvidos no projeto, mostrando sua titulação (Doutor, Mestre ou Especialista). Por conta da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) esta base foi descontinuada pela ANEEL em 2020, não existindo outra fonte sobre a titulação dos pesquisadores envolvidos nas pesquisas do programa.

Em relação às bases externas ao PROP&D, a Indicadores Base é um relatório sobre a eficiência das distribuidoras elétricas. Ele é disponibilizado anualmente pela ANEEL, tendo sido importante neste trabalho para a atribuição de cada concessionária de distribuição ao seu grupo econômico. Por fim, a base IPCA disponibilizada pelo IBGE possui os valores do IPCA (indicador oficial de inflação do Brasil), sendo importante para o cálculo do valor presente dos dados financeiros das bases anteriormente citadas.

Sobre a obtenção das bases de dados, é importante destacar que o conjunto de arquivos sobre o PROP&D não está mais disponível no site da ANEEL. Atualmente a agência

disponibiliza somente uma base com alguns dados. Para se obter os dados completos, houve a necessidade de recorrer à lei de acesso à informação, onde a agência forneceu os arquivos, exceto a base “PD RF Equipe”. Assim, utilizou-se a base baixada em 2020 e, para preservar a informação sobre a qualificação dos pesquisadores, optou-se somente por considerar os projetos até então cadastrados na versão da base “PD RF Equipe”.

Originalmente, a versão da base “PD Busca Textual” contém 3.506 registros de projetos, o que corresponde a toda população de projetos carregados na ANEEL entre novembro de 2008 e abril de 2023. Desta forma, para chegar à amostra com 545 registros utilizada neste estudo, foram excluídos 2.961 registros, conforme é explicado a seguir (Figura 36).



**Figura 36 – Gráfico com Limpeza da Base de Dados**

Fonte: Elaboração Própria

Inicialmente foram excluídos 1.775 projetos por serem voltados para outros segmentos do setor elétrico (Geração, Transmissão ou Comercialização) e 40 por serem propostos por empresas que não atuam na atividade de distribuição. Em ambos os casos, estes registros estão fora do escopo de análise deste capítulo. A falta do registro da titulação dos membros, que é uma proxy importante para a capacitação das equipes, fez com que houvesse a necessidade de excluir 1.072 projetos. Como a última atualização desta base foi em 2020, significa dizer que os projetos mais novos tiveram que ser excluídos da análise. Por fim, outros 74 projetos foram excluídos por não possuírem dados confiáveis ou por cancelamento.

A Tabela 6 demonstra as estatísticas descritivas das principais variáveis examinadas no capítulo. Nela existem três dimensões de análise: a primeira contendo aspectos gerais dos projetos, sendo compostas pelas variáveis de duração realizada, custo realizado, e quantidade

de empresas. A segunda dimensão corresponde às variáveis que objetivam mensurar a senioridade das equipes de pesquisa através das variáveis de contagem do número de doutores, mestres e especialistas alocados nos projetos. Por último, as variáveis financeiras utilizadas para classificar o tipo de investimento realizado nos projetos.

**Tabela 6 – Estatísticas Descritivas da Base Consolidada – Principais Variáveis Estudadas**

<b>Variáveis</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Q1</b>	<b>Q3</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Duração Realizada (Meses)	37,08	35,00	13,72	26,00	48,00	8,00	73,00
Custo Total Realizado (R\$ M)	1,95	1,13	3,26	0,66	1,98	0,11	38,86
Total Empresas	3,48	2,00	3,79	2,00	4,00	1,00	66,00
- Executoras	2,04	1,00	2,32	1,00	2,00	0,00	33,00
- Proponentes e Cooperadas	1,44	1,00	1,88	1,00	1,00	0,00	33,00
Doutores	3,17	3,00	2,98	1,00	4,00	0,00	25,00
Mestres	3,35	3,00	3,79	1,00	4,00	0,00	28,00
Especialista	2,61	1,00	5,22	0,00	3,00	0,00	71,00
Recursos Humanos Mensal Médio (R\$ mil)	60,05	40,84	70,49	23,88	66,68	0,00	680,89
Serviço De Terceiros Mensal Médio (R\$ mil)	12,77	3,81	28,79	0,31	13,20	0,00	320,01
Viagens E Diárias Mensal Médio (R\$ mil)	2,42	0,92	5,44	0,25	2,32	0,00	58,63
Outras Despesas Mensal Médio (R\$ mil)	4,08	2,55	6,06	0,73	5,13	0,00	60,11
Material De Consumo Mensal Médio (R\$ mil)	2,41	0,23	14,33	0,00	1,53	0,00	319,30
Material Permanente Mensal Médio (R\$ mil)	15,27	2,70	48,68	0,26	10,58	0,00	819,00

Fonte: ANEEL (2023)

A duração média dos projetos é ligeiramente maior do que três anos, mas observa-se projetos com duração superior ao limite de cinco anos definidos pela ANEEL. O investimento total médio gira em torno de dois milhões de reais, mas, nesta amostra, já chegou a 38 milhões de reais. Além disso, através da mediana, pode-se verificar que pelo menos 50% dos projetos foram executados com somente uma executora e 75% foram executados com 2 ou menos. Isso já revela a carência da realização de projetos em rede, assim como foi colado em (Castro et. al., 2018).

Em relação à dimensão de escolaridade das equipes, pode-se observar que, na média, os projetos são executados por mais de três doutores, mais de três mestres e quase três especialistas. Isto demonstra que as equipes tendem a ser bem qualificadas.

Por último, cabe ressaltar uma das principais características desta base de dados, que é possuir uma elevada dispersão nos dados financeiros. Este comportamento pode estar sendo fortemente influenciado pelos diferentes padrões de alocação tecnológica e de características das empresas investidoras, precisamente o objeto de análise deste capítulo.

## 4.2. Metodologia

O ponto de partida para a análise desta seção recai sobre a importância em se demonstrar as heterogeneidades dentro da indústria elétrica, escopo de análise importante para abordagem evolucionista (Nelson, 2020). Portanto, a partir do comportamento setorial identificado em (Cabello e Pompermeyer, 2011; Castro et. al., 2018), esta seção utiliza a inferência estatística para examinar o comportamento das distribuidoras de eletricidade brasileiras nas alocações de recursos em seus projetos de P&D dentro do programa da ANEEL.

### 4.2.1. O teste t Student

Neste sentido, se utilizou a metodologia do teste t de Student para comparar se as médias entre dois grupos independentes. O teste t de Student, ou simplesmente teste t, é uma metodologia consolidada e muito utilizada para comparar amostras com população, comparar amostras pareadas ou comparar duas amostras independentes, que é o objetivo aqui. As aplicações do uso do teste t para comparar amostras independentes ocorre em diversas áreas das ciências, especialmente na área médica (Guimarães et al., 2004). No setor elétrico pode-se destacar estudos de avaliação regulatória para *smart grids* (Cambini et al., 2016) e eficiência regional em inovação (Min, Kim e Sawng, 2020).

A sistematização do problema de comparação de médias pode ser feita através de duas amostras aleatórias independentes  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  e  $(Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n)$  de duas populações X e Y, com  $E[X] = \mu_1$  e  $E[Y] = \mu_2$ , as quais são os parâmetros populacionais e desconhecidos.

Sobre o teste t, ele pode ser com variâncias iguais ou diferentes, conforme as equações 6 e 7.

- i. Variâncias iguais:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (6)$$

Onde tem-se  $n_1 + n_2 - 2$  graus de liberdade.

ii. Variância diferentes:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (7)$$

Onde a quantidade de graus de liberdade a ser utilizados é:

$$t = \frac{(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)^2}{(s_1^2/n_1)^2/(n_1 - 1) + (s_2^2/n_2)^2/(n_2 - 1)} \quad (8)$$

Para estabelecer o contraste por meio da comparação das médias, primeiro define-se um nível de significância  $\alpha$  e, depois, realiza-se o teste de hipótese. Neste trabalho foi utilizado o teste de hipótese bicaudal, onde procurou-se demonstrar se os dois grupos possuem ou não médias amostrais ( $\bar{x}_1$  e  $\bar{x}_2$ ) estatisticamente diferentes.

$$H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_2$$

$$H_1: \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$$

Desta forma, denota-se aqui que o  $\bar{x}_1$  corresponde à média amostral do grupo controle, o qual é representado pelos projetos de tecnologia de menor maturidade tecnológica. Alternativamente,  $\bar{x}_2$  representa o grupo experimental representado pelos projetos de tecnologia mais madura, o qual se deseja demonstrar um comportamento diferente do controle na alocação de recursos de pesquisa. Portanto, mediante a significância  $\alpha = 0,10$  pode-se aceitar  $H_0$ , onde as médias não são estatisticamente diferentes, ou rejeitar  $H_0$  em detrimento da hipótese alternativa e  $H_1$ , onde as médias dos dois grupos são diferentes.

Por fim, cumpre-se falar sobre a normalidade dos dados. Tendo em vista o teorema central do limite (TCL), o qual define que à medida que se aumenta a quantidade de observações em uma amostra, a média desta irá se aproximar da média populacional (Morettin e Bussab, 2010). Portanto, mesmo com os cortes para realizar os testes, principalmente no nível dos grupos econômicos, o número da amostra chegou a 43 observações para a empresa Energisa. Então o número de observações sugere a normalidade dos dados.

#### 4.2.2. Criação de variáveis

Para este trabalho foram criadas 112 variáveis que englobam a dimensão financeira, com os valores de investimento dos projetos, assim como dimensões de classificação das empresas e tecnologia. Boa parte dessas variáveis acabaram não sendo utilizadas. O Anexo VII – Variáveis criadas demonstra as principais variáveis que foram elaboradas e utilizadas no decorrer deste capítulo.

Uma das principais corresponde a “Inovação Madura”, que é uma *proxy* para a classificação de maturidade dos projetos disponível na base PD Busca Textual da ANEEL por meio da variável “Fase da Inovação”. Assim, utilizando a informação da variável “Fase da Inovação”, criou-se uma variável binária que identifica como “0” os projetos com tecnologias de baixa maturidade e “1” para os projetos caracterizados como de alta maturidade. Compõe o grupo de baixa maturidade os projetos classificados como “pesquisa básica”, “pesquisa aplicada” e “desenvolvimento experimental”, enquanto os de alta maturidade são “cabeça de série”, “lote pioneiro” e “inserção no mercado”.

A criticidade desta análise advém da mobilização da ANEEL em reformar o seu programa de pesquisa e desenvolvimento, inclusive introduzindo a palavra “inovação” que representa o estímulo ao setor em pautar projetos em etapas mais maduras da cadeia de inovação do setor elétrico. Portanto, ao identificar padrões de alocação pode ser muito útil para a agência e empresas alcançarem maior eficiência na hora de propor os projetos.

#### 4.3. Resultados

A análise dos resultados será realizada em três etapas: na primeira serão analisadas as informações consolidadas dos projetos, tais como custo, duração e empresas envolvidas. A segunda parte será analisado o detalhamento de custo mensal médio dos projetos, identificando as rubricas para onde foram destinados os recursos investidos. Por último, será analisada a alocação de especialistas a partir de suas titulações (Doutor, mestre e especialista).

Dado o protagonismo dos grupos econômicos multinacionais na pesquisa de tecnologias mais maduras, na última seção, será demonstrada as diferenças nas alocações entre as multinacionais e demais empresas em cada fase da cadeia de inovação.

### 4.3.1. Alocação Geral

Assim como nos demais conjunto de indicadores, na visão geral os dados dos projetos serão examinados em três níveis de profundidades diferentes:

- i. Agrupadas entre empresas públicas e privadas;
- ii. Agrupadas por classes de empresas, onde as privadas são subdivididas entre Grupo econômico multinacional, Grupos econômico nacional e privadas individuais;
- iii. Individualizadas por grupo econômico.

#### 4.3.1.1. Agrupamento por Tipo de Empresa

Neste primeiro recorte, a Tabela 7 apresenta um primeiro grupo de indicadores com valores sobre a quantidade e soma dos investimentos em projetos. O segundo grupo apresenta os indicadores com características dos projetos, que correspondem a valores médios. Ambos são calculados a partir do seccionamento da amostra entre o tipo de inovação e, depois, entre o tipo de empresa proponente. As comparações são realizadas par a par, primeiro para tecnologias de baixa e alta maturidade e, depois, comparando os indicadores das empresas públicas e privadas. Os pares de médias significativamente diferentes aparecem diferenciados pelas letras “a” e “b”, enquanto as não diferenciáveis aparecem somente com a letra “a” em ambos os pares.

**Tabela 7 – Parâmetros gerais para tipo de inovação e empresa**

	Tecnologia		Tipo de Empresa	
	Baixa	Alta	Pública	Privada
Quantidade Projetos	459	86	189	356
% Quantidade Projetos	84,22%	15,78%	34,68%	65,32%
Soma do Investimento Total Realizado (R\$ M)	875,81	187,6	338,82	724,59
% Custo Total Realizado	82,36%	17,64%	31,86%	68,14%
	Média	Média	Média	Média
Duração Realizada (Meses)	37,09a	37,01a	39,58a	35,75b***
Investimento Total Realizado (R\$ M)	3,61a	4,15a	3,4a	3,85a
Total Empresas	2,97a	2,83a	2,53a	3,16b***
- Proponentes e Cooperadas	1,46a	1,31a	1,1a	1,62b***
- Executora	1,51a	1,51a	1,43a	1,54a

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Em relação ao tipo de inovação, quase 85% dos projetos são em inovações ainda não maduras, com TRL menor ou igual à 5. Comportamento semelhante ocorre com o montante de investimento realizado. Em relação aos resultados médios, nenhum dos resultados seccionados pela maturidade tecnologia possui diferença estatística significativa.

Em análise análoga, o seccionamento entre empresas públicas e privadas chama mais a atenção. Primeiro porque as empresas privadas realizaram quase o dobro de projetos frente às públicas no período. Além disso, a duração realizada e o número de empresas envolvidas nos projetos possuem médias significativamente diferentes. Os projetos propostos por empresas públicas são, em média, quase quatro meses maiores que os propostos pelas empresas privadas, assim como as proponentes privadas se envolvem em projetos com mais parceiros formais. Levando-se em conta que o setor elétrico se destaca na inovação cooperativa de produtos frente setores de serviço em geral e indústrias de extração e transformação (La Rovere *et al.*, 2020), este resultado das empresas privadas se torna ainda mais expressivo.

Ao analisar a composição dessas parcerias, verifica-se que as empresas privadas se diferenciam das públicas no número de empresas atuantes como proponente/cooperadas. Este comportamento pode ser explicado por associações das concessionárias de distribuição do setor elétrico, sejam elas pertencentes do mesmo grupo econômico ou não. Vale frisar, que a maior parte dessas associações tendem a ser entre empresas do mesmo grupo econômico, tendo a finalidade de formar um orçamento conjunto, assim como cumprir a obrigação regulatória de P&D.

Cruzando os dois qualificadores, Empresa Pública e Inovação Madura, a Tabela 8 busca comparar as alocações em projetos mais e menos maduros realizadas pelas empresas públicas e privadas.

**Tabela 8 – Escolhas alocativas gerais das empresas privadas e públicas**

	Privadas		Público	
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	292	64	167	22
% Quantidade Projetos	53,58%	11,74%	30,64%	4,04%
Soma do Investimento Total Realizado (R\$ M)	588,03	136,57	287,78	51,04
% Custo Total Realizado	55,30%	12,84%	27,06%	4,80%
	Média	Média	Média	Média
Duração Realizada (Meses)	35,64a	36,22a	39,61a	39,32a
Investimento Total Realizado (R\$ M)	3,79a	4,08a	3,28a	4,34a
Total Empresas	3,2a	3,02a	2,56a	2,27a
- Proponentes e Cooperadas	1,64a	1,5a	1,14a	0,77a
- Executora	1,55a	1,52a	1,43a	1,5a

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Neste recorte, observa-se que os dois tipos de empresas (públicas e privadas) concentram seus esforços em projetos em tecnologias de maturidade mais baixas, ainda que as privadas possuam uma concentração menor. Em relação às características gerais dos projetos, as empresas privadas e públicas tendem a não demonstrar uma diferenciação média significativa em indicadores gerais quando propõem projetos em tecnologias mais maduras.

Portanto, nesta primeira seção de análise confirma-se o baixo envolvimento de parceiros nos projetos de inovação no PROP&D (Cabello e Pompermeyer, 2011; Castro, 2018). Mas, ao qualificar o tipo de empresa e o tipo de parceiro, demonstra-se um resultado mais refinado que aponta para uma diferença entre atuação de empresas privadas.

#### **4.3.1.2. Agrupamento por Classe de empresa**

Tendo em vista a diversidade do grupo de empresas classificadas como privadas, a Tabela 9 apresenta uma abertura na comparação par a par das escolhas, para cada grupo, na alocação de recursos entre os projetos com tecnologias com baixa e alta maturidade. Esta visão é similar a apresentada na Tabela 7, no entanto, as empresas privadas são seccionadas em três subgrupos (Privado Individual, Grupo Privado Nacional e Grupo Privado Multinacional). A relação de empresas que compõem estes grupos está disponível no Anexo V – Grupos Econômicos.

**Tabela 9 - Escolhas alocativas gerais das classes de empresas**

	Privado Individual	Grupo Privado Nacional		Grupo Privado Multinacional		Público	
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	19	49	10	224	54	167	22
% Quantidade Projetos	3,49%	8,99%	1,83%	41,10%	9,91%	30,64%	4,04%
Soma do Investimento Total Realizado (R\$ M)	12,98	90,66	9,25	484,39	127,32	287,78	51,04
% Investimento Total Realizado	1,22%	8,53%	0,87%	45,55%	11,97%	27,06%	4,80%
	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Duração Realizada (Meses)	30,74 <sup>1</sup>	29,94a	26,8a	37,31a	37,96a	39,61a	39,32a
Investimento Total Realizado (R\$ M)	1,19 <sup>1</sup>	3,32a	1,71a	4,12a	4,52a	3,28a	4,34a
Total Empresas	2,16 <sup>1</sup>	3,45a	2,8a	3,23a	3,06a	2,56a	2,27a
- Proponentes e Cooperadas	0,95 <sup>1</sup>	2,14a	1,5a	1,59a	1,5a	1,14a	0,77a
- Executora	1,21 <sup>1</sup>	1,31a	1,3a	1,63a	1,56a	1,43a	1,5a

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

<sup>1</sup>Resultados não comparáveis por só existir um único grupo

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Primeiramente, observa-se que o grupo de empresas privadas individuais (que não pertencem a grupos econômicos do SEB) não possuem projetos em níveis mais altos de maturidade tecnológica, assim não sendo possível fazer a comparação par a par. Este resultado demonstra que estas empresas estão concentradas em pesquisas mais básicas e, com a mudança da regulação de P&D (ANEEL, 2022), precisarão efetuar mudanças no perfil de seus projetos.

Entre os grupos econômicos nacional e multinacional, destaca-se o protagonismo das pesquisas de grupos multinacionais, que possuem cerca de 51% dos projetos da amostra. Este grupo de empresas também é o maior responsável pela pesquisa em tecnologias consideradas neste trabalho como de mais alta maturidade tecnológica, de modo absoluto (11,97% do total de projetos) e relativo (quase 20% dos seus projetos são em tecnologias maduras). Elas concentram 54 dos 86 projetos em tecnologias em estágio de mais alta maturidade tecnológica (62,79% do total). Conforme os números apresentados até aqui, verifica-se que o grupo são responsáveis pela maior parte dos investimentos e, por isso, suas decisões acabam reverberando nos números consolidados do segmento de distribuição.

Em relação à diferenciação das características dos projetos, nota-se que não há resultados com diferenças significantes para nenhum grupo. Vale lembrar que esta abertura se

restringiu às empresas privadas, assim os resultados do grupo de empresas públicas é o mesmo apresentado na Tabela 8.

Sendo assim, observa-se um comportamento heterogêneo das empresas multinacionais, principalmente, no ímpeto de pesquisar tecnologias mais maduras. Isto pode ser encarado como um comportamento conservador voltado para a produção de resultados imediatos, assim como já destacado para o Brasil (Castro *et al.*, 2008; Maestrini e M, 2020) e internacionalmente (Frame *et al.*, 2018; Johansson; Vendel e Nuur, 2020).

Por outro lado, quando se compara as características gerais dos projetos a partir da interação entre maturidade da tecnologia pesquisada e o tipo de empresa, os indicadores gerais não conseguem capturar qualquer diferenciação nas decisões das empresas. Ou seja, a forma de alocar recursos das empresas públicas e privadas aparentam ser homogênea. Isto contrasta com o visualizado no corte inicial Público Vs. Privado da Tabela 7 (sem influência da tecnologia). Portanto, propõem-se a abertura dos resultados em mais um nível.

#### 4.3.1.3. Agrupamento por Grupo econômico

A nova abertura é realizada em duas etapas, pela Tabela 10 e pela Tabela 11. Este é o último nível de desagregação dos dados trabalhado neste estudo. Nelas são demonstrados os parâmetros gerais dos grupos econômicos que controlam as concessionárias de distribuição. Para cada grupo econômico efetua-se uma comparação par a par das características entre projetos para tecnologias alta e baixa maturidade.

**Tabela 10 – Escolhas alocativas gerais dos grupos econômicos - Multinacionais**

	CPFL Energia		Enel		Neoenergia	
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	48	10	61	17	61	20
% Quantidade Projetos	8,81%	1,83%	11,19%	3,12%	11,19%	3,67%
Soma do Investimento Total Realizado (R\$ M)	151,98	19,38	97,58	15,14	115,14	34,38
% Custo Total Realizado	14,29%	1,82%	9,18%	1,42%	10,83%	3,23%
	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Duração Realizada (Meses)	37,5 <sup>a</sup>	35,1 <sup>a</sup>	45,02 <sup>a</sup>	44,53 <sup>a</sup>	30,98 <sup>a</sup>	31,25 <sup>a</sup>
Custo Total Realizado (R\$ M)	6,07 <sup>a</sup>	3,97 <sup>a</sup>	3,14 <sup>a</sup>	1,78 <sup>a</sup>	3,36 <sup>a</sup>	3,44 <sup>a</sup>
Total Empresas	5,02 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	2,74 <sup>a</sup>	2,24 <sup>a</sup>	2,49 <sup>a</sup>	2,45 <sup>a</sup>
- Proponentes e Cooperadas	3,33 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>
- Executora	1,69 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	1,85 <sup>a</sup>	1,47 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Dentro os cinco grupos multinacionais, destacam-se a CPFL Energia, a Enel e a Neoenergia. Estas empresas são responsáveis por aproximadamente 78% dos projetos das multinacionais na amostra e por mais de 70% dos investimentos em projetos de inovação. Entretanto, nestes parâmetros gerais, elas tendem a não realizar uma diferenciação estatisticamente significativa quando alocam recursos em projetos em maturidades tecnológicas diferentes.

Os demais grupos econômicos e agrupamentos são apresentados na Tabela 11. Nela estão a Cemig e as demais empresas estaduais que compõem o grupo das públicas, assim como a Energisa que compõe o grupo das empresas privadas nacionais.

**Tabela 11 - Escolhas alocativas gerais dos grupos econômicos – Privadas e Públicas**

	Energisa		Cemig <sup>10</sup>		Estadual	
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	37	6	95	16	53	5
% Quantidade Projetos	6,79%	1,10%	17,43%	2,94%	9,72%	0,92%
Soma do Investimento Total Realizado (R\$ M)	73,35	4,48	205,46	43,04	64,49	5,99
% Custo Total Realizado	6,90%	0,42%	19,32%	4,05%	6,06%	0,56%
	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Duração Realizada (Meses)	29,22a	31,83a	43,47a	39,88a	35,62a	40,8a
Custo Total Realizado (R\$ M)	3,67a	1,62a	4,11a	5,05a	2,36a	2,37a
Total Empresas	3,76a	2,83a	3,13a	2,63a	1,83a	1,4b**
- Proponentes e Cooperadas	2,51a	1,83a	1,35a	0,88a	0,85a	0,4b**
- Executora	1,24a	1,00a	1,78a	1,75a	0,98a	1,00a

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Nesta seleção de grupos econômicos, chama a atenção a baixa quantidade de projetos em tecnologias mais avançadas. Isto inviabiliza a comparação para a Eletrobras (só possui um projeto), Equatorial (três 3 projetos), Oliveira Energia e “não aplicável” que não possuem projetos. É importante frisar que, até as ações de privatização da Eletrobras, a empresa obteve grande protagonismo no cenário inovativo do setor elétrico (Mazzucato e Penna, 2016), porém com outras fontes de recursos além do PROP&D.

Em relação aos indicadores gerais, as empresas destacadas não possuem alocações com diferenças significantes em suas médias, exceto no menor envolvimento das Proponentes e

<sup>10</sup> Vale lembrar que a empresa Light pertenceu ao grupo Cemig até 2019, logo seus resultados estão sendo considerados dentro deste grupo empresarial.

Cooperadas no agrupamento das estaduais. Isto também impacta o total de empresa das estaduais. Ressalta-se aqui que os resultados demonstrados para os indicadores “Proponente/Cooperada” com médias inferiores a um (Enel e Estadual) indica que a própria proponente não alocou recursos para a sua gestão, o que poderia ser entendido como uma atuação puramente no papel de contratante pesquisas junto as executoras. Comportamento semelhante ao puro atendimento da obrigação legal de investimento mapeado por Quandt, Da Silva e Procopiuck (2008) nos primórdios do programa da ANEEL.

Neste primeiro bloco de análise destaca-se o grande protagonismo dos grupos empresariais multinacionais, especialmente a CPFL Energia, Enel e Neoenergia. Estas empresas têm sido as maiores responsáveis pelos esforços de inovação no setor, principalmente em tecnologias mais maduras. Porém, a partir das características gerais dos projetos, estas e as demais empresas, possuem um comportamento homogêneo na diferenciação do tratamento alocativo oferecido a pesquisas em tecnologias de mais alta e baixa maturidade.

Portanto, até aqui, observa-se uma homogeneidade nas características e no nível de investimento financeiro entre as diferentes maturidades tecnológicas realizado pelas empresas da distribuição elétrica. Assim, na próxima seção, a ideia qualificar melhor como as empresas estão alocando os diferentes tipos de investimentos.

#### **4.3.2. Alocação de Investimento**

Nesta seção o indicador de custo total examinado anteriormente será transformado em custo mensal e verificando detalhadamente em diferentes tipos de investimentos. A análise segue a mesma estruturação da seção 0, onde os indicadores vão sendo aberto em níveis de detalhamento sob o ponto de vista das empresas proponentes.

##### **4.3.2.1. Agrupamento por Tipo de Empresa**

Assim como foi realizado na seção 4.3.1.1, o ponto de partida da análise é examinar a diferença média das alocações realizada para os dois conjuntos de tecnologia e empresas de forma disjunta (Tabela 12). Para isso foi considerada a ponderação do tamanho em meses dos projetos, que foram dispostos em três blocos. O primeiro traz o indicador de custo total mensal médio. No segundo são utilizadas as rubricas designadas pela ANEEL (ANEEL, 2012), são elas: Recursos Humanos (RH), Serviços de Terceiros (ST), Viagens e Diárias (VD), Outras

Despesas (OD), Material de Consumo (MC), Material Permanente (MP). Por último, a natureza do gasto que corresponde a forma como o investimento foi realizado, se por meio de recursos administrados pelas Proponentes/Cooperadas e/ou Executoras, assim como a ocorrência de contrapartidas por parte das empresas integrantes do projeto (Proponentes, Cooperadas e Executoras somadas<sup>11</sup>).

Vale frisar que a soma dos três blocos possui o mesmo valor, sendo demonstrados somente em cortes diferentes.

**Tabela 12 – Abertura do Investimento Total entre Tipo de Tecnologia e Tipo de Empresa (R\$ mil)**

	Tecnologia		Tipo de Empresa	
	Baixa	Alta	Pública	Privada
Quantidade Projetos	459	86	189	356
	Média	Média	Média	Média
Investimento Total Mensal	95,59a	104,62a	85,44a	103,15b*
Recursos Humanos Mensal	63,83a	39,88b***	57,43a	61,44a
- Proponente e Cooperada	4,85a	3,97a	3,78a	5,21b**
- Executora(s)	58,92a	35,81b***	53,57a	56,18a
Serviço De Terceiros Mensal	11,75a	18,24b*	10,2a	14,14a
- Proponente e Cooperada	5,62a	9,69a	2,72a	8,14b**
- Executora(s)	6,03a	8,35a	7,15a	6a
Viagens E Diárias Mensal	2,53a	1,8a	1,98a	2,65a
Outras Despesas Mensal	4,03a	4,34a	3,28a	4,51b**
Material De Consumo Mensal	1,53a	7,11b***	4,2a	1,47b**
- Proponente e Cooperada	0,36a	4,17b**	2,12a	0,35a
- Executora(s)	1,16a	2,93b***	2,04a	1,12b***
Material Permanente Mensal	11,9a	33,26b***	8,35a	18,95b**
- Proponente e Cooperada	6,66a	14,09a	1,31a	11,29b***
- Executora(s)	5,15a	18,52b***	6,6a	7,6a
Contrapartida Total Mensal	0,32a	1,52b**	1,09a	0,21b**

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

No primeiro bloco de indicadores, que na verdade é o valor consolidado mensal, não existem diferenças médias significativas entre os dois grupos de tecnologia. Porém, no corte por tipo de empresa, observa-se que, em média, as proponentes privadas investem em projetos

<sup>11</sup> Este tratamento foi realizado devido à baixa ocorrência de contrapartidas nos projetos selecionados para a amostra.

R\$ 18 mil mensais mais caros que as públicas. Vale lembrar que a diferença da média do custo total absoluto observado na Tabela 7 não era significativa.

No segundo bloco, onde secciona-se o custo total pelas seis rubricas adotadas pela ANEEL, os resultados sugerem uma influência da maturidade tecnológica na alocação de RH, ST, MC e MP. Onde os projetos tecnologicamente mais maduros são realizados com menores investimentos em remunerações (vide RH) e com maiores investimentos em contratação de terceiros (vide ST), gastos com consumíveis (vide MC) e possíveis compra de equipamentos (vide MP). Visto a tendência já identificada do setor elétrico em adotar tecnologias de mercado (La Rovere *et al.*, 2020), o movimento alocativo demonstrado o *modus operandi* das distribuidoras via contratações externas, aquisição e adaptação de tecnologias.

Enquanto isso, quando se olha para o tipo de empresa, as diferenças estão em OD, MC e MP. Este comportamento estaria sugerindo que as empresas públicas podem ter uma tendência a investir menos em aquisições de equipamentos.

Por último, no terceiro corte, verifica-se que as contrapartidas são maiores em projetos com tecnologias mais maduras, assim como por parte das empresas públicas. Outro ponto importante é uma alocação 2,6 vezes menor de recursos, por parte das proponentes públicas, para a sua administração dentro dos projetos. Isto pode indicar uma atuação menos ativa na pesquisa em execução.

Ao cruzar os qualificadores tipo de empresa e o tipo de tecnologia, a Tabela 13 examina as diferenças entre as escolhas na alocação dos investimentos mensais para os dois tipos de empresas mediante a tecnologia pesquisada.

**Tabela 13 – Abertura das Escolhas alocativas de Investimento das empresas privadas e públicas (R\$ mil)**

	Privadas		Público	
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	292	64	167	22
% Quantidade Projetos	53,58%	11,74%	30,64%	4,04%
Soma do Custo Total Realizado (R\$ M)	588,03	136,57	287,78	51,04
% Custo Total Realizado	55,30%	12,84%	27,06%	4,80%
	Média	Média	Média	Média
Investimento Total Mensal	102,68a	105,32a	83,18a	102,58a
Recursos Humanos Mensal	65,69a	42,09b**	60,59a	33,44a
- Proponente e Cooperada	5,33a	4,65a	4,02a	1,99a
- Executora(s)	60,32a	37,3b***	56,48a	31,46a
Serviço De Terceiros Mensal	13,1a	18,87a	9,38a	16,42a
- Proponente e Cooperada	7,72a	10,07a	1,95a	8,59b***
- Executora(s)	5,38a	8,81b**	7,16a	7,01a
Viagens E Diárias Mensal	2,84a	1,8a	2,01a	1,79a
Outras Despesas Mensal	4,48a	4,61a	3,24a	3,53a
Material De Consumo Mensal	1,33a	2,11b*	1,9a	21,65b***
- Proponente e Cooperada	0,38a	0,19a	0,32a	15,74b***
- Executora(s)	0,94a	1,91b***	1,54a	5,88b***
Material Permanente Mensal	15,24a	35,83b***	6,06a	25,75b***
- Proponente e Cooperada	9,83a	17,94a	1,1a	2,89a
- Executora(s)	5,35a	17,89b***	4,79a	20,33b***
Contrapartida Total Mensal	0,1a	0,69b***	0,71a	3,94b**

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Nesta análise, os efeitos financeiros observados sem a interação entre os qualificadores (Tabela 12) também são claramente observáveis nesta tabela. Comportamento diferente dos indicadores gerais são apresentados na seção 0. Único indicador com aspecto mais geral, o custo total mensal médio não apresenta diferenças significantes na comparação de suas médias, tanto na comparação das alocações entre as tecnologias nas empresas privadas, quanto nas empresas públicas. Vale ressaltar que ao seccionar somente entre pública e privada a diferença foi significativa (Tabela 12).

Partindo para os indicadores específicos, as escolhas do tipo de despesa realizada pelas empresas privadas há uma distinção no RH, onde em média se aloca 30% menos de recursos para tecnologias mais maduras. Isto vem da redução da alocação para as executoras. O contraponto é a alocação de mais de duas vezes de recursos de MP, também via executoras. As empresas privadas também acabam oferecendo maiores contrapartidas em projetos com tecnologias mais maduras, cerca de seis vezes mais.

Em geral, o comportamento das empresas públicas também é parecido com os das privadas na alocação de MP e contrapartidas. Entretanto, diferenciando-se na magnitude, onde aloca-se mais de quatro vezes em MP via executoras. Diferença ainda maior é observada em MC, onde as públicas alocam um montante médio de recursos de mais dez vezes em tecnologias mais maduras. Aqui, o aumento maior é via proponente, ainda que exista aumento na executora.

Com estas análises, depura-se que ambos os tipos de empresas investem mais em MP quando se propõem pesquisar em níveis mais altos de maturidade tecnológica. Estes recursos adicionais são disponibilizados para as executoras realizarem a compra dos materiais. No entanto, as empresas privadas ao manterem a linearidade do gasto total, poderiam estar trocando investimentos em RH por MC e MP. Em outras palavras, este resultado pode indicar um prevaecimento da busca por tecnologias de mercado (La Rovere *et al.*, 2020), em detrimento do desenvolvimento interno de soluções.

#### **4.3.2.2. Agrupamento por Classe Empresarial**

Ampliando-se a visão sobre a atuação dos diferentes tipos de empresa privadas, a Tabela 14 divide as empresas privadas em três grupos (Privado individual, grupo privado nacional e grupo privado multinacional). Ressalta-se que o corte das empresas públicas permanece o mesmo, ou seja, são os mesmos resultados que foram mantidos para fins comparativos com os movimentos dos demais grupos.

Tabela 14 - Abertura das Escolhas Alcativas de Investimentos para as Classes de Empresas (R\$ mil)

	Privado Individual	Grupo Privado Nacional	Grupo Privado Multinacional		Público		
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	19	49	10	224	54	167	22
	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Investimento Total Mensal	36,92 <sup>1</sup>	116,43a	66,16a	105,25a	112,57a	83,18a	102,58a
Recursos Humanos Mensal	18,09 <sup>1</sup>	70,05a	21,29b*	68,77a	45,94b**	60,59a	33,44a
- Proponente e Cooperada	1,46 <sup>1</sup>	0,85a	1,27a	6,64a	5,28a	4,02a	1,99a
- Executora(s)	16,63 <sup>1</sup>	68,99a	20,02b*	62,13a	40,5b**	56,48a	31,46a
Serviço De Terceiros Mensal	8,53 <sup>1</sup>	13,07a	20,97a	13,5a	18,48a	9,38a	16,42a
- Proponente e Cooperada	3,07 <sup>1</sup>	7,07a	4,36a	8,26a	11,12a	1,95a	8,59b***
- Executora(s)	5,46 <sup>1</sup>	6,01a	16,61b**	5,24a	7,36a	7,16a	7,01a
Viagens E Diárias Mensal	1,14 <sup>1</sup>	6,93a	1,74a	2,08a	1,81a	2,01a	1,79a
Outras Despesas Mensal	2,26 <sup>1</sup>	5,29a	2,89a	4,49a	4,93a	3,24a	3,53a
Material De Consumo Mensal	2,73 <sup>1</sup>	0,32a	0,25a	1,43a	2,45b**	1,9a	21,65b***
- Proponente e Cooperada	1,25 <sup>1</sup>	0,01a	0a	0,39a	0,23a	0,32a	15,74b***
- Executora(s)	1,47 <sup>1</sup>	0,31a	0,25a	1,04a	2,22b***	1,54a	5,88b***
Material Permanente Mensal	4,18 <sup>1</sup>	20,77a	19,03a	14,97a	38,95b***	6,06a	25,75b***
- Proponente e Cooperada	1,17 <sup>1</sup>	15,85a	4,52a	9,25a	20,43a	1,1a	2,89a
- Executora(s)	3,01 <sup>1</sup>	4,92a	14,52b*	5,64a	18,52b***	4,79a	20,33b***
Contrapartida Total Mensal	0 <sup>1</sup>	0,22a	0a	0,08a	0,81b***	0,71a	3,94b**

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

<sup>1</sup>Resultados não comparáveis por só existir um único grupo

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Os resultados demonstrados na tabela apontam que os efeitos observados nas empresas privadas estão centrados no comportamento dos grupos empresariais, sobretudo os multinacionais. Os grupos nacionais e multinacionais apresentam forte redução de alocação de recursos em RH, sendo ela concentrada na redução do RH alocado para as executoras. Ou seja, as executoras estão trabalhando com equipes menores em projetos mais maduros.

Por outro lado, os grupos nacionais e multinacionais aumentam a alocação de recursos em MP para as executoras. No caso das multinacionais, o valor mais do que dobra. Esse efeito

tende a ser provocado pelo aumento do orçamento geral em MP. Em relação aos grupos nacionais, vale ressaltar que o valor consolidado de MP não possui diferença significativa, o que indica uma troca na responsabilidade na administração do recurso entre Proponente/Cooperadas e Executoras. Padrão que também é seguido pelas públicas.

O aumento de MC dos grupos multinacionais também tende a ter a mesma lógica do que foi observado em MP. A questão aqui é que as executoras possuem mais recursos para contratar mais serviços, como licenças de softwares, quando participam de inovações mais maduras. Entretanto, chama a atenção que o padrão de aumento é muito inferior ao observado nos projetos com proponentes públicas. Enquanto nas multinacionais a alocação em MC aumenta aproximadamente 71%, nas públicas o aumento é de mais de 1.000%.

Outro ponto importante ocorre nas contrapartidas das multinacionais, onde fica mais relevante a diferença entre os tipos de tecnologias pesquisadas. Em relação ao grupo econômico privado nacional, não são observadas qualquer contrapartida em projetos com alta maturidade tecnológica. Bem diferente do observado na públicas, que são destaques em contrapartida.

#### 4.3.2.3. Agrupamento por Grupo Econômico

Buscando individualizar o padrão de comportamento dos investimentos tecnológicos entre os grupos econômicos privados multinacionais, a Tabela 15 faz a abertura dos investimentos, por rubrica, realizados pelas empresas de distribuição multinacionais.

**Tabela 15 - Abertura das Escolhas de Investimento para os Grupos Econômico – Multinacionais (R\$ mil)**

	CPFL Energia		Enel		Neoenergia	
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	48	10	61	17	61	20
	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Investimento Total Mensal	152,09a	111,97a	67,44a	42,46a	94,26a	113,02a
Recursos Humanos Mensal	100,53a	69,76a	38,7a	18,47b**	62,07a	57,04a
- Proponente e Cooperada	13,35a	10,73a	2,63a	1,26a	4,44a	3,61a
- Executora(s)	87,18a	59,03a	36,06a	17,21b*	57,63a	52,98a
Serviço De Terceiros Mensal	21,58a	11,53a	10,14a	11,66a	8,84a	8,09a
- Proponente e Cooperada	19,06a	9,82a	3,36a	3,17a	4,54a	0,97a
- Executora(s)	2,52a	1,71a	6,78a	8,49a	4,3a	7,12a
Viagens E Diárias Mensal	2,39a	1,39a	1,58a	0,5a	3,15a	3,24a
Outras Despesas Mensal	6,01a	1,21b**	4,44a	2,63a	4,48a	10,05b***
Material De Consumo Mensal	1,98a	1,91a	1,81a	2,6a	1,16a	3,4b***

- Proponente e Cooperada	0,9a	0,35a	0,29a	0,28a	0,21a	0,16a
- Executora(s)	1,09a	1,56a	1,52a	2,31a	0,95a	3,22b***
Material Permanente Mensal	19,6a	26,17a	10,77a	6,61a	14,56a	31,19b*
- Proponente e Cooperada	17,43a	12,39a	4,21a	4,85a	5,19a	1,32a
- Executora(s)	2,16a	13,78b***	6,56a	1,76a	9,06a	29,87b***
Contrapartida Total Mensal	0a	0a	0,01a	0a	0,3a	2,2b**

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Mesmo com a abertura dos grupos multinacionais, mantem-se o padrão de gastos mensais entre projetos com tecnologia de baixa e alta maturidade tecnológica. Ou seja, o tamanho dos investimentos não tende a ser modificados mediante a maturidade tecnológica, mas sim pela composição deles. Desta maneira, assim como foi observado no grupo das multinacionais (Tabela 14), observa-se ajustes médios estatisticamente significativos RH, MC e MP. No entanto, esses efeitos estão distribuídos nas três empresas, não havendo a concentração deles em nenhuma delas.

Em uma análise individual, verifica-se que os projetos propostos pela CPFL Energia só possuem ajustes médios significativos em OD e na alocação de MP para as executoras. No caso de OD os valores tendem a ser reduzidos para tecnologias mais maduras e, para MP, os valores aumentam mais de seis vezes. O grupo empresarial possui metade dos projetos de tecnologias mais maduras na fase de lote pioneiro, entretanto, prevalecem as iniciativas ligadas às adaptações de dispositivos e equipamentos, em linha com literatura pregressa (De Oliveira, 2011; Cabello e Pompermeyer, 2011; Castro, 2018).

No caso da Enel, a única ação estatisticamente significativa é na redução de RH. Este valor é reduzido para menos da metade em tecnologias com maiores maturidades, principalmente via redução dos investimentos administrados pelas executoras. Nos projetos do grupo empresarial prevalecem as pesquisas em tecnologias na fase de cabeça de série.

Por último, destaca-se o caso da Neoenergia, que possui ajustes em OD, MC e MP. Nos três casos os valores duplicam na alocação de investimentos para tecnologias mais maduras, principalmente via alocação nas executoras. Chama-se a atenção para o fato de a Neoenergia ser a única empresa com investimento relevante em contrapartida, onde este é significativamente maior em tecnologias mais maduras.

Após a análise das multinacionais, na sequência, a Tabela 16 demonstra os resultados para a Energisa (representante do grupo das Nacionais), Cemig e agrupamentos de empresas estaduais (representantes das públicas).

**Tabela 16 - Abertura das Escolhas de Investimento para os Grupos Econômico – Públicas e Privadas Nacionais (R\$ mil)**

	Energisa		Cemig <sup>12</sup>		Estadual	
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	37	6	95	16	53	5
	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Investimento Total Mensal	129,36a	56,11a	98,47a	115,33a	64,99a	56,6a
Recursos Humanos Mensal	76,47a	15,88a	71,61a	36,64a	50,14a	28,6a
- Proponente e Cooperada	0,78a	1,34a	4,36a	1,98a	3,75a	1,11a
- Executora(s)	75,69a	14,54a	67,09a	34,66a	46,39a	27,5a
Serviço De Terceiros Mensal	15,91a	27,49a	12,87a	16,45a	2,05a	1,26a
- Proponente e Cooperada	8,86a	5,06a	1,88a	6,09b*	0a	0a
- Executora(s)	7,05a	22,43b**	10,51a	9,25a	2,05a	1,26a
Viagens E Diárias Mensal	8,26a	1,01a	2,44a	1,36a	1,23a	2,61b*
Outras Despesas Mensal	5,78a	1,72a	3,56a	3,38a	2,69a	3,5a
Material De Consumo Mensal	0,05a	0,05a	2,21a	26,17b***	1,72a	11,5b***
- Proponente e Cooperada	0,01a	0a	0,54a	21,64b***	0,05a	0a
- Executora(s)	0,03a	0,05a	1,61a	4,49b**	1,68a	11,5b***
Material Permanente Mensal	22,9a	9,96a	5,79a	31,32b**	7,16a	9,13a
- Proponente e Cooperada	19,54a	6,95a	1,55a	2,74a	0,59a	0a
- Executora(s)	3,36a	3a	3,94a	25,1b**	6,57a	9,13a
Contrapartida Total Mensal	0a	0a	1,25a	5,42b*	0a	0a

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Assim como em todas as análises que cruzam qualificadores de tecnologia e empresa, os efeitos no investimento médio total mensal não se diferenciam para as empresas analisadas.

<sup>12</sup> Vale lembrar que a empresa Light pertenceu ao grupo Cemig até 2019, logo seus resultados estão sendo considerados dentro deste grupo empresarial.

Desta forma, a diferenciação apresentada na Tabela 12 tende a ser um ruído provocado por algum outro qualificador que não o corte de maturidade tecnológica realizado nesta análise.

Individualmente, verifica-se que a Energisa, enquanto proponente, só possui um ajuste médio significativo na alocação de ST para as executoras. Os demais indicadores não possuem significância estatística para a diferença de suas médias. Apesar de não haver uma significativa diferença entre os investimentos em tecnologias com baixa e alta maturidade, a Energisa investe em projetos de baixa maturidade mais caros. Utilizando o indicador de investimento mensal, pode-se verificar que dentre os quinze maiores projetos da empresa, apenas um foi em tecnologia madura (decimo quarto colocado).

Portanto, como acontece em boa parte das multinacionais, a Cemig também apresenta um aumento nos investimentos em MP e MC para tecnologias mais maduras. Destaca-se que ambos os indicadores foram influenciados pelo projeto PD-04950-0306, que trata da produção de um cabeça de série “revitalização e repotenciação de transformadores de potência e desenvolvimento de TCs a óleo vegetal”, o qual foi realizado com o fornecedor de transformadores ABB Ltda, contando com a aquisição e adaptação de novos equipamentos na rede de distribuição. Isto demonstra a característica de inovações incrementais através da aquisição de componentes de grandes fornecedores multinacionais (De Oliveira, 2011; Gonçalves, 2018; Castro et al., 2020), como é o caso da ABB.

A Cemig também apresenta um aumento em MC para tecnologias mais maduras. Isto possui influência do projeto PD-00382-0083, onde buscou-se a fabricação de lote pioneiro para plataforma de redes inteligentes. Neste projeto quase 85% do investimento foi em MC, mas não ficou claro nas descrições da base de dados se foi por conta de aquisição de licença de software. Por último, em média, os projetos do grupo empresarial mais do que triplicam a alocação de ST via proponente/cooperada. Isto revela uma contratação de serviços no mercado.

Para finalizar as análises individuais, os projetos do agrupamento de empresas estaduais se diferenciam com significância estatística em VD e MC. Em ambos os casos existe um aumento de investimento médio, principalmente em MC, que aumenta quase sete vezes. Este movimento é muito peculiar, pois é totalmente focado nas executoras, não havendo qualquer alocação de MC para a proponente ou cooperadas. Apesar de não haver significância estatística na comparação, vale ressaltar a não alocação de recostos em proponentes/cooperadas em projetos de pesquisas em tecnologias mais maduras nas rubricas ST e MP. Ou seja, todas as contratações são realizadas pelas executoras.

Para finalizar, cumpre-se dizer que neste bloco de indicadores o *modus operandi* das empresas ficou um pouco mais claro. Enquanto os indicadores gerais médios não apresentaram

significância estatísticas em suas comparações entre projetos com tecnologias de baixa e alta maturidade, o grupo de indicador financeiro aberto por tipos de investimentos se mostrou capaz de capturar efeitos que ajudam a contextualizar as análises progressas.

Em resumo, verifica-se que os valores médios totais de investimentos não se diferenciam na qualificação realizada neste estudo (tipo de empresa e maturidade da tecnologia). O que parece é que as empresas, privadas ou públicas, tratam os orçamentos gerais dos projetos de forma homogênea, assim como observado por De Oliveira (2010).

Além disso, infere-se que existe um movimento das empresas multinacionais em direção à inovação a partir da aquisição de tecnologias prontas de mercado (La Rovere *et al.*, 2020; Castro *et al.*, 2020), principalmente via investimento em MP controlados pelas empresas executoras. Neste sentido, destacam-se a CPFL Energia e a Neoenergia. O impacto destas duas empresas é tão grande que parece estar influenciando todo o grupo das multinacionais e até mesmo quando se analisa as empresas privadas em geral. Este movimento também é observado na Cemig, a qual parece está influenciando o mesmo movimento observado no grupo que consolida as empresas públicas.

Os efeitos em MC e RH que se mostraram bem fortes na análise por tipo de empresa (Tabela 14) perderam força na análise por grupo empresariais. No caso de MC, as públicas confirmaram o aumento de investimentos via esta rubrica, enquanto nas multinacionais o resultado só foi significativo nos projetos da Neoenergia. Em RH, que havia uma expressiva redução tanto para os grupos privados nacionais quanto para os multinacionais, só se confirmou para a Enel.

Ainda sobre a diluição do impacto em RH, chama a atenção que os grupos econômicos nacionais e multinacionais concentram 72% dos recursos investidos em projetos com tecnologias consideradas neste estudo como mais maduras. Enquanto isso, a Enel só é responsável por 1,42% dos investimentos, logo, a empresa não pode estar influenciando o grupo das multinacionais. Então, diante desta questão e da disponibilidade dos dados de formação em pós-graduação dos participantes dos projetos, a próxima seção analisará as alocações destes profissionais.

### **4.3.3. Alocação de Equipe**

Na última seção observou-se uma diferenciação persistente na alocação de recursos para RH nos níveis mais agregados dos dados. Porém, ao desagregar na unidade dos grupos econômicos, este efeito esvaiu-se. Trocando a visão financeira pela alocação do tipo de

profissional, nesta seção são analisados o perfil dos profissionais alocados nas pesquisas de acordo com a sua titulação (especialista, mestre ou doutor).

Outro ponto importante no exame do grau de especialização das equipes está na sua ligação com a absorção de conhecimento. Habilidades do reconhecimento da importância de um conhecimento externo para conseguir explorá-lo está ligado à capacidade de absorção do profissional (Cohen e Levinthal, 1989), onde a escolaridade desempenha um papel relevante na capacidade de absorção (Van Der Heiden *et al.*, 2015). Conforme relata Castro *et al.*, (2018), as empresas do setor elétrico enfrentam dificuldades na fase de absorção dos conhecimentos produzidos nos projetos devido à baixa formação de seus profissionais.

#### 4.3.3.1. Agrupamento por Tipo de Empresa

Começando do nível mais agregado dos dados, na Tabela 17 observa-se a diferença entre a média de alocação da quantidade de doutores, mestres e especialistas em projetos seccionados pela maturidade tecnológica e pelo tipo de proponente.

**Tabela 17 - Alocações de Equipe entre Tipo de Tecnologia e Tipo de Empresa**

	Tecnologia		Tipo de Empresa	
	Baixa	Alta	Pública	Privada
Quantidade Projetos	459	86	189	356
	Média	Média	Média	Média
Doutores	3,38a	2,09b***	2,96a	3,29a
- Proponentes e Cooperadas	0,1a	0,06a	0,1a	0,09a
- Executora	3,27a	2,03b***	2,86a	3,2a
Mestres	3,61a	2,01b***	3,25a	3,41a
- Proponentes e Cooperadas	0,56a	0,31b**	0,46a	0,56a
- Executora	3,04a	1,7b***	2,8a	2,85a
Especialista	2,79a	1,66b*	3,24a	2,28b**
- Proponentes e Cooperadas	1a	0,6a	0,75a	1,04a
- Executora	1,79a	1,06a	2,49a	1,24b***

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

De modo geral, as equipes dos projetos em inovações mais maduras são menos especializadas frente aos de baixa maturidade. Observa-se uma redução de mais de 30% em doutores – sobretudo via equipe das executoras – bem como a redução de quase 45% da equipe

de mestres. A redução de especialista também se mostra significativa (cerca de 40%), porém sem uma clara identificação se é via as executoras e/ou proponentes.

Na diferenciação entre públicas e privadas o resultado é mais estável. Apenas observa-se uma menor utilização de especialistas, principalmente por parte das executoras dos projetos propostos por empresas públicas.

O cruzamento destes dois qualificadores é realizado por meio da Tabela 18, onde observa-se a diferença entre o tratamento conferido às tecnologias pelos dois tipos de empresa.

**Tabela 18 - Escolhas alocativas de Equipe das empresas privadas e públicas**

	Privadas		Público	
	Tecnologia	Tecnologia	Tecnologia	Tecnologia
	Baixa	Alta	Baixa	Alta
Quantidade Projetos	292	64	167	22
Doutores	3,61a	1,83b***	2,97a	2,86a
- Proponentes e Cooperadas	0,1a	0,05a	0,1a	0,09a
- Executora	3,51a	1,78b***	2,87a	2,77a
Mestres	3,71a	2,03b***	3,43a	1,95b*
- Proponentes e Cooperadas	0,62a	0,31b**	0,47a	0,32a
- Executora	3,09a	1,72b***	2,95a	1,64b*
Especialista	2,41a	1,67a	3,45a	1,64a
- Proponentes e Cooperadas	1,13a	0,66 <sup>a</sup>	0,78a	0,45a
- Executora	1,28a	1,02 <sup>a</sup>	2,66a	1,18a

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Em consonância com os resultados financeiros apresentados na mesma perspectiva de análise (realizada na Tabela 12), as empresas privadas promovem maior ajuste na redução no grau de especialização das equipes. A redução de doutores e mestres das executoras tendem a estar por trás da redução apresentada na análise financeira (Tabela 13). Este movimento das privadas provavelmente possui influência no resultado consolidado apresentado para o tipo de inovação na Tabela 17.

De modo análogo, as empresas públicas tendem a reduzir a especialização de suas equipes em projetos mais maduros. Porém, este efeito só apresentou significância nos mestres das executoras.

Um outro resultado que chama a atenção é a tendência de maior utilização Doutores e Mestres das executoras. Através do teste de análise pareada atestou-se significância<sup>13</sup> nas diferenças entre as médias alocadas pelas proponentes/cooperadas e executoras. Gonçalves

<sup>13</sup> P-valor<1%

(2018) encontrou resultado semelhante ao contar o número de profissionais alocados em projetos a partir de uma amostra com projetos entre 2011 e 2015.

#### 4.3.3.2. Agrupamento por Classe Empresarial

Abrindo a análise pelas classificações das empresas em grupos econômicos, a Tabela 19 demonstra a alocação das equipes pelas quatro classes de empresas definidas neste estudo, onde o grupo privado é subdividido em três categorias.

**Tabela 19 - Alocações de Equipe para as Classes de Empresas**

	Privado	Grupo Privado		Grupo Privado		Público	
	Individual	Nacional		Multinacional			
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	19	49	10	224	54	167	22
	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Doutores	2,21 <sup>1</sup>	3,08a	1b*	3,84a	1,98b***	2,97a	2,86a
- Proponentes e Cooperadas	,00 <sup>1</sup>	0,06a	0a	0,12a	0,06a	0,1a	0,09a
- Executora	2,21 <sup>1</sup>	3,02a	1b*	3,72a	1,93b***	2,87a	2,77a
Mestres	1,79 <sup>1</sup>	3,43a	1,7a	3,93a	2,09b***	3,43a	1,95b*
- Proponentes e Cooperadas	,11 <sup>1</sup>	0,69a	0,4a	0,64a	0,3b***	0,47a	0,32a
- Executora	1,68 <sup>1</sup>	2,73a	1,3a	3,29a	1,8b***	2,95a	1,64b*
Especialista	1,32 <sup>1</sup>	2,12a	1,4a	2,57a	1,72a	3,45a	1,64a
- Proponentes e Cooperadas	,84 <sup>1</sup>	0,63a	0,4a	1,26a	0,7a	0,78a	0,45a
- Executora	,47 <sup>1</sup>	1,49a	1a	1,31a	1,02a	2,66a	1,18a

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

<sup>1</sup>Resultados não comparáveis por só existir um único grupo

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Neste recorte, assim como na análise financeira (Tabela 14), o grupo das multinacionais promove ajustes significativos nas equipes. O total de doutores é reduzido em projetos de tecnologias mais maduras via redução de aproximadamente 48% nas equipes das executoras, assim como existe uma redução de mestres das próprias proponentes/cooperadas e, principalmente, das executoras.

Em relação ao grupo privado nacional, também se observa uma redução significativa no número de doutores. A particularidade deste resultado está no valor médio de doutores apresentado nos projetos de tecnologias mais maduras, que é igual à 1. Este número corresponde ao contingente mínimo de doutores que um projeto de P&D precisa ter, titulação exigida pela

ANEEL para o coordenador do projeto. Ou seja, se fosse permitido, provavelmente este grupo faria um ajuste ainda maior. Este resultado ratifica a análise financeira mencionada anteriormente. Agora falta verificar se este movimento perderá forma no nível dos grupos econômicos.

#### 4.3.3.3. Agrupamento por Grupo Econômico

Por fim, na Tabela 20 são individualizadas as estratégias de alocação de equipe para os grupos econômicos multinacionais do setor de distribuição.

**Tabela 20 - Alocações de Equipe por Grupo Econômico - Multinacionais**

	CPFL Energia		Enel		Neoenergia	
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Quantidade Projetos	48	10	61	17	61	20
Doutores	5,88a	1,1b***	2,67a	1,59a	3,57a	2,45b*
- Proponentes e Cooperadas	0,23a	0,1a	0a	0,06b*	0,08a	0a
- Executora	5,65a	1b***	2,67a	1,53a	3,49a	2,45b*
Mestres	4,88a	1,4b**	3,31a	1,76b*	4,52a	2,95a
- Proponentes e Cooperadas	0,98a	0,2b*	0,59a	0,18b**	0,85a	0,5b*
- Executora	3,9a	1,2b**	2,72a	1,59a	3,67a	2,45a
Especialista	2,54a	0,9b*	1,95a	1,88a	3,05a	1,65a
- Proponentes e Cooperadas	1,17a	0,1b*	0,62a	0,59a	1,75a	0,8a
- Executora	1,38a	0,8a	1,33a	1,29a	1,3a	0,85a

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Nesta análise verifica-se um ajuste nas equipes por parte das três empresas analisadas, confirmando que existe um movimento geral de redução de RH nas empresas multinacionais. O grande destaque nos ajustes acaba sendo a CPFL, que possui uma redução estatisticamente significativa para os três tipos de titulação. Seguindo o resultado consolidado das multinacionais (Tabela 19) a empresa reduz o número de doutores das executoras, os de mestres das executoras e proponente/cooperada e os de especialistas das proponentes/cooperadas. O destaque fica por conta da magnitude das reduções que gira em torno de 82% de redução nos doutores das executoras, 80% dos mestres da proponente/cooperada e 70% dos mestres das executoras.

As empresas Enel e Neoenergia também apresentam reduções no grau de especialização de suas equipes. Enquanto a Enel reduz o número de mestres via proponente, a Neoenergia

reduz o número de doutores via equipe das executoras. A Neoenergia ainda apresenta significância estatística na redução de suas equipes de mestres, mas o resultado consolidado de mestres não apresenta médias com diferença estatisticamente significativa.

A mesma análise é realizada para os grupos econômicos nacionais e públicas por meio da

Tabela 21.

**Tabela 21 - Alocações de Equipe por Grupo Econômico – Públicas e Privadas Nacionais**

	<b>Energisa</b>		<b>Cemig</b>		<b>Estadual</b>	
	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta	Tecnologia Baixa	Tecnologia Alta
Quantidade Projetos	37	6	95	16	53	5
	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Doutores	3,11a	1a	3,14a	2,38a	2,72a	4,6b**
- Proponentes e Cooperadas	0,08a	0a	0,13a	0,06a	0,09a	0,2a
- Executora	3,03a	1a	3,01a	2,31a	2,62a	4,4b**
Mestres	3,46a	0,17b*	4,04a	1,56b**	2,75a	3a
- Proponentes e Cooperadas	0,73a	0,17a	0,58a	0,19a	0,4a	0,8a
- Executora	2,73a	0b*	3,46a	1,38b**	2,36a	2,2a
Especialista	2,73a	2a	4,69a	1,25a	1,45a	1,8a
- Proponentes e Cooperadas	0,84a	0,67a	0,82a	0,31a	0,36a	0,6a
- Executora	1,89a	1,33a	3,87a	0,94a	1,09a	1,2a

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

O resultado da Energisa acaba sendo diferente do grupo econômico nacional na alocação de doutores, ao não apresentar uma redução média estatisticamente significativa. Entretanto, a redução em mestre é acentuada, assim como aparece no grupo. Este efeito pode ser explicado pela inexistência de alocações por parte das executoras em projetos com tecnologias mais maduras. Analogamente, o grupo Cemig também reduz o número de mestres via executoras. Entretanto, mantendo ainda um contingente médio superior a 1,5 profissionais.

Por fim, o resultado não esperado fica por conta das estaduais, que aumentam consideravelmente o número médio de alocação de doutores. Este aumento é realizado via equipes das executoras, que aumentam aproximadamente 69%. Este resultado é influenciado por dois projetos da concessionária CEEE, concluídos em 2016 e 2018, que consistiam em lote

pioneiros de dois sistemas de monitoramento – um de consumo e outro de transformadores/subestações – e que contaram com sete doutores cada um deles.

Em resumo, nesta seção foi possível verificar o movimento de redução no grau de especialização das equipes alocadas nos projetos das multinacionais em tecnologias de mais alta maturidade frente as mais baixas. Os Movimentos da CPFL Energia e Neoenergia se mostram mais acentuados, mas logo seguidos pela Enel que não apresenta diferença significativa na média de doutores. O resultado individual das empresas está alinhado ao apresentado na consolidação de grau de especialização e financeiro dos grupos econômicos multinacionais e privados.

Em relação ao resultado da Cemig, pode-se dizer que por ter 16 dos 22 projetos executados pelas empresas públicas, a sua estratégia de redução de equipe é a que prevalece no resultado da consolidação das empresas públicas. No caso, uma redução somente no número de mestres. Os resultados dos grupos econômicos nacionais acabam não sendo explicados pelo movimento da Energisa, que não possui redução estatisticamente significativa em doutores.

Para encerrar, cumpre-se dizer que a menor alocação de profissionais com maior grau de especialização pode ser um indicativo de atividades inovativas ligadas ao aprendizado tácito. Por exemplo, por meio de aquisição de tecnologias prontas de mercado, conforme literatura apresentada e análise construída ao longo de todo este capítulo.

#### **4.3.4. Diferenças produzidas entre empresas tipo de empresas**

Até agora, a análise teve o foco de diferenciar o comportamento alocativo das empresas entre os seus projetos em tecnologia mais baixa frente os em tecnologia mais alta. Neste sentido, observou-se um maior ajustamento nos recursos pelas empresas do grupo econômico multinacional, em projetos de tecnologias mais maduras. No entanto, ainda não se pode falar nada sobre o efeito desse ajustamento de recursos perante as demais empresas. Ainda falta dizer se os resultados dos ajustes criam diferenças entre os investimentos das empresas multinacionais perante as demais.

Neste sentido, essa seção está voltada a realizar a comparação par a par, entre multinacionais e demais empresas, a partir da classificação tecnológica. Os grupos de indicadores seguem sendo os mesmos das seções anteriores (alocação geral, tipo de investimento e composição de equipes).

#### 4.3.4.1. Alocação Geral

Partindo da análise dos indicadores gerais, a Tabela 22 faz uma análise comparativa entre as multinacionais e demais empresas. Vale lembrar que as empresas individuais não possuem projetos em tecnologia de mais alta maturidade.

**Tabela 22 - Diferenças Gerais entre empresas Multinacionais e Demais Empresas**

	Tecnologia Baixa		Tecnologia Alta	
	Demais	Multinacionais	Públicas e Grupos Nacionais	Multinacionais
Quantidade Projetos	235	224	32	54
	Média	Média	Média	Média
Duração Realizada(meses)	36,88 <sub>a</sub>	37,31 <sub>a</sub>	35,41 <sub>a</sub>	37,96 <sub>a</sub>
Custo Total Realizado (R\$ M)	3,12 <sub>a</sub>	4,12 <sub>b</sub> *	3,52 <sub>a</sub>	4,52 <sub>a</sub>
Custo Total Mensal Médio (R\$ mil)	86,37 <sub>a</sub>	105,25 <sub>b</sub> *	91,20 <sub>a</sub>	112,57 <sub>a</sub>
Total Empresas	2,71 <sub>a</sub>	3,23 <sub>b</sub> **	2,44 <sub>a</sub>	3,06 <sub>a</sub>
- Executora	1,38 <sub>a</sub>	1,63 <sub>b</sub> **	1,44 <sub>a</sub>	1,56 <sub>a</sub>
- Proponentes e Cooperadas	1,33 <sub>a</sub>	1,59 <sub>a</sub>	1,00 <sub>a</sub>	1,50 <sub>a</sub>

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Na comparação direta entre as multinacionais e demais empresas, as diferenças estão centradas nos projetos de baixa maturidade. Neste caso, as multinacionais inovam em baixa maturidade com investimentos maiores e utilizando mais parceiros frente às demais empresas. Para os projetos de alta maturidade, nenhum dos indicadores é significativamente diferente. Desta forma, o próximo passo é abrir as alocações financeiras entres os tipos de investimentos realizados.

#### 4.3.4.2. Alocação de Investimento

Buscando entender a representatividade das multinacionais no comportamento acima, a Tabela 23 avança na abertura do indicador de custo total mensal nas seis rubricas que classificam as despesas dos projetos, assim como identificam o montante que cada parte (Proponente/Cooperada e Executoras) irão administrar e demonstra os valores de contrapartida.

**Tabela 23 - Diferenças em Tipo de Investimento entre empresas Multinacionais e Demais Empresas (Públicas e Grupos Nacionais)**

	Tecnologia Baixa		Tecnologia Alta	
	Demais	Multinacional	Públicas e Grupos Nacionais	Multinacional
	Média	Média	Média	Média
Custo Total Mensal Médio	86.375 <sub>a</sub>	105.249 <sub>b</sub>	91.202 <sub>a</sub>	112.571 <sub>a</sub>
Recursos Humanos Mensal Médio	59.127 <sub>a</sub>	68.770 <sub>a</sub>	29.645 <sub>a</sub>	45.943 <sub>b</sub> **
- Proponente e Cooperada	3.151 <sub>a</sub>	6.638 <sub>b</sub> ***	1.764 <sub>a</sub>	5.276 <sub>b</sub> ***
- Executora(s)	55.866 <sub>a</sub>	62.131 <sub>a</sub>	27.881 <sub>a</sub>	40.501 <sub>b</sub> **
Serviço De Terceiros Mensal Médio	10.081 <sub>a</sub>	13.500 <sub>a</sub>	17.838 <sub>a</sub>	18.483 <sub>a</sub>
- Proponente e Cooperada	3.104 <sub>a</sub>	8.259 <sub>b</sub> **	7.268 <sub>a</sub>	11.123 <sub>a</sub>
- Executora(s)	6.784 <sub>a</sub>	5.241 <sub>a</sub>	10.011 <sub>a</sub>	7.360 <sub>a</sub>
Viagens E Diárias Mensal Médio	2.964 <sub>a</sub>	2.084 <sub>a</sub>	1.771 <sub>a</sub>	1.812 <sub>a</sub>
Outras Despesas Mensal Médio	3.590 <sub>a</sub>	4.495 <sub>b</sub> *	3.333 <sub>a</sub>	4.933 <sub>a</sub>
Material De Consumo Mensal Médio	1.635 <sub>a</sub>	1.427 <sub>a</sub>	14.962 <sub>a</sub>	2.454 <sub>a</sub>
- Proponente e Cooperada	333 <sub>a</sub>	389 <sub>a</sub>	10.822 <sub>a</sub>	226 <sub>a</sub>
- Executora(s)	1.277 <sub>a</sub>	1.038 <sub>a</sub>	4.118 <sub>a</sub>	2.222 <sub>a</sub>
Material Permanente Mensal Médio	8.976 <sub>a</sub>	14.973 <sub>b</sub> **	23.653 <sub>a</sub>	38.945 <sub>a</sub>
- Proponente e Cooperada	4.183 <sub>a</sub>	9.249 <sub>b</sub> **	3.396 <sub>a</sub>	20.429 <sub>a</sub>
- Executora(s)	4.674 <sub>a</sub>	5.643 <sub>a</sub>	18.514 <sub>a</sub>	18.517 <sub>a</sub>
Custo Contrapartida Total Mensal Médio	550 <sub>a</sub>	84 <sub>b</sub>	2.708 <sub>a</sub>	813 <sub>a</sub>

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Em relação à inovação de baixa maturidade, existe uma sensível diferenciação das multinacionais. Elas possuem um investimento total médio mensal por projeto 22% maior, onde parte dessa diferença tende a ser explicada por um investimento 66% maior em MP. Vale ressaltar que a alocação via proponente/cooperada tende a estar influenciando o resultado.

Entretanto, o grande destaque desta análise está da diferenciação de RH que ocorre entre os projetos mais maduros com proponentes multinacionais e as demais (públicas e grupos nacionais). Verifica-se que as multinacionais investem 55% a mais no total de RH, sendo este resultado impulsionado por uma alocação 200% maior em proponente/cooperadas e 45% maior para as executoras. Outro ponto que chama a atenção é que não foi observada diferença estatística significativa nos outros indicadores.

Este resultado mostra que as aquisições para inovar das multinacionais estão em linha com as demais empresas (vide resultado de ST, MC e principalmente MP), porém fica claro que existe um esforço maior no envolvimento das equipes dos projetos na construção da inovação. Esse esforço pode estar ligado aos processos de aprendizado e adaptação das tecnologias adquiridas as necessidades das empresas. Ou seja, esse achado representa um avanço significativo em relação ao que foi teorizado sobre inovação em outros trabalhos (De Olivera *et al.*, 2011; Gonçalves, 2016; Castro *et al.*, 2020; La Rovere *et al.*, 2020).

#### 4.3.4.3. Alocação de Equipes

Para encerrar as análises desta seção sobre as diferenças entre grupos empresariais, são analisados os indicadores de capacitação das equipes para as multinacionais e demais empresas (Tabela 24).

**Tabela 24 – Diferença em Composição de Equipes Entre Multinacionais e Demais Empresas (Públicas e Grupos Nacionais)**

	Tecnologia Baixa		Tecnologia Alta	
	Demais	Multinacional	Públicas e Grupos Nacionais	Multinacional
	Média	Média	Média	Média
Doutores	2,93 <sub>a</sub>	3,84 <sub>b</sub> <sup>***</sup>	2,28 <sub>a</sub>	1,98 <sub>a</sub>
- Proponente e Cooperada	,09 <sub>a</sub>	,12 <sub>a</sub>	,06 <sub>a</sub>	,06 <sub>a</sub>
- Executoras	2,85 <sub>a</sub>	3,72 <sub>b</sub> <sup>***</sup>	2,22 <sub>a</sub>	1,93 <sub>a</sub>
Mestres	3,29 <sub>a</sub>	3,93 <sub>b</sub> <sup>*</sup>	1,88 <sub>a</sub>	2,09 <sub>a</sub>
- Proponente e Cooperada	,49 <sub>a</sub>	,64 <sub>b</sub> <sup>*</sup>	,34 <sub>a</sub>	,30 <sub>a</sub>
- Executoras	2,80 <sub>a</sub>	3,29 <sub>a</sub>	1,53 <sub>a</sub>	1,80 <sub>a</sub>
Especialistas	3,00 <sub>a</sub>	2,57 <sub>a</sub>	1,56 <sub>a</sub>	1,72 <sub>a</sub>
- Proponente e Cooperada	,76 <sub>a</sub>	1,26 <sub>b</sub> <sup>**</sup>	,44 <sub>a</sub>	,70 <sub>a</sub>
- Executoras	2,24 <sub>a</sub>	1,31 <sub>b</sub> <sup>**</sup>	1,13 <sub>a</sub>	1,02 <sub>a</sub>

\*\*\* Significante a 1%, \*\* Significante a 5% e \* Significante a 10%.

Fonte: Elaboração própria com dados de ANEEL (2023)

Em tecnologias mais básicas, as multinacionais trabalham com mais doutores e mestres. Os doutores tendem a ser influenciados pelas equipes das executoras e os mestres por suas equipes ou das cooperadas. Em relação aos especialistas, existe uma tendência de equilíbrio provocada pela maior utilização de seus especialistas ou das cooperadas em detrimento das executoras.

Nos projetos com tecnologias maduras não existe qualquer diferença significativa entre multinacionais e demais empresas (grupos nacionais e públicas). Tendo como referência a análise da Tabela 24, ao trocar a composição do grupo controle – substituindo multinacionais por públicas – houve um equilíbrio entre as médias dos dois grupos.

Tendo em vista que as equipes dos projetos também são formadas por pessoas sem especialização, presume-se que a maior alocação em RH identificada anteriormente esteja centrada nas equipes técnicas. Isto reforça a ideia de um aprendizado tácito, onde as tecnologias pesquisadas estão sendo efetivamente introduzidas na operação das empresas de distribuição multinacionais.

#### **4.4. Conclusões Parciais**

O objetivo deste capítulo foi analisar as estratégias de alocação de recursos dos grupos empresariais de distribuição, quando passam a pesquisar em plataformas tecnológicas mais maduras. Os resultados divergem da segunda hipótese específica, pois não se identifica um comportamento homogêneo do segmento em seus projetos de pesquisa, ainda que a tendência das empresas do setor elétrico seja a adoção de tecnologias maduras e já testadas (Castro et al., 2020; La Rovere *et al.*, 2020).

Entretanto, no caso da classe de empresas multinacionais, aparece um investimento bem superior em mão-de-obra diretamente envolvida com os projetos (Tabela 23). Este resultado merece destaque, pois aponta uma possível preocupação destas empresas para a incorporação das tecnologias pesquisadas nas rotinas da empresa, mediante envolvimento das equipes técnicas. O que contrasta com a ideia de que as empresas não estarem interessadas nas atividades de inovação (De Oliveira *et al.*, 2011).

Além disso, verifica-se um comportamento destacado dos grupos econômicos multinacionais, seja pela proporção de projetos/investimentos em fases mais maduras de inovação, como também na quantidade e envolvimento nos projetos em tecnologias mais básicas. Os resultados demonstram uma participação acima das demais empresas via maior alocação de RH para proponente e cooperadas.

Se por um lado os grupos econômicos multinacionais são destaques positivos, por outro, as empresas privadas individuais não apresentam projetos em fases mais avançada (Tabela 14). Estas empresas só possuem projetos nas fases de Pesquisa Aplicada e Desenvolvimento Experimental. Ainda que aquém das multinacionais, o grupo econômico nacional possui pesquisas em tecnologias mais maduras. Elas aumentam as alocações de ST e MP em tecnologias mais maduras, porém este movimento ocorre mais intensamente por meio das executoras, quando compara-se com as multinacionais e públicas.

Neste sentido, ficou evidenciado o protagonismo das empresas executoras na condução dos projetos de P&D. Geralmente, estas empresas acabam sendo responsáveis por coordenar a maior parte dos recursos, principalmente em projetos em tecnologias mais maduras. Nestes projetos, em grande parte das vezes, as executoras passam a administrar uma soma maior de recursos de MP e ST.

Outro resultado destacável foi a não diferenciação na alocação de doutores por parte das empresas públicas. Enquanto isso, os grupos econômicos nacionais utilizam o mínimo de doutores permitido no programa. Este resultado pode ser associado a uma falta de delegação da condução dos projetos para as executoras ou um ajuste arrojado dos grupos econômicos nacionais. Ou seja, para entender este efeito, assim como para confirmar uma possível preocupação das multinacionais com o aprendizado das tecnologias pesquisadas, no próximo capítulo realiza-se um estudo microfundamentado sobre as capacidades das empresas.

## **5. Análise das Capacidade Dinâmicas**

Nesta seção serão mapeadas as rotinas de alto nível inerentes ao processo de inovação das distribuidoras de energia elétrica brasileiras. Diferentemente dos dois capítulos anteriores, este não envolve análise de base de dados. No caso, a análise deste capítulo tem como base entrevistas realizadas com representantes dos principais grupos econômicos do segmento de distribuição nacional. A relação de empresas está no Anexo V – Grupos Econômicos.

Ressalta-se que o objetivo desta pesquisa de identificar as capacidades dinâmicas dentro das empresas é realizado a partir da visão dos gestores ligados à atividade de inovação. Assim, todos os entrevistados possuem um vínculo forte com estas atividades, onde a maior parte dele está dentro da própria estrutura de inovação.

Este capítulo está dividido em três partes: a primeira contendo a metodologia utilizada na construção da análise, enquanto na segunda são apresentados os resultados alcançados. Por último, efetua-se as conclusões parciais.

### **5.1. Metodologia**

Buscando microfundamentar as duas análises elaboradas anteriormente, a metodologia envolve a utilização de entrevistas com representantes das principais empresas de distribuição. Neste sentido, foram realizados convites a funcionários de onze empresas diferentes, os quais seis foram aceitos e as entrevistas realizadas.

Como os assuntos abordados podem expor as empresas e entrevistados, é condição inegociável deste estudo a preservação do anonimato dos envolvidos. Neste sentido, é utilizada a classificação dos grupos econômicos para designar as empresas (Tabela 25).

Tabela 25 – Entrevistados

Código	Tipo de Empresa	Nível Hierárquico Entrevistado	Data	Tempo de entrevista (minutos)
PB1	Pública 1	2º nível abaixo do CEO	7/11/2023	59
PV1	Privada 1	3º nível abaixo do CEO	1/11/2023	86
GEN1	Grupo Econômico Nacional 1	2º nível abaixo do CEO	2/11/2023	56
GEMulti1	Grupo Econômico Multinacional 1	5º nível abaixo do CEO	7/11/2023	75
GEMulti2	Grupo Econômico Multinacional 2	4º nível abaixo do CEO	6/11/2023	70
GEMulti3	Grupo Econômico Multinacional 3	3º nível abaixo do CEO	16/11/2023	68

Fonte: Elaboração própria

Destaca-se que os entrevistados estão predominantemente nos níveis estratégicos elevados em suas empresas, tendo acesso a diretores e, em alguns casos, à presidência. Além disso, na tabela foram criados códigos para facilitar a referência das informações prestadas pelos entrevistados ao longo deste trabalho. Por exemplo, quando for mencionado no texto “PB 1”, a expressão fará referência a empresa pública 1.

Em relação à entrevista, optou-se por realizar uma entrevista semiestruturada, onde os entrevistados tiveram maior liberdade para desenvolver os assuntos propostos. A entrevistas foi dividida em cinco etapas, são elas:

i. Introdução:

Nesta etapa foi explicado os objetivos do trabalho, inclusive apresentando as quatro dimensões de análise do trabalho, que são representadas pelos tópicos a seguir. Nesta etapa, foi reforçado o compromisso com a preservação da identidade dos respondentes e das empresas, assim como foram perguntados o cargo e o nível hierárquico que o entrevistado possui na empresa. Posteriormente, com intuito de preservar os entrevistados, optou-se por omitir o cargo deste trabalho. É importante frisar que, para prevenir assimetrias sobre o conhecimento das capacidades dinâmicas entre os entrevistados, optou-se por não os informar que a entrevista possuía foco de identificar as rotinas de alto nível.

- ii. Visão sobre as transformações na distribuição elétrica fruto das novas tecnologias da transição energética:

Nesta segunda etapa os entrevistados tiveram a liberdade para abordar a visão de mercado do setor e o posicionamento da empresa. Por conta da mudança recente da regra do programa de pesquisa da ANEEL, os entrevistados puderam informar o impacto que a mudança provocou na rotina da empresa.

- iii. Rotinas empresariais utilizadas pela empresa para realizar o mapeamento de tecnologias:

Tendo como referência o mapeamento das capacidades de detecção (*Sensing*), foram propostos subtópicos de discussão sobre as rotinas de mapeamento tecnológico, interação com fornecedores, uso de projetos de P&D para desenvolver competências, Universidades e dependência de terceiros.

- iv. Rotinas para decisão sobre tecnologias a serem priorizadas no portfólio de projetos:

Na quarta etapa os entrevistados falaram sobre as rotinas ligadas às capacidades de captura (*Seizing*) relacionadas à priorização de tecnologias e os protocolos utilizados, motivação das equipes, realização de chamadas de projetos para parceiros rotinas de aprendizado das tecnologias pesquisadas (dentro do P&D).

- v. Rotinas para decisão sobre tecnologias a serem priorizadas no portfólio de projetos:

Por fim, na última etapa foram abordados subtópicos relacionados às capacidades de transformar (*Transforming*) das empresas. Para isso os entrevistados falaram sobre as transformações das rotinas das áreas mediante introdução das tecnologias pesquisada nos projetos, gestão do conhecimento, programa de treinamento, monitoramento de resultados das inovações criadas nos projetos e, em alguns casos, comercialização dos produtos.

As entrevistas foram agendadas em horário comercial e, na maior parte dos casos, os entrevistados estavam em seus postos de trabalho. Inicialmente as entrevistas previam 60

minutos de duração, porém este tempo foi estourado em quatro oportunidades, mediante anuência dos entrevistados comprometidos em fornecer o melhor nível de detalhamentos das rotinas empresariais. Para não ficarem lacunas não abordadas, optou-se por utilizar uma apresentação elaborada com o software PowerPoint.

Por fim, apesar dos subtópicos de debate acima serem uma mistura da estrutura presente no *framework* de análise proposto por Teece et. al., (2007) e os pontos levantados por Idries, Krogstie e Rajasekharan, (2022), optou-se por apresentar os resultados seguindo a estrutura de Teece. A opção de utilizar um mix entre os dois estudos exclusivamente na entrevista teve o objetivo de tornar os tópicos mais familiares para os entrevistados, assim, necessitando de uma interferência menor do entrevistador e evitando ruídos interpretativos em meio a explicações sobre os tópicos.

## **5.2. Resultados**

Esta seção de resultados seguirá as etapas utilizadas nas entrevistas. Tendo em vista que a etapa de introdutória já foi tratada anteriormente, esta seção trata das quatro etapas seguintes, sendo a primeira relacionado à visão de mercado e posicionamento da empresa, e as demais relacionadas às dimensões de capacidade dinâmicas mapeadas em (TEECE, 2007). Cada uma destas etapas foi subdividida utilizando subtópicos preconizados por Teece.

Outro ponto importante é a definição do que se entende como atividade nível zero para as distribuidoras de energia. As atividades nível zero são definidas localmente e estão ligadas à atividade principal da empresa, enquanto as rotinas de alto nível criam, entendem e ajustam as rotinas nível zero (Winter, 2003).

No caso das distribuidoras, a atividade principal é distribuir energia, o que envolve o planejamento e manutenção da rede, assim como o atendimento dos consumidores conectados a ela. Portanto, as rotinas relacionadas ao planejamento de pesquisa tecnológica, aprendizado e difusão de conhecimento tecnológico, internalização de tecnologias e transformação das rotinas são exemplos de rotinas de alto nível. Analogamente, rotinas de execução de projetos de pesquisa são consideradas rotinas de nível zero, uma vez que isso é uma obrigação regulatória inerente à atividade de distribuição.

### 5.2.1. Visão sobre as transformações na distribuição elétrica fruto das novas tecnologias da transição energética

Convidados a falar sobre a visão de mercado em relação às transformações fruto da difusão das novas tecnologias ligadas à transição energética, os entrevistados da PB1, PV1 e GEMulti1 chamaram a atenção para o perfil conservador das empresas do setor elétrico brasileiro. Isso reforça a visão da literatura sobre o setor (Cabello e Pompermeyer, 2011; Castro et. al., 2018; Maestrini e Mejdalani, 2020). Os três ainda chamam a atenção para o baixo progresso técnico característico da indústria.

Focando nos investimentos em digitalização, GEMulti3, PB1 e GEN1 chamam a atenção para a influência das características do setor elétrico nacional não terem criado, no passado recente, incentivos relevantes para tais tecnologias no Brasil. Impedimentos regulatórios, sobretudo relacionados à modicidade tarifária, e a resiliência produzida pela matriz predominantemente hídrica contribuíram para desacelerar os investimentos em redes inteligentes. GEMulti3 apresenta a inovação no setor elétrico como uma forma de ter acesso mais barato a tecnologias sem tanto impacto em tarifa. Apesar das dificuldades, todos os entrevistados vislumbram profundas transformações para os próximos anos no setor de distribuição elétrica.

As transformações tecnológicas e, principalmente, a abertura total do mercado (conhecido na literatura por *unbundling*) até janeiro de 2028 (BRASIL, 2022) acenderam um sinal de alerta do mercado de distribuição. Segundo PV1 “as empresas estão sendo obrigadas a avaliar novas estratégias, tais como modelos de negócios capazes de trazer novas receitas. As empresas que continuarem no modelo mais engessado tendem a perder mercado”. Tais palavras refletem a preocupação das empresas entrevistadas, inclusive, levando as empresas a se preocuparem com a qualidade do serviço prestado aos seus consumidores.

Esta postura rompe com a tradicional estratégia de redução de custos via deterioração da qualidade do serviço de distribuição. Isto foi muito observado após onda de liberalização do mercado a adoção dos modelos tarifários por incentivo (Ex. *Pricecap*) e a necessidade de a regulação implementar metas de qualidade (Ex. DEC/FEC). Também chama a atenção a visão de PB1 em relação à necessidade de a empresa cativar o cliente e investir em sua marca para proteger seu mercado.

Impulsionado por essa abertura do mercado, GEMulti1 destaca a necessidade de se investir em digitalização para se obter uma interação mais efetiva com os clientes. Neste sentido, GEMulti2 destaca a internet das coisas e a necessidade de os medidores estarem

conectados para o cliente aprofundar seu relacionamento com a empresa. Ainda pelo lado da demanda, PB1 e GEMulti1 identificam a transformação das redes de distribuição fruto da difusão da geração distribuída. Estes dois fatores, abertura do mercado e aumento das fontes distribuídas, acabam por influenciar as empresas a voltarem a dar foco nas iniciativas de digitalização da rede.

A volta do foco na digitalização da rede fica muito claro diante da fala de GEN1, que “atualmente existe uma corrida das distribuidoras para digitalizar a rede”. Ainda segundo ele, mesmo com algumas incertezas, tais ações estão focadas na troca de medidores em razão do crescimento da atenção do consumidor em relação ao consumo inteligente de energia. Em uma perspectiva mais técnica, PB1 chama a atenção para as transformações provocadas pelo crescimento de soluções de automação aliada à Inteligência Artificial e o crescimento dos desafios de equilíbrio de carga provocados pela inserção de GD no sistema.

Para GEMulti2 as mudanças provocadas pela transição energética configuram-se como oportunidade para qualquer empresa, uma vez que transforma amplamente o ambiente de negócio. Conjuntamente, GEMulti2, GEN1 e PV1 vislumbram uma importante janela de oportunidades para o desenho de novos modelos de negócios. GEN1 e PV1 citam a descarbonização como sendo um importante mercado onde as distribuidoras podem atuar, principalmente em recarga pública e residencial dentro de condomínios. Os desafios de digitalização da rede são citados como oportunidades por PB1, GEN1 e GEMulti1. Por fim, GEMulti2 analisa o comércio de energia limpa como uma oportunidade.

Como ameaça, as empresas convergem na visão sobre os riscos provenientes da abertura do mercado e dificuldades no relacionamento com os clientes. Dificuldades técnicas provocadas por perdas não técnicas, GD e balanceamento da rede são preocupações para PB1, PV1, GEMulti1 e GEMulti3.

Perguntados sobre o posicionamento da empresa, PB1, GEMulti1 e GEMulti2 centram em um posicionamento voltado para o cliente, o que inclui um reforço no posicionamento da marca. PB1 também busca eficiência operacional via automação de rede. GEN1 aposta na inovação como alavanca para impulsionar seus negócios, enquanto PV1 ainda dialoga com o modelo tradicional de distribuição.

Além de toda transformação trazida pelas novas tecnologias e perspectiva de abertura de mercado, a reforma no programa de PDI também é vista com potencial para impactar a distribuição elétrica. A avaliação das empresas coaduna para um impacto positivo no segmento, principalmente, por trazer uma visão de produto, ainda que na visão de GEMulti1 os novos projetos tenham uma tendência a se tornarem mais conservadores.

Em geral, as empresas avaliam que os impactos em seus processos são marginais, pois elas já buscavam ser efetivas em inovação. O impacto mais sentido foi a retirada do critério de avaliação de originalidade. PB1, PV1 e GEMulti1 afirmam que, ao retirar o conceito de originalidade, aumenta-se a probabilidade de entrega de soluções mais efetivas, capazes de trazer maior eficiência para o setor.

PB1 chama a atenção para o fato de o fim do conceito abrir espaço para mais parcerias em projetos cooperados entre as concessionárias do setor elétrico. PB1 e GEMulti1 ainda complementam que deverá crescer o número de soluções de mercado, em detrimento das aplicações tecnológicas específicas para as proponentes. PB1 justifica que, no programa anterior, se observava um receito do roubo de ideias originais. GEMulti3 chama a atenção para os recursos destinados a inovação, que poderia contar com um percentual maior do que os 40% destinados aos projetos de pesquisa. O entrevistado cita que os outros 40% dos recursos destinados à FNDCT nunca foram revertidos em inovação.

## **5.2.2. Rotinas empresariais utilizadas pela empresa para realizar o mapeamento de tecnologias - Detecção (Sensing)**

### **5.2.2.1. Rotinas para direcionar P&D interno e selecionar novas tecnologias**

Todos os entrevistados mencionam que as empresas possuem rotinas de busca/recebimento de ideias de projetos. Entretanto, ficou claro nas entrevistas que esse tipo de rotina é voltado para atender o regulamento do programa de P&D, executando a atividade obrigatória de propor projetos que consumam os recursos da conta de P&D. Normalmente essas demandas chegam em forma de sugestões de projetos de P&D, sendo realizada por equipe técnica da empresa, ou por empresas parceiras que participam de chamadas de projetos. Ou seja, trata-se de uma rotina nível zero.

No entanto, as rotinas de alto nível relacionadas à seleção de novas tecnologias precisam ter um propósito de investigação que incorpore o centro e a periferia do ecossistema no qual ela está inserida (Teece et al., 2007). Neste sentido, observa-se um contraste muito grande entre as descrições de suas rotinas de mapeamento de novas tecnologias entre empresas organizadas em grupos econômicos e as individuais (públicas e privadas).

Os grupos econômicos nacional e multinacionais descrevem atividades de pesquisas tecnológicas voltadas para ampliar o espectro de conhecimento da corporação em relação a

novas tecnologias e modelos de negócio. Estas empresas descrevem a realização de *roadmaps* tecnológicos, que buscam aprofundar os conhecimentos das empresas acerca do surgimento de novas tecnologias e atualização das existentes.

Especificamente no caso de GEMulti1, GEMulti3 e GEN1, elas descrevem uma rotina anual que envolve as áreas técnicas da empresa, bem como o planejamento estratégico e empresas de consultoria parceiras. Ou seja, realiza-se um diagnóstico completo que envolve os recursos da empresa, o mercado e o surgimento de novas tecnologias. Esse processo é marcado por muita interação entre as equipes e um acentuado grau de aprendizado das equipes. GEMulti3 cita que existe uma diretoria responsável por acompanhar a evolução tecnológica no setor.

Similarmente, GEMulti2 descreve que está realizando um estudo de *roadmap*, onde também estão sendo envolvidas diversas áreas da companhia. Este estudo está sendo conduzido, pontualmente, em função da mudança das regras do programa de P&D, substituição do PROP&D pelo PROPDI. Onde o entrevistado deixa claro que não existe uma rotina na realização deste tipo de estudo. Assim, apesar de ser um estudo nos moldes de GEMulti1 e GEN1, a realização da atividade parece ter elementos de uma decisão *ad hoc*, o que não pode ser confundida com uma rotina de alto nível, como em GEMulti1 e GEN1.

Por fim, o uso de projetos de P&D para gerar competências sobre uma tecnologia é uma prática adotada por PB1, GEMulti2, GEN1 e PV1. GEMulti1 acabou não sendo questionada sobre o assunto. Por exemplo, PB1 utiliza os projetos para desenvolver *roadmaps* tecnológicos, uma vez que isto não é uma rotina institucional. PV1 tem a rotina de utilizar os projetos de P&D para adquirir competências sobre tecnologias mais disruptivas, inclusive buscando ter o primeiro contato em ambiente operacional.

#### **5.2.2.2. Rotinas para aproveitar a inovação do fornecedor e do complementar**

Conforme La Rovere *et al.*, (2020), 64,5% das empresas do setor elétrico desenvolvem inovações em parcerias. Este comportamento faz o setor se destacar frente outros setores de serviços em geral e indústrias de extração e transformação.

Um meio comum de interação com fornecedores no setor elétrico são as chamadas de projetos realizadas pelas empresas. Nelas, empresas fornecedoras (fabricantes e instituições tecnológicas) enviam propostas de projetos mediante temas pré-definidos pelas distribuidoras ou mesmo em temas livres. Em alguns casos, mediante interação entre as equipes (distribuidora

e fornecedora), o projeto é desenhado. Esta forma de contato foi citada por GEMulti1, GEMulti3, PV1 e PB1 como importante canal de comunicação com fornecedores.

Algumas empresas também citam que realizam o monitoramento de tecnologias prontas dos fornecedores, é o caso de GEMulti2 e PB1. PB1 diz que possui parcerias com empresas que buscam soluções tecnológicas prontas dentro e fora do país.

Ainda que possa haver interações com os fornecedores por meio das chamadas, ou mesmo por meio de buscas de tecnologias necessárias para a solução de algum problema específico, isto não se configura como uma rotina de alto nível. As rotinas de aproveitamento de inovações de fornecedores estão associadas ao conceito de inovação aberta, por meio de troca e desenvolvimento conjunto de soluções efetivas para os clientes (Teece, 2007).

Nestes termos, verifica-se elementos de rotinas de alto nível em PB1 e em GEN1, inclusive gerando ativos intangíveis coespecializados tais como patentes. As duas empresas citam exemplos de produtos licenciados que geram royalties. GEN1 cita que possui linhas de pesquisas permanentes em materiais, enquanto PB1 cita rotinas de interação com duas gigantes mundiais do ramo de software.

Conforme relato das empresas, muitas vezes as interações com fornecedores industriais estão restritas aos projetos de P&D. Vale lembrar a quantidade de projetos envolvendo fornecedores não é grande (Castro et. al., 2018). Entrando, em razão da mudança do paradigma do setor elétrico, a interação com fornecedores é importantíssima (Idries, Krogstie e Rajasekharan, 2022), guardando uma relação positiva com sucesso inovativo (Lütjen et al., 2019). Especificamente para digitalização de serviços, o relacionamento com fornecedores industriais também é muito relevante (Witschel et al., 2022; Karami et al., 2022).

Por fim, de acordo com GEMulti1, a mudança para o PROPDI deverá ter impacto direto na rede de parceiros participantes dos projetos, onde deverá crescer o número de parceiros industriais. Este ponto pode ser importantíssimo na catalização de inovação em digitalização.

### **5.2.2.3. Rotinas para explorar desenvolvimentos em ciência e tecnologia exógena**

As rotinas de exploração de ciência e tecnologia desenvolvidas exogenamente podem ser realizadas por meio de relacionamento com universidades, concorrentes e mapeamento das necessidades dos clientes (Teece, 2007). Em relação ao primeiro ponto, todos os entrevistados afirmam possuir bom relacionamento com centros de pesquisa em universidades. Um destaque fica por conta de PB1, que realiza visitas recorrentes aos centros parceiros, inclusive relatando

a ocorrência de estruturação de um projeto em uma de suas últimas visitas. GEN1 também relata uma rotina de interlocuções com a universidade continua. Já GEMulti1 enxerga que a troca continua com as universidades tem perdido espaço em suas interações exógenas.

Ainda ligado à área acadêmica, as empresas PB1, GEMulti1 e GEN1 afirmam ter uma rotina de participação em congressos. GEN1 e GEMulti1 afirma que, além da participação com expectadores, os seus funcionários costumam enviar artigos acadêmicos de sua autoria para serem apresentados nestes eventos. Em outra ponta, tem-se GEMulti2 que relata a interlocução com universidades acontece por meio da Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), mas é bem menor que institutos mais maduros. No meio do caminho, PV1 afirma que o relacionamento com universidades ocorre somente dentro dos projetos de P&D quando se olha para áreas de operação, a exceção é a área de meio ambiente que tem uma troca continua.

De modo geral as empresas citam a participação em workshops, congressos e feiras setoriais. Neste sentido, destaca-se o papel de interlocução do ABRADEE que foi citado por GEMulti1, GEMulti2, PV1 e PB1. A associação realiza encontros anuais, onde são discutidas questões sobre o programa de P&D, o que possibilita a realização de *benchmarking* externo com outras empresas de distribuição e desenvolvimento de projetos cooperados. Fica muito claro nas entrevistas que esse tipo de interação é muito importante no processo inovativo de PB1 e PV1, criando referências de melhores práticas que são incorporadas em suas rotinas. O impacto positivo fruto das interações com as associações industriais também foi encontrada em (Lütjen *et al.*, 2019).

Conforme foi discutido, com a entrada do PROPDI, existe um eminente movimento de ajuste de foco nas parcerias, diminuindo a interação com universidades e aumentando com os parceiros industriais. De toda forma, a busca por soluções mais maduras vai requerer novos acordos de cooperação, com novos elos da cadeia. GEMulti3 argumenta que, no Brasil, as universidades não conseguem entregar produto pronto, que normalmente elas param em fase de protótipo de laboratório. Ainda segundo o entrevistado, a universidade possui uma dificuldade em realizar a conexão com outros atores, então as universidades precisam estar dentro de um arranjo com responsabilidades bem definidas dentro da pesquisa. Em sentido análogo Da Rocha Pinto e Maisonnave (2012) já apontavam um descompasso das necessidades das empresas e ofertas tecnológicas das universidades.

O importante é que não se crie preconceitos sobre a internalização das tecnologias desses novos parceiros (Idries, Krogstie e Rajasekharan, 2022), mas, ao contrário, se aproveite a oportunidade para promover novos acordos cooperativos com importantes trocas de

conhecimento que impactem positivamente habilidades tecnológicas e estoque de conhecimento (Branzei e Vertinsky, 2006).

#### **5.2.2.4. Rotinas para identificar segmentos de mercado-alvo, mudanças nas necessidades do cliente e inovação do cliente**

Embora convirjam sobre a preocupação com o fim do mercado cativo, a grande maioria das empresas não realizam qualquer estudo sobre as necessidades dos clientes, ou criação de novos modelos de negócios para atendê-las. Ignoram assim, a relação entre sucesso da inovação e a atenção às necessidades dos clientes (Freeman, 1974). Com a exceção de GEMulti3 e GEN1, as demais empresas só olham para a maior parte dos clientes através de seus serviços de atendimento ao consumidor (SAC).

Algumas empresas até possuem ações com o propósito de gerar valor para o cliente. Por exemplo PB1 investe na divulgação de sua marca, GEMulti1 tem investido em canais de atendimento mais eficientes e GEMulti2 tem investido em comunicação na busca de engajamento. Entretanto, elas também admitem não possuir qualquer ação de criação de novos modelos de negócios a partir de *inputs* da demanda.

Na contramão, GEMulti3 possui tecnologias desenvolvidas para receber *inputs* de consumidores, assim como ferramentais de simulações para testar os feedbacks dos clientes. GEN1 tem implementado rotinas de busca de informação da demanda, principalmente fomentando discussões internas a partir de estudo de consultorias. Esta ação foi relacionada pelo entrevistado como uma resposta ao fim do mercado cativo. No entanto, conforme já comentado, a empresa também enxerga os modelos de negócios ligados à recarga de veículos elétricos como oportunidades.

Assim, fica evidente o quanto o segmento é conservador, possuindo extrema dificuldade de ajustar suas rotinas (Bolton e Foxon, 2011). Apesar de identificar a mudança do mercado para um modelo competitivo e não ver a interação com o consumidor como uma barreira à inovação (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), ainda assim, a maior parte das empresas entrevistadas ainda não conseguiram criar/ajustar rotinas para efetuar o mapeamento do mercado na perspectiva da demanda.

Neste ponto, destaca-se que quase todas as empresas estão atrasadas na implementação de rotinas que possibilitem o feedback junto aos clientes. Esse tipo de interação poderia ser realizado efetivamente por meio da digitalização da rede, o que poderia potencializar novos modelos de negócios (Idries, Krogstie e Rajasekharan, 2022) como a recarga pública.

### **5.2.3. Rotinas para decisão sobre tecnologias a serem priorizadas no portfólio de projetos - Captura (*Seizing*)**

#### **5.2.3.1. Seleção de protocolos de tomada de decisão**

Em meio à relação direta entre seleção de novas tecnologia e sucesso empresarial (Nelson, 2005), é inegável que o segmento de distribuição brasileiro está sob forte pressão. Seja pelos desafios de equilíbrio de carga, ou pelo exíguo prazo para a abertura total do mercado, a responsabilidade dos gestores das empresas é imensa. Desenvolver uma tecnologia que não se consolide poderá se desdobrar em mais do que uma dificuldade para atingir as metas regulatórias, podendo incorrer em profunda perda de mercado e, conseqüentemente, rentabilidade.

Portanto, entre tantas transformações, a correta seleção das tecnologias a serem priorizadas por meio de protocolos consistente de tomada de decisão é vital para as empresas de distribuição. Nesta perspectiva, em todas as empresas consultadas a decisão sobre a priorização tecnológica, bem como a execução de projetos de P&D passam por decisões colegiadas no nível da diretoria. Os processos mais robustos ficam por conta de GEN1, GEMulti1, GEMulti2 e GEMulti3 que possuem um processo segmentado em várias etapas e envolvem comitês interdisciplinares que recomendam ou não a aprovação dos projetos.

Em relação à autonomia das empresas multinacionais perante suas holdings internacionais, é importante destacar que isso não influencia no processo. Enquanto em GEMulti2 a holding internacional não possui relevante ingerência sobre esse processo, oferecendo autonomia para a subsidiária brasileira, em GEMulti1 a *holding* internacional está completamente inserida no dia a dia do processo. Mas é importante ressaltar que, por estar no dia a dia, o fluxo acaba sendo contínuo. GEMulti3 menciona que, dependendo do tema, existe uma interação com a *holding*.

Por outro lado, as empresas PB1 e PV1 possuem rotinas mais setorizadas dentro das áreas de inovação, por mais que haja trocas com as áreas técnicas. Uma vez que o projeto esteja montado, ele vai para aprovação da diretoria. Avalia-se que, mesmo com métricas de avaliação bem definidas, a falta de etapas prévias de planejamento estratégico e de um fluxo com mais interações tornam o processo mais suscetíveis a desvios cognitivos dos gestores envolvidos. Isto tende a aumentar a probabilidade de eventuais correções futuras de trajetória. Um atenuante

para PV1 é que as pesquisas são focadas em tecnologias que permeiam o modelo de negócio mais tradicional.

Apesar dos protocolos de decisão de todas as empresas entrevistadas se mostrarem satisfatórios, o destaque fica a cargo dos grupos econômicos nacionais e multinacionais. Até mesmo em GEMulti2, onde não existe um protocolo prévio de planejamento das tendências tecnológicas que farão parte da estratégia da empresa, observa-se rotinas de discussões e tomada de decisões que podem dialogar com problemas completamente distintos. A utilização dos fóruns multidisciplinares tem um papel relevante em municiar as decisões das reuniões de diretoria onde os projetos serão aprovados ou não. Por exemplo, esse comitê é composto por representantes da área de P&D, regulação, inovação e meio ambiente e ESG.

### **5.2.3.2. Delineamento da solução do cliente e o modelo de negócios**

Conforme visto na seção 5.2.2.4 a maior parte das empresas consultadas sequer começou a olhar para as necessidades dos clientes. Em relação a GEN1 não ficou claro se a empresa já conseguiu ter uma leitura adequada do mercado e, conseqüentemente, transformar isto em um modelo de negócio.

Neste ponto, GEMulti3 cita algumas tecnologias criadas para interagir com os clientes, assim como produtos criados para atender essas necessidades identificadas. A empresa cita a criação de equipamentos capazes de melhorar a qualidade do serviço de distribuição a partir de feedback realizados por meio de seus sistemas de interação com consumidores.

### **5.2.3.3. Selecionando os limites da empresa para Gerenciar Complementos e “Controlar” plataformas**

Em todos os casos consultados as empresas utilizam instrumentos legais tradicionais para resguardarem formalmente a apropriabilidade das tecnologias geradas. Esses instrumentos são os contratos entre a proponente e demais parceiras (cooperadas e/ou executoras), que são negociados previamente à execução do projeto, assim como o registro da tecnologia por meio de patentes. Normalmente, os percentuais sobre a propriedade intelectual são definidos previamente nos contratos. Conforme Idries, Krogstie e Rajasekharan, (2022) observa-se efeitos muito positivos na regulamentação formal de acordos de cooperação para concessionárias de distribuição.

As empresas afirmam que realizam os regimentos legais mais tradicionais (contrato e patente), como no caso de PB1, PV1, GEMulti1 e GEMulti2. PB1 relata que realiza uma avaliação sobre o porte e carteira de clientes de fornecedores de softwares. O entrevistado afirma que, no passado, já sofreu bastante com a mortalidade de startup fornecedoras, pois os sistemas eram desenvolvidos exclusivamente para ele e, com o tempo, sem manutenção e atualizações, entravam em obsolescência. Atualmente a empresa tem procurado soluções de mercado, onde PB1 é mais um cliente na carteira do fornecedor.

O contraponto encontrado à PB1 é o caso de GEMulti1, que estruturam os processos de não dependência de parceiros em duas etapas, são elas:

- Etapa de contratação – a área de suprimentos coordena todo o processo de negociação contratual e assegura a existência de outros fornecedores concorrentes dos insumos necessários;
- Etapa de execução dos projetos – no contrato existe a previsão de transferência da tecnologia, realizadas com o auxílio da empresa de TI do grupo. No caso de sistemas, a transferência de conhecimento ocorre de modo que a empresa de TI passa a ser responsável pela sustentação e manutenção da aplicação.

É interessante observar o comportamento conservador de dependência de terceiros, também identificado na Suécia (Johansson; Vendel e Nuur, 2020).

Assim como PB1, PV1 enfrenta muita dificuldade para manter suas inovações operacionais. No caso, PV1 afirma que a gestão de parceiros ocorre somente no âmbito do projeto e que possui muita dificuldade no processo de aprendizado e internalização das tecnologias produzidas, por falta de mão-de-obra especializada disponível para suportar P&D. A característica de interdisciplinaridade das soluções digitais está cada vez mais presente no setor elétrico (Idries; Krogstie e Rajasekharan, 2022), o que aprofunda as dificuldades com mão-de-obra relatadas por PV1. Essas dificuldades também foram abordadas como importante barreira na adoção de tecnologia digitais (Johansson; Vendel e Nuur, 2020).

Por falta de tempo de entrevista as empresas GEMulti3 e GEN1 não responderam sobre a este tópico.

#### **5.2.3.4. Construir Lealdade e Compromisso**

Conforme já observado para a Inglaterra, a implementação de um programa de P&D no setor elétrico foi importante para criar a cultura de inovação nas empresas (Rhodes e Van

Diemen, 2016). No Brasil não foi diferente (Cabello e Pompermeyer, 2011) e nas entrevistas isso ficou claro. PV1 relata que existe uma grande motivação das equipes em criar novas soluções que possam impactar a eficiência da empresa, por mais que isto não esteja institucionalizado formalmente.

De modo geral, as áreas de inovação possuem um canal para recebimento de sugestões de projetos realizadas por colaboradores das áreas técnicas. Por sua vez, estes colaboradores não possuem qualquer meta ou cobrança para se submeter a um processo de preenchimento de formulários e participação em reuniões para expor sua ideia. O que está por trás disso é a ideia de Teece et. Al. (2007) de uma postura altruísta do colaborador, que gera engajamento, em função da sua identificação com a companhia.

Apesar de ser perceptível o engajamento dos colaboradores das cinco empresas entrevistadas, somente GEMulti1 e GEN1 possuem rotinas estruturadas para promover inovação. No caso de GEMulti1, são oferecidos aos funcionários programas de treinamentos para promover inovação. Nestes programas estão previstos a realização de projetos de eficiência operacional. Destaca-se que esta rotina de execução de projetos de eficiência operacional pode ter grande impacto nas rotinas nível zero da empresa.

GEN1 possui algumas rotinas de alto nível centradas na motivação de seus colaboradores. A empresa utiliza indicadores semanais para acompanhar o clima da equipe, além de promover programas e competições internas voltadas para realização de projetos de eficiência operacional. Por último, destaca-se a utilização de indicadores de inovação na composição das avaliações das áreas, assim como para compor a avaliação individual dos colaboradores para remuneração variável. Vale frisar que nenhuma outra empresa entrevistada possui indicadores de inovação das equipes, tão pouco há influência direta da inovação em remuneração.

#### **5.2.4. Rotinas para aproveitamento no grupo empresarial dos desenvolvimentos tecnológicos alcançados nos projetos – Transformação (Transforming)**

##### **5.2.4.1. Descentralização e quase decomponibilidade**

A quase decomponibilidade se refere ao equilíbrio entre autonomia e unidade institucional (Simon, 2002). Para tal, utiliza-se a gestão colaborativa e espaços de discussão integrados auxiliam na coordenação dos esforços e captura das economias, onde se promove o acesso e integração das tecnologias desenvolvidas pelos diferentes departamentos da empresa.

Nesta lógica, todos os entrevistados, em suas explicações sobre as rotinas empresariais, apontam elementos relevantes de integração e troca entre as diferentes áreas. Tendo como base o que foi falado em 5.2.3.1 – Seleção de protocolos de tomada de decisão, há uma distinção importante entre a robustez dos protocolos adotados pelas empresas organizadas em grupos econômicos e as individuais (pública e privada). Enquanto GEN1, GEMulti1 e GEMulti2 realizam relevantes discussões entre as áreas nos processos de proposição de projetos de inovação, em PV1 e PB1 transparece nas entrevistas que existe uma ajuda da área técnica restrita à atividade de montagem do projeto. Ou seja, não fica claro a existência de um espaço de gestão compartilhada do processo.

Sobre a descentralização das decisões, em PB1 o nível gerencial tem autonomia para ajustar e criar rotinas. Um exemplo são os processos que o entrevistado vem implementando na empresa, com o estabelecimento de parcerias com consultorias de soluções tecnológicas nacionais e internacionais, assim como a elaboração de um *roadmap* tecnológico da área, que está sendo executado dentro de um projeto em execução. Acontece que o próprio entrevistado afirma que a autonomia conferida a ele é uma decisão *ad hoc* de seu superior.

Por outro lado, em PV1 observa-se indícios de engessamento das rotinas via centralização de decisões na diretoria. Um exemplo é a busca por projetos com menor risco de glosa, o que acaba recaindo na maior parte das vezes em tecnologia maduras, pois as mais disruptivas não são facilmente aprovadas pela diretoria. Teece (2000) afirma que essa postura com limites cognitivos e vieses de enquadramento, que limita a avaliação de inovações disruptivas, deveria ser superado.

Por fim, pode-se dizer que GEN1 e GEMulti1 apresentam rotinas de alto nível destacáveis em relação às demais empresas. Essas rotinas estão ligadas à gestão participativa, departamentos integrados em diversas etapas do processo, desde planejamento até a construção de ideias por meio de projetos de inovação. Há indícios de autonomia dos gestores em GEN1, mas ela está mais clara em Gmulti1, quando o entrevistado afirma que os gestores possuem autonomia para realizar ajustes na execução e homologação das tecnologias pesquisadas.

Em seguida aparece a GEMulti2, que possuem rotinas de alto nível, ainda que em patamar inferior a GEN1 e GEMulti1. A principal diferença está na baixa unidade institucional relacionada à definição do planejamento das tendências tecnológicas que serão pesquisadas. Entretanto, o processo de construção das ideias de projetos é colaborativo, como também não fica evidente indícios de engessamento de suas rotinas de construção e aprovação.

#### **5.2.4.2. Coespecialização**

Em termos mais práticos, a introdução da cultura da inovação dentro das empresas pode ser vista como a representação da criação de competências inovativas nas equipes. Isso vai muito além de simplesmente propor projetos para cumprir a obrigação regulatória inerente à atividade de distribuição de eletricidade. A combinação desta competência com os procedimentos operacionais das atividades de campo e equipamentos poderia ser vista como um ativo coespecializado em todas as empresas entrevistadas. Em todas elas existe o desejo, seja da alta direção ou técnicos de campo, de fomentar a produtividade das empresas.

Além disso, destaca-se as iniciativas de PB1 e GEN1 que possuem em seus processos inovativos o objetivo de produzir inovações voltadas para o mercado. As duas empresas possuem patentes de soluções que são produzidas e comercializadas por parceiros, em troca de pagamento de royalties.

No caso de GEN1, através projetos especiais o resultado das pesquisas é incorporado aos processos empresariais. Por exemplo, findado um projeto que gerou um produto comercializável, este resultado vai para a área de negócios automaticamente. Esta é uma rotina contínua, não existe um estoque de inovações aguardando para ser trabalhado e, posteriormente, vendidas em algum momento. As rotinas de criação e venda dos produtos são muito bem integradas. Mediante ao ganho de escala, a comercialização deste produto é transferida para outra empresa do grupo.

Um ponto interessante é o impacto vislumbrado pelo entrevistado de PB1 sobre o futuro das iniciativas de projetos de inovação. O entrevistado acredita que a criação do PROPDI irá modificar os objetivos das empresas, incentivando-as a dar mais foco à produção de patentes capazes de gerar retorno financeiro. Vale lembrar que, se esta patente estiver sobre a tutela de uma outra empresa do grupo econômico, este retorno financeiro não impacta a tarifa.

#### **5.2.4.3. Gestão do conhecimento**

Nesta seção dois pontos são importantes, a criação e disseminação do conhecimento, bem como a proteção dele. Sobre o primeiro ponto, somente as empresas GEN1, GEMulti1 e GEMulti3 possuem processos de disseminação de conhecimento institucionalizados. Em sua primeira semana de trabalho na empresa, o entrevistado de GEN1 já estava inserido em ciclos de palestras que falavam sobre os processos de melhoria e inovação da empresa. Isto é uma prática muito comum. A disseminação do conhecimento está presente no dia a dia, onde

também existem eventos semestrais e anuais, assim como programas de treinamentos anuais que obrigatórios.

As rotinas de gestão de conhecimento de GEMulti1 é muito robusta. Estas rotinas envolvem três frentes, são elas:

- **Capacitação** – promoção de especialização para as equipes por meio de cursos lato e stricto sensu, dentro das linhas temáticas desenvolvidas pela empresa;
- **Workshops e palestras** – A empresa tem um processo estruturado que as vezes se confunde com o que é realizado dentro do escopo dos projetos. A difusão do conhecimento para a empresa ocorre por meio de workshops, assim como em alguns projetos mais específicos ocorrem treinamentos mais técnicos. Existe uma certa autonomia da área de P&D para elaborar a disseminação dos conhecimentos;
- **Plataforma de aprendizado** – nesta plataforma são disponibilizados treinamentos a partir do conhecimento produzidos nos projetos.

Em relação às demais empresas, a disseminação do conhecimento ocorre na fase de execução dos projetos. Entretanto, o processo de GEMulti2, mesmo dentro dos projetos, está inserido na estrutura de governança da empresa. Neste sentido, existem duas rotinas de difusão de conhecimento, são elas:

- Comitês bimestrais – os gerentes das áreas participam de treinamentos com os conhecimentos adquiridos pelos projetos de inovação. Eles ficam responsáveis por replicar esse aprendizado com suas equipes;
- Workshops de divulgação dos projetos – a cada seis meses são realizadas apresentações sobre o projeto. As áreas afins ao projeto são convidadas. A adesão acaba variando de acordo com a particularidade do projeto, onde, em projetos mais técnicos, ela acaba sendo menor.

Vale ressaltar que, estas rotinas são obrigatórias, inclusive sendo condição irrevogável para a aprovação do pagamento das executoras envolvidas.

Até este ponto, todas as três empresas possuem rotinas de difusão de conhecimento consistentes, seja ela centralizada ou descentralizada nos projetos mediante fiscalização da realização centralizada. Portanto, as rotinas de gestão de conhecimento destas três empresas podem ser vistas como de alto nível.

Alternativamente, em PV1 e PB1 existe a iniciativa de realização de treinamentos e workshops, porém de uma forma descentralizada. Os responsáveis pelo projeto é que acabam decidindo quando e se vão acontecer. Isso significa que não existe uma rotina contínua de difusão do conhecimento produzido pelos projetos de inovação.

Sobre a proteção do conhecimento, em todas as empresas se utiliza a prática de descentralizar a gestão dos projetos. Desta forma, a área alvo da inovação é quem irá coordenar a execução do projeto, privilegiando o aprendizado tácito das tecnologias. Acontece que o conhecimento muitas vezes não vira procedimentos e manuais, ficando restrito aos participantes do projeto. Por exemplo, PB1 e PV1 relatam canibalização do progresso técnico mediante *turnover* das equipes. O *turnover* também foi identificado como um problema importante por Idries; Krogstie e Rajasekharan, (2022).

Em função das rotinas de aprendizado transformativo de alto nível, as empresas organizadas em grupos econômicos possuem maior chance de criação de inovações estratégicas (Gebauer, Worch e Truffer, 2012).

#### **5.2.4.4. Governança**

Neste tópico é importante ressaltar a importância estratégica que a inovação vem adquirindo no setor elétrico nacional (Hecksher *et al.*, 2023). Segundo os autores, as inovações regulatórias transformaram a visão das empresas sobre a inovação, principalmente quando a regulamentação “passou a tratar explicitamente da comercialização” das inovações fruto dos projetos (ANEEL, 2008). Assim, modelos de gestão integrando agenda de inovação e objetivos estratégicos se tornou uma realidade para algumas empresas do setor, onde observa-se uma busca na acomodação das inovações nas rotinas das empresas.

Sobre a incorporação das tecnologias criadas a partir dos projetos de inovação em suas rotinas, conforme visto em “5.2.4.3 - Gestão do conhecimento”, GEMulti2, PV1 e PB2 apostam na estratégia descentralizada dos projetos. Acontece que a estratégia tem canibalizado as inovações produzidas, principalmente por meio do *turnover* de colaboradores. Alternativamente, em GEMulti3 e GEN1 afirmam que a partir da demonstração dos resultados dos projetos, são gerados desdobramentos no *modus operandi* da empresa. Por meio de projetos especiais os resultados das pesquisas são incorporados aos processos empresariais. Ex. processo de comercialização de tecnologia.

De modo mais robusto, GEMulti1 possui todo um conjunto de rotinas para tratar do assunto. O aproveitamento é pensando desde a fase de concepção do projeto, onde o ponto

chave é a correta identificação das áreas de negócios participantes. A figura do comitê multidisciplinar participa da construção dos pontos do projeto, onde é prevista a incorporação dessa tecnologia aos processos da empresa.

Portanto, além dos estudos de viabilidade técnica e financeira, existe toda uma rotina de criação de procedimentos. Eles permeiam os aspectos sobre a utilização da tecnologia criada. Por exemplo, ao documentar o funcionamento de um equipamento (a partir da finalização do projeto), é realizada toda a previsão de CAPEX e OPEX, execução de manutenções, fomento da cadeia de suprimentos e definição da empresa do grupo que irá absorver o modelo de negócio.

Por fim, a fase homologação segue o que foi estruturado nas fases de concepção dos projetos. Ainda que haja uma autonomia no ajuste de alguma definição de integração da tecnologia, vale frisar que esta liberdade está debaixo do guarda-chuva de processos da empresa.

Também atrelado ao pós-projeto, outro ponto importante é o monitoramento dos resultados trazidos pela inovação para a empresa. Neste quesito GEMulti3 e GEN1 possuem métricas estabelecidas. Todas as outras empresas somente possuem registros de cases de sucesso. GEMulti2, PV1 e PB2 afirmam que estão verificando medidas para implementar rotinas de controle de indicadores por conta do PEQuI. GEMulti1 afirma que nos processos de comitê interdisciplinar tem surgido a demanda por este tipo de indicador e, por isso, já vem trabalhando no desenvolvimento deles. Estas ações demonstram o esforço das empresas em inovar nos seus processos administrativos (La Rovere *et al.*, 2020).

Ainda sobre as rotinas de monitoramento de resultados, destaca-se GEN1 que possui diversos relatórios sobre a performance das inovações. Os indicadores abarcam desde desempenho financeiro até operacional. Estes indicadores, assim como outros indicadores estratégicos são acompanhados de forma individual e coletiva, influenciando na remuneração variável da equipe.

Por último, vale a pena retomar a visão das empresas sobre o fim do mercado cativo. Este novo cenário é reconhecidamente por todos os entrevistados como desafiador, porém somente GMulti3 se reestruturou para incorporar os *feedbacks* dos consumidores. Logo atrás, GEN1 identificou a necessidade e iniciou o processo tal processo, que hoje encontra-se em estágio inicial. Ou seja, ainda que as rotinas de mapeamento identifiquem um importante movimento de mercado, as rotinas de governança de GEMulti1, GEMulti2, PV1 e PB1 não foram capazes de transformar as rotinas cooperativas de captura das necessidades dos clientes, como também de criação de novas modelagens de negócio.

### 5.3. Conclusões Parciais

O objetivo deste capítulo foi mapear as rotinas de alto nível inerentes ao processo de inovação das distribuidoras de energia elétrica brasileiras. Com esta finalidade, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com gestores ligados à inovação das principais empresas do setor de distribuição elétrica. Neste sentido, os resultados corroboram com a terceira hipótese, na qual espera-se encontrar rotinas de alto nível nas empresas pertencentes ao grupo das multinacionais. Isto ocorre porque algumas empresas de distribuição já conseguiram introduzir uma quantidade relevante de rotinas de alto nível no conjunto de rotinas empresariais.

A característica comum destes cases de sucesso é o tipo de organização empresarial, que são os grupos econômicos detentores de algumas empresas no setor elétrico. O grande destaque fica a cargo de GEN1, GEMulti1 e GEMulti3, que apresentam destaque em rotinas de alto nível nas interações de planejamento de tendências tecnológicas, de construção de projetos de inovação, na gestão do conhecimento entre outras. Estes resultados se assemelham ao encontrado em empresas de distribuição da Suécia (Sköld, Fornstedt e Lindahl, 2018; Johansson; Vendel e Nuur, 2020) e Noruega (Idries; Krogstie e Rajasekharan, 2022). GEMulti2 também apresenta destacáveis rotinas de alto nível, mas em ambos os casos não ficou claro a existência de rotinas de alto nível institucionalizadas para o planejamento tecnológico e aprendizado de tecnologias.

Alternativamente, nas empresas individuais (não pertencentes a grupos econômicos), sejam elas empresas privadas ou públicas, não foi possível observar uma quantidade razoável de rotinas de alto nível. Se reconhece que existem rotinas de alto nível nessas empresas ligadas a cultura de inovação, que nitidamente estão enraizadas nas equipes técnicas.

Um ponto que chama muita a atenção neste estudo é a pouca atenção que o segmento apresenta em relação aos *inputs* de inovação provenientes da demanda. Principalmente quando quase todos os entrevistados relataram profunda preocupação com o fim do mercado cativo. Diversamente ao segmento, GEMulti3 é a única empresa que possui processos voltados para transformar *inputs* da demanda em inovação. Inclusive, o entrevistado relata algumas inovações que foram criadas a partir de informações recolhidas de seus clientes, e que hoje são soluções importantes ofertadas no mercado. Essa característica já mapeada no setor elétrico por Castro *et al.*, (2018) ainda prevalece no segmento de distribuição elétrica.

Por último, destaca-se a influência do relacionamento com a associação industrial do segmento de distribuição na construção de rotinas de alto nível nas empresas (Lütjen *et al.*, 2019), o ABRADDEE. As rotinas de “relacionamento” e “internalização de lições aprendidas”

possuem um grande poder de modificação de rotinas nível zero dentro das empresas de distribuição. Fica muito claro que, sem as interlocuções junto à associação, os casos de PV1 e PB1 poderiam ser ainda mais descolados das referências do segmento.

## 6. Conclusões Finais

A pauta climática impulsionou a transição energética por meio dos 3Ds (Di Silvestre *et al.*, 2018), que, por sua vez, elevaram o nível de exigência das redes de distribuição elétrica (Rossetto e Reif, 2021). No Brasil, a GD já vem provocando alguns distúrbios e falhas sistêmicas no fornecimento. Diante da necessidade de obtenção de novas tecnologias capazes de lidar com os desafios da transição energética, o objetivo central desta tese foi analisar a prontidão do segmento de distribuição brasileiro em responder a estes novos desafios inovativos.

A resposta para essa questão é extremamente complexa e requer um acompanhamento contínuo, face o cenário de ebulição vividos atualmente no setor elétrico brasileiro, com mudanças regulatórias e ocorrências recentes de falhas no sistema. Mas, no cenário espaço-tempo deste trabalho, vislumbra-se que o segmento está se desenvolvendo para responder às severas exigências que já começam a eclodir. A tendência que se apresenta é de uma resposta díspar entre os diferentes players do mercado de distribuição. Portanto, confirma-se a hipótese principal de que o segmento ainda não está preparado para enfrentar os desafios da transição energética.

Ainda que se observe uma resposta aquém do esperado por parte do segmento de distribuição elétrica, assim como já identificado para o SEB (De Oliveira *et al.*, 2011; Castro *et al.*, 2018), o ímpeto inovativo de alguns grupos e as respostas regulatórias têm contribuído muito para catalisar este processo. Sobre o primeiro ponto, vale ressaltar a constatada inércia das empresas privadas individuais em avançar em direção de soluções tecnológicas de mercado. Em relação a regulação, seria necessário refletir sobre uma estratégia de alcançar essas empresas, sob o risco de negligenciar as benesses de um sistema elétrico moderno e seguro para uma parcela da população brasileira que reside nas áreas de concessão atendidas por estas empresas.

Um ponto importante para se ter em mente relaciona-se ao conceito de inovação em uma perspectiva ampla (Lastres e Cassiolato, 2005), que ainda não parece ter sido assimilada pela cultura do setor elétrico. Neste ponto, chama a atenção, principalmente, a falta de um olhar para as necessidades do consumidor. Verifica-se que alguns grupos empresariais com governanças extremamente desenvolvidas, com foco em inovação por meio de rotinas de alto nível, ainda não possuem processos para incorporar os *inputs* dos clientes (assim deverão ser chamados depois do *unbundling*) em seus processos inovativos. Outro ponto importante é a

baixa utilização de rede de inovações robustas. Muitas vezes os projetos são executados por uma proponente e uma executora, em casos extremos não existe nem a figura da executora.

Por outro lado, precisa-se reconhecer que, de modo geral, os grupos econômicos apresentam especiais valências inovativas. Estas empresas rompem consideravelmente com o conceito de um setor elétrico conservador e com dificuldade para inovar, assim como mapeado para o setor elétrico de modo consolidado (De Oliveira *et al.*, 2011; Cabello e Pompermeyer, 2011; Castro *et al.*, 2020; Maestrini e Mejdalani, 2020). Aqui destaca-se o caso dos investimentos em RH das empresas multinacionais, que, ao examinar as capacidades dinâmicas desta classe empresarial, reforçam a preocupação na internacionalização dos resultados inovativos produzidos nos projetos. Ainda sobre o desenvolvimento das capacidades inovativas das empresas, cumpre-se chamar a atenção para o papel da associação do segmento de distribuição (Lütjen *et al.*, 2019), o ABRADDEE. A instituição é referência para todas as empresas entrevistadas como um espaço de discussão que proporciona grandes ganhos para o segmento.

Além da complexidade do tema, há de se chamar a atenção sobre a extrema dificuldade de se trabalhar com dados de inovação. Primeiro, porque a inovação é algo intrínseco à unidade empresarial, então utilizar técnicas estatísticas para criar cenários é extremamente desafiador. Portanto, assim como sugere Nelson (2020), este estudo procurou fundamentar seus achados na literatura vigente.

Este estudo apresenta limitações no que tange as generalizações e suposições mediante análise quantitativa. Mas, assim como os estatísticos fazem, reflete-se sobre um certo nível de significância adequado ao problema estudado e se desenvolve a análise sabendo que as possibilidades de erro existem e devem ser mitigadas.

Um ponto importante na mitigação de erros deste estudo foi checar exaustivamente as bases de dados fornecidas pela ANEEL. Entretanto, a falta de parametrização dos dados é um desafio extra para se elaborar estudos quantitativos com dados do PROP&D. Além disso, a base possui diversos problemas relacionados aos dados faltantes (Ex. formalização do cancelamento de projetos), assim como omissão da abertura de valores na base auditoria.

Adicionalmente, um ponto extremamente importante que limitou essa pesquisa foi a não disponibilização da informação atualizada de especialização das equipes participantes nos projetos. Devido a entrada em vigor da LGPD, a ANEEL descontinuou a Base Equipes, que trazia dados pessoais de pesquisadores, mas não disponibilizou em suas bases variáveis que pudesse quantificar essa importante informação dos projetos. Isso inviabilizou o trabalho com

a população dos projetos de P&D, o que implica em trabalhar com uma amostra, influenciando na possibilidade de erros estatísticos citados acima.

Outra limitação deste estudo está centrada na análise das capacidades dinâmicas. Esta foi realizada com uma série de entrevistas com representantes de áreas de planejamento e inovação das empresas de distribuição elétrica. Um primeiro obstáculo diz respeito à complexidade da correta interpretação do entrevistado sobre o que lhe é questionado, depois, sobre o que o entrevistador entende, processa e escreve. Este processo tende a ter ruídos consideráveis, com a diferença que, aqui, não se pode refletir sobre um nível de significância estatística. Neste caso, procurou-se respeitar o que foi dito pelos entrevistados e, mediante dúvidas, enviou-se a transcrição da entrevista solicitando esclarecimentos adicionais.

Neste ponto, a primeira recomendação regulatória é investir na melhoria da disponibilização das informações do programa de PDI. Hoje, as informações de inovação não oferecem todas as possibilidades que poderiam para desenvolver estudos robustos no setor. Então, o regulador deveria investir em uma base com informações parametrizadas, acuradas e atualizadas.

Por outro lado, ressalta-se o papel das inovações regulatórias para o segmento de distribuição e setor elétrico. Conforme foi mencionado na seção 5.2.1, o novo PROPDI e PEQuI são um importantíssimo passo na direção de um setor inovador e pronto para responder as necessidades do país. Mas só isso não será o suficiente. A regulação precisa incentivar a modernização do setor com uma política *bottom-up*, partindo de dentro das empresas. Ao se definir políticas olhando-se somente para metas inovativas, como foi realizado no novo PROPDI, em detrimento de uma maior participação das empresas na construção da política de inovação, deixa-se olhar para as capacidades das empresas. Considera-se que isto é um erro regulatório grave, visto que a distribuição elétrica é extremamente heterogênea. Fruto da influência das regionalidades brasileiras em suas áreas de concessão.

Por último, indica-se a realização de futuros estudos voltados para o enraizamento das capacidades dinâmicas dentro das áreas técnicas das empresas, identificando detalhadamente os processos de interação com a rede de inovação. Além disso, outra importante dimensão de análise que merece maiores aprofundamentos é na comparação internacional do caso da distribuição brasileira. Casos mais afeitos a realidade nacional, sobretudo introduzindo países com problemas de perdas não técnicas, seriam extremamente ricos. Finalmente, a execução de estudos intersetoriais, comparado os padrões de alocações financeiras, como também de capacidades dinâmicas seria muito bem vindas.

### **Agradecimentos:**

Agradeço o apoio do Programa de P&D da ANEEL por intermédio do Projeto P&D “Desenvolvimento de soluções para mobilidade elétrica compartilhada: infraestruturas e sistemas de abastecimento para e-carsharing e micromobilidade” financiado pelas empresas Light Serviços de Eletricidade S.A. e Energy Assets do Brasil LTDA.

### **Referências:**

ABRADEE. Visão Geral do Setor. Disponível em: < <https://abradee.org.br/visao-geral-do-setor/>>. Último acesso: 10 de novembro de 2023.

ADNER, Ron; HELFAT, Constance E. Corporate effects and dynamic managerial capabilities. **Strategic management journal**, v. 24, n. 10, p. 1011-1025, 2003.

ANEEL. Módulo 3: Reajuste Tarifário Anual das Concessionárias de Distribuição. Submódulo 3 - PROCEDIMENTOS GERAIS. Data de vigência: 28 de março de 2016. <[http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2016703\\_Proret\\_Submod\\_3\\_1\\_V4.pdf](http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2016703_Proret_Submod_3_1_V4.pdf)>.

ANEEL. Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL. Brasília 24 de maio de 2017. [https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica\\_0056\\_PROJ\\_E%C3%87%C3%95ES+GD+2017/](https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica_0056_PROJ_E%C3%87%C3%95ES+GD+2017/)

ANEEL. Voto. PROCESSO: 48500.003172/2016-04. *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Disponível em: < [https://www2.aneel.gov.br/cedoc/adsp2017864\\_1.pdf](https://www2.aneel.gov.br/cedoc/adsp2017864_1.pdf) > último acesso: 7 de dezembro de 2023. Brasília, 2017b.

ANEEL. Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica. *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Brasília, 2017c.

ANEEL. Módulo 2: Revisão Tarifária Periódica das Concessionárias de Distribuição. Submódulo 2.1 – PROCEDIMENTOS GERAIS. Brasília, 18 de março de 2020. 2020. [http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2020874\\_Proret\\_Submod\\_2.1\\_V\\_2.3.pdf](http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2020874_Proret_Submod_2.1_V_2.3.pdf)

ANEEL. Nota Técnica nº 01/2020-GMSE/ANEEL. Brasília, 16 de abril de 2020. 2020a. <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/0/NT.pdf/901e12ed-ea7d-91a7-c805-e27b2508a2ce>

ANEEL. Temas para Investimentos em P&D. *Agência Nacional de Energia Elétrica*. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/temas-de-atuacao> [acessado em 14 de março de 2020]. Brasília, 2020b.

ANEEL. Mapa Estratégico 2018-2021. Disponível: <<https://www.aneel.gov.br/documents/660863/0/MAPA+PE+2018-2021+pronto/7e857b9c-72bc-9a45-4570-f20451766fd3>>. Último acesso: 19 de agosto de 2021. 2021.

ANEEL. Regulação do Setor Elétrico. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/regulacao-do-setor-eletrico>>. Último acesso em : 19 de agosto de 2021. 2021a.

ANEEL. Resolução normativa ANEEL nº 1.045- Estabelece os Procedimentos do Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação - PROPDI do setor elétrico. Disponível em : <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20221045.html#:~:text=O%20PROPDI%20%C3%A9%20um%20guia,de%20Pesquisa%2C%20Desenvolvimento%20e%20Inova%C3%A7%C3%A3o.>>>. Último acesso: 25 outubro de 2023. 2022.

ANEEL. Mapas de investimentos da ANEEL. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMTg0MDhmNmUtMjZlMy00NzgxLTk0NzQtNDNkYTQzNDg4MTYzIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Último acesso em: 16 de abril de 2023. 2023.

ANEEL. PROCEDIMENTOS DO PROGRAMA DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO — PROPDI. Disponível em: <[https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/audiencias-publicas?p\\_p\\_id=participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=2&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_ideDocumento=49020&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_tipoFaseReuniao=fase&\\_participacaopublica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp](https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/audiencias-publicas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=49020&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp)>. Último acesso em: 5 de dezembro de 2023. 2023b.

BRANDÃO, Roberto et al. Determinants of the economic performance of Brazilian electricity distributors. *Utilities Policy*, v. 68, p. 101142, 2021.

BRANZEI, Oana; VERTINSKY, Ilan. Strategic pathways to product innovation capabilities in SMEs. *Journal of Business Venturing*, v. 21, n. 1, p. 75-105, 2006.

BRASIL. PORTARIA Nº 690/GM/MME - Consulta Pública, minuta de Portaria que trata da redução do limite de carga para contratação de energia elétrica no mercado livre por parte dos consumidores da baixa tensão no mercado livre. Brasília, DF, Edição: 187, Seção: 1, Página: 74. 29 de setembro de 2022.

BLIND, Knut. The influence of regulations on innovation: A quantitative assessment for OECD countries. **Research policy**, v. 41, n. 2, p. 391-400, 2012.

BOLTON, Ronan; FOXON, Timothy J. Governing infrastructure networks for a low carbon economy: co-evolution of technologies and institutions in UK electricity distribution networks. **Competition and Regulation in Network Industries**, v. 12, n. 1, p. 2-26, 2011.

CABELLO, Andrea Felipe; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. Impactos Qualitativos do programa de P&D regulado pela ANEEL. **INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO**, p. 119, 2011

CAMBINI, C., MELETIOU, A., BOMPARD, E., & MASERA, M.. Market and regulatory factors influencing smart-grid investment in Europe: Evidence from pilot projects and implications for reform. **Utilities Policy**, v. 40, p. 36-47, 2016.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em perspectiva**, v. 19, p. 34-45, 2005.

CASSIOLATO, Jose Eduardo; LASTRES, Helena MM. Discussing innovation and development: Converging points between the Latin American school and the Innovation Systems perspective? Georgia Institute of Technology, 2008.

CASSIOLATO, J. E. *et al.* **As fronteiras do conhecimento e da inovação: Restrições e alternativas estratégicas para o Brasil**. Brasília: CGEE, 2013.

CAISO. What the duck curve tells us about managing a green grid. **Calif. ISO, Shap. a Renewed Futur**, 2013. p. 1-4.

CASTRO, Nivalde; DANTAS, Guilherme. Experiências internacionais em geração distribuída: motivações, impactos e ajustes. **Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais**, p. 1-442, 2018.

CASTRO, Nivalde et al. Indicadores de Inovação Tecnológica para o Setor Elétrico Brasileiro aderente ao P&D da ANEEL. *Texto para Discussão do Setor Elétrico*, nº 80. Grupo de Estudos do Setor Elétrico, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

CASTRO, Nivalde et al. Programa de P&d da aneel: avaliação & PersPectivas. Rio de Janeiro : Publit, 2020.

CCEE. Razão de ser. Disponível em <  
[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/quem-somos/razao-de-ser?\\_adf.ctrl-state=rgd4shvhr\\_5&\\_afLoop=511277707537351#!>](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/quem-somos/razao-de-ser?_adf.ctrl-state=rgd4shvhr_5&_afLoop=511277707537351#!>) Último acesso em: 13 de maio de 2021.  
 2021.

CHANDLER, Alfred D. Organizational capabilities and the economic history of the industrial enterprise. **Journal of economic perspectives**, v. 6, n. 3, p. 79-100, 1992.

CLARK, John; FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc. Long waves, inventions, and innovations. **Futures**, v. 13, n. 4, p. 308-322, 1981.

COHEN, Wesley M.; LEVINTHAL, Daniel A. Innovation and learning: the two faces of R & D. **The economic journal**, v. 99, n. 397, p. 569-596, 1989.

COSENT, Rafael; GÓMEZ, Tomás; FRÍAS, Pablo. Towards a future with large penetration of distributed generation: Is the current regulation of electricity distribution ready? Regulatory recommendations under a European perspective. **Energy Policy**, v. 37, n. 3, p. 1145-1155, 2009.

COSENT, Rafael; GÓMEZ, Tomás. Implementing incentive compatible menus of contracts to regulate electricity distribution investments. **Utilities Policy**, v. 27, p. 28-38, 2013.

DA ROCHA PINTO, Sandra Regina; MAISONNAVE, Paulo Roberto. Inovação e investimentos no setor elétrico brasileiro sob a ótica de gestores de P & D. **RAI Revista de Administração e Inovação**, v. 9, n. 3, p. 4-27, 2012.

DALEN, Dag Morten. Yardstick competition and investment incentives. **Journal of Economics & Management Strategy**, v. 7, n. 1, p. 105-126, 1998.

DAVARZANI, S., PISICA, I., TAYLOR, G. A., e MUNISAMI, K. J.. Residential demand response strategies and applications in active distribution network management. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 138, p. 110567, 2021.

DE OLIVEIRA, Luiz Guilherme. Tendências tecnológicas do setor elétrico. **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro**, p. 55, 2011.

Di Silvestre, M. L.; Favuzza, S.; Sanseverino, E. R.; Zizzo, G.. How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 93, p. 483-498, 2018.

DOOLEY, James J. Unintended consequences: energy R&D in a deregulated energy market. **Energy Policy**, v. 26, n. 7, p. 547-555, 1998.

DOSI, Giovanni. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. **Journal of economic literature**, p. 1120-1171, 1988.

DOSI, Giovanni; NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. (Ed.). **The nature and dynamics of organizational capabilities**. Oxford university press, 2000.

EMODI, Nnaemeka Vincent; BAYARAA, Zorig; YUSUF, Samson D. Energy technology innovation in Brazil. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 5, n. 1, p. 263-287, 2015.

EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2022

FRAME, Damien et al. Innovation in regulated electricity distribution networks: A review of the effectiveness of Great Britain's Low Carbon Networks Fund. **Energy Policy**, v. 118, p. 121-132, 2018.

EPE. Painel de Monitoramento do Consumo de Energia Elétrica. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>> Último acesso em: 16 de abril de 2023.

FREEMAN, Christopher. Innovation and the strategy of the firm. **The economics of industrial innovation**, p. 224-88, 1974.

FREEMAN, Christopher. Technological infrastructure and international competitiveness. **Industrial and Corporate Change**, v. 13, n. 3, p. 541-569, 2004.

GEBAUER, Heiko; WORCH, Hagen; TRUFFER, Bernhard. Absorptive capacity, learning processes and combinative capabilities as determinants of strategic innovation. **European management journal**, v. 30, n. 1, p. 57-73, 2012.

GIL, Guilherme Dôco Roberti et al. Spatial statistical methods applied to the 2015 Brazilian energy distribution benchmarking model: Accounting for unobserved determinants of inefficiencies. **Energy Economics**, v. 64, p. 373-383, 2017.

GONÇALVES, C. **Inovação no Setor Elétrico Brasileiro: Uma Análise com Base em Redes Sociais**. Dissertação (Mestrado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2018.

GUIMARÃES, L. T., GALDINO, D. C. A., MARTINS, F. L. M., VITORINO, D. F. M., PEREIRA, K. L., & CARVALHO, E. M. Comparação da propensão de quedas entre idosos que praticam atividade física e idosos sedentários. **Revista neurociencias**, v. 12, n. 2, p. 68-72, 2004.

GÜNTHER, Oliver; POLITOPOULOU, Sophia; VERRETH, Daphne. Innovation incentives for distribution systems operators—a must in the new energy market development. **CIRED-Open Access Proceedings Journal**, v. 2017, n. 1, p. 2791-2794, 2017.

GUO, Yan et al. Entrepreneur Hubris, Organizational Ambidexterity, and Dynamic Capability Construction. **Frontiers in Psychology**, v. 12, p. 6089, 2022.

GRATTON, Lynda; GHOSHAL, Sumantra. Beyond best practice. **MIT Sloan Management Review**, 2005.

HELFAT, Constance E. et al. **Dynamic capabilities: Understanding strategic change in organizations**. John Wiley & Sons, 2009.

HERRERA, Amílcar Oscar. **Ciencia y política en América Latina**. Siglo veintiuno editores, 1971.

IDRIES, Ahmed; KROGSTIE, John; RAJASEKHARAN, Jayaprakash. Dynamic Capabilities in Electrical Energy Digitalization: A Case from the Norwegian Ecosystem. **Energies**, v. 15, n. 22, p. 8342, 2022.

IDRIES, Ahmed; KROGSTIE, John; RAJASEKHARAN, Jayaprakash. Challenges in platforming and digitizing decentralized energy services. **Energy Informatics**, v. 5, n. 1, p. 1-29, 2022a.

IEA. World Energy Outlook 2020. IEA, Paris outubro de 2020. Página 225. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>>.

IGLESIAS, Caroline; VILAÇA, Phillipe. On the regulation of solar distributed generation in Brazil: A look at both sides. **Energy Policy**, v. 167, p. 113091, 2022.

JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. Incentive regulation of electricity distribution networks: Lessons of experience from Britain. **Energy Policy**, v. 35, n. 12, p. 6163-6187, 2007.

JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael G. Electricity sector liberalisation and innovation: An analysis of the UK's patenting activities. **Research Policy**, v. 40, n. 2, p. 309-324, 2011.

JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael G. Why and how to subsidise energy R+ D: Lessons from the collapse and recovery of electricity innovation in the UK. **Energy Policy**, v. 83, p. 197-205, 2015.

JAMASB, Tooraj et al. Energy network innovation for green transition: Economic issues and regulatory options. **Energy Regulation in the Green Transition**, p. 14, 2021.

JENKINS, Jesse D.; PÉREZ-ARRIAGA, Ignacio. The Remuneration Challenge: New Solutions for the Regulation of Electricity Distribution Utilities Under High Penetrations of Distributed Energy Resources and Smart Grid Technologies. **Massachusetts Institute of Technology (MIT): Cambridge, MA, USA**, 2014.

JOHANSSON, Petter; VENDEL, Martin; NUUR, Cali. Integrating distributed energy resources in electricity distribution systems: An explorative study of challenges facing DSOs in Sweden. **Utilities Policy**, v. 67, p. 101117, 2020.

JOSKOW, Paul L.; SCHMALENSEE, Richard. Incentive regulation for electric utilities. **Yale J. on Reg.**, v. 4, p. 1, 1986.

JOSKOW, Paul L. Incentive regulation in theory and practice: electricity distribution and transmission networks. In: **Economic Regulation and Its Reform: What Have We Learned?**. University of Chicago Press, 2014. p. 291-344.

KARAMI, Masoud; BABER, William W.; OJALA, Arto. The effectual process of business model innovation for seizing opportunities in frontier markets. **Technovation**, v. 117, p. 102595, 2022.

KAHOULI, O., ALSAIF, H., BOUTERAA, Y., BEN ALI, N., E CHAABENE, M. Power system reconfiguration in distribution network for improving reliability using genetic algorithm and particle swarm optimization. **Applied Sciences**, v. 11, n. 7, p. 3092, 2021.

KLINE, S.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: LANDAU, R.; ROSENBERG, N. (Ed.). *The positive sum strategy. Harnessing technology for economic growth*. Washington D.C.: National Academy Press, 1986. p. 275-306.

KONDZIELLA, Hendrik; BRUCKNER, Thomas. Flexibility requirements of renewable energy based electricity systems—a review of research results and methodologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 53, p. 10-22, 2016.

LA ROVERE, Renata Lèbre et al. Innovation in the Brazilian Electricity Sector: current scenarios and trends. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 7, n. 11, 2020.

LAFFONT, Jean-Jacques; TIROLE, Jean. **A theory of incentives in procurement and regulation**. MIT press, 1993.

LAKERVI, Erkki; HOLMES, Edward J. **Electricity distribution network design**. IET, 1995.

LI, Q., DING, W., ZHANG, J., E LIU, A. A new reconfiguration approach for distribution system with distributed generation. In: **2009 International Conference on Energy and Environment Technology**. IEEE, 2009. p. 23-26.

LIMA, M. A., MENDES, L. F. R., MOTHÉ, G. A., LINHARES, F. G., DE CASTRO, M. P. P., DA SILVA, M. G., e STHEL, M. S.. Renewable energy in reducing greenhouse gas emissions: Reaching the goals of the Paris agreement in Brazil. **Environmental Development**, v. 33, p. 100504, 2020.

LOCKWOOD, Matthew. Creating protective space for innovation in electricity distribution networks in Great Britain: The politics of institutional change. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 18, p. 111-127, 2016.

LÜTJEN, H., SCHULTZ, C., TIETZE, F., e URMETZER, F. Managing ecosystems for service innovation: A dynamic capability view. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 506-519, 2019.

MALERBA, Franco; ORSENIGO, Luigi. Technological regimes and firm behavior. **Industrial and corporate change**, v. 2, n. 1, p. 45-71, 1993.

MAESTRINI, Marcelo; MEJDALANI, Alexandre. O programa de P&D regulado no setor elétrico brasileiro e seus incentivos à introdução de novas tecnologias. **XII CBPE 2020**.

MALERBA, Franco; ORSENIGO, Luigi. Technological regimes and firm behavior. **Industrial and corporate change**, v. 2, n. 1, p. 45-71, 1993.

MALERBA, Franco; ORSENIGO, Luigi. Technological regimes and firm behaviour. In: **Organization and Strategy in the Evolution of the Enterprise**. Palgrave Macmillan, London, 1996. p. 42-71.

MANKINS, John C. Technology readiness levels: A white paper. [http://www. hq. nasa. gov/office/codeq/trl/trl. pdf](http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/trl/trl.pdf), 1995.

MAZZUCATO, Mariana; PENNA, Caetano. The Brazilian innovation system: a mission-oriented policy proposal. **Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, 2016.

MIN, Sujin; KIM, Juseong; SAWNG e Yeong-Wha. The effect of innovation network size and public R&D investment on regional innovation efficiency. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 155, p. 119998, 2020.

MLECNIK, Erwin et al. Policy challenges for the development of energy flexibility services. **Energy Policy**, v. 137, p. 111147, 2020.

MME. Composição do CNPE. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/composicao-do-cnpe>>. Último acesso em: 19 de agosto de 2021. 2021.

MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton O. **Estatística básica**. Saraiva Educação SA, 2010.

MORCILLO, Jose et al. Assessing the speed, extent, and impact of the diffusion of solar PV. **Energy Reports**, v. 8, p. 269-281, 2022.

NELSON, Richard R. e WINTER, SIDNEY G. **An evolutionary theory of economic change**. harvard university press, 1985.

NELSON, Richard R. A perspective on the evolution of evolutionary economics. **Industrial and Corporate Change**, v. 29, n. 5, p. 1101-1118, 2020.

OCDE. Oslo Manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. **The measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. 4th Edition. 255p.**[Consultado 29 agosto 2020] Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>, 2018.

OFGEM. Electricity Network Innovation Competition (RIIO-1). Disponível em: <<https://www.ofgem.gov.uk/electricity-network-innovation-competition-riio-1>> Último acesso em: 28 de setembro de 2022.

PAVITT, Keith. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

PEREIRA, Guillermo Ivan; DA SILVA, Patrícia Pereira; CERQUEIRA, Pedro André. Electricity distribution incumbents' adaptation toward decarbonized and smarter grids: Evidence on the role market, regulatory, investment, and firm-level factors. **Energy Policy**, v. 142, p. 111477, 2020.

PILO, F., CELLI, G., GHIANI, E., e SOMA, G. G. New electricity distribution network planning approaches for integrating renewable. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment**, v. 2, n. 2, p. 140-157, 2013.

PINTO JR, Helder Q.; SILVEIRA, Joyce Perin; PERIN, Joyce. Aspectos teóricos de Regulação econômica: controle de preços. **Rio de Janeiro: ANP**, 1999.

POLLITT, Michael G. The role of policy in energy transitions: Lessons from the energy liberalisation era. **Energy policy**, v. 50, p. 128-137, 2012.

PRETTICO, Giuseppe et al. Distribution system operators observatory 2018. **Publications Office of the European Union**, 2019.

PSARA, Kyriaki et al. European Energy Regulatory, Socioeconomic, and Organizational Aspects: An Analysis of Barriers Related to Data-Driven Services across Electricity Sectors. **Energies**, v. 15, n. 6, p. 2197, 2022.

QUANDT, Carlos Olavo; DA SILVA JUNIOR, Roberto Gregório; PROCOPUICK, Mario. Estratégia e inovação: análise das atividades de P&D no setor elétrico brasileiro. **Revista Brasileira de Estratégia**, v. 1, n. 2, p. 243, 2008.

RAHMEYER, Fritz. **A neo-Darwinian foundation of evolutionary economics: With an application to the theory of the firm**. Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe, 2010.

RIBEIRO, B. C., FERRERO, L. G. P., BIN, A., e BLIND, K.. Effects of innovation stimuli regulation in the electricity sector: A quantitative study on European countries. **Energy Economics**, v. 118, p. 106352, 2023.

ROBERT, Verónica; YOGUEL, Gabriel. Complexity paths in neo-Schumpeterian evolutionary economics, structural change and development policies. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 38, p. 3-14, 2016.

ROTHWELL, Roy et al. SAPPHO updated-project SAPPHO phase II. **Research policy**, v. 3, n. 3, p. 258-291, 1974.

RUESTER, Sophia et al. From distribution networks to smart distribution systems: Rethinking the regulation of European electricity DSOs. **Utilities Policy**, v. 31, p. 229-237, 2014.

RHODES, A., VAN DIEMEN, R.. Has the low carbon network fund been successful at stimulating innovation in the electricity networks? In: British Institute of Energy Economics 2016: Innovation and Disruption: The Energy Sector in Transition. Oxford. 2016.

ROSSETTO, Nicolò; REIF, Valerie. Digitalization of the electricity infrastructure: a key enabler for the decarbonization and decentralization of the power sector. **Robert Schuman Centre for Advanced Studies Research Paper No. RSCAS**, v. 47, 2021.

SAVIER, J. S., EDAS, D. Impact of network reconfiguration on loss allocation of radial distribution systems. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 22, n. 4, p. 2473-2480, 2007.

SHLEIFER, Andrei. A theory of yardstick competition. **The RAND Journal of Economics**, p. 319-327, 1985.

SKÖLD, David; FORNSTEDT, Helena; LINDAHL, Marcus. Dilution of innovation utility, reinforcing the reluctance towards the new: An upstream supplier perspective on a fragmented electricity industry. **Energy Policy**, v. 116, p. 220-231, 2018.

STRØNEN, F., HOHOLM, T., KVÆRNER, K. J., & STØME, L. N. Dynamic capabilities and innovation capabilities: The case of the 'Innovation Clinic'. **Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation**, v. 13, n. 1, p. 89-116, 2017.

SZAPIRO, MATTOS e CASSIOLATO. Sistema de Inovação e Desenvolvimento. Capítulo 10. Economia da ciência tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global. Ed. Prismas. Curitiba. 2013.

TANGERÅS, T. P. **Yardstick Competition and Quality**, Swedish Network for European Studies in Economics and Business. Discussion paper, April. Weblink: <http://www.snee.org/filer/papers/205.pdf>, 2003.

TEECE, David J.; PISANO, Gary; SHUEN, Amy. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic management journal**, v. 18, n. 7, p. 509-533, 1997.

TEECE, David J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. **Strategic management journal**, v. 28, n. 13, p. 1319-1350, 2007.

UNITED NATIONS. In: Report of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (21st Session, 2015: Paris). Retrived December.HeinOnline, 2015. [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf)

VAN DER HEIDEN, P., POHL, C., MANSOR, S. B., & VAN GENDEREN, J. The role of education and training in absorptive capacity of international technology transfer in the aerospace sector. **Progress in Aerospace Sciences**, v. 76, p. 42-54, 2015.

VU, Khuong; HARTLEY, Kris. Effects of digital transformation on electricity sector growth and productivity: A study of thirteen industrialized economies. **Utilities Policy**, v. 74, p. 101326, 2022.

WANG, Kun et al. A survey on energy internet: Architecture, approach, and emerging technologies. **IEEE systems journal**, v. 12, n. 3, p. 2403-2416, 2017.

WINTER, Sidney G. Understanding dynamic capabilities. **Strategic management journal**, v. 24, n. 10, p. 991-995, 2003.

WITSCHHEL, Daliborka; BAUMANN, Dominik; VOIGT, Kai-Ingo. How manufacturing firms navigate through stormy waters of digitalization: The role of dynamic capabilities, organizational factors and environmental turbulence for business model innovation. **Journal of Management & Organization**, v. 28, n. 3, p. 681-714, 2022.

WORCH, Hagen et al. A capability perspective on performance deficiencies in utility firms. **Utilities Policy**, v. 25, p. 1-9, 2013.

### Anexo I – Testes Estatísticos (tecnologia e tipo de empresa independentes)

Variável	Tecnologia		Tipo de Empresa	
	t-valor	p-valor	t-valor	p-valor
CeMaterialDeConsumoMesVP	4,25	0,00	-2,88	0,00
CeMaterialPermanenteMesVP	5,08	0,00	0,49	0,63
CeRecursosHumanosMesVP	-2,96	0,00	0,43	0,66
CeServiçoDeTerceirosMesVP	1,48	0,14	-0,95	0,34
ContCustoTotalMesVP	2,38	0,02	-2,29	0,02
CpMaterialDeConsumoMesVP	2,35	0,02	-1,42	0,16
CpMaterialPermanenteMesVP	1,48	0,14	2,60	0,01
CpRecursosHumanosMesVP	-0,98	0,33	2,06	0,04
CpServiçoDeTerceirosMesVP	1,35	0,18	2,37	0,02
CustoTotalMesVP	0,65	0,52	1,66	0,10
DocExecutoras	-3,66	0,00	1,30	0,20
DocPropECoop	-1,04	0,30	-0,24	0,81
Doutores	-3,71	0,00	1,24	0,22
Especialista	-1,84	0,07	-2,04	0,04
EspExecutoras	-1,51	0,13	-3,44	0,00
EspPropECoop	-1,55	0,12	1,51	0,13
MaterialDeConsumoMesVP	3,34	0,00	-2,12	0,03
MaterialPermanenteMesVP	3,78	0,00	2,43	0,02
Mestres	-3,62	0,00	0,45	0,65
MscExecutoras	-3,33	0,00	0,15	0,88
MscPropECoop	-2,47	0,01	1,37	0,17
OutrasDespesasMesVP	0,43	0,67	2,26	0,02
RecursosHumanosMesVP	-2,91	0,00	0,63	0,53
ServiçoDeTerceirosMesVP	1,92	0,05	1,52	0,13
ViagensEDiariasMesVP	-1,15	0,25	1,36	0,17

## Anexo II – Testes Estatísticos (tecnologia condicionado ao tipo de empresa)

Variável	Privado		Público	
	t-valor	p-valor	t-valor	p-valor
CeMaterialDeConsumoMesVP	3,15	0,00	3,80	0,00
CeMaterialPermanenteMesVP	4,41	0,00	2,67	0,01
CeRecursosHumanosMesVP	-2,66	0,01	-1,51	0,13
CeServiçoDeTerceirosMesVP	2,07	0,04	-0,04	0,97
ContCustoTotalMesVP	2,68	0,01	2,07	0,04
CpMaterialDeConsumoMesVP	-0,72	0,47	2,97	0,00
CpMaterialPermanenteMesVP	1,12	0,26	1,22	0,22
CpRecursosHumanosMesVP	-0,59	0,55	-1,42	0,16
CpServiçoDeTerceirosMesVP	0,56	0,58	2,68	0,01
CustoTotalMesVP	0,15	0,88	0,83	0,41
DocExecutoras	-3,92	0,00	-0,20	0,84
DocPropECoop	-1,08	0,28	-0,14	0,89
Doutores	-3,95	0,00	-0,22	0,83
Especialista	-1,37	0,17	-1,14	0,26
EspExecutoras	-0,90	0,37	-1,05	0,30
EspPropECoop	-1,40	0,16	-0,91	0,36
MaterialDeConsumoMesVP	1,66	0,10	3,78	0,00
MaterialPermanenteMesVP	2,69	0,01	3,02	0,00
Mestres	-3,15	0,00	-1,84	0,07
MscExecutoras	-2,79	0,01	-1,81	0,07
MscPropECoop	-2,45	0,01	-0,87	0,39
OutrasDespesasMesVP	0,14	0,89	0,33	0,74
RecursosHumanosMesVP	-2,57	0,01	-1,57	0,12
ServicoDeTerceirosMesVP	1,28	0,20	1,60	0,11
ViagensEDiariasMesVP	-1,33	0,18	-0,19	0,85

### Anexo III – Testes Estatísticos (tecnologia condicionado à classe empresarial)

Variável	Privado_BR		Privado_M		Público	
	t-valor	p-valor	t-valor	p-valor	t-valor	p-valor
CeMaterialDeConsumoMesVP	-0,16	0,88	3,74	0,00	3,80	0,00
CeMaterialPermanenteMesVP	1,71	0,09	3,85	0,00	2,67	0,01
CeRecursosHumanosMesVP	-1,92	0,06	-2,33	0,02	-1,51	0,13
CeServiçoDeTerceirosMesVP	2,01	0,05	1,24	0,22	-0,04	0,97
ContCustoTotalMesVP	-0,45	0,66	2,88	0,00	2,07	0,04
CpMaterialDeConsumoMesVP	-0,95	0,35	-0,64	0,52	2,97	0,00
CpMaterialPermanenteMesVP	-0,78	0,44	1,31	0,19	1,22	0,22
CpRecursosHumanosMesVP	0,48	0,63	-1,00	0,32	-1,42	0,16
CpServiçoDeTerceirosMesVP	-0,70	0,48	0,55	0,58	2,68	0,01
CustoTotalMesVP	-1,43	0,16	0,36	0,72	0,83	0,41
DocExecutoras	-1,91	0,06	-3,60	0,00	-0,20	0,84
DocPropECoop	-0,79	0,43	-1,04	0,30	-0,14	0,89
Doutores	-1,92	0,06	-3,65	0,00	-0,22	0,83
Especialista	-0,70	0,48	-1,33	0,18	-1,14	0,26
EspExecutoras	-0,60	0,55	-0,88	0,38	-1,05	0,30
EspPropECoop	-0,60	0,55	-1,37	0,17	-0,91	0,36
MaterialDeConsumoMesVP	-0,19	0,85	2,46	0,01	3,78	0,00
MaterialPermanenteMesVP	-0,11	0,91	2,67	0,01	3,02	0,00
Mestres	-1,28	0,20	-3,08	0,00	-1,84	0,07
MscExecutoras	-1,29	0,20	-2,65	0,01	-1,81	0,07
MscPropECoop	-0,66	0,51	-2,78	0,01	-0,87	0,39
OutrasDespesasMesVP	-1,05	0,30	0,40	0,69	0,33	0,74
RecursosHumanosMesVP	-1,92	0,06	-2,28	0,02	-1,57	0,12
ServiçoDeTerceirosMesVP	1,14	0,26	0,92	0,36	1,60	0,11
ViagensEDiariasMesVP	-1,44	0,16	-0,47	0,64	-0,19	0,85

### Anexo IV – Testes Estatísticos (tecnologia condicionado à classe empresarial)

Variável	Cemig		CPFL Energia		Enel		Energisa		Estadual		Neoenergia	
	t-valor	p-valor	t-valor	p-valor	t-valor	p-valor	t-valor	p-valor	t-valor	p-valor	t-valor	p-valor
CeMaterialDeConsumoMesVP	2,51	0,01	0,63	0,53	1,24	0,22	0,29	0,77	3,17	0,00	4,21	0,00
CeMaterialPermanenteMesVP	2,44	0,02	2,79	0,01	-1,36	0,18	-0,08	0,93	0,47	0,64	2,68	0,01
CeRecursosHumanosMesVP	-1,34	0,18	-1,23	0,22	-1,96	0,05	-1,66	0,10	-1,09	0,28	-0,37	0,71
CeServiçoDeTerceirosMesVP	-0,24	0,81	-0,31	0,76	0,57	0,57	2,03	0,05	-0,52	0,60	1,00	0,32
ContCustoTotalMesVP	1,73	0,09	-	-	-0,53	0,60	-	-	-	-	2,46	0,02
CpMaterialDeConsumoMesVP	2,63	0,01	-0,58	0,57	-0,02	0,98	-0,74	0,47	-0,30	0,76	-0,28	0,78
CpMaterialPermanenteMesVP	0,56	0,57	-0,38	0,70	0,09	0,93	-0,59	0,56	-0,33	0,74	-0,98	0,33
CpRecursosHumanosMesVP	-1,23	0,22	-0,75	0,46	-0,69	0,49	0,44	0,66	-1,04	0,30	-0,83	0,41
CpServiçoDeTerceirosMesVP	1,96	0,05	-0,57	0,57	-0,04	0,97	-0,70	0,49	-	-	-0,97	0,34
CustoTotalMesVP	0,49	0,63	-0,97	0,34	-0,98	0,33	-1,50	0,14	-0,39	0,70	0,77	0,45
DocExecutoras	-1,15	0,25	-3,50	0,00	-1,31	0,20	-1,31	0,20	2,09	0,04	-1,68	0,10
DocPropECoop	-0,63	0,53	-0,60	0,55	1,93	0,06	-0,71	0,48	0,73	0,47	-0,87	0,39
Doutores	-1,26	0,21	-3,61	0,00	-1,24	0,22	-1,33	0,19	2,12	0,04	-1,68	0,10
Especialista	-1,45	0,15	-1,68	0,10	-0,08	0,94	-0,51	0,61	0,36	0,72	-0,89	0,37
EspExecutoras	-1,39	0,17	-0,75	0,46	-0,06	0,95	-0,48	0,63	0,13	0,90	-0,66	0,51
EspPropECoop	-1,01	0,32	-1,88	0,07	-0,09	0,93	-0,31	0,76	0,69	0,49	-0,95	0,35
MaterialDeConsumoMesVP	3,00	0,00	-0,06	0,95	0,91	0,37	0,12	0,91	3,16	0,00	3,78	0,00
MaterialPermanenteMesVP	2,60	0,01	0,48	0,63	-0,51	0,61	-0,59	0,56	0,35	0,73	1,85	0,07
Mestres	-2,20	0,03	-2,55	0,01	-1,75	0,08	-1,79	0,08	0,23	0,82	-1,28	0,21
MscExecutoras	-2,04	0,04	-2,22	0,03	-1,30	0,20	-1,82	0,08	-0,16	0,87	-1,04	0,30
MscPropECoop	-1,63	0,11	-1,97	0,05	-2,16	0,03	-0,88	0,38	1,33	0,19	-1,82	0,07
OutrasDespesasMesVP	-0,15	0,88	-2,21	0,03	-1,33	0,19	-1,24	0,22	0,73	0,47	2,73	0,01
RecursosHumanosMesVP	-1,38	0,17	-1,23	0,23	-2,05	0,04	-1,66	0,10	-1,25	0,22	-0,38	0,70
ServicoDeTerceirosMesVP	0,61	0,54	-0,62	0,54	0,24	0,81	1,18	0,25	-0,52	0,60	-0,15	0,88
ViagensEDiariasMesVP	-0,63	0,53	-1,20	0,24	-0,89	0,37	-1,38	0,17	1,80	0,08	0,07	0,94



## Anexo VI - Grupos Econômicos 2023

Classe	Grupo Econômico	Concessionária	Receita Bruta	Part.	Mercado 2022 - GWh	Part.
Grupo Econômico Multinacional	<b>Enel</b>		<b>47.018</b>	<b>15,6%</b>	<b>64.596</b>	<b>14,3%</b>
		Enel SP	27.343	9,1%	41.258	9,1%
		Enel Rio	9.919	3,3%	10.768	2,4%
		Enel CE	9.756	3,2%	12.570	2,8%
	<b>Neoenergia</b>		<b>46.679</b>	<b>15,5%</b>	<b>66.541</b>	<b>14,7%</b>
		Neo Coelba	16.326	5,4%	21.313	4,7%
		Neo Elektro	11.189	3,7%	18.503	4,1%
		Neo Pernamb.	10.192	3,4%	14.315	3,2%
		Neo Brasília	4.812	1,6%	6.591	1,5%
		Neo Cosern	4.161	1,4%	5.819	1,3%
		<b>CPFL Energia</b>		<b>40.384</b>	<b>13,4%</b>	<b>68.008</b>
	CPFL Paulista		18.807	6,2%	32.231	7,1%
	RGE Sul		12.118	4,0%	17.806	3,9%
	CPFL Pirat.		7.640	2,5%	14.943	3,3%
	CPFL Jaguari		1.819	0,6%	3.029	0,7%
<b>EDP</b>		<b>13.633</b>	<b>4,5%</b>	<b>26.192</b>	<b>5,8%</b>	
	EDP SP	7.620	2,5%	15.974	3,5%	
	EDP ES	6.013	2,0%	10.218	2,3%	
Grupo Econômico Nacional	<b>Energisa</b>		<b>28.744</b>	<b>9,5%</b>	<b>37.933</b>	<b>8,4%</b>
		Energisa MT	8.640	2,9%	9.858	2,2%
		Energisa MS	4.826	1,6%	5.763	1,3%
		Energisa PB	3.039	1,0%	4.812	1,1%
		Energisa SS	2.807	0,9%	4.553	1,0%
		Energisa RO	2.621	0,9%	3.568	0,8%
		Energisa TO	2.177	0,7%	2.653	0,6%
		Energisa SE	1.976	0,7%	2.897	0,6%
		Energisa MR	1.311	0,4%	1.936	0,4%
		Energisa AC	922	0,3%	1.143	0,3%
		Energisa BO	424	0,1%	750	0,2%
	<b>Equatorial</b>		<b>39.718</b>	<b>13,1%</b>	<b>48.762</b>	<b>10,8%</b>
		EQTL GO	11.013	3,6%	14.947	3,3%
		EQTL PA	9.461	3,1%	9.781	2,2%
		EQTL RS	5.817	1,9%	7.979	1,8%
		EQTL MA	5.614	1,9%	7.101	1,6%
		EQTL PI	3.339	1,1%	3.884	0,9%
		EQTL AL	3.255	1,1%	3.962	0,9%
EQTL AP	1.220	0,4%	1.107	0,2%		
Pública	<b>Estadual</b>		<b>59.751</b>	<b>19,8%</b>	<b>103.294</b>	<b>22,9%</b>
		Cemig-D	26.994	8,9%	46.864	10,4%
		Copel-Dis	18.330	6,1%	31.358	6,9%
		Celesc-Dis	14.427	4,8%	25.073	5,6%
Privado	<b>Oliveira Energia</b>		<b>5.817</b>	<b>1,9%</b>	<b>7.785</b>	<b>1,7%</b>
		Amazonas	4.752	1,6%	6.639	1,5%
		Roraima	1.065	0,4%	1.147	0,3%
	<b>Light Sesa</b>	<b>18.172</b>	<b>6,0%</b>	<b>25.086</b>	<b>5,6%</b>	
	<b>Demais</b>	<b>2.166</b>	<b>0,7%</b>	<b>3.506</b>	<b>0,8%</b>	
	<b>Total</b>		<b>302.082</b>	<b>100,0%</b>	<b>451.703</b>	<b>100,0%</b>

## Anexo VII – Variáveis criadas

Dimensão	Variável	Observação
Empresa	Quantidade Total de Empresas	A partir da tabela auditoria, variável "Tipo de Entidade Beneficiária", foram contadas o número de empresas com orçamento alocado para investimento para cada projeto.
	Quantidade Total de Proponentes/Cooperadas	
	Quantidade Total de Executoras	
Escolaridade das Equipes	Quantidade de Doutores de Proponentes/Cooperadas	A partir da tabela de equipes, foram contados o número de profissionais com cada tipo de formação para cada projeto.
	Quantidade de Doutores de Executoras	
	Quantidade Total de Doutores	
	Quantidade de Mestres de Proponentes/Cooperadas	
	Quantidade de Mestres de Executoras	
	Quantidade Total de Mestres	
	Quantidade de Especialistas de Proponentes/Cooperadas	
Quantidade de Especialistas de Executoras		
Quantidade Total de Especialistas		
Classificação Empresa	Grupo Econômico	A partir das bases de indicadores da ANEEL de 2015 até 2023, foi realizada uma análise dos grupos econômicos (Anexo V).
	Classe Empresa	Criada ao atribuir classes aos grupos econômicos, seguindo a posição societária divulgada em seus sites.
	Empresa Pública	<i>Dummy</i> criada a partir da classe empresarial.
Classificação Tecnológica	Inovação Madura	Varável <i>dummy</i> criada a partir da variável "fase da inovação" da base "PD Busca Textual". Onde 0 refere-se as tecnologias classificadas como "pesquisa básica", "pesquisa aplicada" ou "desenvolvimento experimental" e 1 a são "cabeça de série", "lote pioneiro" ou "inserção no mercado".

<b>Dimensão</b>	<b>Variável</b>	<b>Observação</b>
Econômica	IPCA Acumulado	Calculado a partir da divulgação do IPCA mensal pelo IBGE.
Financeira	<p>Investimento Proponente/Cooperada Recursos Humanos Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Proponente/Cooperada Serviço de Terceiros Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Proponente/Cooperada Viagens e Diárias Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Proponente/Cooperada Outras Despesas Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Proponente/Cooperada Material de Consumo Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Proponente/Cooperada Material Permanente Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Executora Recursos Humanos Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Executora Serviço de Terceiros Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Executora Viagens e Diárias Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Executora Outras Despesas Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Executora Material de Consumo Mês Valor Presente</p> <p>Investimento Executora Material Permanente Mês Valor Presente</p> <p>Investimento em Contrapartida Mês Valor Presente</p>	<p>A partir da tabela auditoria, as informações contidas na variável “Tipo de Entidade Beneficiária” foram transformadas em variáveis independentes sobre a composição financeira dos projetos alocadas para Proponentes/Cooperadas e Executoras.</p>