

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**CÁSSIO DE OLIVEIRA FRAGOSO
LETÍCIA FERNANDA STELLA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM GRUPO
MOTOR GERADOR A DIESEL EM HORÁRIO DE PICO EM UM
CONSUMIDOR COMERCIAL DE BAIXA POTÊNCIA ALIADO A
TARIFA BRANCA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2018**

CÁSSIO DE OLIVEIRA FRAGOSO

LETÍCIA FERNANDA STELLA

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM GRUPO
MOTOR GERADOR A DIESEL EM HORÁRIO DE PICO EM UM
CONSUMIDOR COMERCIAL DE BAIXA POTÊNCIA ALIADO A
TARIFA BRANCA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à disciplina de TCC 2, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – *Campus* Curitiba, como requisito parcial para obtenção de nota e posterior título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof^o Me. Marcelo Barcik

CURITIBA

2018

CÁSSIO DE OLIVEIRA FRAGOSO
LETÍCIA FERNANDA STELLA

Estudo de Viabilidade da Implementação de um Grupo Motor Gerador em Horário de Pico em um Consumidor Comercial de Baixa Potência Aliado a Tarifa Branca

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 15 de Junho de 2018.

Prof. Paulo Sergio Walenia, Esp.
Coordenador de Curso
de Engenharia de Controle e Automação

Prof. Marcelo de Oliveira Rosa, Dr.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia de Controle e Automação do DAELT

ORIENTAÇÃO

Marcelo Barcik, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Marcelo Barcik, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Gilberto Wolff, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Clider Adriane de Souza Silva, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Controle e Automação.

RESUMO

FRAGOSO, Cássio de O.; STELLA, Letícia F. **Estudo de viabilidade da implementação de um grupo motor gerador a diesel em horário de pico em um consumidor comercial de baixa potência aliado a Tarifa Branca**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso superior de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

Tendo em vista a recente crise energética enfrentada pelo nosso país devido à falta de chuvas em determinadas regiões, as concessionárias de energia foram obrigadas a recorrer a geração de energia termoelétrica, o que elevou os custos da geração, forçando-as a repassar os custos para os consumidores através de tarifações alternativas. A fim de amenizar os custos para o consumidor e incentivá-los a buscar soluções alternativas, a agência nacional de energia elétrica (ANEEL) criou uma tarifação diferenciada conhecida como “Tarifa Branca”, que busca “premiar” consumidores de baixa potência que diminuam o consumo no horário de ponta. A utilização de geração a diesel vem como uma alternativa para reduzir gastos e o consumo da Energia Elétrica proveniente da concessionária. Neste trabalho buscamos avaliar a viabilidade da utilização da geração a diesel para um consumidor comercial de baixa potência aliado a mudança de tarifação para a “Tarifa Branca”, analisando o perfil de consumo do estabelecimento em questão, através dos dados de consumo em um período de 12 meses, e a possível economia gerada pela mudança. De modo a calcular o preço do kWh gerado pelo grupo, o estudo considerou custos com a implementação do empreendimento, bem como diversas variáveis que influenciam o mesmo. Também foi realizada uma simulação da fatura de energia alterando a Modalidade Tarifária para a “Tarifa Branca” para, junto aos custos do grupo gerador, compor um possível gasto anual para ser comparado ao valor gasto na condição atual e ser incluído na análise financeira realizada. Para dimensionar e escolher o gerador mais apropriado ao consumo nos horários considerados, normas da concessionária local e sistemas de automação para a segurança do fornecimento, foram abordados ao longo do presente trabalho. Finalmente, a partir do desenvolvimento de todas essas etapas anteriormente citadas, foi possível chegar à conclusão de que o empreendimento seria inviável do ponto de vista financeiro e sugerir alternativas que pudessem vir a viabilizar o projeto.

Palavras-chave: Geração, Tarifação, Horário de Ponta, Tarifa Branca.

ABSTRACT

FRAGOSO, Cássio de O.; STELLA, Leticia F. **Feasibility study of the implementation of a diesel generator set during peak hours in a low power commercial consumer allied to the White Tariff.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso superior de Engenharia de Controle e Automação. Federal Technology University - Paraná. Curitiba, 2018.

In view of the recent energy crisis faced by our country due to the lack of rainfall in certain regions, energy concessionaires were obliged to resort to thermoelectric power generation, which raised the generation costs, forcing them to pass the costs to consumers through alternative charging. In order to reduce costs for consumers and encourage them to seek alternative solutions, ANEEL has created a differentiated tariff known as the "White Tariff", which seeks to "reward" low-power consumers who consumption at peak time. The use of diesel generation comes as an alternative to reduce expenses and the consumption of Electric Energy from the concessionaire. In this work we aim to evaluate the viability of the use of diesel generation for a low power commercial consumer allied to the tariff change for the "White Tariff", analyzing the consumption profile of the establishment considered, through consumption data in a period of 12 months, and the possible savings generated by the change. In order to calculate the kWh price generated by the group, the study considered costs with the implementation of the enterprise, as well as several variables that influence the same. A simulation of the energy bill was also made, altering the Tariff Modality for the "White Tariff" to, along with the costs of the generating group, compose a possible annual expense to be compared to the amount spent in the current condition and be included in the financial analysis performed. In order to size and choose the most appropriate generator for the consumption at the times considered, local utility standards and automation systems for the security of supply were addressed throughout the present work. Finally, from the development of all these steps previously mentioned, it was possible to conclude that the project would be financially impracticable and to suggest alternatives that could make the project viable.

Keywords: Generation, Charging, Peak Hours, White Tariff.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificações de utilização de grupos geradores	30
Tabela 2 - Coeficientes de Simultaneidade	33
Tabela 3 - Coeficientes de utilização	33
Tabela 4 - Tabela de cargas da Padaria	43
Tabela 5 - Histórico de Consumo e Pagamento da Panificadora no Sistema Convencional.....	45
Tabela 6 - Valores das Tarifas Convencional e Branca com Tributos.....	46
Tabela 7 - Importe Total anual da Panificadora nos diferentes sistemas	48
Tabela 8 - Orçamento GMG	49
Tabela 9 - Valores do Diesel na cidade de Curitiba	50
Tabela 10 - Custos com Manutenção Preventiva.....	50
Tabela 11 - Custos de Geração	51
Tabela 12 - Resultados Encontrados	52
Tabela 13 - Aplicações Financeiras	53
Tabela 14 - Fluxo de caixa	54
Tabela 15 - Resultados Análise Financeira	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes de um gerador síncrono.....	18
Figura 2 - Involucro de gerador síncrono IP 21	18
Figura 3 - Rotor de polos lisos.....	19
Figura 4 - Rotor de polos salientes.....	20
Figura 5 - Estator.....	20
Figura 6 - Escovas e Anéis.....	21
Figura 7 - Circuito equivalente com excitatriz auxiliar	22
Figura 8 - Circuitos equivalentes de um gerador de polos salientes	24
Figura 9 - Motor Diesel em corte	25
Figura 10 - Etapas do Ciclo Termodinâmico do Motor Diesel	26
Figura 11 - Configuração dos Grupos Geradores a Diesel	28
Figura 12 - Comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional	37

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNICOS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ATS – Automatic Transfer Switch

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

Hz – Hertz

kWh – quilowatt-hora

MPU – Magnetic Pickup

NTC – Norma Técnica da Copel

Rad/s – Radianos por Segundo

REN – Resolução Normativa

RPM – Rotações por Minuto

TIR – Taxa Interna de Retorno

V – Volts

VPL – Valor Presente Líquido

Wb – Weber

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA.....	11
1.1.1 Delimitação do Tema	12
1.2 PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 JUSTIFICATIVA	14
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2. GRUPO MOTOR-GERADOR DIESEL.....	16
2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE GERADORES.....	16
2.2 GERADOR SÍNCRONO	17
2.2.1 Componentes de um Gerador Síncrono.....	17
2.2.1.1 Involucro.....	18
2.2.1.2 Rotor principal	19
2.2.1.3 Estator (armadura)	20
2.2.1.4 Escovas e anéis (coletores)	21
2.2.1.5 Gerador auxiliar de corrente contínua	21
2.2.2 Características e especificações de geradores síncronos.....	22
2.2.2.1 Velocidade de rotação de um gerador síncrono.....	22
2.2.2.2 Tensão interna gerada em um gerador síncrono	23
2.2.2.3 Circuito equivalente do gerador síncrono	23
2.3 MOTOR DIESEL.....	25
2.3.1 Regulação de Velocidade.....	26
2.3.2 Sensor Magnético	27
2.3.3 Atuador ou Governador.....	27
2.3.4 Matriz de Controle	27
2.4 PARALELISMO DE GERADORES.....	28
2.4.1 Paralelismo Momentâneo.....	29
2.4.2 Paralelismo Permanente	29
2.5 DIMENSIONAMENTO DO GRUPO MOTOR GERADOR	29
2.5.1 Classificação de Grupo Gerador	30
2.5.1.1 Classificação de energia <i>standby</i>	30
2.5.1.2 Classificação de energia <i>prime</i>	31
2.5.1.3 Classificação de energia contínua.....	31
2.5.2 Fatores de Influência para o Dimensionamento.....	32
2.5.2.1 Fator de demanda	32
2.5.2.2 Fator de carga	32
2.5.2.3 Fator de simultaneidade	32
2.5.2.4 Fator de utilização	33
3. SISTEMA TARIFÁRIO	34
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES	34
3.1.1 Grupo B.....	35
3.2 POSTOS TARIFÁRIOS	35
3.3 TARIFA BRANCA	36
3.4 METODOLOGIA DA ANÁLISE FINANCEIRA	38

3.4.1 Valor Presente Líquido	38
3.4.2 Taxa Interna de Retorno.....	39
3.4.3 <i>Payback</i> Descontado	40
3.4.4 Retorno sobre Investimento	40
3.4.5 Custo de Depreciação	41
3.4.6 Manutenção.....	41
4 DIMENSIONAMENTO DO GRUPO MOTOR GERADOR E CONDUTORES.....	42
4.1 DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DO GRUPO GERADOR	42
4.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO E AUTOMAÇÃO	43
5 ANÁLISE TARIFÁRIA E FINANCEIRA	44
5.1 ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO.....	44
5.2 SIMULAÇÃO DA FATURA NA TARIFA BRANCA.....	46
5.2.1 Tarifa Utilizada para a Simulação.....	46
5.2.2 Simulação do Preço Total Anual	46
5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DA FATURA NOS DIFERENTES SISTEMAS	47
5.4 ANÁLISE FINANCEIRA	48
5.4.1 Custo de Aquisição e Instalação do Grupo Gerador	48
5.4.2 Custo do Diesel	50
5.4.3 Custos com Manutenção Preventiva.....	50
5.4.4 Componentes do Custo de Geração	51
5.4.5 Comparativo do Gasto Anual com e sem Gerador.....	52
5.4.6 Indicadores Financeiros	53
5.4.7 Valor Presente Líquido	53
5.4.8 <i>Payback</i>	54
5.4.9 Taxa Interna de Retorno.....	55
5.4.10 Retorno sobre o Investimento	55
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica está presente na vida de praticamente todas as pessoas ao redor do mundo, sendo fundamental para o desenvolvimento tecnológico e o crescimento econômico de todos os países. A escassez desse tipo de energia pode trazer problemas para a economia e influenciar na expansão das atividades industriais, agrícolas e comerciais.

Entretanto, existem alguns possíveis fatores de limitação da intensidade desse crescimento econômico, dentre os quais se destaca a dificuldade para a ampliação da capacidade de transmissão e distribuição de energia. O setor elétrico brasileiro, que no passado constitui importante vetor de desenvolvimento, deverá condicionar a velocidade desse crescimento, uma vez que o ritmo de expansão da demanda vem evoluindo em patamares superiores à taxa de oferta de energia. Em termos de segmentos do consumo, a expansão do mercado vem sendo marcada pelo expressivo aumento do consumo das classes residencial e comercial, que vem crescendo a taxas superiores à do crescimento do consumo total de energia elétrica do país (GIAMBIAGI; GOSTKORZEWICZ; PIRES, 2001, p.7).

Como tentativa de reduzir o pico de carga que ocorre no final da tarde e início da noite, as concessionárias, ou seja, as empresas fornecedoras de energia elétrica, penalizam os consumidores industriais elevando em até três vezes o preço da energia no chamado horário de ponta em relação ao valor cobrado fora de ponta. Este aumento de preço é bastante expressivo, fazendo com que o custo da energia passe a ser mais representativo no total do produto, forçando os empresários a buscar alternativas para não perder em competitividade. (MASSERONI; OLIVEIRA, 2012, p.52)

Na busca por alternativas de reduzir o consumo em horário de ponta e, assim, poder atender à demanda de energia a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, no dia 12.09.2016, publicou a Resolução Normativa nº 733/2016 regularizando a chamada “tarifa branca”, que possibilita ao consumidor pagar valores diferentes em função do dia e da hora da semana.

Nos dias úteis, o valor Tarifa Branca varia em três horários: ponta, intermediário e fora de ponta. Na ponta e no intermediário, a energia é mais cara. Fora de ponta, é mais barata. Nos feriados nacionais e nos fins de semana, o valor é sempre fora de ponta. Os períodos horários de ponta, intermediário e fora de ponta são homologados

pela ANEEL nas revisões tarifárias periódicas de cada distribuidora, que ocorrem em média a cada quatro anos.(ANEEL, 2015)

Com a utilização cada vez mais comum de geração distribuída de energia elétrica, teve-se a ideia de implementar um modelo autossuficiente em horário de ponta para consumidores de baixa potência, para que, aliado à tarifa branca, possibilite uma diminuição no custo da energia elétrica mensal de um estabelecimento.

1.1 TEMA

“*Smart Grid*” é um termo muito conhecido hoje no campo da Engenharia Elétrica, este por sua vez, trata da evolução da distribuição de energia que nos últimos 50 anos quase não teve desenvolvimentos significativos de tecnologia, apenas de infraestrutura.

Um dos pilares da “*Smart Grid*”, além dos conceitos de automação na distribuição, *self-healing* e internet das coisas, é a geração distribuída, que tem encontrado seu espaço nas energias renováveis. Ela é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia e fonte de energia (INEE, 2017). Dentro desta está contida a geração por grupo motor gerador.

Grupos motores geradores são muito utilizados para geração de energia em consumidores de alta potência que precisam de confiabilidade ou de muita potência quando a rede está sobrecarregada. Vários trabalhos já foram realizados neste campo, como por exemplo o trabalho de conclusão de curso realizado por alunos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná em 2015 sobre a implementação de um grupo motor gerador em um hospital em horário de pico.

O famoso horário de pico ou horário de ponta consiste na parte do dia onde a concessionária tem a maior demanda de potência, o que causa grandes impactos para ela. Para evitar esses impactos a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou tarifas diferenciadas pelo horário do dia com o intuito de tentar diminuir o consumo nos períodos de maior demanda. Entretanto nos últimos anos ela tem buscado uma abordagem diferente, tentando incentivar consumidores a optarem por não consumir energia nesses horários.

Pensando nisso, escolheu-se como tema deste trabalho o estudo de viabilidade da implementação de um grupo motor gerador a diesel no horário de pico em um estabelecimento consumidor comercial de baixa potência em conjunto com a tarifa branca, com a finalidade de trazer benefícios econômicos aos envolvidos.

1.1.1 Delimitação do Tema

O trabalho consistirá num estudo de perfil de carga de um estabelecimento comercial, com o intuito de encontrar uma solução de grupo motor gerador capaz de manter a alimentação plena do ambiente durante um determinado horário do dia. Será realizada uma simulação financeira da implementação do gerador em conjunto com a legislação válida a partir de 2018 denominada tarifa branca.

Após concluído o estudo serão levantados fatores positivos e negativos desta implementação, bem como uma conclusão com embasamento teórico, a respeito da viabilidade ou não viabilidade do projeto.

Considerando que a legislação ainda não se encontra em vigor não temos estudos com essa aplicação aliando a Tarifa Branca ao uso de Grupos Motor Gerador a Diesel em um consumidor comercial, o que enriquece o valor dos resultados que serão obtidos.

1.2 PROBLEMA

Levando em consideração o cenário atual da economia do país e o aumento significativo dos custos com energia elétrica que em Curitiba, por exemplo, tiveram um aumento de 51% em 2015, e vêm aumentando em uma curva sinuosa dos últimos 4 anos (JORNAL GAZETA DO POVO, 2015) encontrar soluções para minimizar esses gastos principalmente no setor comercial se tornou prioridade, para tornar o estabelecimento mais competitivo e em muitos casos conseguir evitar a falência.

É preciso também levar em consideração o motivo do aumento nos custos da energia elétrica, analisando a priori, questões de oferta e demanda. A tarifa está mais cara pois a concessionária fornecedora está sobrecarregada em determinados horários do dia, o que exige um superdimensionamento da rede (questões de aumento de impostos não serão abordadas).

Com todas estas questões em pauta, pretende-se analisar uma solução que possa beneficiar o consumidor e a concessionária, diminuindo os custos de um e aliviando a demanda do outro respectivamente, através de geração de energia distribuída e a implementação de uma legislação incentivadora desse tipo de atividade.

Através desse estudo busca-se encontrar uma solução viável para implementação de gerações distribuídas, tornando assim o cenário atual da economia mais encorajador. Caso o estudo indique a inviabilidade do projeto, teremos uma indicação de que deve-se seguir outro caminho para solucionar o problema.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo em um estabelecimento comercial, para avaliar a viabilidade técnica e financeira da implementação de um grupo motor gerador a óleo diesel, aliado à incorporação da tarifa branca para alimentar a instalação durante o horário de ponta.

1.3.2 Objetivos Específicos

Entende-se que a realização do objetivo definido acima se tornará possível, através de um desdobramento em sete objetivos específicos:

- Realizar uma revisão bibliográfica acerca dos geradores a diesel e suas configurações;
- Realizar um referencial teórico sobre a “tarifa branca” e sua implementação, bem como suas vantagens e desvantagens;
- Realizar um referencial teórico sobre o sistema tarifário de energia elétrica para fins de comparação;
- Realizar um levantamento de dados de consumo de energia elétrica do estabelecimento durante os últimos doze meses;
- Realizar uma análise da viabilidade técnica da implementação do sistema gerador, assim como da “tarifa branca”;

- Avaliar a viabilidade financeira considerando *Payback*, investimento a curto e longo prazo, custos com manutenção e instalação: e,
- Avaliar as conformidades do gerador adequadas para atender a necessidade do cliente examinado.

1.4 JUSTIFICATIVA

A geração paralela de energia, por mais que sua rentabilidade seja questionável, vem conquistando o seu espaço nas empresas. A situação econômica brasileira na atualidade, aliada com os altos custos da energia elétrica, está provocando uma procura maior por meios alternativos e autossustentáveis de produção de energia.

A principal motivação para execução deste trabalho é encontrar uma forma de promover a redução real de gastos com o consumo de energia elétrica para, assim, possibilitar ao consumidor uma maior economia.

Pressupondo-se a realização dos objetivos pretendidos, o estudo oferecerá conhecimentos sobre a implementação da “tarifa branca”, um novo meio de cobrança de energia elétrica ainda não muito conhecido pelos consumidores que serão atendidos pela mesma. Além disso, a análise ofertará instruções e informações sobre as consequências de aliá-la à instalação de sistemas geradores.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a promoção dos objetivos propostos, realizou-se um levantamento bibliográfico, em meios físicos e digitais, com o intuito de identificar a existência de outros trabalhos, artigos e livros relacionados a este mesmo tema de estudo, que propiciem a constituição de uma fundamentação teórica a respeito de sistemas de geração de energia, sistemas tarifários da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e a implementação da chamada “tarifa branca”.

Após a conclusão desse estudo, iniciou-se a aquisição das informações e históricos de consumo de energia elétrica do estabelecimento nomeado, através da coleta dos dados das últimas 12 contas de luz do mesmo. Posteriormente, estabeleceu-se os padrões para finalmente buscar a solução mais apropriada para

que seja capaz de ser autossustentável durante o horário de ponta da rede. Em conjunto com isso, simulou-se a implementação da “tarifa branca” para tornar o investimento mais viável e com um *Payback* mais atrativo.

Finalmente foram feitas as considerações sobre os resultados obtidos com foco nos objetivos previamente definidos e sugestão de trabalhos futuros.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A realização desse trabalho está dividida de acordo com a estrutura a seguir:

- Capítulo 1 – Introdução, contendo a delimitação do tema, problemas e premissas, objetivos geral, objetivos específicos, justificativa e procedimentos metodológicos relacionados a proposta elaborada.
- Capítulo 2 – Revisão teórica sobre Grupos Motores Geradores a Diesel (funcionamento, componentes, conceitos e aplicabilidade).
- Capítulo 3 – Embasamento teórico sobre Sistemas Tarifários, a chamada Tarifa Branca e análise do perfil de consumo da panificadora.
- Capítulo 4 - Análise do sistema proposto – Dimensionamento do grupo gerador adequado para a atender a necessidade do estabelecimento e para atender questões de segurança da COPEL, bem como analisar o sistema de proteção e segurança a ser utilizado.
- Capítulo 5 - Análise Tarifária e Financeira – Realizar a simulação da fatura em diferentes sistemas tarifários com o intuito de comparar com o sistema da “tarifa branca” e concluir se o mesmo é apropriado ao cliente. Além disso, analisar se o projeto é viável financeiramente (custo da energia produzida pelo gerador em R\$/kWh), considerando fatores como a depreciação do equipamento, custos com manutenção, consumo de combustível, etc.;
- Capítulo 6 - Considerações finais;
- Referências.

2. GRUPO MOTOR-GERADOR DIESEL

2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE GERADORES

Geradores são máquinas elétricas que convertem um determinado tipo de energia em energia elétrica; (CHAPMAN, 2013) neste trabalho será abordada a conversão de energia mecânica para energia elétrica em forma de força eletromotriz (f.e.m.) que é a principal aplicação dos geradores.

Este tipo de conversão conhecida como eletromecânica, tem sua aplicação embasada nas teorias do eletromagnetismo. Sua ocorrência é devida, simplificada, ao movimento relativo entre uma espira e um campo magnético (DT-5 WEG) que provoca o aparecimento de uma força eletromotriz (f.e.m.) induzida nos terminais do gerador. Esse fenômeno está fundamentado pela lei da física conhecida como Lei da Faraday apresentada na equação (1).

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

Os geradores elétricos podem ser divididos em categorias, que são definidas pelos modelo construtivo e tipo de funcionamento. Para os geradores de corrente alternada as categorias existentes são as síncronas e assíncronas.

Geradores assíncronos, funcionam com uma velocidade de rotação não proporcional à frequência da sua alimentação, devido ao escorregamento¹, a velocidade do rotor é menor que a do campo girante. Isso limita seu funcionamento pois ele só é capaz de injetar potência ativa na rede previamente energizada ou com o uso de capacitores para partida (ASANO, 2015).

Por sua vez os geradores síncronos, funcionam com a velocidade de rotação constante, igual e sincronizada com a frequência da tensão elétrica alternada aplicada aos terminais da mesma (ASANO, 2015).

1 (WEG, DT-6) Termo que descreve a diferença relativa entre as velocidades do rotor e do campo girante do estator.

Nesse trabalho optou-se por abordar os geradores síncronos pelo fato deles serem atualmente os mais comuns no mercado para esse tipo de aplicação.

2.2 GERADOR SÍNCRONO

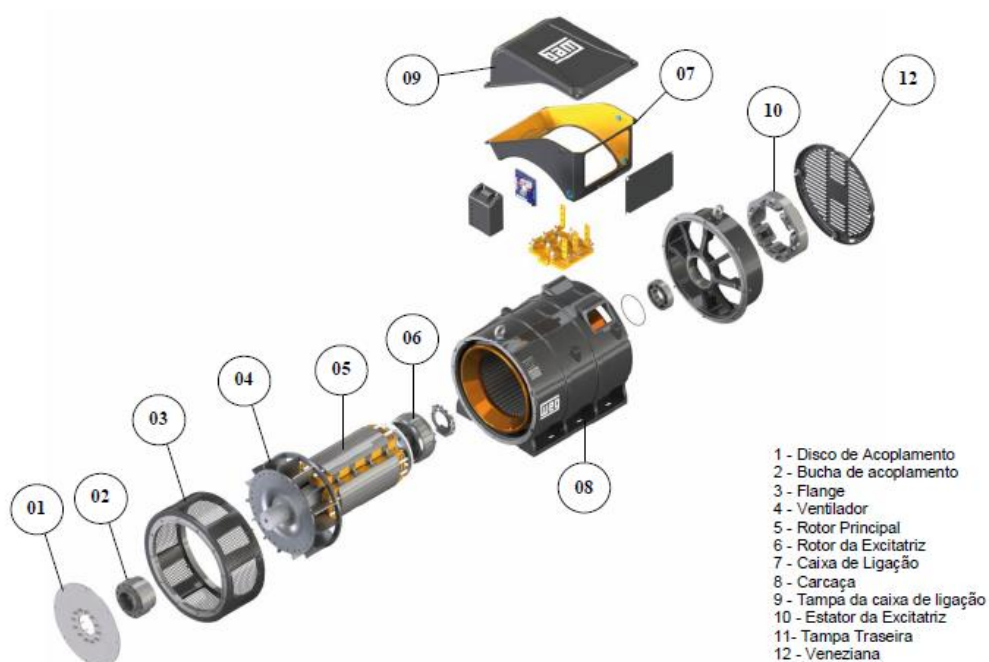
Segundo Chapman (2003) “os geradores síncronos têm esta denominação devido ao fato de sua velocidade mecânica de rotação ser diretamente ligada à frequência”, ou seja, como já citado anteriormente, operam com uma velocidade de rotação constante sincronizada com a frequência da tensão elétrica alternada gerada nos terminais do mesmo, sendo assim, há um sincronismo entre o campo do estator e do rotor.

Os geradores e motores síncronos são constituídos basicamente pelo rotor e pelo estator. No rotor está montado o enrolamento indutor, que é percorrido por corrente contínua, que tem como função a criação de um campo magnético intenso. No estator estão montados os enrolamentos induzidos, nos quais se efetua a conversão eletromecânica de energia (MARQUES, 2001). A corrente contínua que percorre o rotor pode ser proveniente de fonte externa por meio de anéis coletores ou de fonte interna especial montada diretamente no eixo do gerador. A seguir serão citados em detalhes todos os elementos constituintes de um gerador síncrono.

2.2.1 Componentes de um gerador síncrono

Na Figura 1 pode-se visualizar um apanhado geral dos componentes do gerador síncrono:

Figura 1 - Componentes de um gerador síncrono



Fonte: DT-5 WEG

2.2.1.1 Involucro

Composto pelo disco de acoplamento, bucha de acoplamento, flange, carcaça, tampa da caixa de ligação, tampa traseira, veneziana e ventilador. Tem essencialmente uma função de suporte mecânico e controle de temperatura dos componentes do gerador (MARQUES, 2001), além de proteger os circuitos internos tendo, geralmente, IP 21, é fabricado em material metálico. Após montados corretamente configuram a parte externa do gerador conforme Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Involucro de gerador síncrono IP 21



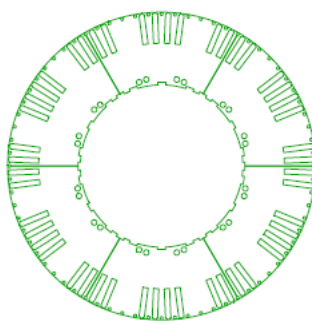
Fonte: TECNOGERA (2017)

2.2.1.2 Rotor principal

Rotor é a parte girante da máquina, fabricada em material ferromagnético de baixa resistividade magnética, é construído de lâminas finas para reduzir eventuais perdas geradas por correntes parasitas². Usualmente possuem dois tipos definidos pelos tipos de polos, no caso, lisos ou salientes (CHAPMAN, 2013).

Polos lisos são rotores nos quais o entreferro é constante ao longo de toda a periferia do núcleo de ferro (DT-5 WEG), como pode ser visto na Figura 3. Normalmente são usados em máquinas com 2 ou 4 polos e possuem alta velocidade de rotação.

Figura 3 – Rotor de polos lisos

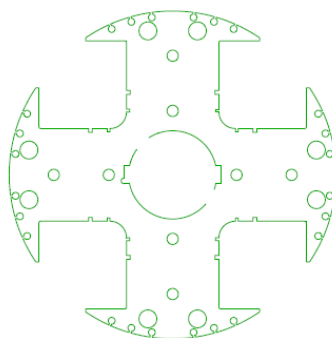


Fonte: DT-5 WEG (2018)

Polos salientes são rotores que apresentam uma descontinuidade no entreferro ao longo da periferia do núcleo de ferro. Nestes casos, existem as chamadas regiões interpolares, onde o entreferro é muito grande, tornando visível a saliência dos polos (DT-5 WEG), como visualizado na Figura 4. São utilizados, geralmente, em máquinas com 4 ou mais polos que apresentam baixa rotação.

² (GUEDES Manuel, 1995) Corrente gerada em uma massa de material metálico, resultante de um campo magnético alternado.

Figura 4 – Rotor de polos salientes



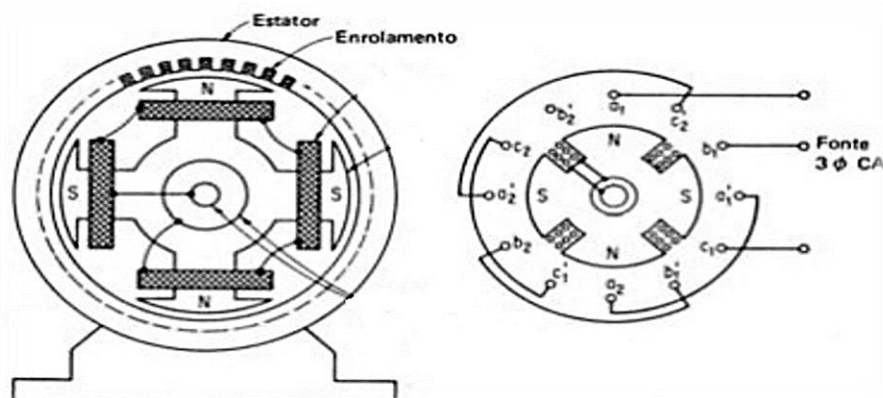
Fonte: DT-5 WEG (2018)

Em geradores síncronos, uma corrente contínua é aplicada ao enrolamento do rotor para produzir o campo magnético. O rotor entra em rotação devido ao giro do eixo mecânico acoplado ao motor produzindo um campo magnético girante dentro da máquina (CHAPMAN, 2003).

2.2.1.3 Estator (armadura)

Nas máquinas síncronas o estator é a parte fixa que envolve o rotor, é composto por enrolamentos dispostos de tal forma que a defasagem entre eles seja de 120° , quando excitados pelo campo magnético proveniente do rotor induzem um conjunto de tensões trifásicas, cuja frequência está sincronizada com a velocidade da máquina. (CHAPMAN, 2003). Vide Figura 5.

Figura 5 – Estator



Fonte: Motor elétrico (2018)

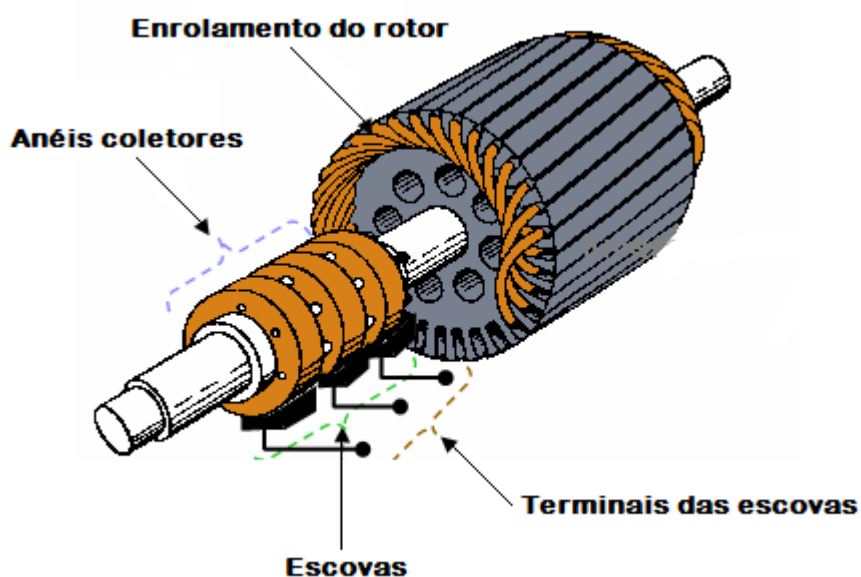
2.2.1.4 Escovas e anéis (coletores)

Conforme citado anteriormente a corrente contínua que percorre o rotor pode ser proveniente de fonte externa por meio de anéis coletores ou de fonte interna especial montada diretamente no eixo do gerador.

As escovas e anéis estão localizadas no eixo, porém se encontram isoladas, de forma a transmitir a corrente contínua externa apenas para os enrolamentos do rotor (MARQUES, 2001).

Nota-se que apesar de possuírem uma função simples esses com o tempo se desgastam e começam a gerar faíscas, portanto sua manutenção é muito importante para o bom funcionamento do gerador (CHAPMAN, 2003).

Figura 6 - Escovas e Anéis



Fonte: Máquinas Elétricas (2016/2017)

2.2.1.5 Gerador auxiliar de corrente contínua

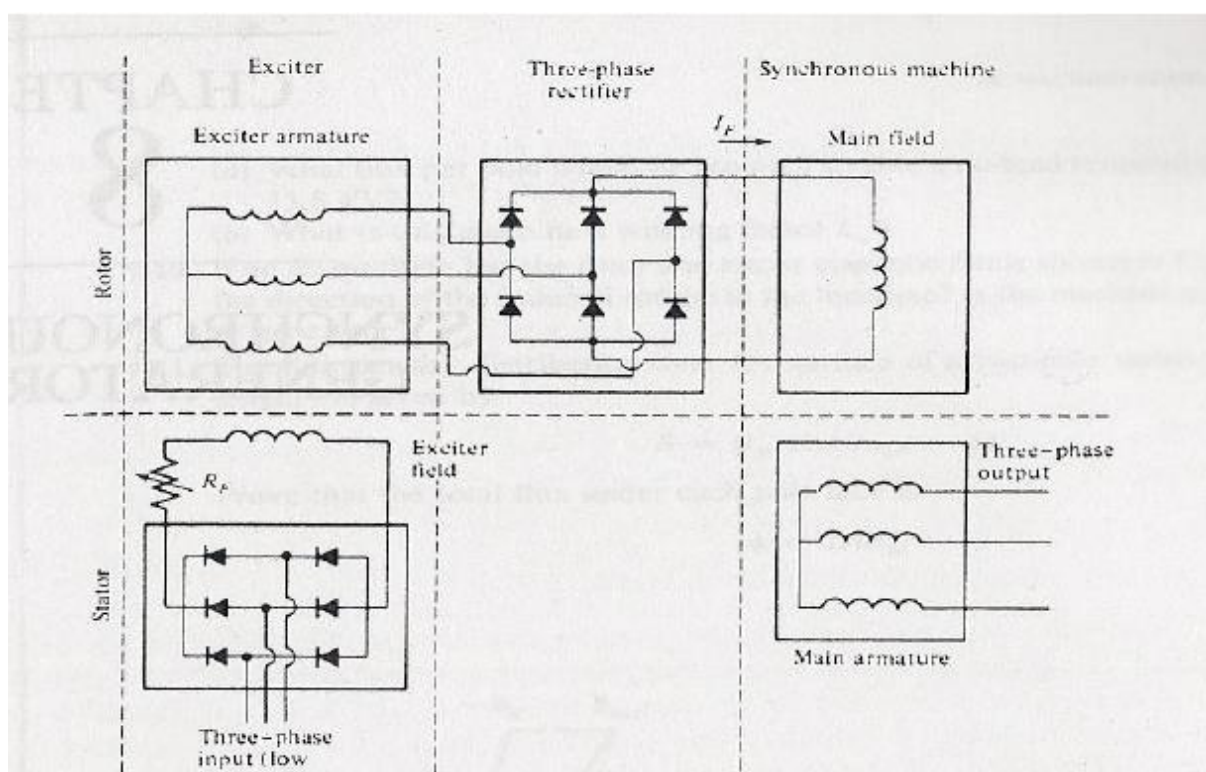
Geradores síncronos que possuem esse tipo de geração de corrente contínua auxiliar, são conhecidos como *brushless* (sem escovas). Consiste em um gerador CA pequeno com seu circuito de campo montado no estator e seu circuito de armadura

montado no eixo do rotor, funciona, portanto, como excitatriz auxiliar. (Chapman, 2003)

A saída trifásica da excitatriz é retificada para corrente contínua, por um circuito retificador trifásico também montado no próprio gerador, alimentando assim o circuito de campo principal.

Na Figura 7 temos o circuito correspondente da excitatriz auxiliar.

Figura 7 – Circuito equivalente com excitatriz auxiliar



Fonte: BENEDITO (2018)

2.2.2 Características e especificações de geradores síncronos

2.2.2.1 Velocidade de rotação de um gerador síncrono

Relembrando, as máquinas síncronas têm a velocidade de rotação proporcional à frequência, relacionando-se com o número de pares de polos de acordo com as equações equivalentes a seguir:

$$f = \frac{p * n}{120} \quad n = \frac{120 * f}{p} \quad , \quad (2)$$

Sendo: f = frequência em [Hz];

n = rotação em [RPM];

p = número de polos;

A frequência f no Brasil é de 60 Hz de forma padronizada para toda a rede nacional integrada.

2.2.2.2 Tensão interna gerada em um gerador síncrono

Segundo Chapman (2003) a tensão interna de um gerador síncrono é dada pela equação (3):

$$Ea = K * \varphi * \omega, \quad (3)$$

Sendo: Ea = tensão induzida [V];

K = Constante que representa os aspectos construtivos da máquina;

φ = Fluxo magnético [Wb];

ω = Velocidade angular [Rad/s].

Portanto, tem-se que a tensão induzida " Ea " é diretamente proporcional ao fluxo magnético e a velocidade angular.

2.2.2.3 Circuito equivalente do gerador síncrono

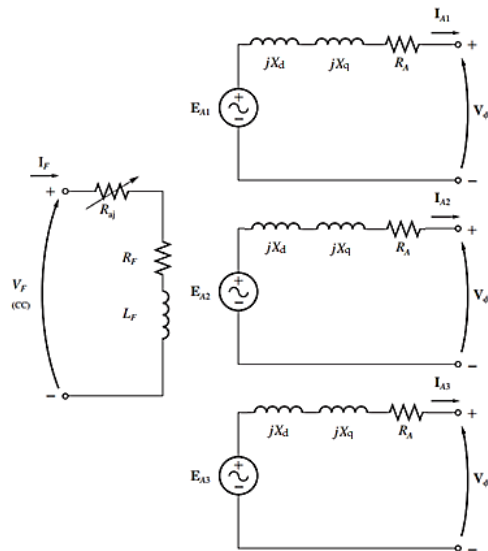
A tensão " Ea " é a tensão gerada interna que é produzida em uma fase do gerador síncrono. Entretanto, essa tensão não é usualmente a tensão que aparece nos terminais do gerador. De fato, o único momento em que a tensão interna " Ea " é

igual à tensão de saída $V\emptyset$ de uma fase é quando não há corrente de armadura circulando na máquina (CHAPMAN, 2013).

Portanto, para um gerador síncrono de polos salientes o circuito equivalente necessita de componentes para compensar a autoindutância da bobina da armadura, a resistência da bobina de armadura, o efeito formado nos polos salientes do rotor e a não uniformidade do entreferro nos polos, para que o modelo matemático se aproxime mais do modelo real do gerador em questão.

Desta forma os circuitos equivalentes são definidos conforme a Figura 8:

Figura 8 - Circuitos equivalentes de um gerador de polos salientes



Fonte: CHAPMAN (2013)

De onde podemos deduzir a equação 4:

$$V\emptyset = E_a + E_d + E_q + R_a * I_a$$

$$V\emptyset = E_a + j(X_d * I_d) + j(X_q * I_q) + R_a * I_a \quad , \quad (4)$$

Sendo: E_a = tensão interna gerada [V];

X_d = Reatância síncrona do eixo direto [Ω];

I_d = Corrente do eixo direto da força eletromotriz[A];

X_q = Reatância síncrona do eixo em quadratura[Ω].

I_q = Corrente do eixo em quadratura da força eletromotriz [A].

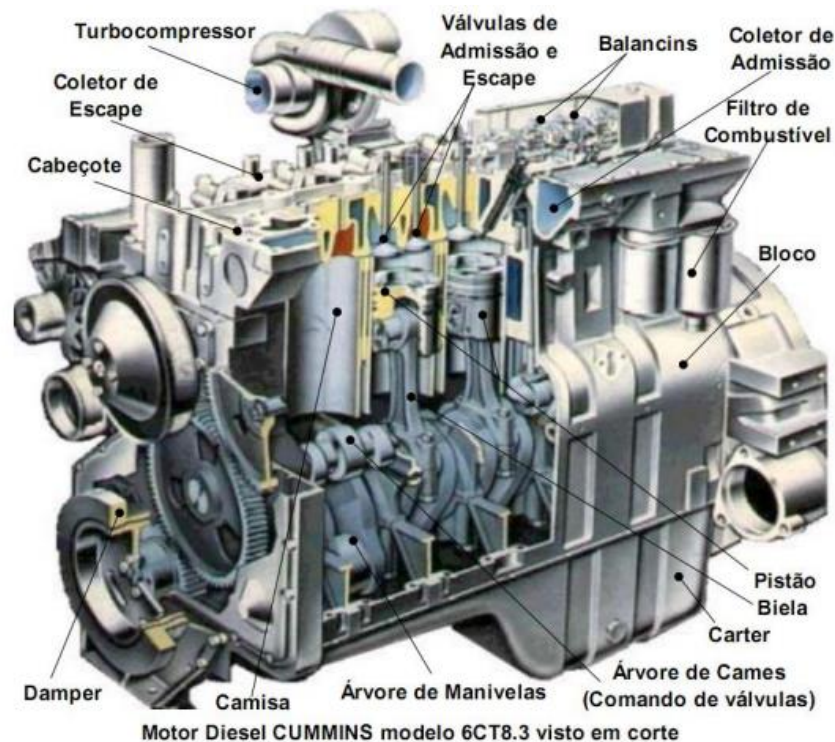
R_a = Resistência da armadura [Ω].

I_a = Corrente da armadura [A].

2.3 MOTOR DIESEL

Motores do ciclo Diesel são máquinas térmicas alternativas, isto é, transformam energia térmica em mecânica, destinadas ao suprimento de energia mecânica ou força motriz de acionamento. Também são conhecidas como motores a combustão interna, onde a obtenção de trabalho ocorre devido a liberação da energia química do combustível. Seu princípio de funcionamento é similar ao de motores de combustão utilizados em sistemas de motores de automóveis. São máquinas que possuem um cilindro dotado de êmbolo móvel, também chamado de pistão, e outras diversas peças móveis e fixas como ilustrado no esquema da Figura 9:

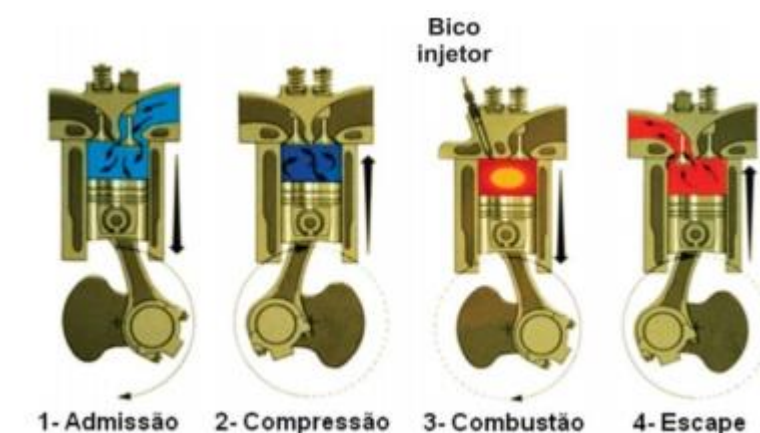
Figura 9 - Motor Diesel em corte



Fonte: PEREIRA, 2012

Seu ciclo de funcionamento ocorre em quatro tempos como ilustrado na Figura 10. Primeiramente o ar é **admitido** no interior dos cilindros, logo após é **comprimido** e recebe o combustível sob pressão superior àquela em que se encontra. No terceiro tempo, quando o combustível entra em contato com o ar aquecido pela pressão elevada, ocorre a **combustão** por autoignição. Imediatamente o combustível inflamado impulsiona o êmbolo para baixo e, finalmente, a válvula de escape abre e o êmbolo em sua subida **expele** do cilindro os produtos da combustão.

Figura 10 - Etapas do Ciclo Termodinâmico do Motor Diesel



Fonte: Dill, et al. (2006)

2.3.1 Regulação de velocidade

Nos grupos motor gerador diesel, a regulação de velocidade é feita a partir da injeção de combustível no motor, tal como nos motores a diesel convencionais, bem como pela carga conectada a ele. Por esse motivo, é fundamental que seja realizado o controle da frequência gerada pela carga para que a mesma permaneça constante em 50 ou 60Hz e assim o grupo motor-gerador possa alcançar sua eficiência.

O controle da frequência pode ser feito de duas maneiras: por meio de um regulador mecânico ou de um regulador eletrônico. O regulador mecânico, segundo Basler (1996), não oferece precisão em caso de cargas súbitas, portanto, de modo a minimizar instabilidades, é preferível a utilização dos eletrônicos.

O regulador eletrônico de rotação é composto essencialmente por quatro partes, regulador de velocidade, citado acima, e outros três componentes: potenciômetro de ajuste fino de frequência, sensor magnético e atuador (AMBAC, 1999).

2.3.2 Sensor magnético

É um dispositivo eletromagnético instalado na carcaça do volante, próximo à cremalheira. Tem como objetivo permitir o controle de velocidade do grupo gerador, de acordo com a passagem dos dentes da cremalheira que passam em sua frente, pois a cada passagem uma corrente alternada é induzida numa frequência de 1 Hz por dente. O Valor que é enviado pelo sensor varia entre 0.5 e 40 VRMS (TUROTEST,2004).

O sensor de velocidade mais frequentemente utilizado para aferir velocidade da unidade motriz é o *pickup* magnético (MPU) que se trata de um transdutor eletromagnético e deve ser instalado radialmente a cremalheira do volante. Estando o sensor instalado corretamente, o sinal de tensão gerado pelo *pickup* pode, então, ser interpretado por um dispositivo e a rotação do motor pode ser obtida.

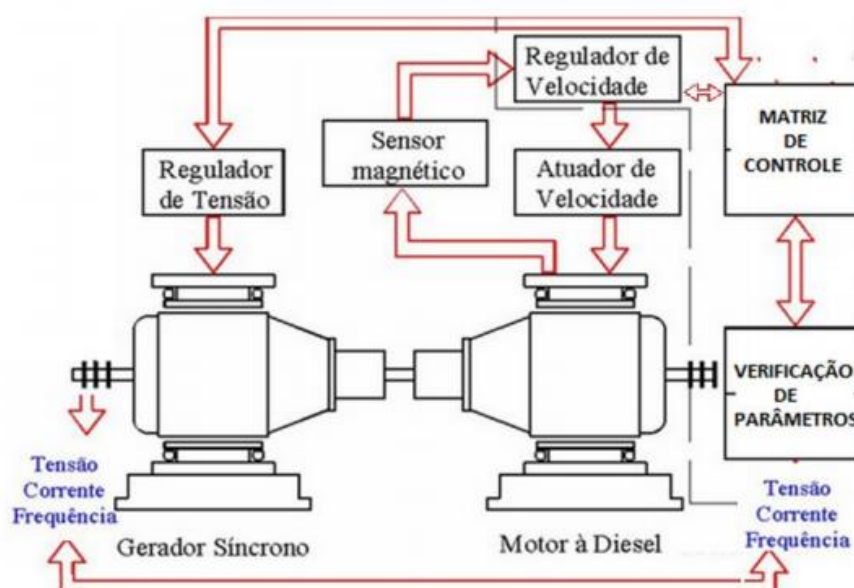
2.3.3 Atuador ou governador

É um componente eletromagnético que tem como principal função fazer o controle do fluxo do combustível interno e externo da bomba injetora. Com relação a alimentação, esta é comumente realizada com tensão contínua. Este controle é realizado por meio do deslocamento do êmbolo interno através da variação de corrente contínua oferecida pelo regulador eletrônico de rotação (AMBAC, 1999).

2.3.4 Matriz de controle

Para realizar o controle de todos estes componentes, é necessário a utilização de uma matriz de controle. Na Figura 11 pode-se verificar a relação entre os componentes em funcionamento. Esta fará as leituras das variáveis continuamente e exercerá o controle de parâmetros para todos os modos de funcionamento do grupo gerador a diesel.

Figura 11 - Configuração dos Grupos Geradores a Diesel



Fonte: NOCERA; GOMES; PEREIRA (2015)

2.4 PARALELISMO DE GERADORES

Geradores podem ser conectados em paralelo com a rede pública de energia para permitir:

- Substituição do fornecimento de energia pela rede pública e pelo gerador, vice-versa, para evitar a queda na rede interna;
- Corte nos picos de consumo da energia proveniente da rede pública (“*Peak Shaving*”);
- Geração de energia durante os horários de pico de consumo (“*Peaking Duty*”);
- Cogeração de energia.

A transferência sem interrupção entre o fornecimento de energia pela rede pública e pelo gerador pode ser feita por meio de uma comutação rápida, de forma instantânea, efetuada por uma Chave de Transferência Automática (ATS), ou por meio de uma transição gradual de carga, transferência em rampa, utilizando um sistema convencional de conexão em paralelo (INTERPOWER GERADORES, 2012).

2.4.1 Paralelismo momentâneo

De acordo com o definido na NTC 903105, a operação em regime de Paralelismo Momentâneo consiste no sistema de geração própria que opere em paralelo com o sistema de distribuição da COPEL, durante a partida e desligamento do sistema de geração, por um período menor ou igual a 15 segundos.

Neste tipo de conexão o sistema dispõe de dispositivos que sincronizam e compatibilizam as grandezas elétricas do gerador com a rede, possibilitando o acoplamento entre as duas fontes de energia. Esse acoplamento é mantido por um tempo necessário para o gerador assumir a carga alimentada pela rede e desligar o disjuntor de rede ou devolver a mesma para a rede e desligar o disjuntor do gerador na ocasião do retorno da alimentação pela Concessionária, sem haver qualquer tipo de interrupção às cargas (ENERGISA,2010).

2.4.2 Paralelismo permanente

O chamado Paralelismo Permanente consiste no sistema de geração própria que opere em paralelo com a rede de distribuição em regime permanente.

Neste tipo de conexão o sistema dispõe de dispositivos que sincronizam e compatibilizam as grandezas elétricas do gerador com a rede como no paralelismo momentâneo, porém, os disjuntores de rede e do gerador permanecem fechados durante o período de funcionamento dos geradores. Os geradores assumem toda ou parte da carga alimentada pela rede, permanecendo nesta condição até que seja dado o comando para o gerador devolver a carga à rede e posterior abertura do disjuntor do gerador. O acoplamento e o desacoplamento do disjuntor do gerador com a rede não provoca nenhum tipo de interrupção na alimentação das cargas (ENERGISA, 2010).

2.5 DIMENSIONAMENTO DO GRUPO MOTOR GERADOR

Para realizar o dimensionamento de um grupo motor gerador deve ser elaborada uma programação de carga razoavelmente precisa assim que possível (CUMMINS, 2018). Também é necessário definir a aplicação do grupo gerador.

2.5.1 Classificação de Grupo Gerador

Os grupos geradores são classificados de acordo com sua aplicação, essa classificação convencionalmente se dá por: classe *Standby*, classe *Prime* e classe Contínua, na tabela 1 estão descritas as aplicações de forma simplificada.

Tabela 1 - Classificações de utilização de grupos geradores

		Classificação do Grupo Gerador		
Tipo de Sistema		Standby	Prime	Contínua
		Emergência	Energia Prime	Carga Básica
		Standby legalmente exigidos	Corte de Pico	Co-geração
		Standby Opcional	Redução de Custos	

Fonte: CUMMINS (2018, p.10)

2.5.1.1 Classificação de energia *standby*

A classificação de energia *standby* é usada em aplicações de emergência onde a energia é fornecida durante a interrupção da energia normal. Não há nenhuma capacidade de sobrecarga sustentada disponível para esta classificação. (Equivalente à Energia de Parada por Falta de Combustível de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação se aplica a estabelecimentos que possuem uma fonte confiável de energia, e aplica-se somente a cargas variáveis com um fator de carga média de 80% da classificação *standby* durante um tempo máximo de 200 horas de operação por ano, e um tempo máximo de 25 horas por ano a 100% de sua classificação *standby*. Esta classificação é utilizada somente para aplicações de emergência onde o grupo gerador serve como reserva da fonte normal de energia (CUMMINS, 2018)

2.5.1.2 Classificação de energia *Prime*

A classificação de energia *prime* é aplicada no fornecimento de energia elétrica no lugar da energia adquirida comercialmente. O número de horas de operação permitido por ano é ilimitado para aplicações de carga variável, porém é limitado para aplicações de carga constante, como descrito a seguir. (Equivalente à Energia Prime de acordo com a norma ISO8528 e à Energia de Sobrecarga de acordo com as normas ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514 (CUMMINS, 2018).

Energia *Prime* com Tempo Ilimitado de Funcionamento: Em aplicações com carga variável, o fator de carga média não deve exceder 70% da Classificação de Energia *Prime*. Uma capacidade de sobrecarga de 10% está disponível por um período de 1 hora dentro de um período de 12 horas de operação, porém não deverá exceder 25 horas por ano. O tempo total de operação na Classificação de Energia *Prime* não deve exceder 500 horas por ano (CUMMINS, 2018).

Energia Prime com Tempo de Funcionamento Limitado: A energia prime está disponível por um número limitado de horas de operação anual em aplicações com carga constante como de energia interrompível, redução de carga, corte de pico e outras aplicações que em geral envolvem a operação em paralelo com a fonte normal de energia. Os grupos geradores podem operar em paralelo com a fonte normal de energia em até 750 horas por ano em níveis de energia que não excedam a Classificação de Energia Prime (CUMMINS, 2018).

Deve-se notar que a vida do motor será reduzida pela operação constante sob carga alta. Qualquer aplicação que requeira mais de 750 horas de operação por ano na Classificação de Energia Prime deverá utilizar a Classificação de Energia contínua (CUMMINS, 2018).

2.5.1.3 Classificação de energia Contínua

A classificação de energia de carga básica aplica-se ao fornecimento contínuo de energia para uma carga de até 100% da classificação básica por um número ilimitado de horas. Não há nenhuma capacidade de sobrecarga sustentada disponível nesta classificação. (Equivalente à Energia Contínua de acordo com as normas ISO8528, ISO3046, AS2789, DIN6271 e BS5514). Esta classificação aplica-se para a

operação de carga básica da fonte normal de energia. Nestas aplicações, os grupos geradores são operados em paralelo com a fonte normal de energia e sob carga constante durante períodos prolongados (CUMMINS, 2018).

2.5.2 Fatores de influência para o dimensionamento.

Após a etapa de levantamento de cargas e escolha de aplicação do grupo gerador, outros fatores devem ser calculados, quando aplicáveis, para realizar um dimensionamento mais preciso, esses são:

2.5.2.1 Fator de demanda

É a relação entre a demanda máxima do sistema e a carga total conectada a ele durante um intervalo de tempo considerado (ASADA, 2018). Definida na equação (5).

$$Fd = \frac{Dmáx}{Pinst}, \quad (5)$$

2.5.2.2 Fator de carga

É a relação entre a demanda média, durante um determinado intervalo de tempo, e a demanda máxima registrada no mesmo período (ASADA, 2018). Definida na equação 6. Um elevado fator de carga indica otimização dos investimentos da instalação elétrica.

$$Fcd = \frac{Dméd}{Dmáx}, \quad (6)$$

2.5.2.3 Fator de simultaneidade

É a relação entre a demanda máxima do grupo de aparelhos pela soma das demandas individuais dos aparelhos do mesmo grupo num intervalo de tempo

considerado (ASADA, 2018). Esta pode ser definida pela equação 7 ou através da tabela 2, que possui os valores já calculados.

$$F_s = \frac{D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=0}^n D_{i\acute{m}a}x}, \quad (7)$$

Tabela 2 - Coeficientes de Simultaneidade

Fatores de simultaneidade								
Aparelhos (cv)	Número de Aparelhos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores: 3/4 a 2,5 cv	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40
Motores: 3 a 15 cv	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,65	0,55	0,45
Motores: 20 a 40 cv	0,80	0,80	0,80	0,75	0,65	0,60	0,60	0,50
Acima de 40 cv	0,90	0,80	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60
Retificadores	0,90	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70
Soldadores	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30
Fornos resistivos	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-
Fornos de indução	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-

Fonte: ASADA (2018, p.9)

2.5.2.4 Fator de utilização

É o fator pelo qual deve ser multiplicada a potência nominal do aparelho para se obter a potência média absorvida pelo mesmo, nas condições de utilização. Esses valores se encontram de forma tabelada presente na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes de utilização

Fatores de utilização	
Aparelhos	Fator de Utilização
Fornos à resistência	1,00
Secadores, caldeiras	1,00
Fornos de indução	1,00
Motores de 3/4 a 2,5 cv	0,70
Motores de 3 a 15 cv	0,83
Motores de 20 a 40 cv	0,85
Acima de 40 cv	0,87
Soldadores	1,00
Retificadores	1,00

Fonte: ASADA (2018, p.12)

Todos os fatores citados são utilizados para tornar o dimensionamento mais preciso de forma a evitar sobredimensionamentos. Entretanto, a utilização desses fatores dependerá sempre da aplicação e do tipo de carga que está sendo estudada.

3. SISTEMA TARIFÁRIO

O Serviço Energia Elétrica é essencial no dia a dia da sociedade, seja nas residências ou nos diversos segmentos da economia. Para o uso desse bem é necessária a aplicação de tarifas que remunerem o serviço de forma adequada, que viabilize a estrutura para manter o serviço com qualidade e que crie incentivos para eficiência. Seguindo tais preceitos, a ANEEL desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado (ANEEL, 2016).

Para realizar a análise financeira da implementação do gerador, bem como seu dimensionamento, é imprescindível conhecer o perfil tarifário do estabelecimento em questão. No presente trabalho, tem-se como unidade consumidora de estudo uma panificadora localizada em Curitiba na região do bairro Rebouças. O estabelecimento funciona das 8h à 22h durante todos os dias da semana.

Nesse caso, tem-se a COPEL como fornecedora primária de energia elétrica, que tem sua normalização específica, assim como os preços de acordo com tipos de consumidor, faixas de demanda, mês e horário do consumo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES

No Brasil, as unidades consumidoras são classificadas em dois grupos tarifários: Grupo A, que possui tarifa binômica (isto é, o consumo e a demanda são tarifados de forma separada), e Grupo B, que tem tarifa monômica (na qual apenas o consumo é tarifado). O agrupamento é definido, principalmente, em função do nível

de tensão em que são atendidos e também, como consequência, em função da demanda (kW) (PROCEL, 2011).

O chamado Grupo "A" é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas nos termos definidos no art. 82 (COPEL,2016).

Já o Grupo "B" é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão superior a 2,3 kV e faturadas nos termos definidos nos arts.79 a 81 (COPEL, 2016).

Deu-se durante esse estudo maior ênfase ao Grupo "B", pois é no qual a panificadora está inclusa.

3.1.1 Grupo B

As unidades consumidoras atendidas em tensão abaixo de 2.300 volts são classificadas no Grupo B (baixa tensão). Em geral, estão nesta classe as residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios residenciais, grande parte dos edifícios comerciais e a maioria dos prédios públicos federais, uma vez que, na sua maioria são atendidos nas tensões de 127 ou 220 volts. O Grupo B é dividido em subgrupos, de acordo com a atividade do consumidor, conforme apresentados a seguir:

- Subgrupo B1 – residencial e residencial baixa renda;
- Subgrupo B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural;
- Subgrupo B3 – demais classes;
- Subgrupo B4 – iluminação pública.

3.2 POSTOS TARIFÁRIOS

Os postos tarifários são definidos para permitir a contratação e o faturamento da energia e da demanda de potência diferenciada ao longo do dia, conforme as diversas modalidades tarifárias. A regulamentação consta na Resolução Normativa ANEEL - REN nº 414/2010:

- Horário de ponta refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, e feriados nacionais.
- Horário fora de ponta refere-se ao período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta e intermediário (no caso da Tarifa Branca).
- O horário intermediário refere-se ao período de uma hora anterior e posterior ao horário de ponta, aplicado exclusivamente às unidades tarifárias pertencentes à tarifa branca (COPEL, 2016).

É importante conhecer a demanda da instalação durante os postos tarifários para que possamos definir a faixa horária a ser implementado o gerador, de modo que venha a reduzir significativamente os custos de energia.

3.3 TARIFA BRANCA

A Tarifa Branca é uma nova opção de tarifa que sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia conforme o dia e o horário do consumo. Ela é oferecida para as unidades consumidoras que são atendidas em baixa tensão (127, 220, 380 ou 440 Volts), denominadas de grupo B (ANEEL, 2015).

Com a Tarifa Branca, o consumidor passa a ter possibilidade de pagar valores diferentes em função da hora e do dia da semana.

Se o consumidor adotar hábitos que priorizem o uso da energia fora do período de ponta (aquele com maior demanda de energia na área de concessão), diminuindo fortemente o consumo neste horário, e no intermediário a opção pela Tarifa Branca oferece a oportunidade de reduzir o valor pago pela energia consumida.

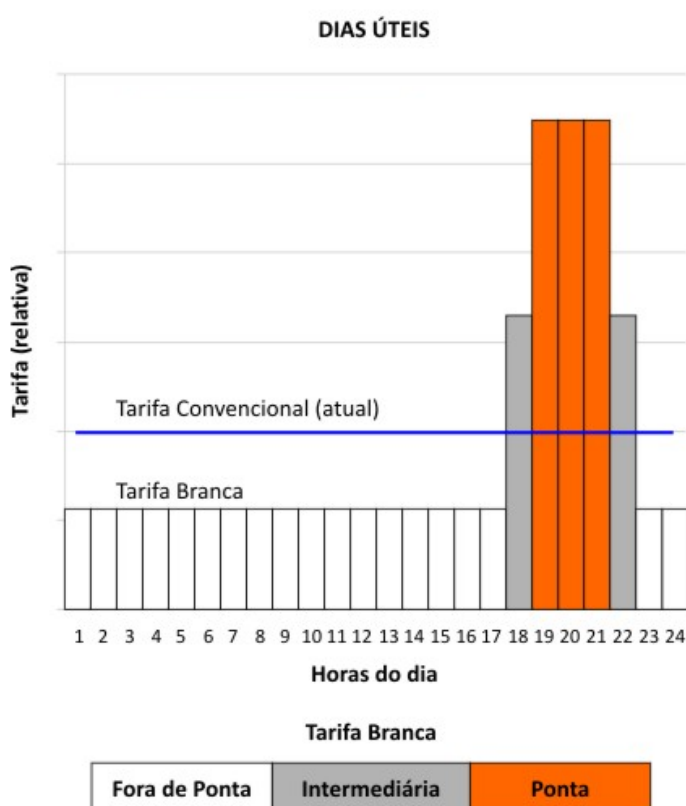
Nos dias úteis, o valor Tarifa Branca varia em três horários: ponta, intermediário e fora de ponta. Na ponta e no intermediário, a energia é mais cara. Fora de ponta, é mais barata. Nos feriados nacionais e nos fins de semana, o valor é sempre fora de ponta. Os horários contemplados nessas categorias são:

- Horário de ponta: das 18 às 21h no horário normal e das 19 às 22h no horário de verão;

- Horário Intermediário: das 17 às 18h e das 21 às 22h no horário normal e das 18 às 19h e das 22 às 23h no horário de verão;
- Horário fora de ponta: das 22 às 17h no horário normal e das 23 às 18h no horário de verão.

A Figura 12 traz um gráfico comparativo entre a Tarifa Branca e a convencional em dias úteis:

Figura 12 - Comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional



Fonte: ANEEL (2015)

A Tarifa Branca cria condições que incentivam alguns consumidores a deslocarem o consumo dos períodos de ponta para aqueles em que a rede de distribuição de energia elétrica tem capacidade ociosa.

É importante que o consumidor, antes de optar pela Tarifa Branca, conheça seu perfil de consumo e a relação entre a Tarifa Branca e a Convencional. Quanto mais o consumidor deslocar seu consumo para o período fora de ponta e quanto maior for a diferença entre essas duas tarifas, maiores serão os benefícios da Tarifa Branca (ANEEL, 2016). Algumas concessionárias disponibilizam um simulador onde é

possível comparar o valor da conta de energia com a tarifa convencional e a tarifa branca.

As unidades consumidoras que são atendidas em baixa tensão (grupo B) e para aquelas atendidas em alta tensão, pertencentes ao grupo A optantes da tarifa de baixa tensão, conforme o seguinte cronograma definido pela ANEEL:

- A partir de 2018 - Novas solicitações de fornecimento e UCs atendidas com média anual de consumo acima de 500 kWh.
- A partir de 2019 - Novas solicitações de fornecimento e UCs atendidas com média anual de consumo acima de 250 kWh.
- Em 2020 - Qualquer unidade consumidora.

3.4 METODOLOGIA DA ANÁLISE FINANCEIRA

Os custos com a implementação do grupo gerador a diesel trarão gastos ao estabelecimento que poderiam ser investidos em diferentes áreas. Para analisar essas alternativas e visualizar o possível retorno ao investimento, é imprescindível a realização de um estudo de viabilidade financeira para prever se a instalação do gerador será ou não viável financeiramente.

De modo a realizar essa análise, alguns indicadores financeiros devem ser considerados e calculados para, finalmente, ter-se uma resolução a respeito do investimento considerado.

3.4.1 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) representa o valor presente de fluxo de caixa, ou seja, a soma algébrica dos valores presentes das entradas de caixa menos a soma dos valores presentes das saídas de caixa. A taxa de desconto a ser utilizada nos cálculos é a taxa mínima de atratividade (TMA) da empresa, no presente trabalho representada pela média de títulos de investimento do mercado (Selic, Ibovespa, Poupança, etc) mais a inflação esperada para o ano. Para projetos de fluxos de caixa convencionais com uma única saída inicial de caixa (PV), tem-se pela equação 8 (PUCCINI, 2012):

$$VPL = \left[\sum_{k=1}^n \frac{PMT_j}{(1+i)^k} \right] - PV \quad (8)$$

Em que:

PMT_k – são os fluxos esperados de entrada de caixa no período k ($1 \leq k \leq n$), ou seja, fluxos de caixa gerados pelo investimento;

PV – é a saída de caixa (investimento) na origem ($t = 0$); e

i – é a taxa de atratividade do investimento usada para atualizar o fluxo de caixa, previamente definida.

Por essa definição, o VPL pode ser interpretado como uma medida do valor presente da riqueza futura gerada pelo investimento proposto. O método utiliza um critério de decisão bastante simples: consideram-se viáveis projetos com um VPL maior ou igual a zero e inviáveis projetos com VPL negativo (PUCCINI, 2012).

Portanto, para valores positivos de VPL encontrado, tem-se que o lucro gerado supera significativamente o investimento inicial, viabilizando o projeto. Já para valores de VPL menores do que zero, tem-se que o retorno gerado pelo empreendimento será menor do que o investimento inicial, tornando o projeto inviável.

3.4.2 Taxa interna de retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR ou IRR) é definida como a taxa de juros que torna nulo o valor presente de um fluxo de caixa. Dito de outra forma, é a taxa de desconto que iguala, em um dado momento, os valores atualizados das entradas e das saídas de caixa (PUCCINI, 2012).

Pela definição da TIR tem-se como condição a nulidade do VPL e de sua equação representativa. Considerando um fluxo de caixa convencional, tem-se

$$VPL = \left[\frac{PMT_1}{(1+i)} + \frac{PMT_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{PMT_n}{(1+i)^n} \right] - PV = 0 \quad (9)$$

Solucionando a equação 9 é possível encontrar um valor para a variável i que será a TIR. Essa taxa representa a rentabilidade relativa de um projeto de investimento e deverá ser comparada com a taxa de atratividade da empresa. Assim, pode-se classificar o investimento como:

- Economicamente viável, se a TIR superar a taxa mínima de atratividade;
- Indiferente, se a TRI for igual a TMA;
- Economicamente inviável, se a TRI for inferior a TMA.

3.4.3 *Payback* descontado

Outro indicador muito utilizado em análises de viabilidade financeira é o *Payback*, um importante indicador dentro do processo de tomada de decisão sobre investimentos. Segundo Neto (2014, p.44) “consiste, essencialmente, em determinar o número de períodos necessários para recuperar o capital investido”. Ou seja, podemos definir o *Payback* como o período no qual o fluxo de caixa acumulado torna-se maior do que zero.

No presente trabalho calcularemos o *Payback* descontado, que leva em consideração o fator tempo, ao contrário do *Payback* simples. Assim, é necessário o cálculo do valor presente para valores futuros do fluxo de caixa, analogamente ao realizado no VPL. Então, utilizando o fator da equação 10 é possível calcular o valor presente de um único valor:

$$VP = \frac{FC}{(1+i)^t} \quad (10)$$

Pelo fato do método de *Payback* não considerar os fluxos de caixa após o período considerado, ignorando o fato de que após esse período podem ocorrer gastos não previstos na análise, o *Payback* é utilizado junto a outros indicadores em estudos de viabilidade financeira.

3.4.4 Retorno sobre investimento

O retorno sobre investimento, ou ROI (em inglês, "*Return on Investment*") mede os rendimentos obtidos a partir de uma determinada quantia de recursos investidos. Na prática, essa conta mostra quanto a empresa ganhou ou perdeu em relação ao que investiu. Para calculá-lo utiliza-se a equação (11) a seguir:

$$ROI = \frac{\textit{Retorno} - \textit{Investimento}}{\textit{Investimento}} \quad (11)$$

3.4.5 Custo de depreciação

Quando utiliza-se um equipamento para realizar um serviço, o custo envolvido com aquele equipamento vai além de gastos com combustíveis. Com o passar do tempo, equipamentos vão sofrendo desvalorizações, tendo seu valor de mercado diminuído. Esses custos são inevitáveis e ocorrem independentemente da atividade do equipamento. São custos provenientes da perda do valor daquele ativo com o decurso do tempo.

O custo de depreciação consiste na divisão do valor inicial do bem pela sua vida útil (meses, anos, etc). No caso de um gerador a vida útil dura em torno de 10 anos, mas esse tempo pode variar muito de acordo com a utilização, manutenção e cuidados com o equipamento.

3.4.6 Manutenção

É de grande importância manter os equipamentos com a manutenção em dia pois assim é possível aumentar sua vida útil e garantir seu bom funcionamento. Para isso, utiliza-se a manutenção preventiva, realizada periodicamente por técnicos especializados em grupos geradores. Isto é, a partir de um intervalo de tempo, a manutenção preventiva será realizada para verificar o estado de conservação do equipamento, nível produção, nível de rendimento e componentes (GRUGER, 2018).

Porém, regularmente, reparos urgentes precisam ser feitos imediatamente quando houver uma quebra inesperada de algum componente do equipamento. Do ponto de vista financeiro, é preciso levar em conta o valor gasto com manutenções corretivas e preventivas durante os anos, para que o gerador opere da maneira desejada.

4 DIMENSIONAMENTO DO GRUPO MOTOR GERADOR E CONDUTORES

Neste estudo foi realizado o dimensionamento de um grupo motor gerador e dos respectivos condutores de forma a atender as necessidades do consumidor em questão.

4.1 DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DO GRUPO GERADOR

Para realizar o dimensionamento da potência do grupo motor gerador diesel para o consumidor em questão, foi realizado o levantamento de todas as cargas instaladas, as características de carga e o horário de funcionamento das mesmas. Dessa forma, utilizando a teoria apresentada no referencial teórico, foi criada uma tabela dinâmica onde foram inseridos os valores de potência nominal e quantidade de equipamentos instalados para realizar um dimensionamento aproximado de potência de um gerador.

As demais características do gerador, como nível de tensão e número de fases, foram definidas seguindo o modelo a instalação elétrica existente.

Na Tabela 4 estão apresentados os tipos de equipamentos, os valores de potência nominal, quantidade, nível de tensão, potência nominal trifásica e potência de pico. Para todos, os dados tiveram sua aquisição dada através de visitas ao estabelecimento e de manuais técnicos de cada equipamento em questão.

Para a elaboração da tabela e cálculos realizados a seguir foram considerados as seguintes condições:

- Sistema trifásico estrela - estrela;
- Fator de potência dos equipamentos instalados igual a 1;

Tabela 4 - Tabela de cargas da Padaria

CARGA	QUANTIDADE	POTÊNCIA (W)	TENSÃO (V)	FATOR DE SIMULTANEIDADE (TABELA 2)	POTÊNCIA TOTAL (VA)	FATOR DE PARTIDA	POTÊNCIA DE PARTIDA (W)
FREEZER VERTICAL	6	300	127	0,7	1260	7	8820
FREEZER HORIZONTAL	2	450	127	0,7	630	7	4410
FORNO	1	12000	220	1	12000	1	12000
ILUMINAÇÃO	50	9	127	1	150	1	150
VENTILADOR	4	100	127	0,7	280	7	1960
TV	1	50	127	1	50	1	50
COMPUTADOR	1	300	127	1	100	1	100
MICROONDAS	2	820	127	0,85	1640	1	1640
ESTUFAS QUENTE	2	700	127	0,85	1400	1	1400
ESTUFAS FRIA	3	700	127	0,8	2100	1	2100
CÂMERAS	8	12	127	1	96	1	96

Fonte: Autoria própria

Para esse dimensionamento foi usado apenas o fator de simultaneidade pois para utilização dos demais fatores, seriam necessárias informações mais detalhadas do perfil de carga que só poderiam ser realizadas através de medidores específicos.

Como resultado tivemos, considerando o fator de potência do gerador igual 0,8:

- Potência nominal trifásica total = 20.706 kW.
- Potência de pico trifásica total = 32.726 kW.
- Fator de potência do gerador = 0,8.
- Potência dimensionada para o grupo motor gerador trifásico: 40 kVA.
- Corrente de linha: 105A

4.2 SISTEMA DE PROTEÇÃO E AUTOMAÇÃO

Para o sistema de proteção e transferência automática, optamos pela solução proposta pelo fornecedor do grupo motor gerador que consiste em um quadro proteção e transferência automática de carga conforme descrição a seguir.

O painel é composto por um gabinete em chapa de aço trabalhado e pintado, no qual estão montados os elementos de controle e potência, disjuntores eletromagnéticos. A transferência automática. O comando é feito pelo controlador e a comutação é realizada pelos disjuntores (GRUGER, 2018).

As chaves tetrapolares de transferência automática, que estão presentes no quadro de transferência, foram desenvolvidas afim de atender tais questões e ainda aprimorar manobras realizadas automaticamente ou manualmente quando for o caso planejado ou em emergências. As manobras da chave ATS são realizadas com eficácia, pois basicamente através do monitoramento eletrônico de energia da rede o sistema comanda dois solenoides 220v, que atuam na abertura e fechamento (seleção) da fonte de energia (GRUGER, 2018).

5 ANÁLISE TARIFÁRIA E FINANCEIRA

Para o desenvolvimento da análise tarifária do estudo de caso em questão, realizou-se inicialmente uma análise do perfil de consumo da panificadora para, posteriormente, simular e comparar a fatura no sistema tarifário convencional, com a possível fatura adotando a tarifa branca com o auxílio de um grupo gerador nos horários de pico. Assim, foi possível apontar o melhor sistema tarifário para o caso estudado, e analisar os indicadores financeiros de modo a avaliar a viabilidade do investimento na instalação do grupo gerador.

5.1 ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO

Inicialmente foi realizada uma análise do perfil do consumidor levando em conta o consumo e os valores cobrados mensalmente pela concessionária, num período de 12 meses. Por se tratar de um consumidor de baixa potência no sistema tarifário convencional, dados como o consumo e a demanda nos horários de pico, não são fornecidos pela COPEL. Desse modo, utilizou-se dados do histórico de consumo e pagamento das faturas de energia fornecidas pela concessionária no período de maio/2017 a abril/2018 para traçarmos o perfil de consumo da panificadora. Esse pode ser visualizado na Tabela 5.

Tabela 5 - Histórico de Consumo e Pagamento da Panificadora no Sistema Convencional

HISTÓRICO DE CONSUMO E PAGAMENTOS DA PANIFICADORA NO SISTEMA CONVENCIONAL			
MÊS/ANO	VALOR DA FATURA (R\$)	CONSUMO MENSAL(kWh)	CONSUMO MÉDIO DIÁRIO(kWh)
mai/17	2705,45	4076	123,51
jun/17	2339,7	3386	116,75
jul/17	2919,91	4094	124,06
ago/17	2837,93	3749	117,15
set/17	2843,59	3728	120,25
out/17	2683,52	3439	114,63
nov/17	3033,23	3766	125,53
dez/17	2873,39	3579	127,82
jan/18	2798,69	3696	119,22
fev/18	2349,53	3264	108,8
mar/18	2714,66	3895	134,31
abr/18	2.369,41	3421	117,96
TOTAL:	32469,01	44093	1449,99
MÉDIA:	2705,75	3674,42	120,83

Fonte: Autoria Própria

Por ser um consumidor considerado de baixa tensão, o estabelecimento escolhido para esse estudo encaixa-se no Grupo “B”, especificamente no subgrupo B3 comercial, e adota a Modalidade Tarifária Convencional. A partir da Tabela 5 é possível perceber que o consumo de energia não variou muito ao longo do período considerado, girando em torno de 3674,42 kWh por mês.

Por ser um estabelecimento comercial do ramo alimentício, grande parte do consumo vem de equipamentos de refrigeração, que permanecem ligados à rede em tempo integral, e um grande forno elétrico industrial de 3 câmaras que demanda uma alta potência. Além disso, tem-se que seu horário de funcionamento - das 8h às 22:00h - abrange os chamados “horários de pico e intermediários”.

Assim, considerando os fatos anteriormente constatados, considerou-se o estudo da implementação de um grupo motor-gerador aliado à “Tarifa Branca” no estabelecimento, de modo a reduzir o consumo e o valor final da energia.

5.2 SIMULAÇÃO DA FATURA NA TARIFA BRANCA

A simulação da fatura na tarifa branca tem como objetivo analisar a vantagem da utilização desta tarifa, aliada a um grupo gerador, sobre o sistema convencional, em função da diminuição do preço final da energia.

5.2.1 Tarifa utilizada para a simulação

Utilizou-se a tarifa da concessionária de energia COPEL, pelo fato da mesma ser a distribuidora contratada para o consumidor em questão. A partir dos dados disponibilizados pela empresa para a tarifa convencional para clientes do grupo B3 comercial, com e sem impostos, de acordo com a Resolução ANEEL Nº 2.255 de 20 de junho de 2017 e os valores de PIS e COFINS vigentes a partir de março de 2018, criou-se a Tabela 6 comparando os valores das tarifas convencional e branca.

Tabela 6 - Valores das Tarifas Convencional e Branca com Tributos

COM TRIBUTOS				
TARIFA BRANCA			Convencional	Diferença
COMERCIAL	Ponta	1,3478	0,69118	95%
	Intermediária	0,87089		26%
	Fora de Ponta	0,59441		-14%

Fonte: Adaptado de COPEL, 2018

5.2.2 Simulação do preço total anual

O cálculo do preço total anual para a modalidade Tarifa Branca foi feito com base nos valores das faturas de energia da panificadora durante doze meses, desconsiderando os gastos trazidos pela sua utilização e implementação (os mesmos serão tratados e inseridos posteriormente na análise financeira). Inicialmente considerou-se a utilização de um grupo gerador em horários de pico e intermediários, excluindo do valor do consumo total anual o consumo nos horários de pico e intermediários.

Como a conta de luz para consumidores de baixa potência não conta com um detalhamento explícito do consumo em horário de pico da mesma forma que para consumidores de potências mais altas, utilizamos o valor médio em kW da demanda utilizada no horário de funcionamento da panificadora que compreende o horário de pico. Logo concluímos que 90% da demanda total é consumida no período de funcionamento da panificadora, período esse composto por 16 horas, sendo 5 delas incluídas nos horários de pico e intermediários. Concluímos então que um consumo médio aproximado em horário de pico para o consumidor em questão equivale a 33,75kW/dia, acumulando 8.800kW no período de um ano.

Excluindo esse valor acumulado nos horários de pico e intermediários no período de um ano do valor de consumo anual, encontramos um total de 35.293kWh, resultando num gasto total de R\$25.988,80 na Tarifa Convencional. Já considerando a Tarifa Branca, encontrou-se um valor de R\$22.350,46, utilizando a equação (12) a seguir:

$$V_B = V_C - V_C * 0,14 \quad (12)$$

Onde:

V_B : Valor anual da fatura na Tarifa Branca;

V_C : Valor anual da fatura da Tarifa Convencional;

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DA FATURA NOS DIFERENTES SISTEMAS

Depois de realizada a simulação da fatura anual considerando a Tarifa Branca aliada a um grupo gerador, foi possível realizar uma análise comparativa do gasto anual nos diferentes sistemas, com o objetivo de demonstrar as diferenças nos valores das faturas de energia, e calcular uma economia média mensal e geral no período considerado. Esses valores encontram-se na Tabela 7:

Tabela 7 – Importe Total anual da Panificadora nos diferentes sistemas

Período	Importe Total Anual na Tarifa Convencional sem gerador	Importe Total Anual na Tarifa Branca com gerador	Diferença
maio/2017 a abr/2018	R\$ 32.469,01	R\$ 22.350,46	R\$ 10.118,55

Fonte: Autoria Própria

A diferença no valor anual dos dois sistemas encontrada foi de R\$10.118,55. Na próxima seção adicionaremos a esse valor os custos com a geração nos horários de pico e intermediários e consideraremos esses valores para realizar a análise da viabilidade financeira da implementação da Tarifa Branca aliada a um sistema gerador.

5.4 ANÁLISE FINANCEIRA

Para realizar a análise da viabilidade financeira do projeto de estudo desse trabalho, devem ser considerados alguns custos com o grupo motor gerador. Dados de gastos com a instalação, manutenção e operação do grupo no horário de pico na panificadora, devem ser levantados. Em seguida, alguns indicadores financeiros e o retorno ao investimento na implementação do gerador a diesel serão calculados.

5.4.1 Custo de aquisição e instalação do grupo gerador

O grupo motor gerador escolhido após o cálculo de dimensionamento de potência foi o modelo GWP-4022S, com potência de 40 kVA *stand-by/prime*, 60 Hz, cabinado, trifásico, na tensão 220/127V, fator de potência 0,8. Composto dos itens descritos a seguir.

- **Motor** - Ciclo diesel de 4 tempos, marca PERKINS, modelo 1103A-33G, de 3 cilindros em linha, 3,3 litros de cilindrada total, sistema de injeção de combustível de alta pressão, com potência máxima bruta de 48HP a 1800 rpm, dotado de sistema de arrefecimento incorporado composto de bomba, radiador, ventilador e válvula termos tática. O controlador protege o motor

sobre velocidade, baixa pressão de óleo e alta temperatura de água (GRUGER, 2018).

- **Alternador** - Sincrono, trifásico, marca WEG, modelo GTA 162 AI32, tipo sem escovas “*brushless*”, de mancal único, regulador eletrônico de tensão alimentado diretamente pelo alternador, isolamento classe H, enrolamento de baixa distorção hârmônica, ventilador de arrefecimento acoplado ao eixo, classe de proteção IP21, concetores de ligação acessíveis fases e neutro, proteção contra sobre tensão de excitação (GRUGER, 2018).
- **Base** - A base do grupo gerador é uma estrutura rígida de aço soldado com um tanque de combustível, sobre o qual o motor, o alternador e o radiador estão diretamente montados. O acoplamento do alternador ao motor é por meio de discos flexíveis.
- **Carenagem** – Carenagem acústica construída sobre a base, em chapa de aço tratado e pintado eletrostaticamente com tinta poliéster em pó, galvanizada, portas de acesso ao motor e gerador, porta para conexão dos cabos de saída todas vedadas contra a entrada de água, e isolamento acústico 76 dB (A) a 7 metros. As entradas de ar possuem defletores que impedem com entrada de água durante a operação do motor. O controlador é montado em painel interno com acesso por porta com visor. Entradas e saídas de ar dotadas de atenuadores acústicos e proteção contra entrada de água.

Para a aquisição desse grupo motor gerador o orçamento incluindo o custo de instalação e o painel de proteção e automação segue conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Orçamento GMG

CUSTO DE GERADOR E INSTALAÇÃO			
Qtd	Material	Preço Unit.	Total
1	GRUPO MOTOR GERADOR DE 40 KVA / 220 V	R\$43.500,00	R\$43.500,00
1	QUADRO DE TRANF. AUTOMATICO - (Q.T.A)	R\$3.500	R\$3.500,00
40	Cabo 70 mm ²	R\$28,60	R\$1.144,00
-	MISCELANEAS	R\$300,00	R\$300,00
-	MÃO DE OBRA	R\$1.000,00	R\$1.000,00
		TOTAL	R\$49.444,00

Fonte: Adaptado de Gruger, 2018

5.4.2 Custo do diesel

Para levantar os custos com diesel, realizamos uma pesquisa nos postos de combustível da cidade a fim de efetuar um levantamento do preço médio do diesel em Curitiba que segue conforme a Tabela 9:

Tabela 9 - Valores do Diesel na cidade de Curitiba

CUSTO DO DIESEL			
POSTO IPIRANGA	POSTO PETROBRAS	POSTO SHELL	MÉDIA
R\$2,98	R\$2,94	R\$3,04	R\$2,98

Fonte: Autoria própria

Valores para a data de 5 de junho de 2018.

5.4.3 Custos com manutenção preventiva

A manutenção periódica é a troca regular de peças e componentes do grupo gerador, para evitar defeitos, devido aos maus cuidados com o mesmo, que podem gerar a necessidade de uma manutenção corretiva que no geral é muito mais onerosa. Essa manutenção deve ser realizada preferencialmente a cada três meses e é primordial para um melhor aproveitamento do gerador ao longo de sua vida útil. Portanto, esses custos também devem fazer parte da análise financeira. A Tabela 10 exemplifica os gastos médios com a manutenção preventiva trimestral.

Tabela 10 - Custos com Manutenção Preventiva

MANUTENÇÃO PREVENTIVA – TRIMESTRE		
QTD	DESCRIÇÃO	VALOR DAS PEÇAS
4L	ÓLEO LUBRIFICANTE	R\$78,36
1	FILTRO DE COMBUSTIVEL	R\$58,66
1	FILTRO DE ÓLEO	R\$72,00
1	FILTRO DE AR	R\$99,90
-	MÃO DE OBRA	R\$300,00
	TOTAL	R\$608,92

Fonte: DMA sistemas

5.4.4 Componentes do custo de geração

O custo do kWh fica, portanto, definido pelo custo das 3 principais parcelas que aparecem na Tabela 12.

Tabela 11 - Custos de Geração

Custo de geração		
SIGLAS	COMPONENTES DE CUSTOS	
P	Potência ativa do gerador (kW)	40
CL	Consumo (l/h)	7,1
PD	Preço do litro do combustível Diesel (R\$/l)	R\$2,98
CG	Custo total do gerador	R\$49.444,00
VUM	Vida útil média do gerador	15000
CMP	Manutenção preventiva – trimestral	R\$608,92
QH	Quantidade de horas de funcionamento (25h/semana)	300
CD	Custo do diesel (R\$/kWh)	0,52895
CDG	Custo de depreciação do gerador por kWh (R\$/kWh)	0,082406667
CM	Custo de manutenção por kWh (R\$/kWh)	0,050743333
Custo do kWh		R\$0,6621

Fonte: Autoria própria

Sendo estes valores obtidos a partir das equações a seguir.

- O Custo do diesel por hora por kWh, que é obtido a partir da equação 13;

$$CD = \frac{CL \times PD}{P} \quad (13)$$

- O Custo da depreciação do gerador por kWh (CDG), que é obtido a partir da equação 14;

$$CDG = \frac{CG}{\frac{VUM}{P}} \quad (14)$$

- O Custo da manutenção do gerador por kWh, que é obtido a partir da equação 15;

$$CM = \frac{\frac{CMP}{QH}}{P} \quad (15)$$

5.4.5 Comparativo do gasto anual com e sem gerador

Após conhecido o custo do kWh e a demanda nos horários de pico e intermediários, é possível simular quanto seria o gasto anual da panificadora, com a utilização do grupo gerador nesses horários, considerando seus custos de geração.

Para obter o valor do custo do gerador nos horários de ponta e intermediários, multiplicou-se o consumo do grupo gerador durante o período de um ano pelo custo do kWh. Então, com um valor de consumo médio anual de aproximadamente 8.800 kW nos horários de pico e intermediários e, considerando o valor do custo do kWh produzido pelo gerador sendo R\$0,6621, tem-se que, utilizando o gerador a diesel nesses períodos, o gasto anual do grupo gerador seria de R\$5.825,90. Adicionando esse valor ao importe total anual na Tarifa Branca, temos um gasto de R\$28.176,36.

Em contrapartida, considerando o gasto anual da panificadora na Modalidade Tarifária Convencional sem utilizar o gerador, o importante total anual foi de R\$32469,01, ou seja, existe uma economia de R\$4.292,65 ao se utilizar o grupo gerador.

Na Tabela 12 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos ao final dessa simulação, comparando a utilização, ou não, do grupo gerador a diesel nos horários de ponta e intermediários.

Tabela 12 - Resultados Encontrados

RESULTADOS				
		Sem Gerador na Tarifa Convencional	Com gerador na Tarifa Branca	
Período	Consumo Total (kWh)	Importe Total Anual	Importe Total Anual	Diferença
maio/2017 a abr/2018	32.469,01	R\$ 32.469,01	R\$ 28.176,36	R\$ 4.292,65

Fonte: Autoria Própria

5.4.6 Indicadores financeiros

Finalizando a análise financeira, alguns indicadores foram considerados para analisar se o retorno do investimento com a instalação do gerador é positivo, ou se o retorno obtido com uma possível aplicação desse valor em outros investimentos seria mais vantajoso. Para realizar essa análise, utilizamos valores da porcentagem de rendimento anual esperada da poupança e da Selic como base para escolher a taxa de atratividade mínima do investimento, mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 – Aplicações Financeiras

Item	Acumulado em 1 ano
Selic	6,50%
Poupança	4,44%
Média	5,47%
Inflação	3,65%
Média+Inflação	9,12%

Fonte: Banco Central do Brasil, 2018

Tendo em vista que a porcentagem média anual desses ativos mais a inflação atingem 9,12% ao ano, a taxa de atratividade mínima (TMA) escolhida para os cálculos foi 10% ao ano. Para conhecer a viabilidade da instalação do gerador, adotou-se a TMA como a taxa de juros, ou taxa de retorno, e a aplicou-se no cálculo de valores futuros para obter-se a taxa interna de retorno (TIR).

5.4.7 Valor Presente Líquido

Para o cálculo do Valor presente Líquido (VPL), considerou-se um fluxo de caixa anual pelo período de dez anos, tendo o valor do investimento inicial como o fluxo de caixa no primeiro ano, ou seja, desconsiderando qualquer lucro trazido pela operação do gerador durante esse período e possíveis despesas não previstas nesta análise.

Para os anos posteriores atribuiu-se um valor anual fixo de R\$4.292,65, pois não foram considerados possíveis reajustes no preço do diesel ou da tarifa de energia. O valor do VPL é obtido pela fórmula (8) com uma taxa de juros 10%. Como os

cálculos foram feitos no Excel, existe uma fórmula pronta para o cálculo de VPL, basta escolher os fluxos de caixa desejados e a taxa anual que o cálculo é feito automaticamente.

Outra maneira de calcular o VPL, é usar a fórmula (10) para achar os fluxos descontados de cada ano e então somar esses valores. De uma forma ou de outra o resultado obtido foi -R\$22.475,02, como mostra a Tabela 14. O valor encontrado é menor do que zero, o que significa que o retorno não supera o investimento inicial, tornando a implementação, do ponto de vista do VPL, inviável.

Tabela 14 - Fluxo de caixa

Ano	Fluxo de caixa	Fluxo Descontado	Saldo
1	-R\$ 49.444,00	-R\$ 44.949,09	-R\$ 44.949,09
2	R\$ 4.292,65	R\$ 3.547,64	-R\$ 41.401,45
3	R\$ 4.292,65	R\$ 3.225,13	-R\$ 38.176,31
4	R\$ 4.292,65	R\$ 2.931,94	-R\$ 35.244,38
5	R\$ 4.292,65	R\$ 2.665,40	-R\$ 32.578,98
6	R\$ 4.292,65	R\$ 2.423,09	-R\$ 30.155,89
7	R\$ 4.292,65	R\$ 2.202,81	-R\$ 27.953,08
8	R\$ 4.292,65	R\$ 2.002,55	-R\$ 25.950,53
9	R\$ 4.292,65	R\$ 1.820,50	-R\$ 24.130,03
10	R\$ 4.292,65	R\$ 1.655,00	-R\$ 22.475,02
VPL:			-R\$ 22.475,02

Fonte: Autoria Própria

5.4.8 Payback

O *Payback* é um indicador muito usado nas empresas para calcular o período de retorno de investimento em um projeto, ou seja, o tempo em que o fluxo de caixa acumulado se torna maior do que zero. Portanto, analisando o *Payback* simples, temos que o investidor levaria 12 anos e 6 meses para recuperar o dinheiro investido.

Naturalmente, em uma análise real é preciso presumir uma eventual desvalorização do dinheiro, sendo assim, deve-se levar em consideração o *Payback* descontado. Portanto, analisando o *Payback* descontado, temos que o investidor levaria 18 anos e 5 meses para recuperar o dinheiro investido.

5.4.9 Taxa Interna de retorno

O cálculo da Taxa Interna de Retorno foi feito no Excel escolhendo-se a célula na qual seria mostrado o resultado e escolhendo a fórmula TIR, selecionando as células dos fluxos de caixa mostradas na Tabela 14. Ao final dos 10 anos tem-se uma TIR de -4,67%, mostrando que o projeto também é inviável em relação a TIR.

5.4.10 Retorno sobre o investimento

O cálculo do ROI foi feito utilizando a fórmula (11) e, considerando os fluxos descontados mostrados na Tabela 15, o valor encontrado foi de 55%. Portanto, ao final da análise financeira conclui-se que a implantação do grupo gerador a diesel no horário de ponta **é inviável**. O resultado da análise financeira encontra-se na Tabela 15:

Tabela 15 - Resultados Análise Financeira

Taxa Mínima de Atratividade	10%
VPL	-R\$22.475,02
TIR	-4,67%
Payback Simples	12,5
Payback Descontado	18,4
ROI	-55%

Fonte: Autoria Própria

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um cenário econômico nacional atual, qualquer tipo de economia capaz de gerar lucros é bem-vinda. Tendo isso em vista, uma tarifação de energia, diferenciada, que busque melhorias deve ser estudada e avaliada em sua essência.

Portanto, no presente estudo, abordou-se um cliente comercial de baixa potência, que poderia efetivamente ser beneficiado pela nova Tarifa Branca, uma panificadora.

A fim de adequar o cliente nessa nova modalidade de tarifação necessitou-se da existência de algum tipo de geração distribuída. Neste trabalho então, realizou-se um estudo onde foi utilizado o tipo mais comum de geração distribuída de energia, um Grupo Motor Gerador a Diesel, com o propósito de avaliar o real potencial da nova tarifação.

Para tal, foi realizado um estudo completo de grupos motores geradores, suas aplicações, modos de funcionamento, métodos de dimensionamento e generalidades. Nesses estudos, comprovou-se o potencial de geração de energia elétrica do grupo e o que tem-se a disposição, no mercado, para a aplicação.

Com base nesse estudo e em um levantamento específico das cargas da panificadora escolhida, assim como seus horários de funcionamento e as especificações técnicas dos equipamentos instalados, realizou-se o dimensionamento de um grupo motor gerador adequado para a aplicação, que atende simultaneamente as necessidades do cliente e as normas de segurança exigidas pela concessionária de energia COPEL.

Encontrado então um valor de potência do grupo de 40 kVa, foram realizados orçamentos com possíveis fornecedores e um grupo motor gerador foi escolhido para o estudo financeiro.

Na análise econômica realizou-se um levantamento de dados do histórico de consumo do estabelecimento a partir de faturas de energia, bem como entrevistas com o responsável pela panificadora a respeito dos horários de funcionamento dos equipamentos, de modo a levantar o perfil de consumo da mesma. A partir daí foi possível obter um valor de partida para uma possível economia gerada pela mudança para a Tarifa Branca. Análises criteriosas foram feitas para garantir que todos os custos envolvidos com o projeto fossem considerados, do ponto de vista econômico, para, dessa maneira, obter resultados confiáveis em relação a viabilidade financeira

da implantação do gerador. Isso se deve ao fato do investimento ser de grande valor para comprar, instalar e manter o gerador, valor esse que poderia ser aplicado em outro investimento caso a viabilidade financeira não fosse comprovada.

Comparando os custos vinculados a fatura no sistema tarifário convencional, com a fatura na Tarifa Branca sem a utilização do gerador, foi possível notar que existe uma diferença no valor anual de R\$10.118,55. Já quando adicionamos o grupo motor gerador à mudança na tarifa, esse valor cai para R\$4.292,65. Esse retorno anual acaba por não ser suficiente para cobrir o investimento inicial no período de 10 anos considerado, de modo que o valor da taxa interna de retorno é menor do que zero, não sendo capaz de superar a taxa mínima de atratividade de 10%, fatos esses que já tornam o investimento na utilização do grupo gerador inviável.

É importante ressaltar que, caso a implantação do grupo fosse viável, ao final da vida útil do gerador a panificadora não precisaria tirar dinheiro dos lucros gerados para compra de um novo. Pois esse valor de depreciação já está incluso dentro do custo da energia gerada. Essa parcela é considerada como uma reserva que foi considerada com o intuito de gerar um retorno, que auxiliaria a panificadora na substituição do gerador se necessário.

A implantação se mostrou inviável na situação considerada, principalmente pelo alto custo e consumo do combustível pelo grupo gerador, responsável pela maior parcela do valor do kWh/R\$ gerado, e pelo elevado custo do investimento inicial, que acaba não conseguindo retorno em um tempo hábil. Porém, após o estudo, vislumbramos outros casos ou tipo de aplicações que poderiam ter sua viabilidade comprovada. Como exemplo para estudos futuros, tem-se:

- A possibilidade de considerar um rearranjo de horário de utilização das cargas, proporcionando uma redução da potência do gerador assim como seu custo;
- Considerar a utilização de um grupo motor gerador com uma estimativa de vida útil maior do que a desse estudo;
- A mudança de tarifação para um consumidor que já possua um gerador que opere em modo *stand-by*, alterando apenas o seu modo de operação, afinal ao retirarmos a parcela de investimento inicial do gerador os cálculos financeiros sofreriam fortes alterações;
- Considerar o aluguel de um gerador no lugar da aquisição do mesmo;

- Outros modos de geração de energia distribuída, como energia solar ou eólica que podem vir a ser mais sustentáveis ou mais econômicas.

Por fim conclui-se que a Tarifa Branca gera sim economia, entretanto, a aplicação desta com a aquisição de um grupo motor gerador a diesel não é viável para um consumidor com o perfil de uma panificadora de pequeno porte.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Tarifa branca**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca> >. Acesso em: 02/05/2017.

ASADA, C. Ana Carolina. **Instalações elétricas II – aula 2**. Universidade de São Paulo - USP, 2017, São Paulo. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=56065>>. Acesso em: 05/06/2018

ASANO, A. M. **Estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização de geração diesel no horário de ponta**. 2015. 57 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e documentação – Trabalhos Acadêmicos - Apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. **Dados diários Selic**. 2018. Disponível em: < <http://www.bcb.gov.br/?SELICDIARIOS>>. Acesso em: 30/05/2018.

_____. **Relatório de Inflação**. Março 2018. Disponível em: < <http://www.bcb.gov.br/htms/relinf/port/2018/03/ri201803P.pdf> >. Acesso em: 30/05/2018.

_____. **Remuneração dos depósitos de poupança**. 2015. Disponível em: < <http://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>>. Acesso em: 30/05/2018.

CAMPOS, Daniel Prado. **Regulação de Frequência de um Grupo Motor Gerador Diesel com Atuação Simultânea na Geração e na Carga**. 2013. 72 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Coordenação de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco 2013.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5. ed. Porto Alegre, RS: AMGH, 2013. xix, p. 684.

COPEL. **Operação em Paralelismo Momentâneo**. GERAÇÃO PRÓPRIA. NTC 903105 - SCD/DMEP. Paraná, 2011.

_____. **Tarifa Branca**. Disponível em: < shorturl.at/jksDZ >. Acesso em: 10/05/2018.

_____. **Tarifa Convencional – Subgrupo B3**. Disponível em: < shorturl.at/fmMOQ >. Acesso em 10/05/2018.

_____. **Taxas e Tarifas COPEL**. 2018. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Ftarifas%2Fpagcopel2.nsf%2Fverdocatual%2F23BF37E67261209C03257488005939EB>>. Acesso em: 25/05/2018.

_____. **Tributos**. Disponível em: < shorturl.at/dktzQ >. Acesso em: 10/05/2018.

CUMMINS. **Manual de aplicação grupos geradores arrefecidos a água**. 2003.

ENERGISA. Norma de Distribuição Unificada – NDU 019. **Exigências mínimas para interligação de gerador de consumidor primário com a rede de distribuição da Energisa com paralelismo permanente**. V.2. Março 2010.

GIAMBIAGI, Fabio; GOSTKORZEWICZ, Joana; PIRES, José C. L.; **O cenário macroeconômico e as condições de oferta de energia elétrica no brasil**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<https://goo.gl/sqVzfL>>. Acesso em: 01/05/2017.

GOMES, Giancarlo; PEREIRA, Vinicio C.; NOCERA, Allison D. **Análise da Viabilidade Técnica e Financeira da Implantação do Gerador a Diesel no horário de ponta em um hospital de Curitiba**. 2015. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso GRUGER. Grupos Geradores. **Manutenção corretiva e preventiva de Geradores**. 2018. Disponível em: <<http://gruger.com.br/blog/manutencao-corretiva-e-preventiva-de-geradores/>>. Acesso em: 28/05/2018.

(Graduação) - Curso superior de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/NrCNPc> >. Acesso em: 15/05/2017, 18:05.

GUIMARÃES, Jéssica S. **Proteções mecânicas dos motores a diesel: um estudo de caso e desenvolvimento de um dispositivo de proteção contra overspeed**. 2013. 119f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: < <https://goo.gl/5LWQUh> >. Acesso em: 20/11/2017.

FILHO, M. JOÃO. **Instalações Elétricas Industriais**. 7. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

INFOMONEY. **Índices de Renda Fixa.** Disponível em: <http://www.infomoney.com.br/mercados/renda-fixa>. Acesso em: 17/05/2018

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGETICA – INEE. **O que é geração distribuída.** Disponível em: < http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp >. Acesso em: 15/05/2017

INTERPOWER GERADORES. **Grupos Geradores Unitários e Grupos Geradores Conectados em Paralelo.** 2012. Disponível em: <<http://interpower-geradores.blogspot.com>>. Acesso em: 10/10/2017.

INVESTOPEDIA. **Return on Investment – ROI.** Disponível em: < <http://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>>. Acesso em: 29/05/2018.

JASPER, Fernando. Conta de luz no Paraná já subiu 51% esse ano. **Gazeta do povo**, Curitiba, jun. 2015. Disponível em: < <https://goo.gl/Q7rNxc>>. Acesso em: 17/01/2017.

MARQUES, Gil. **Máquinas Síncronas.** 2001. Disponível em: < <https://goo.gl/FqZsQ4> >. Acesso em: 13/11/2017.

MASSERONI, James; OLIVEIRA, Cristina M. de. Utilização de grupos geradores diesel em horário de ponta. **Revista Modelos – FACOS/CNEC**, Osório, v. 2, n. 2, p. 52, ago.2012. Disponível em: < <https://goo.gl/xGd2ZG>>. Acesso em: 17/01/2017.

MÁQUINAS SÍNCRONAS. Apostila de Máquinas Elétricas 1. STOA. Universidade de São Paulo – USP, 2014. Disponível em: < <https://goo.gl/9xJs2Y> >. Acesso em: 15/10/2017.

PEREIRA, José C. **Princípio de Funcionamento, Instalação, Operação e Manutenção de Grupos Diesel Geradores.** 2009

PUCCINI, Ernesto C. **Matemática Financeira e Análise de Investimentos.** 2. Ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC, 2012. p. 202.

STEMAC. Grupos Geradores. **Grupo gerador diesel.** Maio 2013. Disponível em: <http://www.stemac.com.br/pt/produtos/Documents/Lamina%20Comercial-Diesel%2050Hz-pt-Cummins_Serie%20Q.pdf>. Acesso em: 10/11/2017.

TESOURO NACIONAL. **Rentabilidade dos Títulos Públicos**. Disponível em: <<http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro-direto-precos-e-taxas-dos-titulos>>. Acesso em: 18/05/2018.

TREASY. **Indicadores Financeiros Para Análise de Investimentos**. Disponível em: <<http://bit.do/ekWV8>>. Acesso em: 28/05/2018.

TUROTTEST. **Catálogo de Sensores Magnéticos**. 2004.

WEG INDÚSTRIAS LTDA. Módulo 4 - **Geração De Energia**. 1. ed. Jaraguá do Sul, 2013. p. 315.

_____. Módulo 5 – **Características e Especificações de Geradores**. 1. ed. Jaraguá do Sul, 2013. p. 80.

_____. Módulo 6 – **Motores elétricos assíncronos e síncronos de média tensão – especificação, características e manutenção**. 1. ed. Jaraguá do Sul, 2013. p. 166.