

VIABILIDADE DA GERAÇÃO DIESEL PARTICULAR EM HORÁRIO DE PONTA

João Vitor Farão¹, Fabio Rodrigo Milanez²

RESUMO

Este estudo analisa a viabilidade econômica da utilização de geradores a diesel no horário de ponta (18h às 21h) como alternativa ao fornecimento convencional de energia elétrica. Com base em dados da empresa AraOvos Alimentos, demonstra-se que o custo do kWh gerado (R\$0,85) é significativamente menor que o custo no horário de ponta da concessionária (R\$1,63), resultando em uma economia mensal de R\$15.194,00 e um payback de aproximadamente 12 meses para um investimento inicial de R\$175.000,00. Além dos benefícios financeiros, os geradores aumentam a eficiência do sistema, elevando o fator de potência de 0,88 para 0,95 e balanceando as cargas trifásicas, com desvios inferiores a 2%. A solução ainda protege contra falhas na rede, garantindo continuidade na operação em processos industriais. Diferente de alternativas como energia solar, os geradores diesel proporcionam operação imediata e versátil, principalmente durante picos de demanda ou tarifa vermelha. Assim, seu uso estratégico no horário de ponta mostra-se viável para empresas que necessitam de estabilidade energética e controle de custos.

Palavras-chave: Geradores elétricos, Horário de ponta, Energia elétrica

VIABILITY OF PRIVATE DIESEL GENERATION DURING PEAK TIMES

ABSTRACT

This study analyzes the economic of using diesel generators during peak hours (6:00 p.m. to 9:00 p.m.) as an alternative to conventional electricity supply. Based on data from the company AraOvos Alimentos, it is demonstrated that the cost of the kWh generated (R\$0.85) is significantly lower than the cost during peak hours of the concessionaire (R\$1.63), resulting in a monthly savings of R\$15,194.00 and a payback of approximately 12 months for an initial investment of R\$175,000.00. In addition to the financial benefits, the generators increase the efficiency of the system, raising the power factor from 0.88 to 0.95 and balancing three-phase loads, with deviations of less than 2%. The solution also protects against grid failures, ensuring uninterrupted operation in industrial processes. Unlike alternatives such as solar energy, diesel generators provide immediate and versatile operation, especially during peak demand or red tariffs. Therefore, its strategic use during peak hours proves viable for companies that need energy stability and cost control.

Key words: Electric generators, Peak hours, Electrical energy

¹ UniSenaiPR e-mail: joaovitorfarao@hotmail.com

² UniSenaiPR e-mail: fabio.milanez@sistemafiep.org.br

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica se tornou um dos recursos mais indispensáveis para população mundial, seja para trabalhar, nos comunicar, realizar tarefas domésticas, nos alimentar, dentre tantas outras utilidades (RAMOS 2021).

As formas mais tradicionais de geração de energia são a hidrelétrica, obtida pela modificação da energia mecânica de quedas d'água, e a térmica, formada por centrais geradoras de energia sustentadas por combustíveis fósseis, vegetais ou fissão nuclear (PEIXOTO 2016).

Por sua vez, os Grupos Geradores (GG) são equipamentos eletromecânicos desenhados para produção independente de energia elétrica. Oferecem como elementos principais um motor de combustão interna, frequentemente um motor diesel, um gerador de energia e uma unidade de direção e controle. (PEIXOTO 2016).

Observa-se uma grande preocupação na utilização da geração de energia elétrica em grupos motores geradores, devido a necessidade de utilização do equipamento para suprir a falha de fornecimento de energia elétrica pela concessionária (RAMOS 2021).

A geração particular de energia se tornou solução para grandes consumidores de energia elétrica. Consumidores isolados são aqueles os quais as redes de transmissão ainda não chegaram. Já no caso dos consumidores que dependem inteiramente da energia elétrica para dar continuidade no seu processo de produção industrial, a geração particular pode ser a resposta para o caso de falhas na rede de distribuição elétrica (FRITZEN 2014).

Algumas empresas, após serem atendidas por geradores de energia em momentos de falta da rede elétrica, vislumbraram uma oportunidade de utilizar o mesmo em horários de ponta, tal qual os renderia retorno devido a investimentos de maquinário e mão de obra trabalhista (FRITZEN 2014).

Este trabalho tem como objetivo compreender o uso de geradores de energia em horário de ponta para garantir a segurança energética em produções industriais dependentes de energia elétrica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Gerador de energia elétrica é um dispositivo que converte energia mecânica, química, solar ou de outras formas em energia elétrica. Existem vários tipos de geradores, cada um com suas características e aplicações.

Com relação as máquinas estacionárias, se referem à produção de eletricidade utilizando equipamentos que permanecem fixos em um determinado local, ao contrário de sistemas móveis (como os utilizados em veículos). Essas máquinas são amplamente utilizadas em ambientes industriais, comerciais, agrícolas e até residenciais, especialmente em locais onde o fornecimento da rede elétrica é instável ou inexistente (VALENTE 2023).

2.1 MODOS DE OPERAÇÃO

Além de servir como backup emergencial, os geradores são estratégicos para redução de custos, especialmente em horários de pico, quando a energia da rede é mais cara. Podem operar de forma isolada ou integrada à rede elétrica, assegurando estabilidade em processos industriais e infraestruturas essenciais.

Eles podem operar de forma isolada ou em regime de paralelismo momentâneo com a rede da concessionária distribuidora local (VASSOLER 2024).

2.2 OPERAÇÃO DE FORMA ISOLADA

Neste modo de operação a unidade consumidora se encontra atendida por uma entrada de serviço de energia elétrica, porém o seu gerador particular em nenhum momento entra em paralelo com a rede da concessionária, pois possui um intertravamento eletromecânico impedindo este tipo de operação. Este controle é realizado pelo Quadro de Transferência Automática (QTA).

A função principal do QTA é garantir a continuidade do fornecimento de energia, transferindo automaticamente a alimentação para uma fonte alternativa (como um gerador) em caso de falha na rede elétrica principal. O QTA também é responsável por reverter a alimentação para a rede principal quando o fornecimento é restabelecido, desligando o gerador.

Existe também modo de operação de paralelismo momentâneo onde o gerador opera em paralelo com a rede elétrica ou com outro(s) gerador(es) por um tempo limitado, normalmente durante a transferência de carga (entrada ou saída do grupo

gerador). Este modo de operação, tem como objetivo a transferência suave de carga entre gerador e rede, evitando interrupções (VALENTE 2023)

2.3 COMO FUNCIONA UM GERADOR DE ENERGIA

Um gerador de energia converte energia mecânica em elétrica por meio da indução eletromagnética, utilizando um rotor (parte giratória com ímãs) e um estator (bobinas fixas) para produzir corrente alternada. Dependendo da fonte de energia primária (diesel, gás, vapor ou eólica), o sistema inclui componentes como motor, regulador de tensão e painel de controle para garantir operação estável.

No horário de ponta, geradores auxiliares são acionados para complementar a rede elétrica, evitando sobrecargas e reduzindo custos em períodos de alta demanda. Sua aplicação é essencial em indústrias, hospitais e locais onde a interrupção de energia é crítica (BERMANN 2001)

2.4 MOTIVOS PARA USAR UM GERADOR DE ENERGIA EM HORÁRIO DE PONTA

Um dos principais motivos para empregar geradores de energia durante o horário de ponta é a redução de custos operacionais, já que a tarifa de energia elétrica nesse período pode ser significativamente mais alta devido à maior demanda na rede.

Empresas e indústrias que utilizam geradores próprios podem evitar esses custos elevados, além de prevenir multas por ultrapassagem de demanda contratada. Outro fator crucial é a segurança energética, pois o uso de geradores assegura o fornecimento contínuo de eletricidade em atividades críticas, como hospitais, data centers e linhas de produção, onde interrupções podem causar prejuízos financeiros e operacionais irreparáveis.

Além disso, os geradores contribuem para a estabilidade da rede elétrica, aliviando a sobrecarga durante os picos de consumo e reduzindo o risco de apagões. Em sistemas de cogeração, o calor residual do gerador pode ser reaproveitado, aumentando a eficiência energética e a sustentabilidade. Essa estratégia é especialmente relevante em regiões com infraestrutura elétrica frágil ou em locais onde a energia da rede é insuficiente para atender à demanda crescente durante os horários de pico (ANEEL, 2022; Fuchslocher, 2017).

2.5 MÉTODO DE TRANSFERÊNCIA GRADUAL DO GERADOR EM HORARIO DE PONTA

O sincronismo em rampa de um gerador de energia é um processo controlado que permite a conexão segura à rede elétrica, ajustando gradualmente a tensão, frequência e fase do gerador para igualá-los aos parâmetros da rede antes do acoplamento final. Essa técnica evita danos aos equipamentos e instabilidades no sistema, sendo essencial em operações de paralelismo, especialmente durante horários de ponta ou em sistemas críticos (IEEE Std 1547-2018; Elgerd, 2011).

2.6 GASTO DE ENERGIA ELÉTRICA NA INDÚSTRIA

A energia elétrica representa um dos principais custos operacionais na indústria, podendo chegar a 30% ou mais dos gastos totais em setores intensivos, como metalurgia, química e papel & celulose. O consumo elevado está associado ao uso de máquinas de alta potência, sistemas de climatização e processos contínuos, que demandam eletricidade sem interrupção. Além disso, tarifas diferenciadas em horários de ponta e ultrapassagens de demanda contratada podem elevar significativamente a fatura energética, impactando a competitividade industrial (EPE, 2022; ANEEL, 2023).

Para reduzir esses custos, muitas indústrias adotam estratégias como eficiência energética (motores de alto rendimento, iluminação LED), geração própria (cogeração, painéis solares) e gestão ativa de demanda, deslocando processos para horários fora de ponta. Programas como o PEE (Programa de Eficiência Energética) da ANEEL e incentivos fiscais também auxiliam na modernização do parque industrial, com reduções de até 25% no consumo em alguns casos (MME, 2021; IEA, 2020).

2.7 HORÁRIO DE PONTA NO BRASIL

O horário de ponta no Brasil ocorre principalmente entre 18h e 21h, quando o consumo residencial e comercial atinge seu pico devido ao uso intensivo de eletrodomésticos, iluminação e climatização. Esse período varia regionalmente e é

mais crítico em extremos de temperatura, pressionando a rede elétrica e podendo elevar tarifas para consumidores sob regulação horo sazonal (ANEEL, 2023).

Um segundo pico ocorre entre 8h e 11h em dias úteis, impulsionado pelo início das atividades industriais. Para gerenciar a demanda, o ONS aciona termelétricas ou incentiva programas de redução de consumo, enquanto consumidores adotam estratégias como geração própria ou deslocamento de operações (ONS, 2022; CCEE, 2022).

2.8 TARIFAS NO BRASIL

O sistema tarifário brasileiro classifica as bandeiras em verde, amarela e vermelha para sinalizar os custos adicionais na conta de energia, conforme as condições de geração. A bandeira verde indica condições favoráveis, sem acréscimo na tarifa, quando há predominância de hidrelétricas na matriz energética. Já a bandeira amarela aciona um custo extra moderado (R\$ 1,50 a cada 100 kWh), ativada quando as termelétricas começam a ser acionadas para complementar a geração (ANEEL, 2023).

A bandeira vermelha é dividida em dois níveis: nível 1 (R\$4,50/100kWh) e nível 2 (R\$ 9,50/100 kWh), usados em ocasiões graves, como falta de água ou altíssima demanda, utilizando mais as usinas termelétricas ou importação de energia. Essas bandeiras mostram os custos adicionais do sistema e apoiam um consumo cuidadoso, principalmente durante crises energéticas (EPE, 2022; CCEE, 2023).

A adoção desse sistema visa equilibrar os custos da geração com a transparência para o consumidor, além de sinalizar a necessidade de economia de energia em períodos de maior stress no sistema elétrico. As bandeiras são revisadas mensalmente pela ANEEL, considerando fatores como nível dos reservatórios e preços dos combustíveis (MME, 2023).

3 METODOLOGIA

Nesta pesquisa científica, a metodologia irá descrever, justificar e detalhar os procedimentos utilizados para alcançar os objetivos da pesquisa, mostrando como a pesquisa foi conduzida.

3.1 TIPO DE PESQUISA

Este trabalho terá uma abordagem de custos, analisando dados de gráficos mostrando a comparação de gerador de energia em horário de ponta e o uso de concessionária

3.2 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

3.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Levantamento de fontes acadêmicas (artigos, livros) sobre:
 - Horário de ponta e tarifação de energia elétrica.
 - Funcionamento e eficiência de geradores de energia.
 - Impacto econômico e operacional do uso de geradores em períodos críticos.

3.4 COLETA DE DADOS

Fontes principal: A coleta de dados foi efetuada na empresa **AraOvos Alimentos**, encontrada em Arapongas/PR

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

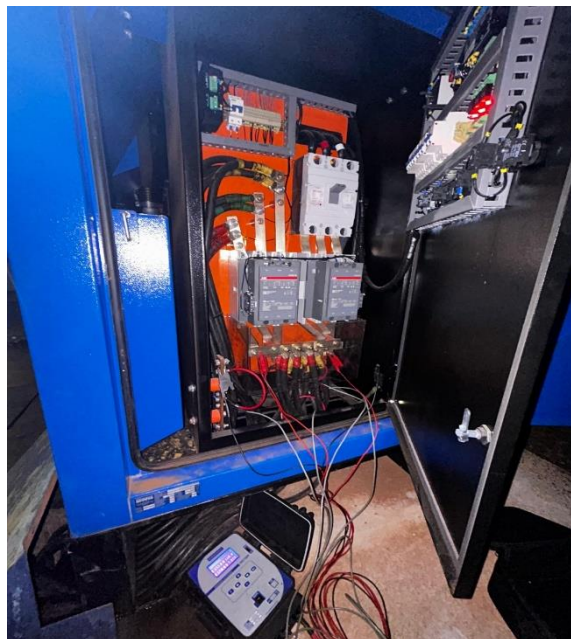
Comparação entre o custo da energia convencional no horário de ponta e o custo de operação de geradores.

Cálculo da viabilidade econômica com base em dados de consumo e tarifas.

3.6 FERRAMENTAS UTILIZADAS

Serão utilizadas as ferramentas programa Excel e MatLab para análise de dados e o Analisador de Carga (figura 1) para elaboração dos gráficos para apresentação dos resultados.

Figura 1 – Analisador de Carga



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Serão apresentados os resultados obtidos e comparados com o cálculo de custo operacional do gerador, levando em consideração o custo da rede e o valor total final.

4.1 VARIAÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA AO LONGO DO ANO

O fator de potência (FP) é um dos indicadores mais relevantes para avaliar a eficiência energética de um sistema elétrico, representando a relação entre a potência ativa (kW) e a potência aparente (kVA). Valores ideais de FP devem estar próximos de 1,0, porém, na prática, sistemas industriais e comerciais frequentemente operam com FP abaixo de 0,95, o que pode acarretar perdas significativas e penalidades financeiras.

Mudanças sazonais na carga: No verão, o aumento do uso simultâneo de aparelhos de ar-condicionado e motores de ventilação podem elevar a demanda por energia reativa, reduzindo o fator de potência.

Ciclos operacionais da indústria: Períodos de alta produção demandam mais potência ativa, mas, sem compensação adequada, o FP pode cair.

Alterações na rede elétrica: A conexão de novos equipamentos ou a desativação temporária de bancos de capacitores podem impactar o FP.

4.2 HORÁRIO DE PONTA X FORA PONTA

O horário de ponta (geralmente entre 18h e 21h em dias úteis) apresenta maior instabilidade no fator de potência em comparação ao horário fora de ponta. Isso ocorre devido a picos de demanda que resultam no aumento de consumo da energia reativa e queda de tensão, influenciando na sobrecarga da rede, reduzindo a eficiência energética impactando o FP

4.3 IMPACTO DO USO DE GERADORES NO FATOR DE POTÊNCIA

A utilização de geradores de energia no horário de ponta pode trazer benefícios significativos para a estabilização do FP, incluindo:

4.3.1 COMPENSAÇÃO DE ENERGIA REATIVA

Geradores síncronos bem regulados podem atuar como compensadores de potência reativa, fornecendo ou absorvendo VARs (Volt-Ampere Reativo) conforme necessário. Isso permite manter o FP próximo de 0,95, atendendo às exigências das concessionárias de energia.

4.3.2 REDUÇÃO DE PERDAS ENERGÉTICAS

Um FP baixo aumenta as perdas por efeito Joule nos condutores, elevando o custo operacional. Ao utilizar geradores para corrigir o FP, é possível:

- Diminuir as correntes circulantes, reduzindo perdas na distribuição.
- Otimizar o aproveitamento da capacidade instalada, evitando superdimensionamento de cabos e transformadores.

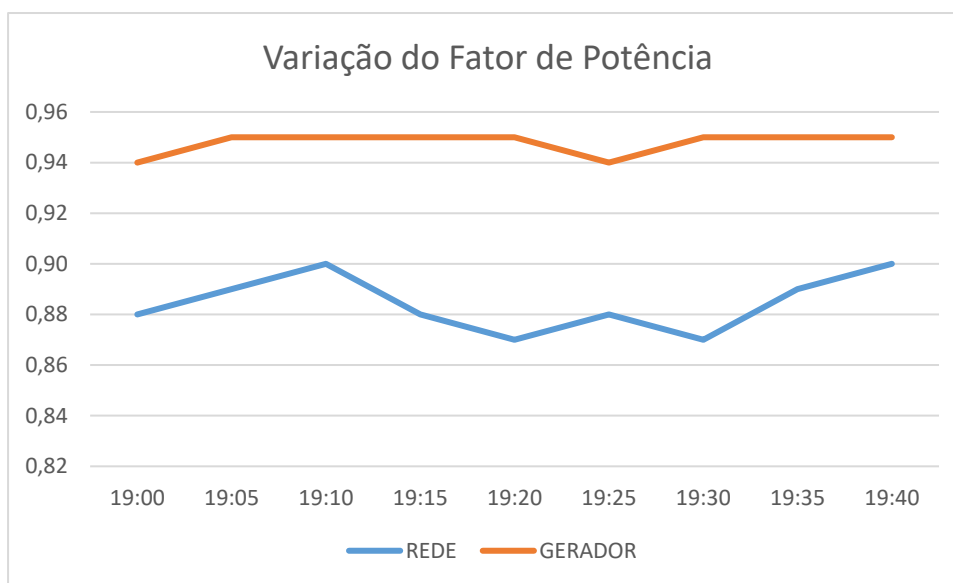
4.3.3 MULTAS POR EXCEDENTE REATIVO

Muitas concessionárias aplicam encargos financeiros quando o FP médio mensal fica abaixo de 0,92. Geradores ajudam a evitar essas penalidades, garantindo conformidade com as normas regulatórias.

4.3.4 MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Além da correção do FP demonstrado no gráfico abaixo, geradores contribuem para estabilidade da tensão, reduzindo flutuações prejudiciais a equipamentos sensíveis, backup energético, garantindo continuidade operacional em caso de interrupções, redução da dependência da rede pública, especialmente em cenários de tarifação horo sazonal elevada

Figura 2 - Variação do Fator de Potência



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.3.5 BALANCEAMENTO DE CORRENTE EM SISTEMA TRIFÁSICO COM GERADORES

Este trabalho apresenta uma análise do sistema elétrico trifásico com correntes medidas em:

- Fase A: 160 A
- Fase B: 170 A
- Fase C: 160 A

Embora o desbalanceamento seja relativamente pequeno (6,25% entre as fases B e C), a proximidade com o limite de 15% estabelecido pela NBR 5410 merece atenção. O documento explora os impactos operacionais e as soluções através da implementação estratégica de geradores. Sistema utilizado como base para o estudo apresentou uma média de 160 A por fase, representado na figura 3.

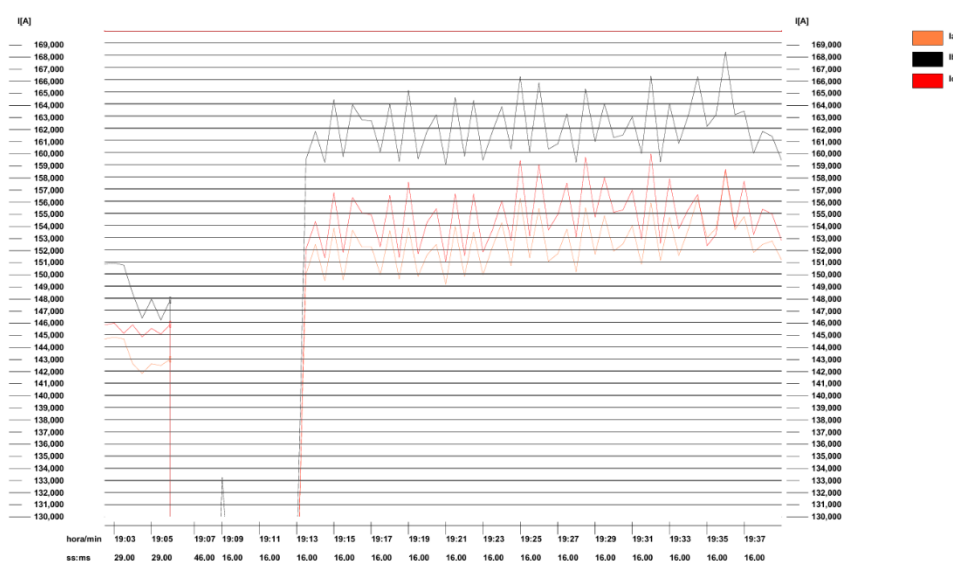
O desequilíbrio de tensão em sistemas trifásicos é um problema que surge principalmente devido à distribuição não uniforme de cargas monofásicas entre as fases, pequenas variações na impedância dos circuitos e diferenças na regulação de tensão entre cada fase. Esses desequilíbrios trazem sérias consequências operacionais, incluindo perdas adicionais de energia que podem representar de 2% a 3% do consumo total, redução de até 15% na vida útil do gerador devido ao envelhecimento acelerado dos componentes, e comprometimento do desempenho de motores trifásicos, que passam a operar com menor eficiência.

Esses impactos negativos destacam a importância de implementar medidas corretivas como o balanceamento adequado das cargas, equalização das impedâncias e monitoramento contínuo do sistema, garantindo assim a eficiência energética e prolongando a vida útil dos equipamentos. A adoção de compensadores ativos pode ser uma solução eficaz para mitigar esses problemas e manter a qualidade do fornecimento de energia.

4.3.6 SOLUÇÃO COM GERADORES E BENEFÍCIOS

Correção ativa do desbalanceamento, reduzindo para <2% entre fases, controlando também picos de energia, mantendo o fator de potência em 0,95 para um melhor aproveitamento da energia gerada. O gerador consegue aumentar o diminuir a rotação do motor para assim compensar o fornecimento de energia em relação a carga exigida, assim mantendo uma baixa oscilação na entrega energética.

Figura 1 – Variação de Corrente por Fase



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

O gráfico acima demonstra a variação de consumo de corrente por fase, demonstrando utilização da rede, transferência e carga assumida pelo gerador, oscilando entre 160 e 180 amperes, demonstrando como é o consumo energético da empresa

4.4 ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA

CONSUMO DE DIESEL USO EM PONTA ÚTIL (21 DIAS)

- **Consumo de Diesel**
 - Diário: 60 litros (20L/h x 3h)
 - Mensal: 1260 litros

- Custo mensal: R\$ 7.500,00
- **Geração Energética**
 - 663 kWh/dia
 - 13.923 kWh/mês
 - Custo energético: R\$0,543/kWh

4.5 ANÁLISE COMPARATIVA: REDE ELÉTRICA X GERAÇÃO PRÓPRIA

- Conta de luz: R\$26.000,00/mês
- Custo gerador (diesel): R\$7.500,00/mês (60L/dia x R\$6,00 x 21 dias)
- Investimento no gerador: R\$175.000,00
- Tarifa de ponta (Copel): R\$1,63/kWh
- Tarifa fora de ponta: R\$0,70/kWh (média)
- Consumo do gerador: 20L/hora (diesel)
- Preço do diesel: R\$6,00/L
- Horário de ponta: 3h/dia x 21 dias/mês
- Capacidade do gerador: 260 KVA (221 kW ativo)

4.5.1 CUSTOS TOTAIS

- **Copel + Gerador:** R\$26.000,00 + R\$7.500,00 = R\$33.500,00
- **Copel (100%):**

Cálculo de consumo: 221kW x 3h/dia x 21 dias = 13.923kWh

Resultado de consumo multiplicado pelo custo horário de ponta:

13.923kWh x R\$1,63/kWh = R\$22.694/mês

Cálculo de custo final: R\$22.694,00 + R\$26.000,00 = R\$48.694,00

Economia final do mês será de:

R\$48.694,00 – R\$33.500,00 = R\$15.194,00

4.5.2 PAYBACK (Retorno de Investimento)

O tempo de Payback, ou Período de Payback, é o tempo necessário para o projeto dar um retorno do investimento, necessário para que o fluxo de caixa

acumulado do projeto passe a ser positivo. É a somatória dos recebimentos futuros até que essa somatória pague (se iguale) ao investimento inicial, então no momento em que ocorre esse pagamento, ou seja, no momento em que esse fluxo de caixa acumulado passe a ser positivo, eu terei o meu tempo de payback.

Para o seu cálculo, é necessário calcular o fluxo de caixa acumulado ao longo dos períodos, que no caso do investimento do gerador é de R\$ 15.194,00. Na sequência calcular o período em que o fluxo de caixa acumulado passa a ser positivo, determinando a partir desse ponto o investimento para a se pagar.

No caso do investimento do gerador particular, o payback descontado, considerou uma taxa de juros de 0,83% ao mês. Teve como base a taxa média Selic, nos últimos anos, que no Brasil foi de 10%. O payback descontado ocorreu entre o mês 12 e o mês 13, conforme indicado abaixo. É nesse momento que encontramos o tempo de retorno do investimento.

- Investimento: R\$175.000,00
- Economia: R\$15.194,00
- Payback: ~ 12 meses

O quadro abaixo mostra, o valor inicial do investimento, de 175 mil reais. O prazo considerado para análise do tempo de retorno do investimento (payback descontado) de 18 meses. O valor presente considerando uma taxa de 0,833% ao mês.

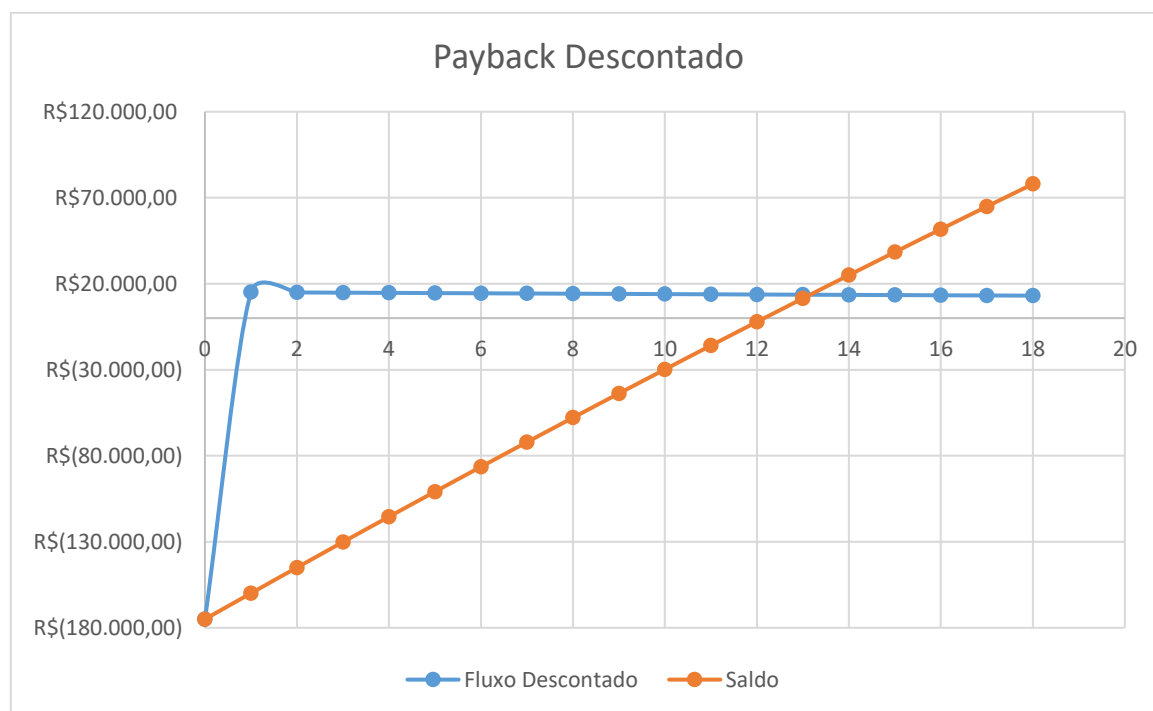
Lembramos que quanto menor o tempo de payback melhor e mais atraente é o projeto.

O payback descontado é semelhante ao payback simples, mas com o adicional de usar uma taxa de desconto antes de se proceder à soma dos fluxos de caixa. Esta taxa de desconto é a taxa de juros mensal de 0,833%, também chamada de Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Investimento	175.000,00		
Mês	Fluxo	Fluxo Descontado	Saldo
0	-R\$ 175.000,00	-R\$ 175.000,00	-R\$ 175.000,00
1	R\$ 15.194,00	R\$ 15.068,43	-R\$ 159.931,57
2	R\$ 15.194,00	R\$ 14.943,90	-R\$ 144.987,67
3	R\$ 15.194,00	R\$ 14.820,39	-R\$ 130.167,28
4	R\$ 15.194,00	R\$ 14.697,91	-R\$ 115.469,37
5	R\$ 15.194,00	R\$ 14.576,44	-R\$ 100.892,93
6	R\$ 15.194,00	R\$ 14.455,97	-R\$ 86.436,95
7	R\$ 15.194,00	R\$ 14.336,50	-R\$ 72.100,45
8	R\$ 15.194,00	R\$ 14.218,02	-R\$ 57.882,43
9	R\$ 15.194,00	R\$ 14.100,52	-R\$ 43.781,91
10	R\$ 15.194,00	R\$ 13.983,98	-R\$ 29.797,93
11	R\$ 15.194,00	R\$ 13.868,41	-R\$ 15.929,52
12	R\$ 15.194,00	R\$ 13.753,80	-R\$ 2.175,72
13	R\$ 15.194,00	R\$ 13.640,13	R\$ 11.464,41
14	R\$ 15.194,00	R\$ 13.527,40	R\$ 24.991,81
15	R\$ 15.194,00	R\$ 13.415,60	R\$ 38.407,42
16	R\$ 15.194,00	R\$ 13.304,73	R\$ 51.712,15
17	R\$ 15.194,00	R\$ 13.194,78	R\$ 64.906,93
18	R\$ 15.194,00	R\$ 13.085,73	R\$ 77.992,65
TX Juros	0,833333%		
Payback	12,15950867	Meses	
Descontado			

A figura 4 abaixo mostra o gráfico do payback descontado, onde temos a indicação do momento em que o investimento se paga, ou seja, o momento onde o payback descontado se torna positivo. Isto ocorre quando a curva do saldo (representada pela cor laranja), cruza o eixo X (eixo dos meses considerados de 0 a 18 meses). O payback descontado ocorre exatamente em 12,15 meses, indicado na tabela acima.

Figura 4 – Payback Descontado



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

IMPACTO FINANCEIRO ESTIMADO

- Custo kWh (ponta): R\$1,63
- Custo kWh gerador: R\$0,85
- Economia: R\$0,78

4.5.3 BENEFÍCIOS ADICIONAIS

Além da redução de custos no horário de ponta, um gerador de energia oferece vantagens estratégicas que podem aumentar a produtividade, segurança e competitividade do seu negócio.

4.6 CONTINUIDADE OPERACIONAL

Geradores garantem continuidade operacional, evitando falhas em equipamentos críticos (servidores, produção, refrigeração) e mantendo sistemas de

segurança ativos. Blecautes causam prejuízos altos — como perda de produtos perecíveis em supermercados ou paradas industriais — que podem chegar a milhares por hora. A solução protege contra custos inesperados e interrupções críticas.

4.6.1 INDEPENDÊNCIA ENERGÉTICA

Geradores proporcionam independência energética, reduzindo impactos de aumentos tarifários (ex.: tarifa de ponta a R\$ 2,00/kWh) e garantindo operação em locais sem infraestrutura elétrica (áreas rurais, galpões remotos). Essa autonomia evita custos extras e mantém a produtividade em qualquer região.

4.6.2 MELHORIA NA QUALIDADE DE ENERGIA

A estabilização de tensão evita danos a equipamentos sensíveis causados por oscilações na rede. Por exemplo, máquinas CNC, servidores e equipamentos médicos exigem energia estável para funcionar corretamente.

Já a correção do fator de potência é essencial em geradores modernos, que operam com $FP > 0,95$, ajudando a reduzir multas por baixo fator de potência e melhorando a eficiência energética.

4.7 VANTAGENS COMPETITIVAS

Ter um backup de energia é um diferencial competitivo, pois empresas com esse recurso são vistas como mais confiáveis por clientes e parceiros. Por exemplo, hospitais, shoppings e data centers exigem geradores para garantir um serviço ininterrupto e evitar prejuízos.

Além disso, a preparação para emergências é essencial para atender a normas de segurança, como a NR-10 e a ISO 9001, que exigem fontes alternativas de energia para garantir a continuidade das operações em situações críticas.

A instalação de geradores aumenta o valor de imóveis comerciais, tornando-os mais atrativos no mercado. Além disso, em locais onde a regulamentação permite, é possível vender o excedente de energia para a rede elétrica, gerando uma fonte de

renda extra. Esses benefícios tornam o gerador um investimento inteligente para empresas e proprietários. Para instalar um gerador de energia em sua empresa, é necessário seguir normas técnicas, obter aprovações e garantir a segurança operacional.

A instalação de um gerador requer um projeto elétrico completo assinado por engenheiro eletricista, contendo cálculo de potência baseado na carga crítica, análise de curto-circuito e diagramas de ligação entre gerador, rede e quadros de distribuição. O projeto deve especificar o sistema de transferência (ATS ou manual) e atender às normas técnicas para garantir segurança e aprovação legal, evitando multas ou problemas com órgãos reguladores.

- Normas aplicáveis:
 - ABNT NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão)
 - ABNT NBR 14039 (Para geradores acima de 75 kVA)
 - NR-10 (Segurança em instalações elétricas)

Para obter a aprovação da Copel para instalação de geradores, é necessário apresentar a documentação completa incluindo projeto elétrico assinado por engenheiro registrado no CREA, o Formulário de Acesso à Rede disponível no site da concessionária e a respectiva ART. A Copel oferece duas modalidades de instalação: sistema isolado, onde o gerador funciona independentemente da rede elétrica; e sistema interligado, que utiliza chave de transferência para alternar entre a rede da concessionária e o gerador, evitando a injeção acidental de energia.

É fundamental obter esta aprovação prévia, pois a operação não autorizada de geradores sujeita o infrator a multas e penalidades conforme a regulamentação vigente, além de garantir a segurança das instalações e das equipes de manutenção. A regularização assegura o cumprimento de todas as normas técnicas e legais exigidas para este tipo de instalação.

4.8 INSTALAÇÃO DO GERADOR

A instalação adequada de geradores exige cuidados específicos com a infraestrutura. O local deve ser bem ventilado para dissipação de calor e gases, com piso nivelado e resistente para suportar vibrações. Quando instalado externamente, é

necessária cobertura para proteção contra chuva e sol direto. Quanto à segurança, é obrigatória a instalação de extintores de pó químico ou CO₂ para riscos elétricos, além de sinalização adequada com alertas de "Perigo Alta Tensão" em locais visíveis.

4.9 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Para operação e manutenção, a equipe deve receber treinamento específico, incluindo procedimentos de partida, parada e emergência. Todos os trabalhadores que interagem com o sistema devem possuir o curso NR-10, conforme determinação legal. A manutenção preventiva regular é essencial para garantir o funcionamento contínuo e seguro do equipamento, devendo seguir as recomendações do fabricante e normas técnicas aplicáveis.

A manutenção preventiva do gerador inclui troca de óleo e filtros a cada 250 horas, além de verificação anual do sistema de refrigeração e bicos injetores. Os custos variam entre R\$ 1.000 e R\$ 2.000 por serviço, mas evitam falhas e aumentam a vida útil do equipamento. Manter a manutenção em dia é fundamental para garantir operação contínua e segura.

4.9.1 VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DO USO DE GERADORES EM HORÁRIO DE PONTA

Os resultados obtidos demonstraram que a utilização de geradores de energia no horário de ponta (18h às 21h) apresenta vantagens significativas, tanto técnicas quanto econômicas, para indústrias dependentes de energia elétrica. A análise comparativa entre o custo da energia da concessionária e o custo de operação dos geradores revelou que, embora a geração própria tenha um custo fixo de R1,63/kWh. Isso indica que a estratégia mais eficiente é a utilização híbrida, combinando energia da rede em horários fora de ponta e geradores apenas nos picos de demanda.

4.9.2 IMPACTO NA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

A análise do fator de potência (FP) demonstrou que os geradores contribuem significativamente para a estabilização da rede interna da indústria. Enquanto a

concessionária exigia um FP mínimo de 0,92, o uso de geradores permitiu elevar esse indicador para 0,95, reduzindo perdas por energia reativa e evitando multas. Além disso, o balanceamento das correntes trifásicas, que antes apresentava um desvio de 6,25% (próximo ao limite de 15% estabelecido pela NBR 5410), foi corrigido para menos de 2%, aumentando a eficiência energética em 3-5% e prolongando a vida útil dos equipamentos.

4.9.3 REDUÇÃO DE CUSTOS OPERACIONAIS E SEGURANÇA ENERGÉTICA

Este trabalho também mostrou que há uma grande queda nos gastos relacionados com o custo atual do cliente. A análise nos dados da companhia **Araovos Alimentos** revelou que, ao usar o gerador de energia no horário de ponta, é possível diminuir a demanda contratada. O gerador também pode proporcionar segurança em quedas de energia, de forma que o mesmo trabalhe emergencial.

4.9.4 COMPARAÇÃO COM OUTRAS ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Embora outras estratégias, como a instalação de painéis solares ou sistemas de armazenamento, também possam ser consideradas, a análise mostrou que os geradores oferecem uma solução mais imediata e flexível para o horário de ponta. Enquanto sistemas fotovoltaicos dependem de condições climáticas e investimentos iniciais elevados, os geradores podem ser acionados sob demanda, garantindo estabilidade mesmo em períodos críticos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia elétrica se tornou o recurso de maior uso na sociedade atual, deliberadamente sendo necessária para 95% das nossas tarefas cotidianas, com essa utilização diária e o consumo excessivo de algumas partes, tem-se observado que em um certo horário do dia, mais especificamente no horário de ponta (18h às 21h), a instabilidade presente na rede de distribuição de energia tem aumentado bastante, tendo isso em vista, este trabalho trata de demonstrar e comprovar os benefícios da

utilização de um gerador em horário de ponta, entregando energia de qualidade e confiável.

5.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

A análise mostrou que operar geradores apenas no horário de pico reduz significativamente os custos em comparação com o uso contínuo. Enquanto a geração própria 24 horas por dia encarece a operação em mais de 100%, seu uso pontual (4h/dia) gera um custo adicional em relação às tarifas elevadas da concessionária.

Em períodos de bandeira tarifária vermelha, quando a energia da rede fica mais cara, os geradores se tornam ainda mais vantajosos, protegendo a empresa contra variações abruptas nos custos.

5.2 MELHORIA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os geradores ajudaram a corrigir o fator de potência (FP) de 0,88 para 0,95, reduzindo perdas por energia reativa e evitando multas das concessionárias.

O balanceamento das cargas trifásicas também melhorou, diminuindo o desequilíbrio de 6,25% para menos de 2%, o que aumentou a eficiência do sistema em até 5%.

5.3 SEGURANÇA E CONTINUIDADE OPERACIONAL

Além da economia, os geradores garantem um backup imediato em caso de falhas na rede, evitando paradas na produção que poderiam causar prejuízos financeiros e operacionais.

Empresas com processos contínuos, como a **Araovos Alimentos** (estudo de caso analisado), podem se beneficiar ainda mais dessa solução, assegurando que não haja interrupções críticas.

5.4 COMPARAÇÃO COM OUTRAS ALTERNATIVAS

Embora fontes renováveis, como energia solar, sejam sustentáveis, elas dependem de condições climáticas e exigem investimentos iniciais elevados. Já os

geradores oferecem uma resposta rápida e controlável, especialmente em horários de alta demanda.

Sistemas híbridos (rede + gerador + armazenamento) podem ser uma evolução futura, combinando as vantagens de cada tecnologia.

Para trabalhos futuros se torna interessante a análise de viabilidade com um gerador alimentado por sistema biogás, utilizando biodigestor próprio.

6 REFERÊNCIAS

- [1] **CHAPMAN, S. J.** *Fundamentos de Máquinas Elétricas*. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- [2] **FUCHSLOCHER, E.** *Geração de Energia Elétrica: Sistemas e Aplicações*. São Paulo: Editora Blucher, 2017.
- [3] **FARADAY, M.** *Experimental Researches in Electricity*. Philosophical Transactions of the Royal Society, 1831.
- [4] **ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.** *Tarifação de Energia em Horário de Ponta*. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 17 abr. 2025.
- [5] **CAT (Caterpillar Inc.).** *Manual de Operação de Geradores de Emergência*. 2020.
- [6] **ABNT.** *NBR ISO 8528 – Grupos Geradores de Energia – Parte 1: Especificações Gerais*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [7] **Portal Brasil Engenharia.** *Como Funcionam os Geradores de Energia*. Disponível em: <https://www.brasilengenharia.com.br>. Acesso em: 05 mai. 2025.
- [8] **Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).** *Relatório de Demandas de Ponta*. 2022.
- [9] **ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.** *Tipos de Geração Distribuída*. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 17 abr. 2025.
- [10] **IEEE.** *IEEE Std 1547-2018 – Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces*.
- [11] **ELGERD, O. I.** *Electric Energy Systems Theory: An Introduction*. 2nd ed. McGraw-Hill, 2011.

- [12] **Empresa de Pesquisa Energética (EPE).** *Relatório de Consumo Industrial de Energia.* 2022.
- [13] **ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.** *Tarifas e Subgrupos Tarifários.* 2023. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 17 abr. 2025.
- [14] **Ministério de Minas e Energia (MME).** *Plano Nacional de Eficiência Energética.* 2021.
- [15] **International Energy Agency (IEA).** *Energy Efficiency in Industry.* 2020.
- [16] **ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.** *Resolução Normativa nº 1.000/2021.* Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 17 abr. 2025.
- [17] **Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).** *Relatório da Carga de Energia no Brasil.* 2022.
- [18] **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).** *Programas de Gestão de Demanda.* 2022.
- [19] **Empresa de Pesquisa Energética (EPE).** *Relatório de Acompanhamento do Sistema Elétrico Brasileiro.* 2022.
- [20] **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).** *Informe Mensal do Mercado de Energia.* 2023.
- [21] **Ministério de Minas e Energia (MME).** *Portaria nº 514/2023 – Diretrizes para Bandeiras Tarifárias.* 2023.
- [22] RAMOS, Lucas Natthan Oliveira et al. **Geração de energia elétrica através de grupo motor gerador.** [S. l.], 2021.
- [23] FRITZEN, Marcos Antônio. **Viabilidade no uso de geradores a diesel no horário de ponta em uma unidade produtora de pintainhos.** 2014. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.
- [24] PEIXOTO, A. M. **Análise de eficiência econômica para uso do grupo gerador do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Sobral no horário de ponta.** 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2016.
- [25] QUIRINO, J. N. C. **Utilização de geradores a diesel em horários de ponta.** 2022. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2022.

- [26] BERMANN, Célio. **Energia no Brasil: para quê? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável**. São Paulo: Livraria da Física, 2001.
- [27] CARÇÃO, João Francisco de Castro. **Tarifas de energia elétrica no Brasil**. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- [28] VALENTE, Antônio Nazareno et al. **Energia Elétrica em Destaque: Fundamentos da Geração, Transmissão e Distribuição**. Rio Branco: Daniel Nascimento e Silva, Editor, 2023.
- [29] VASSOLER JUNIOR, Ricardo Tronco. **Avaliação técnica e financeira do uso de geradores à diesel em horário de ponta**. 2024.