

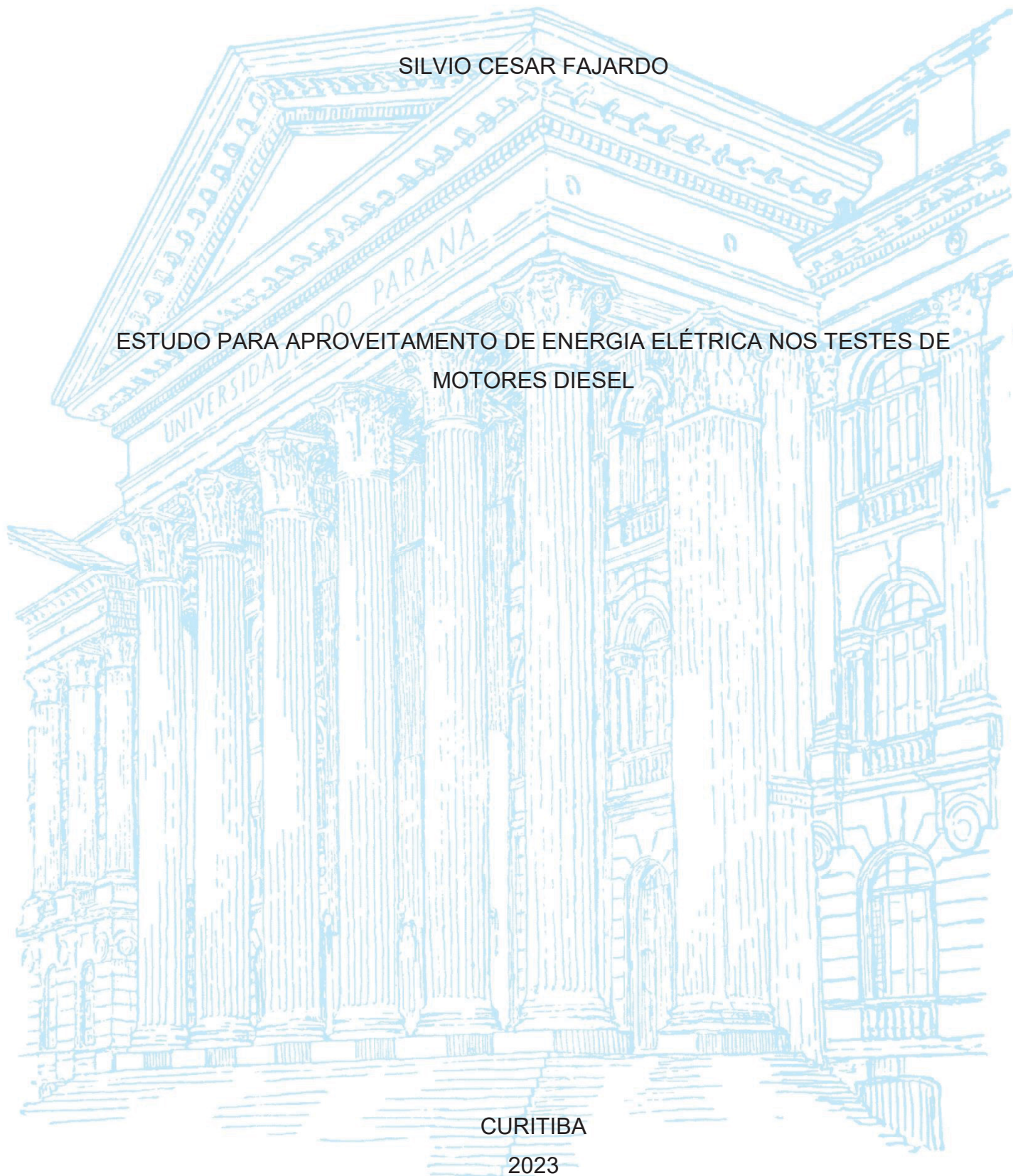
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SILVIO CESAR FAJARDO

ESTUDO PARA APROVEITAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NOS TESTES DE
MOTORES DIESEL

CURITIBA

2023



SILVIO CESAR FAJARDO

ESTUDO PARA APROVEITAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NOS TESTES DE
MOTORES DIESEL

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Cesar Raimundo

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Fajardo, Silvio Cesar

Estudo para aproveitamento de energia elétrica nos testes de motores diesel / Silvio Cesar Fajardo. – Curitiba, 2023.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientador: Rodrigo Cesar Raimundo

1. Energia Elétrica. 2. Energia - Fontes alternativas. 3. Sustentabilidade. 4. Energia elétrica e calor – Cogeração. 5. Motores a diesel. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial. III. Raimundo, Rodrigo Cesar. IV. Título.

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE
URBANO E INDUSTRIAL - 40001016057P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **SILVIO CESAR FAJARDO** intitulada: **ESTUDO PARA O APROVEITAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NOS TESTES DE MOTORES DIESEL**, sob orientação do Prof. Dr. RODRIGO CESAR RAIMUNDO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 24 de Fevereiro de 2023.

Assinatura Eletrônica

10/03/2023 14:04:25.0

RODRIGO CESAR RAIMUNDO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

14/03/2023 18:00:20.0

ARION ZANDONÁ FILHO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

21/03/2023 14:10:45.0

CARLOS AUGUSTO HENNING LAURINDO

Avaliador Externo (null)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível.

A todo corpo docente e discente do Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial da UFPR.

A minha esposa, filhas e filho que são minha razão de viver.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela saúde e disposição que nos permitiram a realização deste trabalho.

Aos meus familiares, minha esposa Sandra, minhas filhas Julia e Maria Eduarda e meu filho Arthur, pela compressão dos momentos que ficamos distantes.

Aos Doutores e Mestres, pelos infinitos ensinamentos dentro e fora de sala de aula.

Ao Professor Dr. Rodrigo José Raimundo, pela missão recebida de orientação e sua parceria desde o início do processo.

Aos amigos e colegas de turma pelas trocas de conhecimentos, auxílio e suporte nos momentos de dificuldades, bem como nas alegrias nos momentos de descontração.

EPÍGRAFE

*“Ensinar não é transferir conhecimento,
mas criar as possibilidades para a sua
própria produção ou a sua construção.”*

(Paulo Freire)

RESUMO

Em tempos desafiadores em que a demanda global de eletricidade está crescendo mais rapidamente que a geração de energia renováveis, estudos em melhorias tecnológicas sustentáveis tornam-se de fundamental importância para suprir os desafios que as inovações tão esperadas pela população do mundo moderno tornam-se realidade. Visando esse paradigma, este trabalho trata de uma proposta de melhoria de tecnologias para o aproveitamento de energia elétrica proveniente do teste de motores Diesel em uma fábrica de motores, sendo essa uma alternativa interessante não somente para países como o Brasil, mas para outros países que necessitam de mais energia limpa e sustentável. Tendo como objetivo fundamental possibilitar, analisar e discutir processos que possam contribuir para a cogeração de energia, e desta forma, aumentar a oferta e conseqüentemente minimizar os efeitos causados pela geração de energia a partir de fontes não renováveis. Neste processo, a cogeração ocorre através da energia mecânica gerada pela frenagem durante os testes de motores em cabines com a utilização de dinamômetros, convertendo essa energia para elétrica e armazenando em capacitores que poderão ser utilizados como fonte de energia renovável distribuída a outros processos ou devolvida a concessionária. Considerando que o estudo usou motores de diversas potências e modelos de 3, 4 e 6 cilindros, e utilizando dos cálculos de simulação através do consumo de Diesel de cada tipo de motor, demonstrou-se que os motores de 4 cilindros, considerando o consumo de Diesel e volume desse tipo de motor, apresentaram a melhor média de geração de energia, sendo 0,016 kWh_{el}/motor testado. Além dos motores 4 cilindros, os demais tipos de motores demonstraram-se eficientes também na geração de energia elétrica, assim, o estudo mostra-se altamente eficaz, resultando em redução de 45% em média no consumo total de energia adquirida da concessionária. Portanto, o estudo evidencia que com a execução do projeto, a energia poderá retornar ao sistema de alimentação da fábrica, reduzindo de maneira eficiente a despesa com energia elétrica, bem como, tornando-se um projeto de sustentabilidade, melhorando ainda a imagem da organização perante a comunidade, fornecedores e clientes.

Palavras-chave: Energia Elétrica; Energia Renovável; Sustentabilidade; Cogeração de Energia; Testes de Motores Diesel; Dinamômetros.

ABSTRACT

In challenging times in which the global demand for electricity is growing faster than the generation of renewable energy, studies on sustainable technological improvements become of fundamental importance to meet the challenges that the innovations long awaited by the population of the modern world become reality. Aiming at this paradigm, this work deals with a proposal for the improvement of technologies for the use of electrical energy from the testing of Diesel engines in an engine factory, which is an interesting alternative not only for countries like Brazil, but for other countries that need more clean and sustainable energy. Having as a fundamental objective to enable, analyze and discuss processes that can contribute to the cogeneration of energy, and in this way, increase the offer and consequently minimize the effects caused by the generation of energy from non-renewable sources. In this process, cogeneration occurs through the mechanical energy generated by breaking during engine tests in cubicles using dynamometers, converting this energy to electricity, and storing it in capacitors that can be used as a source of renewable energy distributed to other processes or returned to the dealership. Considering that the study used engines of different powers and models of 3, 4 and 6 cylinders, and using the simulation calculations through the Diesel consumption of each type of engine, it was demonstrated that the 4-cylinder engines, considering the consumption of Diesel and volume of this type of engine, presented the best energy generation average, with 0.016 kWh_{el}/engine tested. In addition to the 4-cylinder engines, the other types of engines also proved to be efficient in generating electricity, so the study is highly effective, resulting in a reduction of 45% on average in the total consumption of energy purchased from the concessionaire. Therefore, the study shows that with the project execution, the energy will be able to return to the factory's power supply system, efficiently reducing the expenses, as well as becoming a sustainability project, further improving the organization's image in front of the community, suppliers and customers.

Keywords: Electricity; Renewable Energy; Sustainability; Co-Generation of Energy; Diesel Engine Tests, Dynamometer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Usuários de Energia no Brasil.....	19
Figura 2 - Consumo de Energia por Fonte	20
Figura 3 - Consumo de Energia na Indústria.....	20
Figura 4 - Participação de Fontes Renováveis na Matriz Energética Brasileira	21
Figura 5 - Comparação do Sistema Convencional e Sistema de Cogeração de Energia Elétrica	22
Figura 6 - Demonstração de Perda de Sistemas de Queima com Diesel.....	23
Figura 7 - Modelo de Gerador Mecânico	25
Figura 8 - Desenho Esquemático do Dinamômetro de Freio.....	27
Figura 9 - Diagrama Esquemático de um Dinamômetro Hidráulico.....	28
Figura 10 - Dinamômetro de Eddy Current.....	30
Figura 11 - Resolução Normativa n.º 482/687	32
Figura 12 - Imagem de Satélite da Área de Estudo.....	42
Figura 13 - Diagrama de Freiro de Corrente Parasita	44
Figura 14 - Modelo Geral Básico do Método a ser instalado.....	45
Figura 15 - Consumo de Diesel em Litros por Motores testados entre abril de 2021 e Março de 2022	46
Figura 16 - Consumo de Energia x Fração de Redução	48
Figura 17 - Energia Consumida x Consumo com Dedução da Fração de Redução	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Transformação da Queima do Diesel em Energia.....	46
Tabela 2 - Consumo de Energia da Área de Estudo	47
Tabela 3 - Consumo de Energia da Área de Estudo	47
Tabela 4 - Discriminação dos Materiais Propostos e seus Respectiveos Custos	51

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

MAUI	Meio Ambiente Urbano Industrial
COPEL	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
OIE	Oferta Interna de Energia
BEN	Balanço de Energia Nacional
COGEN	Associação da Indústria de Cogeração de Energia
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
DC	Fontes de Corrente Direta
EUA	Estados Unidos da América
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
ASAE	<i>American Society of Automotive Engineers</i>
ISO	Associação Internacional de Normalização
OECD	Organização para a Cogeração e Desenvolvimento Econômico
TDP	Tomada de Potência de um Motor
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CPF	Cadastro de Pessoa Física
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
NTC	Norma Técnica da COPEL
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
SEMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente
IAP	Instituto Ambiental Paranaense
HP	<i>Horse Power</i>
kVA	Quilovolt – <i>ampere</i>
kWh	Quilowatt – hora
MWh	Megawatt – hora
kW	Quilowatt
MW	Megawatt
kV	Quilovolt
CO ₂	Dióxido de Carbono

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo geral	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 ENERGIA ELÉTRICA.....	19
2.2 A DEMANDA POR ELETRICIDADE NO BRASIL	19
2.3 RECURSOS RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS.....	21
2.3.1 Energia Renovável no Brasil	21
2.3.2 Tecnologias de Aproveitamento e Transformação de Energia	22
2.3.2.1 Cogeração de Energia	22
2.4 TECNOLOGIAS DE COGERAÇÃO DE ENERGIA	23
2.4.1 Geradores de Energia	24
2.4.2 Geradores Mecânicos	25
2.5 DINAMÔMETROS.....	26
2.5.1 Dinamômetro de Freio de Prony.....	27
2.5.2 Dinamômetro Hidráulico	27
2.5.3 Dinamômetro de Eddy Current ou Corrente Parasita	28
2.5.4 Da Construção do Dinamômetro de Eddy Current ou Corrente Parasita	29
2.5.5 Funcionamento do Dinamômetro de Eddy Current ou Corrente Parasita	29
2.5.6 Características do Dinamômetro de Corrente Parasita	30
2.5.7 Vantagens do Dinamômetro de Corrente Parasita	30
2.6 DA CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL E O QUE SE REFERE AO MEIO AMBIENTE	31
2.7 NORMAS APLICÁVEIS PARA COMPENSAÇÃO DE ENERGIA	31
2.7.1 Resolução Normativa N° 482/2012 e N° 687/2015.....	32
2.7.2 Resolução Normativa N° 235 – Qualificação de Centrais Termoelétricas Cogeradoras de Energia	33
2.8 NORMAS TÉCNICAS DE TESTES DE MOTORES.....	34
2.9 COMPENSAÇÃO CONCESSIONÁRIA ELÉTRICA (COPEL).....	36
2.9.1.1 Detalhes Sobre o Inversor	37
2.9.1.2 Parecer de Acesso	37

2.9.1.3 Licenciamento Ambiental para Fins de Projetos de Cogeração	38
2.9.1.4 Da Vistoria	38
2.10 DEMAIS NORMAS E PADRÕES APLICÁVEIS CONSIDERADOS NA APLICAÇÃO E EXECUÇÃO DO PROJETO	39
2.10.1 NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos	39
2.10.2 NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.....	39
2.10.3 ABNT-NBR-12.100 - Segurança de Máquinas	40
2.10.4 ABNT-NBR-14.153 - Segurança de máquinas	40
2.10.5 ABNT-NBR-5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão	40
2.10.6 ABNT-NBR-14039:2005 - Instalações Elétricas em Média Tensão.....	40
3 MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	41
3.2 DETALHAMENTO DO PROCESSO DE MONTAGEM DE MOTORES	42
3.3 INTRODUÇÃO AO MÉTODO DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DE DINAMÔMETRO DE EDY CURRENT	43
3.4 CONVERSÃO DA ENERGIA	43
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	45
4.1 ANÁLISE DE CUSTO	49
4.2 DO PROJETO	49
4.3 DA EXECUÇÃO	49
5 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento, nas suas mais variadas formas, tais como o avanço tecnológico, expansão de áreas urbanas, implantação de novos centros de negócios e indústrias, é um fator que requer um consumo significativo de matéria-prima e energia. Para produzir qualquer bem de consumo é preciso desprender energia em suas mais variadas formas e fontes. A forma de geração energética vem ocupando, de maneira crescente, uma posição de relevância na preocupação social. Suprir essa necessidade de maneira sustentável é indispensável para se garantir a continuidade da vida na Terra (PHILIPPI; DOS REIS, 2016).

O aumento da demanda energética é uma realidade do mundo moderno, em contrapartida a preservação ambiental junto ao desenvolvimento sustentável também, surgindo assim a necessidade de geração de energia utilizando fontes limpas e renováveis que garantam a permanência da vida na Terra (QUEIROZ et al., 2013).

As formas de produção adotadas desde o final do século XVII colocava as fontes de energia como inesgotáveis, então a preocupação com o meio ambiente inexistia. Mas no final do século XX e início do século XXI as evidências do desequilíbrio entre desenvolvimento econômico e meio ambiente, em que a Terra se encontra, se demonstrou extremamente nocivas para a perpetuação da vida no planeta (QUEIROZ et al., 2013).

Atualmente, torna-se cada vez mais importante a discussão entre as fontes renováveis e não-renováveis de energia, bem como, a forma como a energia é produzida e como são tratados as emissões e os resíduos que são gerados. Essa maneira de produção é insuficiente para à manutenção dos ciclos naturais do planeta e para mantê-lo preparado para receber as gerações que estão por vir (SOARES, 2021). Embora o cenário brasileiro seja privilegiado neste ponto, ressaltando-se que a sua matriz energética é composta principalmente por fontes não poluentes (FREITAS; DATHEIN, 2013), grande parte do mundo é altamente dependente de fontes não renováveis e potencialmente poluidoras – como o petróleo, carvão mineral, gás natural, entre outros (SOARES, 2021).

O maior contaminante nessa história de poluição é o dióxido de carbono (CO₂), além de outros gases liberados que também colaboram para o chamado efeito estufa (SOARES, 2021). Seria preciso investir em novas fontes de geração energética, no entanto, o custo em investir em novas fontes de energia é relativamente

alto nos anos iniciais (SILVA, NETO; SEIFERT, 2016). Além dos custos iniciais existem também outros problemas, como a interrupção do processo para a implementação de uma nova matriz, além dos resíduos gerados com a desativação do processo anterior.

Uma das alternativas para mitigar os danos gerados em decorrência do uso de matrizes não-renováveis seria o reaproveitamento energético das fontes de geração de energia já instaladas, sendo uma forma de reaproveitamento de energia a cogeração em testes de motores em salas de dinamômetros. (O Autor)

A cogeração de energia é a produção simultânea e frequente de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível. Os sistemas mais comuns são a produção de energia elétrica e térmica através do uso do gás natural ou biomassa. (COGEN – Associação da Indústria de Cogeração de Energia)

Os primeiros sistemas de cogeração instalados na história são datados da primeira década do século 20, quando a produção centralizada de energia elétrica era quase inexistente, não havia grandes centrais geradoras pela falta de uma tecnologia eficiente. Não era raro o próprio consumidor de energia elétrica instalar sua própria central de geração de energia. Esse cenário se estendeu até a década de 40. (COGEN – Associação da Indústria de Cogeração de Energia).

A partir daí, a tecnologia foi evoluindo e surgiram novos conceitos de geração e de interligação de sistemas elétricos, tornando possível e otimizando forma centralizada de geração de energia através de grandes centrais (hidrelétricas e termelétricas – nucleares, carvão, gás natural e óleo combustível), assim, conseguiam fornecer energia abundante e de baixo custo. Os sistemas de cogeração foram então perdendo força e, gradualmente, retirados do mercado. (COGEN – Associação da Indústria de Cogeração de Energia).

No entanto, nas últimas décadas os setores energéticos passaram a conviver com crises sistêmicas, relacionadas com as dificuldades dos governos criarem condições políticas e econômicas para manter a estabilidade regulatória necessária para atrair fluxos regulares de recursos para investimentos e assegurar mecanismos que facilitem as exigências dos longos processos de licenciamento ambiental dos projetos, para assegurar o abastecimento de energia elétrica, em quantidade e qualidade compatível com o ritmo de crescimento econômico, além do custo que vem aumentando a medida que essas crises se intensificam. (COGEN – Associação da Indústria de Cogeração de Energia).

Por mais eficiente que seja a queima de combustível de um motor, independentemente de qual combustível usado, sempre será gerada uma perda de calor emitido no processo ou perda mecânica para o fim do uso do motor. Infelizmente, para a utilização do calor é necessário que a fonte de alimentação esteja próxima do local da perda, o que limita a trabalhar no reuso da energia mecânica através da transformação dessa em energia elétrica. (COGEN – Associação da Indústria de Cogeração de Energia)

Neste sentido, a realização deste estudo foi motivada pela oportunidade de propor uma alternativa para a cogeração de energia a partir de testes de motores Diesel em salas de testes, com o uso de dinamômetros, com isso, procura-se contribuir para o aumento da eficiência energética. Visto a escassez de dados ou até mesmo de informações dispersas, referentes ao processo de cogeração energética a partir de testes de motores a Diesel em salas de dinamômetros, esse trabalho busca, analisar e discutir processos já estudados que possam contribuir para a cogeração, a partir de fontes não renováveis.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica, econômica e ambiental de sistemas de cogeração de energia a partir de testes de motores a Diesel em salas de dinamômetros em uma fábrica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Compreender e analisar sobre os tipos de testes de motores movidos a Diesel e quais oferecem a possibilidade de cogeração de energia.
- Analisar e pesquisar a metodologia possível de ser implantada para a geração de energia em uma fábrica de motores Diesel.
- Proporcionar a observação e implantação do processo de cogeração de energia.
- Avaliar e definir as combinações mais adequadas e as tecnologias existentes, bem como a metodologia de cálculo da quantidade de energia gerada.

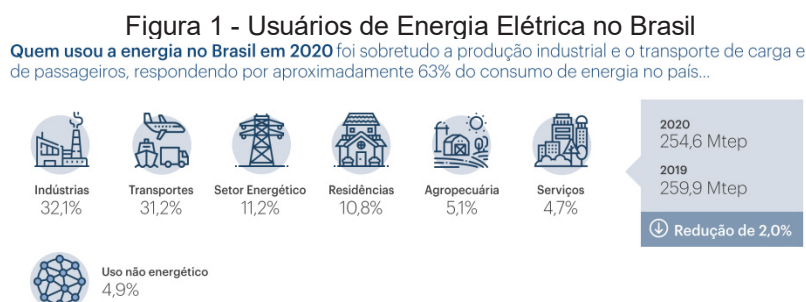
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ENERGIA ELÉTRICA

Presente no dia a dia das pessoas a energia elétrica facilita e impulsiona a produção globalmente, além do abastecimento das residências para a utilização e eletrodomésticos, eletroportáteis, eletrônicos em geral, iluminação pública e privada (MME, 2016). Na sua grande maioria gerada em usinas hidrelétricas e termelétricas, a energia elétrica passa por transformações mecânicas e químicas, conduzida por redes de transmissão de alta potência até o consumidor final. A energia elétrica é transportável a longas distâncias, até regiões nas quais possa ser mais bem utilizada, como em núcleos populosos, centros industriais, núcleos rurais, dentre outros (NASCIMENTO, 2016).

2.2 A DEMANDA POR ELETRICIDADE NO BRASIL

No Brasil, a energia elétrica é mais comumente produzida por Usinas Hidroelétricas, que utilizam da energia potencial da água para a produção de energia. Hoje a quantidade de usinas operando no país não tem demonstrado capacidade de atender à demanda que aparentemente cresce a cada ano, apesar dos esforços das concessionárias em acompanhar o crescimento da demanda (IPEA, 2018), uma vez que os brasileiros estão cada vez mais conectados com computadores, celulares, tablets e aumento de infraestrutura, além das indústrias que são os maiores consumidores deste tipo de energia, segundo o Balanço Energético Nacional de 2021. Na Figura 1, pode ser evidenciado que o maior consumidor de energia elétrica no Brasil são as indústrias, seguido do setor de transporte e energético.

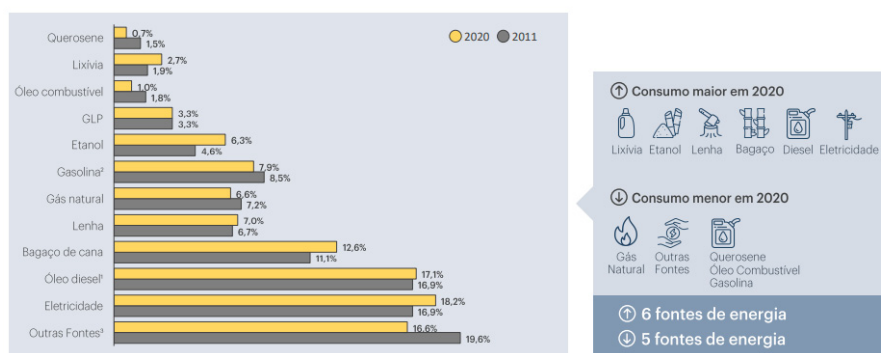


Fonte: Balanço Energético Nacional. Ano Base: 2021 (BEN, 2021).

Neste contexto, a busca por energia renovável dentro das indústrias se mostra cada dia mais importante e necessária, apesar de o Brasil aparecer como um dos países/regiões com a maior utilização de fontes renováveis no mundo (IEA, 2021). De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2021, na matriz energética calculada com base na Oferta Interna de Energia (OIE) (BRASIL, 2021).

Apesar dos vastos recursos naturais que impulsionam o País na utilização de energia renovável, a energia elétrica ainda é uma das mais utilizadas de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) no ano de 2021, conforme mostra a Figura 2 - consumo de energia por fonte.

Figura 2 - Consumo de Energia por Fonte
Consumo Final de Energia por fonte (participação)

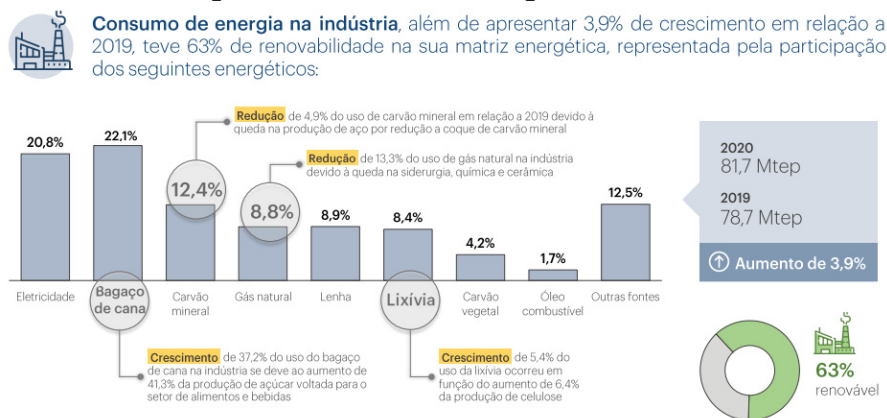


¹ Inclui biodiesel.
² Inclui gasolina de aviação.
³ Inclui gás de refinaria, coque de carvão mineral, de carvão vegetal e de petróleo, alcatrão, nafta, carvão mineral, outros energéticos de petróleo, asfalto, lubrificantes e solventes.

Fonte: Balanço Energético Nacional. Ano Base: 2020 (BEN, 2020).

Na indústria, pode se notar que esse consumo é significativo, portanto, a busca por novas tecnologias torna-se fundamentalmente importante (EPE, 2019). A Figura 3 apresenta o consumo de energia na indústria.

Figura 3 - Consumo de Energia na Indústria



¹ "Outras fontes" incluem óleo diesel, GLP, nafta, querosene, gás de coqueira, alcatrão, gás de refinaria, coque de petróleo, dentre outros renováveis e não renováveis.

Fonte: Balanço Energético Nacional. Ano Base: 2021 (BEN, 2021).

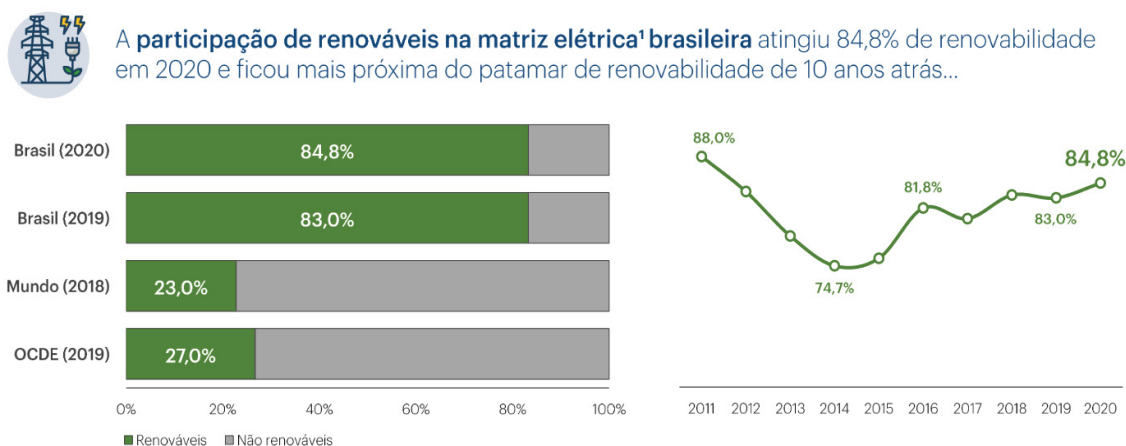
2.3 RECURSOS RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS

Os recursos naturais podem ser definidos em um amplo aspecto de componentes como: recursos minerais, biológicos, ambientais e incidentais (IPEA, 2019). Assim é possível definir recurso natural como todos os bens que provém da natureza e que o ser humano pode utilizar ou não para satisfazer suas necessidades. Esses são classificados em recursos naturais renováveis ou não-renováveis em função do tempo em que estes levam para serem gerados na natureza (DA MATA, 2020). Desta forma, o tempo demandado para a geração do recurso natural é o que irá dizer se ele será renovável ou não-renovável (KRUMMENAUER, 2009).

2.3.1 Energia Renovável no Brasil

O Brasil é uma referência na comunidade internacional em utilização de fontes de energia renováveis. Com abundantes fontes de energia alternativas (TAVARES, 2019), o Brasil é um dos países que mais utiliza essas fontes de energia limpa (BRASIL, 2021), além disso, o Brasil conta com as diferentes fontes de energia renovável como eólica, hídrica, biomassa, geotérmica e maremotriz. Conforme mostra a Figura 4, a participação das fontes renováveis no Brasil respondia por 84,8% em 2020, enquanto a média mundial era de 23% (BEN, 2022).

Figura 4 - Participação de Fontes Renováveis na Matriz Elétrica Brasileira



Fonte: Balanço Energético Nacional. Ano Base: 2021 (BEN, 2021).

Mesmo sendo referência neste quesito, até 2030, o país assumiu o compromisso de aumentar em até 23% a participação em outras fontes de energia renováveis em sua matriz energética (EPE, 2021).

2.3.2 Tecnologias de Aproveitamento e Transformação de Energia

Existem diversas metodologias com diferentes técnicas de aproveitamento e transformação de energia disponíveis como a combustão direta, fermentação, dentre outras. Para este estudo será abordado com mais detalhes a cogeração de energia (QUEIRA, 2011; PINTO, 2017).

2.3.2.1 Cogeração de Energia

A Figura 5 apresentada a seguir, evidencia a comparação entre os sistemas térmicos convencionais e sistemas térmicos com cogeração.

Figura 5 - Comparação do Sistema Convencional e Sistema de Cogeração de Energia Elétrica



Fonte: Retirado de: <<https://www.cogen.com.br/>>. Acesso em: 11 dez. 2022.

Segundo a Associação da Indústria de Cogeração de Energia (2022), o conceito de cogeração pode ser compreendido como a produção simultânea e de forma sequenciadas de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível.

Os primeiros sistemas de cogeração de energia datam da primeira década do século XX (vinte), uma vez que a tecnologia era limitada e a infraestrutura não permitia a distribuição em massa da energia, sendo que não era raro que o próprio consumidor instalasse sua fonte pessoal de geração de energia. Esse comportamento perdurou até o final da década de 40 (PESSOA et al., 2020).

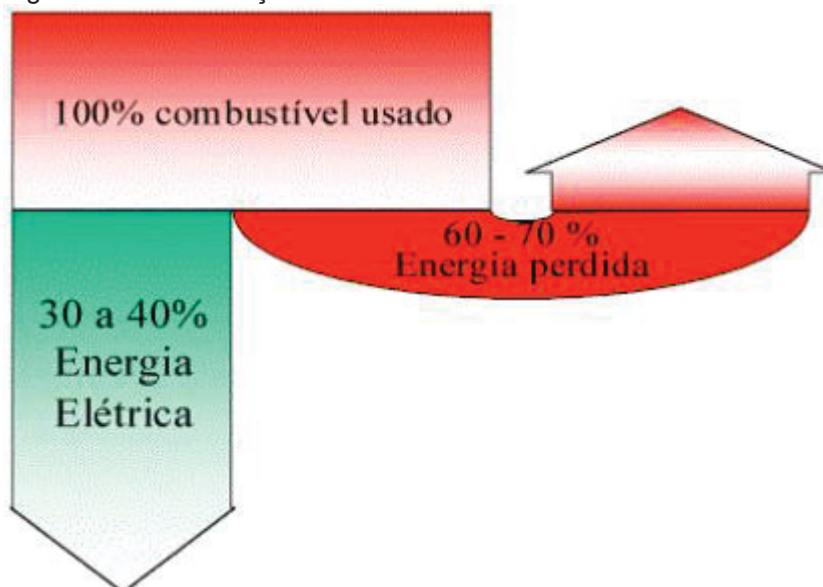
Com o avanço da tecnologia surgiram novos conceitos de geração, centralização e distribuição de energia, assim grandes centrais foram desenvolvidas e era possível fornecer energia em abundância e a baixos custos (PORTO, 2019).

Porém, com o passar dos anos o globo vêm experienciando uma crise sistêmica dos recursos naturais com baixo investimento na infraestrutura, conseqüentemente aumentando o custo da energia disponível e havendo na contramão um aumento da demanda (KRELL; SOUZA, 2020).

Com este substancial aumento da demanda há um impulso na busca por cogeração e energias renováveis, portanto, os consumidores finais como por exemplo as indústrias podem administrar seu consumo, além de garantir a qualidade e estabilidade dos sistemas instalados, além de reduzir o desperdício pela perda nos sistemas convencionais (LOSEKANN; TAVARES, 2019).

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE, 2022) por mais eficiente que um gerador termoelétrico seja, ainda existe uma perda de aproximadamente 60% a 70%, uma vez que a queima do Diesel se transforma em calor e desta forma, é dissipada no meio ambiente, conforme Figura 6.

Figura 6 - Demonstração de Perda de Sistemas de Queima com Diesel



Fonte: Instituto Nacional de Eficiência Energética. Relatório Síntese: 2021 (INEE, 2021).

2.4 TECNOLOGIAS DE COGERAÇÃO DE ENERGIA

De acordo com a Associação da Indústria de Cogeração de Energia, com o passar dos anos e com o aumento da demanda, diversas empresas surgiram no

mercado com diferentes tecnologias para os sistemas de cogeração de energia. Normalmente essas tecnologias são desenvolvidas por sistemas com equipamentos que se utilizam de um combustível, que podem ser biomassa ou Diesel por exemplo, os quais geram energia mecânica para os geradores, que por sua vez produzem a energia elétrica (ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA, 2021).

Ainda de acordo com a Associação da Indústria de Cogeração de Energia (2021), uma das principais vantagens dos sistemas de cogeração é a economia no investimento de sistemas de transmissão e distribuição e consequente a redução nas contas de consumo de eletricidade, bem como, a elevada eficiência energética quando comparados aos sistemas tradicionais de cogeração, através de termelétricas e a redução da emissão de CO₂ no meio ambiente.

A seguir, o Quadro 1 apresenta a comparação de eficiência energética de sistemas termelétricos e cogeração de energia.

Quadro 1 - Comparação de Eficiência Energética de Sistemas Termelétricos e Cogeração de Energia

Ciclo	Otto ou Diesel*	Rankine**	Brayton***	Combinado****
Termelétrico	40 a 46%	30 a 45%	30 a 45%	57%
Cogeração	62%	50%	70 a 75%	>70%

*Uso mecânico, utilizado usualmente para motores.

**Converte calor em trabalho, usualmente para motores a vapor e caldeiras.

***Utilizado para turbinas a gás.

****Associação de turbinas a gás e vapor.

Fonte: Adaptado da Associação da Indústria de Cogeração de Energia - COGEN (2021). Disponível em: <<https://www.cogen.com.br/>>. Acesso em: 11 dez. 2022.

2.4.1 Geradores de Energia

Geradores de energia são equipamentos utilizados para a transformação de diferentes tipos de energia em energia elétrica (MORAES, 2019). Eles podem garantir o fornecimento de energia elétrica quando o sistema de distribuição da concessionária local falhar por qualquer motivo ou apresentar instabilidade, também podem ser utilizados para a transformação de energias nos sistemas de cogeração (SAMIONI, 2006), servindo para atender à demanda em caso de falhas como listado acima, ou ainda para retornar à distribuição para concessionária, transformando essa energia em créditos que podem ser utilizados na compensação das contas de energia dos consumidores que aderem à esses sistemas (MELO, 2017).

Atualmente no mercado existem vários tipos de tecnologias de geradores de energia elétrica para diferentes tipos de aplicações, conforme mostra o site tecnogera.com.br, listados abaixo (MORAES, 2019):

- ✓ Gerador solar: alimentados pelos raios solares necessitam de uma grande área útil e podem conduzir o consumo a custo zero.
- ✓ Gerador eólico: gerador sustentável que se utiliza dos ventos para sua alimentação e necessita estar em uma área com certa altitude para que seja eficiente.
- ✓ Gerador químico: esses equipamentos geram energia elétrica através de reações químicas e são bastante comuns, como exemplos pode-se citar as pilhas e baterias.
- ✓ Gerador mecânico: estes geradores que são alvo deste estudo, produzem energia através da movimentação mecânica.

2.4.2 Geradores Mecânicos

Existem dois tipos de geradores mecânicos disponíveis no mercado, que são os síncronos e os assíncronos.

Figura 7 - Modelo de Gerador Mecânico



Fonte: Disponível em: <<https://www.tecnogera.com.br/>>. Acesso em: 11 dez. 2022.

Os geradores síncronos trabalham com uma frequência de corrente elétrica sincronizada com a frequência de rotação do motor. Para a geração da corrente elétrica é necessária uma fonte de campo magnético variável através do acoplamento de ímãs ou eletroímãs ao rotor. Quando o rotor gira, o campo magnético também gira

produzindo corrente elétrica nas bobinas instaladas nas paredes do gerador (GRANJA, 2018).

Uma das vantagens desse tipo de gerador é a corrente alternada que permanece fixa independentemente da carga que o gerador está alimentando, tornando-os mais eficientes quando utilizados em larga escala. Como desvantagem é citado a necessidade de uma corrente contínua para alimentação dos ímãs ou eletroímãs, e são equipamentos complexos com contatos mecânicos que exigem manutenção frequente. Os geradores assíncronos utilizam os mesmos princípios dos motores a indução, transformando energia elétrica em energia mecânica (MELO, 2017).

2.5 DINAMÔMETROS

De acordo com Hamada (2018), a forma mais comum de testar motores em um ambiente industrial é com a aplicação de potência e torque, a fim de garantir o desempenho, bem como, melhoramento contínuo em termos de consumo, desempenho e emissões dos motores, além de ser uma importante ferramenta de garantir a qualidade e o perfeito funcionamento dos sistemas integrantes.

Os motores são dispostos em cabines de testes, denominadas Dinamômetros, são conectados ao eixo e através de um sistema de controle por módulo de computador recebem sinais de carga de ignição e inicia-se o processo de funcionamento, através da queima do Diesel, o qual gera a energia mecânica para o seu funcionamento. Os testes consistem em um determinado tempo de funcionamento com aumento da potência, aumentando a rotação do motor e conseqüentemente a sua carga, determinando que essa potência seja ampliada e simulando a frenagem reduzindo essa mesma potência em diversos momentos, simulando desta forma o funcionamento do motor em uma máquina real, assim é possível avaliar o funcionamento, consumo, vazamentos de líquidos em geral, montagem (uma vez que neste primeiro momento as peças recém montadas se ajustam ou não ao sistema), dentre outros (MELO, 2017).

Para a redução da rotação do motor o sistema de computador envia um sinal de diminuição de potência, baixando a carga aplicada no motor em conjunto com um freio magnético acoplado ao dinamômetro que é acionado, freando e reduzindo a

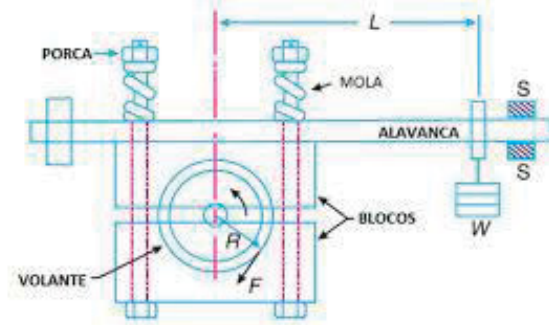
rotação diversas vezes durante o teste, fazendo que a energia gerada por esse freio seja dissipada no ambiente em forma de calor (HAMADA, 2018).

Essa energia produzida pelo processo de frenagem, dissipada no próprio ambiente, poderia ser reutilizada em outros processos ou alimentação de iluminação ou ainda retorno para a concessionária. Dinamômetros são sistemas utilizados desde o século 19, sendo que o controle destes equipamentos garante a confiabilidade dos testes e calibrações de motores, uma vez que o princípio do dinamômetro é absorver a potência do veículo/máquina, medir o torque e a rotação e determinar a potência de saída ou a perda de força, multiplicando a rotação e o torque que é de extrema importância (HAMADA, 2018).

2.5.1 Dinamômetro de Freio de Prony

Foi o primeiro dinamômetro registrado, datado em 1821 por Gaspard de Prony que era um sistema bem mais simples, no entanto, foi o ponto de partida para outras versões melhoradas do equipamento (KILLEDAR, 2012). O sistema Prony converte a potência em calor e necessita de um sistema de resfriamento que é do tipo absorção, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Desenho Esquemático do Dinamômetro de Freio

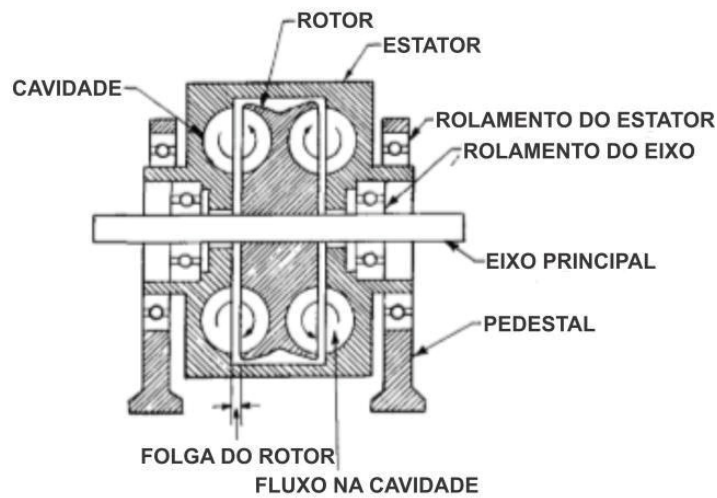


Fonte: Retirado de Prony, Khurmi e Gupta (2010).

2.5.2 Dinamômetro Hidráulico

De acordo com a Figura 9, é um dispositivo destinado a absorção e medição de potência produzida por uma fonte capaz de acioná-lo, sendo necessário suprimento contínuo de água para absorver a energia mecânica e trocar o calor gerado no processo (KILLEDAR, 2012).

Figura 9 - Diagrama Esquemático de um Dinamômetro Hidráulico



Fonte: Retirado de Narayan (1968).

2.5.3 Dinamômetro de Eddy Current ou Corrente Parasita

Este é o tipo de dinamômetro utilizado atualmente para testes de motores na empresa que é objeto deste estudo. O francês Leon Foucault, descobriu o fenômeno da corrente parasita o que deu origem a invenção do dinamômetro de correntes parasitas por Anthony Whinter por volta de 1931, sendo introduzido mais tarde em aplicações industriais em meados de 1936 (FURTADO, 2019).

Trata-se de um dinamômetro utilizado principalmente em testes de desempenho em máquinas de transmissão e potência, sendo muito utilizado na medição da potência de saída. O controle e estabilidade do equipamento é garantido por um torque de frenagem estável e muito preciso (DUO-YANG, 2017).

O dinamômetro de corrente parasita é um dispositivo que garante menor perdas, alta eficiência e mais versatilidade se comparado ao dinamômetro mecânico convencional. Isso porque nas correntes parasitas existe a ausência de qualquer contato físico entre os rolamentos e a excitação (BORGES, 2015).

Devido ao seu pequeno tamanho e capacidade o dinamômetro de corrente parasita tem inúmeras aplicações como testar o desempenho de um motor de combustão interna, sendo usado como carga, por exemplo. Um dinamômetro de corrente parasita é um dispositivo de conversão de energia eletromecânica, que converte energia mecânica em calor. Este equipamento usa fundamentalmente a Lei

de Faraday de Indução eletromagnética como seu princípio de funcionamento (DUGONSKI; ZOSCHKE, 2011).

2.5.4 Da Construção do Dinamômetro de Eddy Current ou Corrente Parasita

A construção do dinamômetro de correntes parasitas é formada por uma estrutura externa como o estator, produzida com um material magnético como ferro fundido ou aço silício para aplicações delicadas. Esse estator possui os rolamentos que são produzidos de cobre e são alocados em ranhuras que quando são energizados produzem um campo magnético nas bobinas do estator.

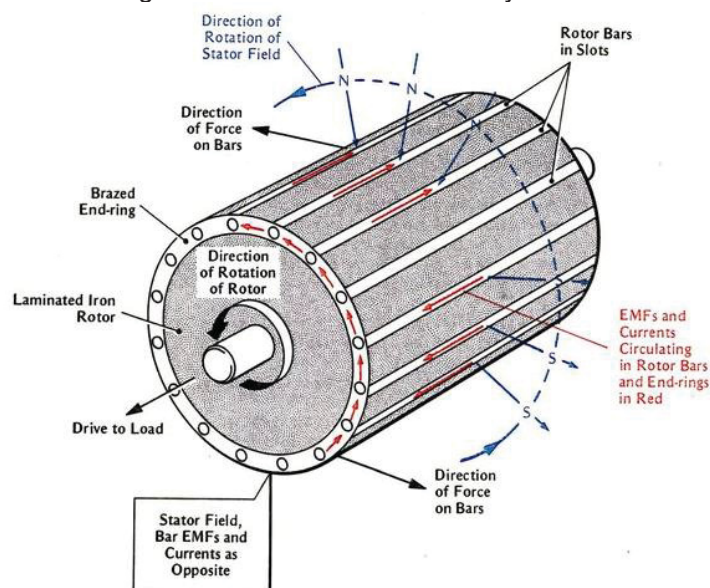
O membro giratório é chamado de rotor, que é mantido abaixo das bobinas do estator. O rotor é colocado em um eixo para que possa girar. Os rolamentos do rotor são colocados em ranhuras. O rotor deve ser conectado ao motor principal, de modo que, quando o motor principal gira, ele fornece a entrada mecânica para o dispositivo. Uma alimentação DC (fontes DC – corrente direta) é usada para energizar os rolamentos do estator. No caso de máquinas grandes, retificador unidades são usadas para obter este fornecimento DC, sendo que o óleo é usado para resfriar e isolar os enrolamentos do estator. Isso é importante para dissipar o calor gerado (KAWANO, 2015).

2.5.5 Funcionamento do Dinamômetro de Eddy Current ou Corrente Parasita

Um dinamômetro de corrente parasita funciona segundo o princípio da Lei de indução eletromagnética de Faraday. De acordo com Rafael Helerbrock (2022, p. 1) “A lei de Lenz enuncia que, quando houver uma variação de fluxo magnético sobre um condutor fechado, surgirá, nesse condutor, um campo magnético que se oporá a tal variação. Essa lei é uma consequência direta de um princípio da física conhecido como conservação da energia e complementa a lei de indução de Faraday”.

A seguir, a Figura 10 apresenta o esquema de funcionamento do Dinamômetro de Eddy Current ou Corrente Parasita.

Figura 10 - Dinamômetro de Eddy Current



Fonte: Disponível em: <www.quora.com/How-does-an-eddy-current-dynamometer-works>. Acesso em: 11 dez. 2022.

2.5.6 Características do Dinamômetro de Corrente Parasita

O dinamômetro de corrente parasita é diferente do convencional dinamômetro mecânico. Quando o rotor do dinamômetro corta o campo magnético do estator há a indução nos condutores do rotor, fazendo com que as correntes parasitas fluam nos condutores do rotor. A direção das correntes parasitas é oposta à mudança no fluxo magnético e é gerada no rotor (MONTEIRO, 2019).

O rotor se opõe à força exercida devido ao fluxo magnético, no entanto, devido à entrada do motor principal, ele continua girando e como não há contato físico entre o campo magnético e os condutores, as perdas produzidas são muito menores se comparadas a um gerador convencional. Ao contrário de um dinamômetro mecânico convencional, em um dinamômetro de corrente parasita, um braço é conectado ao corpo do estator. Na extremidade do braço, é conectado um ponteiro, que pode medir o torque produzido no enrolamento do rotor. Ao conhecer a velocidade do rotor, a quantidade de potência pode ser conhecida, pois a potência é igual ao produto do torque pela velocidade (MONTEIRO, 2019).

2.5.7 Vantagens do Dinamômetro de Corrente Parasita

As vantagens do dinamômetro de corrente parasita são:

- Maior eficiência se comparado com os dinamômetros mecânicos devido às baixas perdas por atrito;
- Estrutura mais simples;
- Pode ser operado de forma mais conveniente;
- Possui uma resposta dinâmica rápida devido à baixa inércia rotacional;
- Pode ser conectado a uma unidade de controle externa facilmente para monitorar o fluxo de correntes e até mesmo controlá-lo;
- O torque de frenagem é muito alto;
- É altamente preciso e estável.

2.6 DA CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL E O QUE SE REFERE AO MEIO AMBIENTE

A Constituição da República Federativa do Brasil prevê a proteção do Meio Ambiente através da preservação e prevenção da poluição.

Em seu capítulo VI (seis), dedicado ao Meio Ambiente, a Constituição trás no texto do Artigo 225:

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Sendo assim, como Lei Maior do República Federativa do Brasil, a observação da Constituição se faz necessária nesse estudo, apesar de, o objeto deste estudo não ser considerada uma atividade potencialmente poluidora, deve-se observar as modificações necessárias para a aplicação das soluções que se apresentam e garantir o atendimento integral desta Lei, bem como contribuir para sustentabilidade ambiental do negócio.

2.7 NORMAS APLICÁVEIS PARA COMPENSAÇÃO DE ENERGIA

Para estudo e a viabilização da implementação do projeto de cogeração de energia, vários requisitos e normas são aplicáveis e devem ser avaliados e seguidos,

caso contrário todo o investimento pode ser colocado em risco caso não seja liberado o projeto pelos órgãos competentes. Portanto, serão listadas estas exigências conforme segue:

2.7.1 Resolução Normativa Nº 482/2012 e Nº 687/2015

O Sistema de Compensação de Energia Elétrica foi idealizado pela Resolução Normativa nº 482/2012, que permite que o consumidor possa gerar sua própria energia, bem como, transformar o excedente em créditos que podem ser comutados na distribuidora, podendo ainda deduzir da fatura da conta de energia (PORTO, 2019).

Figura 11 - Resolução Normativa n.º 482/687

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482 (687) Micro e Minigeração Distribuída	
Fonte de Energia	<ul style="list-style-type: none">• Permitido o uso de qualquer fonte de energia renovável
Faixa de Potencia	<ul style="list-style-type: none">• Microgeração: Até 75 kW• Minigeração: 75 KW – 5 MW
Compensação de Energia	<ul style="list-style-type: none">• Compensação de créditos de energia entre matrizes e filiais• Prazo para utilizar os créditos: 5 anos
Geração Compartilhada	<ul style="list-style-type: none">• Geração distribuída em condomínios• Consórcio ou Cooperativa• Geração em terrenos afastados do local de consumo
Prazo para conexão	<ul style="list-style-type: none">• Prazo total da distribuidora: 34 dias

Fonte: Disponível em: www.solisenergia.com.br (2012).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021), desde Abril de 2012 é permitido o acesso a microgeração e minigeração distribuída de energia pelos consumidores nacionais, portanto, basta estar cadastrado ativamente no Ministério da Fazenda por CPF (Cadastro de Pessoa Física) ou CNPJ (Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica) e ter concessão para conectar um sistema gerador oriundo de fontes renováveis em paralelo com a infra de distribuição da concessionária.

De acordo com a Resolução 482 da ANEEL microgeração é um sistema de geração de energia elétrica com potência instalada inferior ou igual a 100 kW (quilowatts) e que utilize fontes renováveis, sendo que a minigeração são os mesmos sistemas, no entanto com potência instalada superior a 100 MW (megawatts).

De acordo com Porto (2019), o processo de compensação de energia elétrica, é onde toda energia ativa (Watts), injetada na rede pelo sistema de gerador é emprestada para a concessionária, sendo posteriormente compensada em forma de créditos sobre o consumo de energia ativa da unidade consumidora. Esses créditos podem ser compensados em um prazo de até 36 meses.

Em relação as taxas cobradas dos grupos consumidores a Resolução 482 da ANEEL especifica que existem dois grupos de consumidores:

- Grupo A: Alta Tensão (tensão igual ou superior a 2,3 kV);
- Grupo B: Baixa Tensão (tensão inferior a 2,3 kV).

Para o Grupo A, o valor mínimo a ser cobrado é referente a demanda contratada, sendo que para o Grupo B, o valor cobrado é o mínimo referente ao custo de disponibilidade de acesso à rede.

Em novembro de 2015 uma nova resolução Normativa Nº 687 entrou em vigor, a qual altera significativamente a Resolução 482 da ANEEL de Março de 2016, através de uma atualização. Essa nova normativa amplia os nichos de consumidores e aumentam as possibilidades de negócios dentro da cogeração de energia, reduzindo o processo burocrático para a inserção das centrais geradoras junto às concessionárias.

Em síntese, as principais alterações são as seguintes:

- O aumento do prazo de utilização dos créditos que passa a ser de até 60 meses, enquanto anteriormente era de 36 meses;
- A potência limite também foi alterada para até 75 kW para microgeração e superior para minigeração.

2.7.2 Resolução Normativa Nº 235 – Qualificação de Centrais Termoelétricas Cogradoras de Energia

Cogeração qualificada é um termo usado pela Aneel para determinar os requisitos mínimos de eficiência para a geração de energia elétrica e térmica de uma mesma fonte primária. A agência explica o conceito, em detalhes, na sua Resolução

Normativa nº 235, datada de 14 de novembro de 2006, de acordo com o site esferaenergia.com.br.

Esta Resolução Normativa estabelece os critérios para a qualificação de centrais termoelétricas cogedoras de energia, portanto, permite que o consumidor participe de programas de incentivo proporcionado pelo Governo Federal.

De acordo com a Resolução Nº 235 essa modalidade de cogeração qualificada pode ser aplicada a dois grupos diferentes:

I – Pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que produzam ou venham a produzir energia elétrica destinada ao serviço público ou à produção independente;

II – Pessoa física, pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que produzam ou venham a produzir energia elétrica destinada à autoprodução, com excedente para comercialização eventual ou temporária.

Segundo a Resolução Nº 235 para ser aplicável ao sistema de cogeração qualificado, os seguintes requisitos precisam ser atendidos:

- Estar regularizado na ANEEL como unidade consumidora;
- Cumprir os requisitos de racionalidade energética determinados pela equação da Resolução.

2.8 NORMAS TÉCNICAS DE TESTES DE MOTORES

Os testes padronizados oferecem informações para que se possa comparar desempenho de motores de diferentes fabricantes e modelos. Testes realizados por agências independentes dos fabricantes resultam no estímulo da competição entre fabricantes na busca de máquinas mais eficientes.

A primeira agência independente foi o Laboratório de Testes de Trator de Nebraska, da University of Nebraska. Os testes de tratores tornaram-se obrigatórios nos EUA a partir de 1919 e atualmente não é obrigatório para tratores com menos de 30 kW, bem como, em tratores produzidos para fins não agrícolas.

No Brasil, as indústrias que atendem o setor agrícola, de construção e energia seguem os mesmos padrões e normas internacionais, pois não há normatização nacional, bem como, torna-se necessário atender a demanda mundial e apresentar os

padrões de testes para clientes internacionais, visto que os volumes de exportação são expressivos, garantindo desta forma a qualidade de seus produtos e serviços, internacionalmente.

As normas para os testes foram desenvolvidas e são periodicamente revisadas pela SAE (*Society of Automotive Engineers*) em colaboração com a ASAE (*American Society of Automotive Engineers*), que são muito similares às normas ISO (Associação Internacional de Normalização).

A partir de 1980 as normas da OECD (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) passaram a ser aceitas em todo mundo, as quais foram desenvolvidas na Europa nos anos 60. A OECD possui duas modalidades, sendo o teste restrito e o teste completo, os quais são diferenciados por códigos, são eles:

- **Código I** – Norma OECD para testes oficiais de desempenho de tratores agrícolas – Testes obrigatórios, a saber:
 1. TDP (Tomada de potência de um motor);
 2. Força e potência do sistema de levante hidráulico;
 3. Força na barra de tração;
 4. Área para manobra e raio de giro;
 5. Posição do centro de gravidade;
 6. Capacidade de frenagem (exclusivo para tratores de rodas);
 7. Nível de ruído externo (somente para tratores de rodas) Padrões;
 8. Motor;
 9. Desempenho na tomada de potência por correia;
 10. Desempenho em condições de altas temperaturas;
 11. Partida a frio;
 12. Potência na barra de tração e consumo de combustível para o trator sem lastros.
- **Código II** – Norma OECD para testes restritos de desempenho de tratores agrícolas – Testes obrigatórios, a saber:
 1. TDP (Tomada de potência de um motor);
 2. Força e potência do sistema de levante hidráulico;
 3. Força na barra de tração, trator sem lastros.
- **Código III** – Norma OECD para teste oficial da estrutura protetora de tratores agrícolas (testes dinâmicos).

- **Código IV** – Norma OECD para teste oficial da estrutura protetora de tratores agrícolas (testes estáticos).
- **Código V** – Norma OECD para teste oficial da medida de ruídos na estrutura protetora de tratores agrícolas.

2.9 COMPENSAÇÃO CONCESSIONÁRIA ELÉTRICA (COPEL)

Segundo a Companhia Paranaense de Energia (COPEL, 2021) a norma interna aplicável a conexão de micro e minigeração no sistema de compensação é a NTC (Norma Técnica da Copel) 905200, que foi estabelecida de acordo com as regras da Resolução ANEEL nº 482/2012, alterada pela Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 já mencionadas anteriormente.

A norma NTC 905200, regulamenta a instalação de geradores de pequeno porte em unidades consumidoras e a utilização do sistema elétrico da Copel para utilizar o excedente de energia convertendo em crédito de energia válido por 60 meses, sendo que estes créditos poderão ser utilizados para abater do consumo da própria unidade consumidora nos meses seguintes.

O Formulário para cadastro de Unidades Consumidoras participantes do Sistema de Compensação e demais Instruções podem ser obtidos no site <<https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/poder-publico/micro-e-mini-geracao>> (COPEL, 2021).

O Sistema de Compensação de Energia é válido para centrais geradoras que utilizem fontes renováveis de energia (hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada, por exemplo) e que sejam diretamente conectadas na rede de distribuição por meio de unidades consumidoras (COPEL, 2021).

Para a adesão do sistema de compensação de energia elétrica, o interessado deve formalizar à COPEL sua intenção através de uma Solicitação de Acesso que pode ser obtida no site da COPEL. Em unidade consumidora existente, o dimensionamento da entrada de energia e a demanda contratada, se for o caso, devem ser revisados nos casos em que a potência disponibilizada é inferior à capacidade instalada da central geradora, sendo que este procedimento deve ser realizado antes da apresentação da solicitação de acesso (COPEL, 2021).

O consumidor deve solicitar aumento de carga para que a potência disponibilizada, seja ela igual ou superior à capacidade instalada da central geradora.

Caso haja necessidade de adequação do sistema de distribuição, os prazos e as responsabilidades pelo custeio das obras necessárias, deverão ser estabelecidos de acordo com a legislação vigente. Ainda de acordo com a COPEL (2021) os documentos a serem apresentados para estes fins, são:

- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) sobre o projeto e a instalação;
- Licença Ambiental, ou Dispensa, emitida pelo órgão ambiental competente.

Conforme a Norma Técnica da Copel que trata sobre o assunto: NTC 905200 – Acesso de Micro e Minigeração Distribuída, recomenda-se a contratação de profissionais qualificados para o projeto e a instalação da central geradora, bem como, a aquisição de materiais e equipamentos certificados (COPEL, 2021).

2.9.1.1 Definição Técnica da COPEL - Detalhes Sobre o Inversor

De acordo com a COPEL (2021), o inversor é um componente do sistema de geração que converte em corrente alternada (compatível com a rede elétrica) a energia produzida em corrente contínua pelas unidades geradoras, atentando que nem todos os sistemas de geração necessitam de inversor. Desta forma, o profissional responsável pelo projeto e instalação da central geradora, identificará quando for indicado seu uso e fará o dimensionamento do projeto, considerando a necessidade de acordo com a legislação vigente, bem como, especificações técnicas do projeto em questão (COPEL, 2021).

O inversor deve conter funções de proteção e seu funcionamento deve atender as normas vigentes e, por isso, somente será aceita a utilização de modelos com certificados emitidos por laboratórios acreditados pela COPEL ou modelos etiquetados e aprovados pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), conforme o caso (COPEL, 2021).

2.9.1.2 Parecer de Acesso

Segundo a COPEL (2021), trata-se de documento elaborado pela própria concessionária, neste caso a COPEL, em resposta à Solicitação de Acesso, que são

informadas as condições de acesso e os requisitos técnicos para a conexão das instalações de micro ou minigeração à rede elétrica.

O prazo estabelecido para a emissão é de 15 dias para microgeração e de 30 dias para minigeração, após a entrega da Solicitação de Acesso com toda a documentação solicitada e requisitada pela norma. Para central geradora classificada como microgeração distribuída, o prazo poderá ser de até 30 dias, sendo que para projetos de minigeração será de 60 dias, quando houver necessidade de execução de obras de reforço ou de ampliação, considerando ambos os casos (COPEL, 2021).

2.9.1.3 Licenciamento Ambiental para Fins de Projetos de Cogeração

Embasada na Resolução SEMA/IAP (Secretaria de Estado de Meio Ambiente / Instituto Ambiental do Paraná) nº 09/2010 e a Portaria IAP nº 19/2017, para o atendimento das solicitações de fornecimento de energia ao canteiro de obras e de liberação para operação em teste de unidade de geração distribuída, será exigida a manifestação favorável do Instituto Ambiental do Paraná – IAP, relativa à regularidade ambiental do empreendimento, sendo que este documento deve obrigatoriamente estar dentro do prazo de validade.

Eventualmente, se o empreendimento estiver em processo de renovação de licença, o protocolo poderá substituir a Licença Ambiental, desde que, tenham sido atendidas as condições estabelecidas no art. 68 e 71 da Resolução SEMA Nº 65/2008. Além de todas as exigências mencionadas, outro item que deve ser de atenção, é que a identificação do consumidor interessado em aderir ao sistema de compensação, seja pessoa física ou jurídica, da atividade a ser exercida e do endereço do empreendimento constantes na licença ambiental, devem coincidir com os dados da solicitação protocolada junto a COPEL (COPEL, 2021).

2.9.1.4 Da Vistoria

De acordo com a COPEL (2021), após implementadas as obras necessárias, o consumidor deverá solicitar vistoria à COPEL, respeitando o prazo estabelecido em até 120 (cento e vinte) dias após a emissão do parecer de acesso, ressaltando-se que a COPEL tem um prazo máximo de 7 (sete) dias contados da data da solicitação formal para efetuar a vistoria.

Caso haja pendências detectadas nas instalações da unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída as quais impeçam sua conexão à rede, a COPEL encaminhará ao consumidor, por escrito, em até 5 (cinco) dias, sendo permitido também o envio por meio eletrônico, relatório contendo os respectivos motivos e uma lista descritiva com todas as providências corretivas necessárias (COPEL, 2021).

Caso seja aprovada a vistoria, o medidor convencional de energia será substituído por um novo, que medirá tanto a energia consumida, quanto a energia injetada na rede. A conexão da microgeração ou minigeração distribuída estará concluída e desta forma, o consumidor fará terá os benefícios do regime de compensação de energia elétrica (COPEL, 2021).

2.10 DEMAIS NORMAS E PADRÕES APLICÁVEIS CONSIDERADOS NA APLICAÇÃO E EXECUÇÃO DO PROJETO

2.10.1 NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

Prevê regulamentos e aplicações mínimas para a garantia da segurança das pessoas que forem designadas para operar as máquinas e equipamentos em questão, através de barreiras, sejam elas físicas, eletrônicas, intertravamentos ou qualquer outra medida de segurança regulamentada.

2.10.2 NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

Prevê regulamentos e aplicações mínimas para a garantia da segurança das pessoas designadas para operar as máquinas e equipamentos em questão, através de equipamentos eletricamente regulamentados e enclausurados, dando sempre preferência para extrabaixas tensões nas alimentações, a fim de prevenir ocorrências como choques elétricos, curto-circuito ou qualquer outro evento que possa colocar em risco as pessoas envolvidas nas operações.

2.10.3 ABNT-NBR-12.100 - Segurança de Máquinas

Esta norma apresenta os Princípios Gerais de Projeto — Apreciação e Redução de Riscos, em complemento a NR 12.

2.10.4 ABNT-NBR-14.153 - Segurança de máquinas

Norma referente à regulamentação de sistemas de comando em máquinas e equipamentos ainda na fase de projeto. Partes de sistemas de comando relacionados à segurança — Princípios gerais para projeto, em complemento à NR 12 e ABNT-NBR-12.100.

2.10.5 ABNT-NBR-5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão

Prevê regulamentos e aplicações mínimas para a garantia da segurança das pessoas que forem designadas para operar as máquinas e equipamentos em questão, bem como proteção do patrimônio através de equipamentos eletricamente regulamentados e enclausurados, dando sempre preferência para extra baixas tensões nas alimentações. Complementa a NR 10.

2.10.6 ABNT-NBR-14039:2005 - Instalações Elétricas em Média Tensão

Prevê regulamentos e aplicações mínimas para a garantia da segurança das pessoas que forem designadas para operar as máquinas e equipamentos em questão, bem como proteção do patrimônio através de equipamentos eletricamente regulamentados e enclausurados, essa norma é específica para Média Tensão. Complementa a NR 10 mencionada acima.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para a aquisição dos dados do presente estudo foi realizada com base na pesquisa quantitativa descritiva.

Os motores a combustão que se utilizam de sistemas eletrônicos ou mecânicos, podem ser testados e avaliados em sistemas denominados dinamômetros. Nos dinamômetros os motores são abastecidos com combustível, óleo lubrificante, bem como com algum sistema de resfriamento, sendo que no objeto deste estudo, o sistema utilizado é o etilenoglicol, comumente conhecido como glicol (GRANJA, 2018).

Os estudos utilizados no experimento foram realizados, compreendendo o período de abril de 2021 a março de 2022, na cidade de Curitiba, para obtenção dos resultados e posterior análise comparativa, foram elaborados gráficos e planilhas com dados dos experimentos, os quais serão apresentados a seguir.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Figura 12, mostra o empreendimento objeto deste estudo, o qual está localizado no município de Curitiba e faz parte de um grupo multinacional Americano. A atividade do empreendimento é montagem e comercialização de motores fora de estrada com potências que variam de 31,0 a 652,0 kW (42 a 875,0hp (*horse power*)) para aplicações agrícolas e para construção, industriais e geração de energia com potências que variam de 40 kVA a 750 kVA.

Atualmente a empresa conta com 250 funcionários em sua fábrica, considerando funcionários, estagiários e aprendizes, além de funcionários de empresas terceirizadas prestando serviços de Vigilância, Portaria, Restaurante, Higienização e Limpeza, sendo considerada uma empresa de médio porte no setor de auto indústria e está instalada na região desde 2003. A área construída utilizada para realização de todo o processo produtivo é de aproximadamente de 10.000 m².

Figura 12 - Imagem da Área de Estudo



Fonte: Retirado de Google Earth (2012).

3.2 DETALHAMENTO DO PROCESSO DE MONTAGEM DE MOTORES

A área de produção consiste na Linha de Montagem Principal, onde são montados todos os tipos de motores, 3, 4 e 6 cilindros. São 32 garfos de montagem que se adequam a todos os tipos de motores.

Após a montagem dos motores, uma empilhadeira coleta os motores e os envia para a área de teste que são chamados Dinamômetros, área inclusive que será objeto de estudo deste trabalho. Nos dinamômetros 100% dos motores são testados, sendo que os testes duram de 15 a 25 minutos, dependendo do tipo de motor. Os motores são acoplados a um berço e após todas as montagens, abastecimentos de Diesel e óleo lubrificante, o motor é ligado ao dinamômetro e o teste é realizado, simulando o funcionamento prático do motor, como se o equipamento estivesse em uma máquina, trator, gerador, dentre outros.

Durante a execução do teste, várias funcionalidades do motor são monitoradas tais como: potência, torque, vazamentos de líquidos em geral, ruído, vibração e outros parâmetros. Após aprovados nos testes e saída dos dinamômetros, os motores são enviados para Linha de Montagem Final, recebendo algumas outras montagens, passando pela lavagem e após a pintura, são disponibilizados para inspeção final da área de Qualidade e enviados para área de Logística que fica responsável pela expedição aos clientes.

3.3 INTRODUÇÃO AO MÉTODO DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DE DINAMÔMETRO DE EDY CURRENT

Os sistemas de teste de motores que utilizam a metodologia de Eddy Current ou também chamados de correntes parasitas, possuem alguns pontos de desperdício que serão objeto deste estudo para a cogeração de energia e utilização do sistema de compensação. O ponto primário que será apresentado é o sistema de frenagem do dinamômetro, na qual dele pode-se extrair energia mecânica variável e energia térmica.

O foco principal deste trabalho é na utilização da energia mecânica que atualmente é desperdiçada no sistema de frenagem dos dinamômetros, entretanto, vale mencionar que a energia térmica poderá ser avaliada e fazer parte de uma segunda fase do projeto.

Resumidamente, o método de cogeração de energia se dará através do deslocamento da energia dos freios magnéticos que compõem os dinamômetros usados atualmente e a instalação de um pequeno gerador mecânico, o qual receberá a carga de energia da frenagem, que passará a ser medida por um controlador eletrônico, garantindo a acuracidade do sistema.

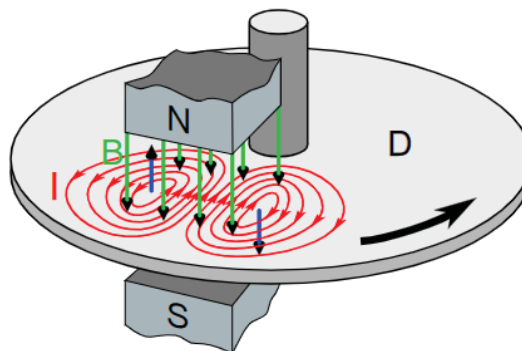
Desta forma, permitirá que o gerador produza energia elétrica através da transformação da energia mecânica gerada na frenagem dos motores durante o teste através da captação dessa energia por inversores instalados no eletroímã. Estes inversores estarão interligados nos conversores onde a transformação para energia elétrica ocorre, sendo a partir daí a energia enviada para os geradores, propiciando que essa energia elétrica retorne para a alimentação dos sistemas, ou neste caso, em função da variação de geração, retorne para a concessionária e seja compensada de acordo com as regras estabelecidas pela Companhia Paranaense de Energia Elétrica que é a concessionária responsável do local alvo do estudo.

3.4 CONVERSÃO DA ENERGIA

Nos freios dos dinamômetros do modelo Eddy Current ou corrente parasita, existe um campo magnético que é originado por imãs permanentes e um eletroímã pela força, que pode ser desligado ou variar de acordo com a necessidade dos testes,

através da alternância da corrente elétrica dos enrolamentos do eletroímã (MELO, 2017).

Figura 13 - Diagrama de Freio de Corrente Parasita



FONTE: Retirado de Chetvorno (2015).

Atualmente a frenagem é controlada por um painel de comando em que a potência do motor é determinada gerando as frenagens de forma direta, desperdiçando dessa forma a corrente elétrica gerada no eletroímã (MELO, 2017).

A conversão dar-se-á através da instalação de um gerador que receberá a corrente gerada no movimento de frenagem dos ímãs e eletroímã do sistema, armazenando e transferindo a energia para a rede da concessionária (XU et al., 2017). Um conversor se faz necessário no projeto para equalizar a energia variável gerada durante os testes dos motores, uma vez que estes testes acontecem com a aplicação gradativa de potência (DUGONSKI; ZOSCHKE, 2011).

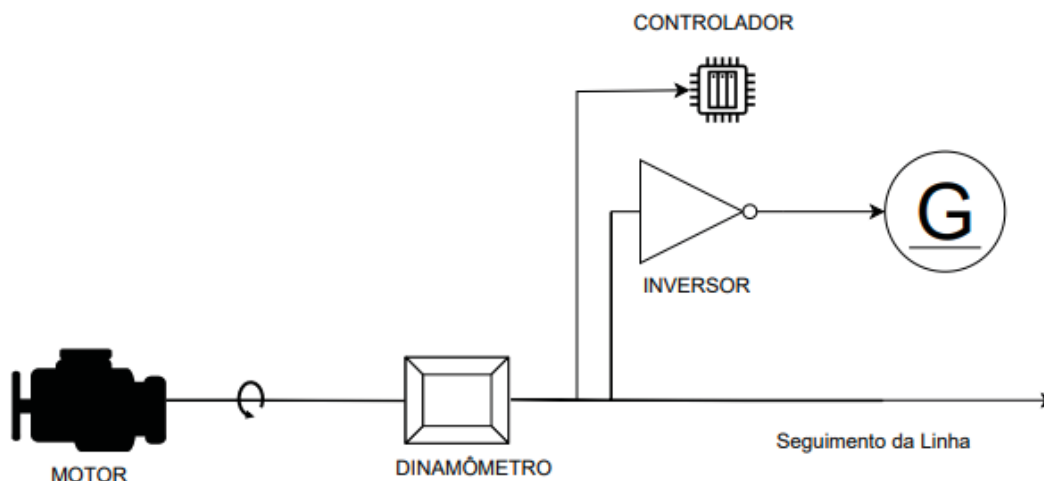
Com a instalação do inversor, o controle de frenagens passa a ser através de um controlador eletrônico ainda a ser desenvolvido no decorrer do projeto, a fim de atender os parâmetros de testes dos motores, bem como, deve atender todas as normas e requisitos para garantir a qualidade dos testes, na qual esse controlador deverá ser instalado para cada sala de teste (SIMME, 2016).

Dos equipamentos necessários para a implementação do sistema de cogeração de energia, considera-se que a eficiência do gerador e conversor deve ser de 85%, considerando que a eficiência de cada motor seja em média de 0,265 L/kWh mecânicos no eixo do motor constantemente (SIMME, 2016).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os dados apresentados até então são preliminares, uma vez que se trata de um estudo para o projeto de cogeração de energia, deixando claro que ainda não foi implementado até o momento da apresentação deste trabalho.

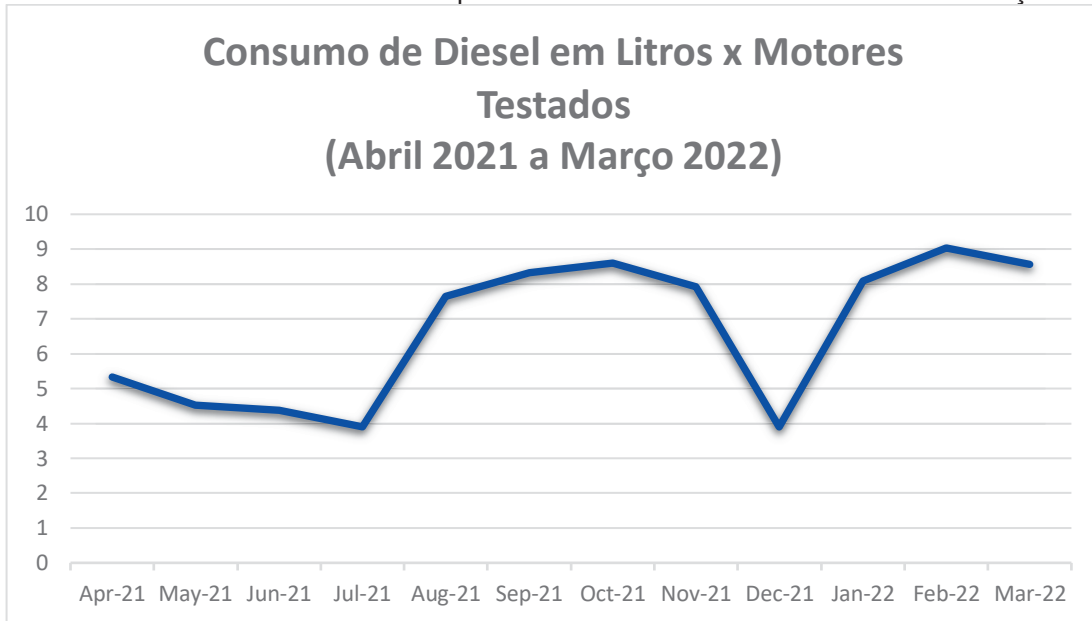
Figura 14 - Modelo Geral Básico do Método a ser instalado



Fonte: O Autor (2023).

O cálculo de geração da energia através das modificações do sistema de dinamômetros descritas acima, dar-se-á através da curva de consumo de Diesel utilizado nos testes, visto que o consumo aumenta ou reduz conforme a curva de aceleração em função da frenagem e a desaceleração que é constante, assim determina a força mecânica empregada nos freios durante todo o período de um teste, pelo número de motores testados, considerando 7 cabines de testes de motores, sendo testados aproximadamente por 15 horas diárias.

Figura 15 - Consumo de Diesel em Litros por Motores testados entre abril de 2021 e março de 2022



Fonte: O Autor (2023).

Considerando o consumo de um total de 190.000 mil litros de Diesel nos últimos 12 meses e um total de 28.390 motores testados, resulta-se em uma média anual de 6,69 litros de Diesel consumido por motor testado. Por meio do consumo de Diesel pode-se calcular a energia e kWh/mecânica, que transformado em MWh/elétrica, apresenta-se da seguinte forma:

Tabela 1 - Transformação da Queima do Diesel em Energia

Mês	Motores Produzidos	Diesel Utilizado	kWh_mec	MWh_el/mês
Abr/21	1874	12,542	47327	40,2
Mai/21	2213	14,81	55889	47,5
Jun/21	2288	15,312	57783	49,1
Jul/21	2563	17,153	64728	55,0
Ago/21	2614	17,494	66016	56,1
Set/21	2403	16,082	60687	51,6
Out/21	2326	15,567	58742	49,9
Nov/21	2527	16,912	63819	54,2
Dez/21	2561	17,139	64677	55,0
Jan/22	2472	16,544	62430	53,1
Fev/22	2214	14,817	55914	47,5
Mar/22	2335	15,627	58970	50,1

Fonte: O Autor (2023).

Os valores foram obtidos através da transformação da potência dos motores em energia mecânica pelo consumo de Diesel, posteriormente a energia mecânica foi transformada em energia elétrica e os resultados são os 40% de perda previstos nos processos de frenagem.

Ressalta-se, que cada tipo de motor, 3, 4 e 6 cilindros possui um consumo de Diesel e potências diferentes, os quais alteram os valores de energia gerado no eletroímã durante a frenagem. A tabela abaixo representa a simulação de geração de energia elétrica para cada um dos tipos de motores:

Tabela 2 - Consumo de Energia da Área de Estudo

Tipo de motor	Consumo médio (L/teste)	Média de tipo de motores/mês	Média de geração de energia (kWh_el/teste de motor)	Média de geração de energia no período do estudo (kWh_el/tipo de motor mês)
3CC	2,38	213	0,0076	1,6188
4CC	5	1585	0,016	25,36
6CC	13,4	568	0,043	24,424

Fonte: O Autor (2023).

Considerando, o consumo de energia da empresa em questão no mesmo período em MWh utilizados da concessionária, varia-se de acordo com a tabela abaixo:

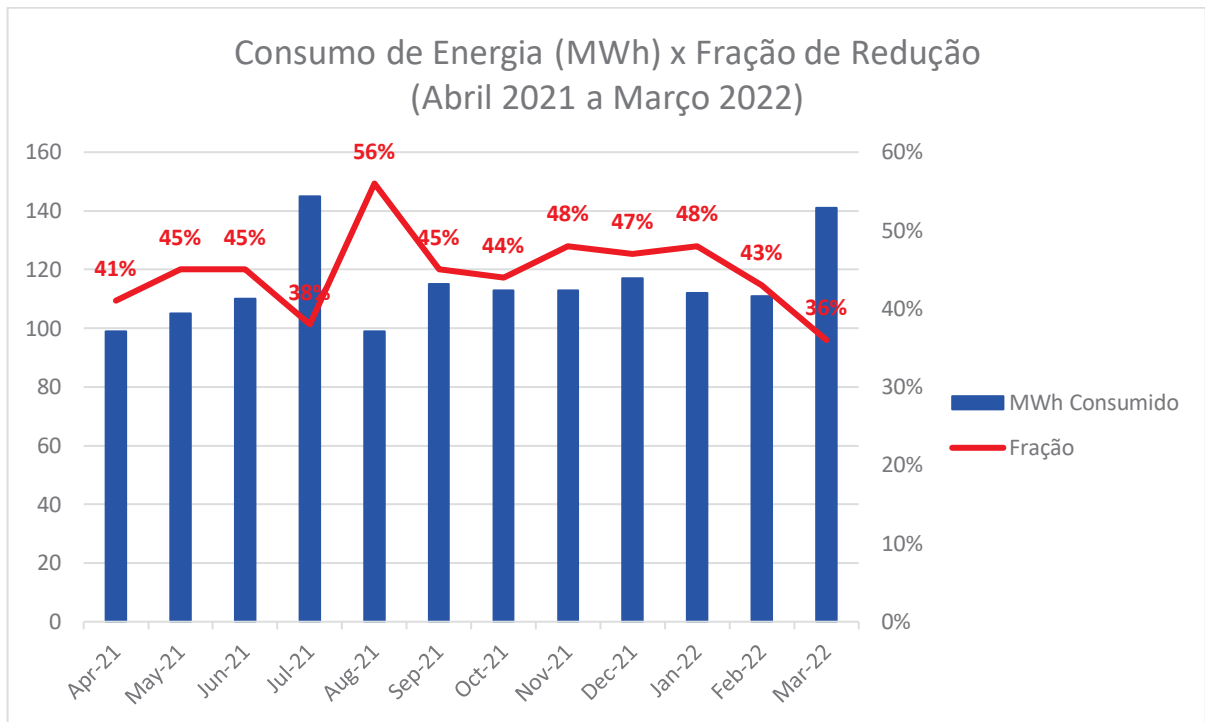
Tabela 3 - Consumo de Energia da Área de Estudo

Mês	Motores Produzidos	Diesel Utilizado	kWh consumido
Abr/21	1874	12,542	99
Mai/21	2213	14,81	105
Jun/21	2288	15,312	110
Jul/21	2563	17,153	145
Ago/21	2614	17,494	99,59
Set/21	2403	16,082	115,34
Out/21	2326	15,567	113,04
Nov/21	2527	16,912	112,65
Dez/21	2561	17,139	116,58
Jan/22	2472	16,544	111,64
Fev/22	2214	14,817	110,63
Mar/22	2335	15,627	141

Fonte: O Autor (2023).

Portanto, a comparação da projeção de geração de energia com o sistema proposto e o consumo, pode-se deduzir que as frações de retorno ou economia seriam apresentados, conforme demonstrado abaixo.

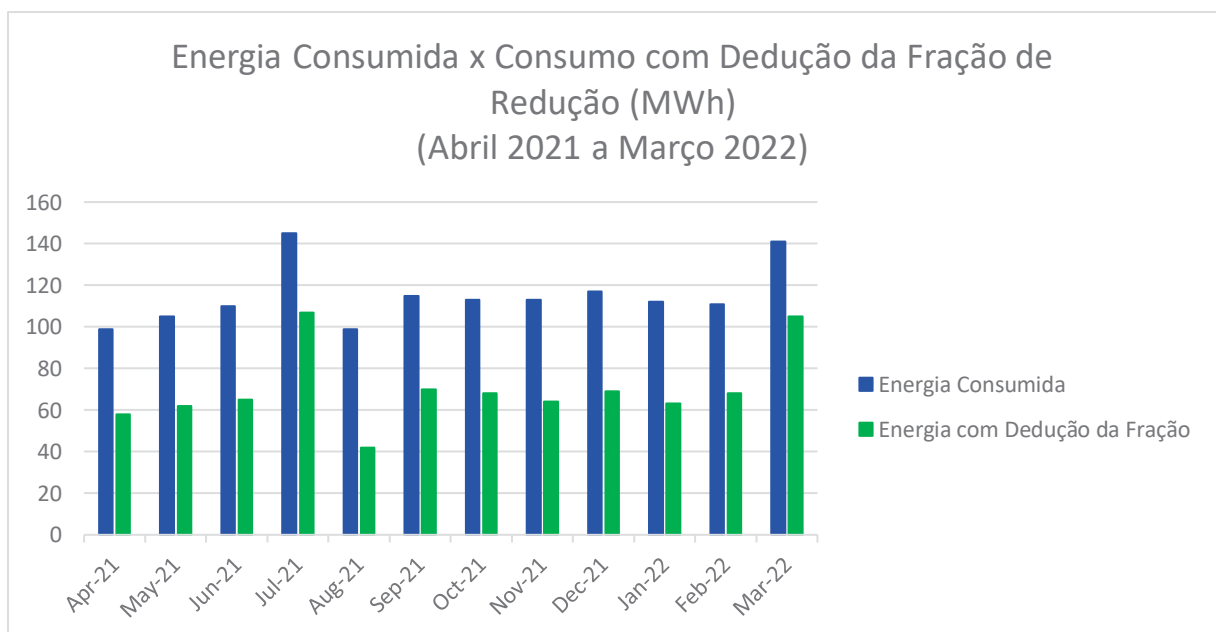
Figura 16 - Consumo de Energia x Fração de Redução



Fonte: O Autor (2023).

Desta forma, pode-se afirmar a viabilidade do projeto comparando a energia consumida da empresa alvo desse estudo e a redução ou compensação que o projeto é capaz de gerar.

Figura 17 - Energia Consumida x Consumo com Dedução da Fração de Redução



Fonte: O Autor (2023).

4.1 ANÁLISE DE CUSTO

Para o projeto em questão, foi realizado orçamento prévio com uma empresa Especializada em Engenharia, sendo que os valores do projeto e execução estão discriminados conforme segue:

4.2 DO PROJETO

O escopo da execução do estudo inclui projeto mecânico completo e reconfiguração do leiaute para acomodação do sistema de conversão, os memoriais de cálculo, diagrama unifilar elétrico para histórico, memorial descritivo da disciplina elétrica do sistema de conversão, programação do controlador lógico programável - CLP, tabela de parametrizações de controladores e inversores, lista de materiais necessários para a implantação, estudo de comissionamento para controle, projeto civil de abrigos e bases de equipamentos, bem como, Anotação de Responsabilidade Técnica – ART emitida pelo CREA-PR (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Paraná) com base na parte mecânica, elétrica e civil.

4.3 DA EXECUÇÃO

A proposta contempla também toda a fase de execução do projeto, com a montagem e fornecimento de quadro de energia de comando e força, fornecimento e montagem de gerador, retificador e inversor, reprogramação da Interface do freio eletromagnético, novo sistema de conversão, protocolo e aprovação do sistema de conversão versus injeção do excedente de energia no sistema COPEL, para que seja convertido em crédito de energia (válido por 60 meses), bem como, todo o comissionamento e treinamento operacional dos operadores do sistema e termo de garantia de performance (sob componentes eletromecânicos), conforme estudo realizado por empresa especializada e discriminação abaixo:

DIAGRAMA DE BLOCO PROCESSO DINAMÔMETRO ELETRÔNICO

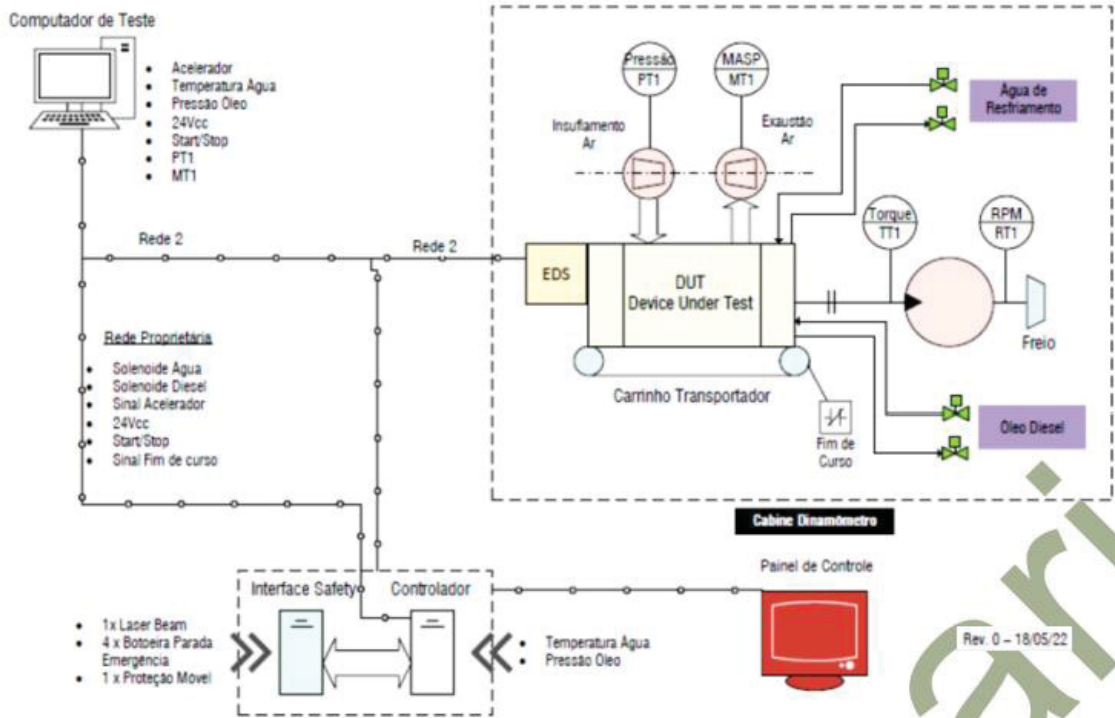


DIAGRAMA DE BLOCO PROCESSO DINAMÔMETRO MECÂNICO

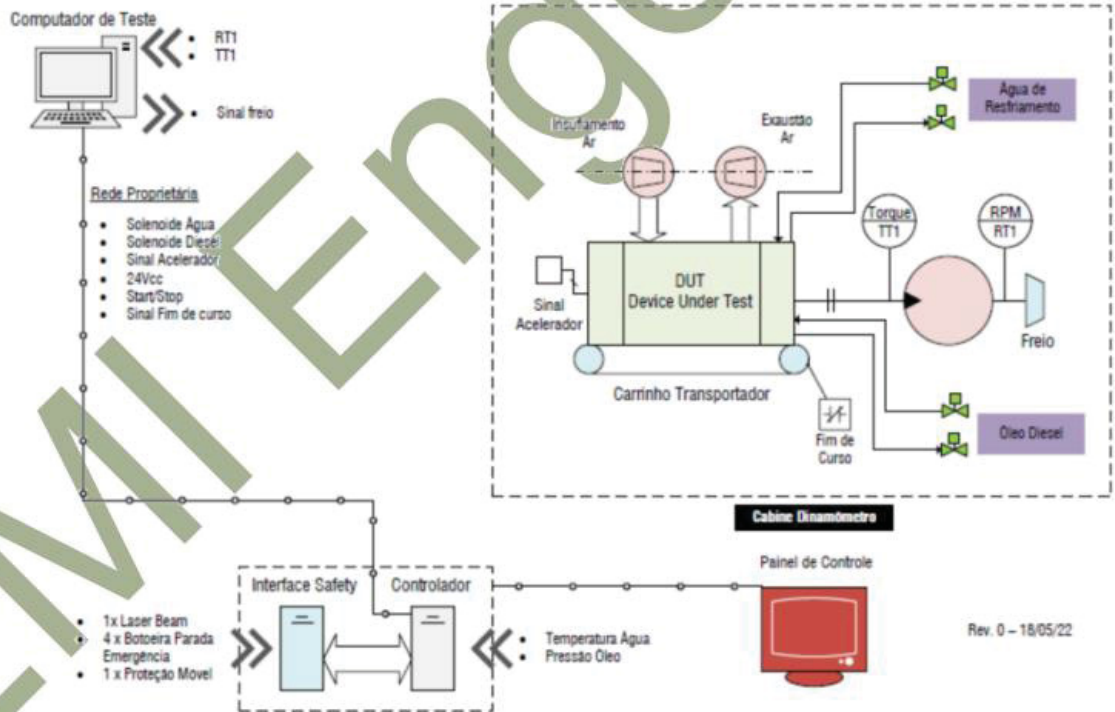


Tabela 4 - Discriminação dos Materiais Propostos e seus Respectivos Custos

Investimentos	
Materiais e Serviços	Preço (R\$)
Projeto eletromecânico e memoriais	125.000,00
Programações diversas e parametrizações	35.000,00
Montagens mecânicas (estimado)	150.000,00
Montagens elétricas (estimado)	620.000,00
Aprovação do sistema junto a concessionária de energia	30.000,00
Total do projeto	960.000,00

Fonte: O Autor (2023).

Vale ressaltar, que durante o processo de execução do projeto outros equipamentos poderão ser necessários, bem como, reajustes nos custos dos equipamentos e serviços listados poderão ocorrer.

5 CONCLUSÕES

A baixa eficiência e altos custos de processos nas indústrias brasileiras por vezes está diretamente ligado aos desperdícios não mensurados.

Este trabalho apresentou uma fonte de desperdício no processo de testes de motores, que é uma parte importante na empresa objeto do estudo, por ser aplicada a 100% dos motores produzidos, sendo que o processo de aceleração e frenagem de cada motor, correspondendo à 80% do ciclo de teste, gerando energia mecânica já que a frenagem é realizada através de imã, utilizando-se de óleo Diesel para alimentação.

Considerando o consumo de Diesel para o cálculo da geração de energia mecânica, e convertendo esses valores em energia elétrica, pode-se demonstrar que a previsão de geração de energia através do sistema proposto, obteria redução entre 36% e 56%, sendo 45% em média no consumo total de energia adquirida da concessionária. Com a execução do projeto a energia poderia retornar ao sistema de alimentação da fábrica, reduzindo a despesa com energia elétrica, gerando ainda uma compensação.

Com os resultados alcançados através dos cálculos e simulações o projeto se mostra eficaz na proposta de cogeração de energia elétrica, contribuindo para uma maior competitividade da empresa, reduzindo custos e aumentando a imagem da marca em demonstrar a preocupação com a responsabilidade ambiental, financeira e social, ou seja, é o tripé da sustentabilidade que pode ser colocada na prática.

As dificuldades relacionadas à aplicação deste projeto ficam sujeitas somente as avaliações de viabilidade econômica, já que a estimativa com o investimento é alta e o retorno pode ultrapassar os 5 anos, padrão utilizado pelos setores financeiros.

Neste sentido, caso a empresa siga em frente com o projeto, estará demonstrando sua constante preocupação com o meio ambiente, com a comunidade e as futuras gerações, atendendo além das legislações vigentes, pois haverá redução na utilização indireta dos recursos naturais, tornando seus processos mais sustentáveis ambientalmente, bem como, economicamente com a redução dos custos com a compra de energia elétrica da concessionária.

Nesse sentido, identificou-se que o projeto poderá ser uma estratégia para a cogeração de energia elétrica, garantindo ainda melhorias nos seus processos, bem como, uma sistemática ambientalmente correta.

Por fim, o projeto poderá servir como ferramenta de ganhos ambientais e financeiros a ser utilizado por outras empresas do grupo tornando-se um projeto modelo dentro da organização, e ainda, o presente estudo demonstrou que a cogeração de energia elétrica em uma fábrica de motor Diesel, é viável e executável, desde que exista interesse e vontade da empresa em colocar o projeto em prática.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 53, 19 abr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687/2015**. Disponível em: <<https://microinversor.com.br/resolucao-normativa-687-aneel/?v=19d3326f3137>>. Acesso em: 16 ago. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de Informações de Geração (BIG). Capacidade de Geração Brasil**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/publicacoes>. Acesso: 18 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA – COGEN. **Conceitos e tecnologias**. Ano Base de Dados: 2021. Disponível em: <www.cogen.com.br>. Acesso em: 1 mai. 2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Editais de geração (1/10/2021)**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao4>>. Acesso em: 13 ago. 2022.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional (BEN) 2018**. Relatório Síntese. 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. MME/EPE. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: MME/EPE. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional (BEN) 2021**. Relatório Síntese. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2030**. Nota Técnicas. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027**. Brasília: MME/EPE, 2018.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço energético nacional: ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

BRASIL. **Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências. Brasília: DOU, Seção Extra, p. 109, Coluna 2. 2009.

BRASIL. **Decreto no 7.390, de 09 de dezembro de 2010**. Regulamenta os arts. 6º, 11º e 12º da Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, e dá outras providências. Brasília: DOU de 09 dez. 2010.

BORGES, F. Q., Baraúna, N. C. & Chotoe, J. R. **Fontes renováveis de energia elétrica e qualidade de vida em comunidades na Ilha do Marajó, Pará**. Desenvolvimento Meio Ambiente, 33, 225-239. 2015.

BEN – Balanço Energético Nacional. **Relatório Síntese 2016**: Ano base 2015. Ministério de Minas e Energia - MME: Brasília, 2016.

BEN – Balanço Energético Nacional. **Relatório Síntese 2021**: Ano base 2021. Ministério de Minas e Energia - MME: Brasília, 2021.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO PARANÁ – COPEL. **Sistemas de Compensação de Energia Elétrica**. Ano Base de Dados: 2021. Disponível em: <www.copel.com>. Acesso em: 1 mai. 2022.

DA MATA, Valter Manuel Jardim. **Controle Digital de um Dinamômetro de Corrente Foucault. 2020**. 166 páginas. Dissertação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

DUGONSKI, Carolina, ZOSCHKE, Loane Maria. **Estudo de um Sistema de Aproveitamento de Energia Armazenada na Frenagem Regenerativa Elétrica em Elevadores**. 2011. 147 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica do Estado do Paraná, Paraná, 2011.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética.; **Balanço energético Nacional**. 2017.

FURTADO, Marcelo de Camargo. **Avaliação das Oportunidades de Comercialização de Novas Fontes de Energias Renováveis no Brasil**. 2010. 126 páginas. Dissertação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GRANJA, Rafael Pereira. **Análise de viabilidade econômica de implantação de uma aquaponia no município de Santa Cruz das Palmeiras – SP**. 2018. 77 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências). Pós-graduação em Gestão e Inovação na Indústria Animal. Universidade de São Paulo.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Agenda 2030 - ODS - Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável**: proposta de adequação. Brasília, DF, IPEA. 2018.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Caderno ODS 7: Assegurar o Acesso Confiável, Sustentável, Moderno e a Preço Acessível à Energia Para Todos.** Brasília, DF, IPEA. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – INEE. **O que é Cogeração.** Ano Base de Dados: 2021. Disponível em: <www.inee.org.br>. Acesso em: 1 mai. 2022.

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE. Universidade de São Paulo. **O que são tecnologias de aproveitamento.** 2021. Disponível em: <gbio.webhostusp.sti.usp.br>. Acesso em: 15 jun. 2022.

KRUMMENAUER, Leandro. **Fontes Alternativas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica.** 2009. 76 páginas. Projeto de Diplomação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

KAWANO, Mario. **Geração de energia elétrica por ondas marinhas gerenciadas por microcontroladores.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KILLEDAR, Jyotindra S. **Dynamometer: theory and application to engine testing.** Xlibris Corporation, 2012.

KRELL, Andreas Joachim; SOUZA, Carolina Barros de Castro. A sustentabilidade da matriz energética brasileira: o marco regulatório das energias renováveis e o princípio do desenvolvimento sustentável. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental, Curitiba**, v. 11, n. 2, p. 157-188, 2020.

LOSEKANN, L. TAVARES, F. B. **Política Energética no BRICS: Desafios da Transição Energética.** In: Textos para Discussão. / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília : Rio de Janeiro : Ipea, 2019.

MELO, A. C. B. A. **Microgeração e minigeração de energia elétrica como fator de promoção do desenvolvimento econômico:** estudo sob a ótica constitucional. Dissertação (Mestrado em Direito Constitucional) – UFRN. Natal, 2017.

MORAES, T. N. **Impacto do marco regulatório e benefícios fiscais na atratividade dos projetos de exploração e produção no Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. – Niterói, 2019.

MONTEIRO, Alison Baena de Oliveira; SANTOS, Ricardo Ribeiro dos. **Estudo de aplicação da turbina de Tesla como microgerador.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2016:** Ano base 2015 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

MELO, A. C. B. A. **Microgeração e minigeração de energia elétrica como fator de promoção do desenvolvimento econômico:** estudo sob a ótica constitucional. Dissertação (Mestrado em Direito Constitucional) – UFRN. Natal, 2017.

NASCIMENTO, Raphael Santos do Nascimento. Fontes Alternativas e Renováveis de Energia no Brasil: Métodos e Benefícios Ambientais. **Artigo Educação Ciência, Cidadania Global**, Outubro de 2016. Páginas de 1 a 6.

PORTO, Vinícius Machado. **Panorama energético**: Estudo de caso sobre sistema de geração distribuída em Santa Maria a partir da proposta de revisão da Resolução 482/2012. 2019.

PESSOA, Zoraide Souza et al. Acesso à energia e cidades sustentáveis: da agenda 2030 às políticas na área da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I). **Parcerias Estratégicas**, v. 24, n. 49, p. 31-48, 2020.

PINTO, Lucía Iracema Chipponelli; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 1082-1100, 2017.

SIQUEIRA, Cynthia Danielle. Regime internacional de mudanças climáticas e segurança energética. **Mediações-Revista de Ciências Sociais**, v. 16, n. 2, p. 210-227, 2011.

SIMIONI, C. A. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – UFPR. Curitiba, 2006.

TAVARES, F. **Política energética em um contexto de transição: a construção de um regime de baixo carbono**. 2019. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

XU, Wentao et al. A new type of power supply system for automotive thermoelectric power generation research on optimal control strategy of weak hybrid power. In: **2017 International Conference on Industrial Informatics-Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (ICIICII)**. IEEE, 2017. p. 286-289.

L

QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C. A.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. **Avaliação e monitoramento da salinidade do solo**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. das; ACERDA, C. F. de. (Ed.). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010

PHILIPPY, ARLINDO JUNIOR. **Energia e sustentabilidade**. Ed. Manole, 2016

TCC, SOARES, JI JUNIOR, **UTILIZAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO – ESTUDO DE CASO ETE FIGUEIRA 2021** – UFSC

FREITAS; DATHEIN, 2013, **As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental**, UNIRITTER E UFRS, ART. PÓS GRADUAÇÃO

Rodrigo Corrêa da Silva; Ismael de Marchi Neto and Stephan Silva Seifert, (2016), **Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil**, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 59, (C), 328-341