

CENTRO PAULA SOUZA
Etec PHILADELPHO GOUVEA NETTO
Técnico em Eletrotécnica

Felipe Hugo da Silva Montezano

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INDUSTRIAS

São José do Rio Preto

2023

Felipe Hugo da Silva Montezano

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS INDUSTRIAS

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso Técnico em
Eletrotécnica da ETEC Philadepho Gouveia
Netto orientado pelo professor Mario Kenji
Tamura como requisito parcial para
obtenção do título de Técnico em
Eletrotécnica.

São José do Rio Preto 2023

AGRADECIMENTOS

Em Primeiro Lugar, quero agradecer a Deus, por ter me permitido viver até esse momento, me dando saúde e determinação, gostaria de agradecer também minha esposa Raiane e minha filha Ana Julia por terem me apoiado nesse processo que exige muita resiliência, agradecer minha mãe e meus irmãos Heitor e Higor por sempre me apoiarem, agradecer meu diretor Vitor Lemos pelo tempo disponível e confiança em realizar a pesquisa a fundo, ao meu gerente Kaue por ter me apoiado em todas as etapas de implementação sempre me encorajando a buscar melhores oportunidades e aos professores que me apoiaram em várias etapas dos estudos.

“Todas as vitórias ocultam
uma abdicação “

**Simone de
Beauvoir**

RESUMO

Esse TCC busca levantar dados e informações para melhorar o desempenho de consumo de energia na indústria, utilizar-se de normas e conceitos técnicos para economizar financeiramente e aos poucos trilhar caminhos que tornem a indústria mais competitiva e com equipamentos e conceitos mais eficientes. Para análise de pesquisa e desenvolvimento foram analisadas normas da ANEEL para embasamentos técnicos, conceitos de capacidade de máquinas conhecimentos técnicos para aplicação e monitoramento com baixo investimento para fins comparativos.

Palavras-chave: Consumo de energia. Equipamentos e conceitos mais eficientes.

Abstract

This TCC seeks to collect data and information to improve the company's energy consumption performance, use technical standards and concepts to save financially and gradually follow paths that make the industry more competitive and with more efficient equipment and concepts. For research and development analysis, ANEEL standards were analyzed for technical basis, machine capacity concepts, technical knowledge for application and monitoring with low investment for comparative purposes.

Keywords: Energy consumption. More efficient equipment and concepts.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. Desenvolvimento.....	7
3. Tarifas TUSD TE.....	8
4. Horário de ponta.....	9
5. Medição do forno de sinterização.....	11
6. Medição transformador elevador.....	12
7. Consumo em horário fora de ponta.....	14
8. Capacidade de carga de máquina.....	15
9. Demanda contratada.....	16
10. Histórico de demanda.....	18
11. Alteração de demanda.....	19
12. Cálculos.....	19
13. Conclusão.....	22
14. Referências.....	27

INTRODUÇÃO

O assunto tratado nesse TCC é eficiência energética nas indústrias, o objetivo desse tema é justamente tentar alinhar os objetivos da empresa com a busca da eficiência energética. Atualmente as indústrias estão a todo momento tentando se tornarem mais competitivas eliminando gastos e melhorando o fluxo de processos dentro da empresa, porém o consumo de energia das empresas não é algo muito casual de ser analisado, justamente porque a grande maioria das empresas entendem que a conta de energia é apenas um boleto e acabam por desperdiçarem as informações técnicas da mesma. Utilizando as resoluções normativas da ANEEL, é possível ter uma boa referência sobre os direitos e deveres referentes ao consumo de energia das empresas que são tarifadas dentro do grupo A. Dentro do grupo A são consideradas as empresas de alta e média tensão nos subgrupos (A1, A2 e A3), média tensão (Subgrupos A3a e A4), as empresas do grupo A tem tarifas diferenciadas e podem ser escolhidas dentro da solicitação inicial de projeto. O objetivo dessa análise de conta é verificar oportunidades de consumo, demanda contratada de forma superdimensionada, horário de ponta sendo usado de forma desnecessária e equipamentos que possam estar sendo utilizados de forma ineficientes. Tendo um escopo definido o objetivo é economizar com ações de baixo custo e transformar a empresa de uma maneira que a cultura seja alterada e feito uma melhor gestão dentro do conceito de consumo de energia com novos equipamentos comprados com as melhorias iniciais e gestão de indicadores de energia.

Desenvolvimento

A indústria vem constantemente buscando melhoria de processos, visando conseguir uma economia financeira que torne a empresa mais competitiva. Nesse sentido a conta de energia tem se mostrado bem receptiva na grande maioria, devido ao fato de não acontecer uma gestão, principalmente em termos técnicos. O ponto principal é fazer uma análise da conta como primeiro ponto para começar realmente a explorar pontos que possam ser melhorados e analisados dentro da área técnica.

Analisando a conta de energia de março de 2022 conseguimos verificar na imagem abaixo um consumo em kwh de 20.303,200 (20,303 MWh) e consumo de Ponta em 1.139,39 Kwh (1,1393 MWh). A empresa é classificada como Verde A4- industrial e temos dois tipos de tarifação a azul e a verde.

Verde- A tarifa verde permite que os valores de consumo sejam ou não diferentes no horário ponta e horário fora ponta, mas a cobrança pela demanda de potência é única e o preço de transporte na ponta é maior.

Azul - Já a tarifa azul de energia tem dois valores diferentes de demanda de potência de acordo com o horário ponta e o horário fora ponta.

Imagem 1-conta de energia

ATENDIMENTO CPFL		PN	SEU CÓDIGO		CONTA MÊS		VENCIMENTO		
0800 770 4140					MAI/2022		13/06/2022		
www.cpflempresas.com.br									
DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO									
Cod. 115	Descrição da Operação N° 901503790800	Mês Ref.	Quant. Registrada	Quant. Faturada	Unid. Med.	Tarifa com Tributos R\$	Valor Total Operação R\$	Base Cálculo ICMS R\$	Aliq. ICMS%
0605	Consumo Ponta [KWh] - TUSD	MAI/22	1.139,390	1.139,390	kWh	1,42120784	1.619,31	1.619,31	18,00
0605	Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	MAI/22	20.303,200	20.303,200	kWh	0,14533030	2.950,67	2.950,67	18,00
0601	Cons Ponta - TE	MAI/22	1.139,390	1.139,390	kWh	0,59998772	683,62	683,62	18,00
0601	Cons FPonta TE	MAI/22	20.303,200	20.303,200	kWh	0,36735884	7.458,56	7.458,56	18,00
0601	Consumo Reativo Exc Ponta	MAI/22	169,974	169,974	KVr	0,38670702	65,73	65,73	18,00
0601	Consumo Reativo Exc Fora Ponta	MAI/22	1.482,772	1.482,772	KVr	0,38674175	573,45	573,45	18,00
0602	Demanda [kW] - TUSD	MAI/22	130,872	130,872	KW	20,24222141	2.649,14	2.649,14	18,00
0602	Demanda [kW] - TUSD	MAI/22		89,128	KW	16,59871197	1.479,41		
Subtotal							17.479,89		
Total Distribuidora							17.479,89		

Fonte: (CPFL)

Na imagem 1 podemos ter um bom direcionamento do consumo da energia dentro da empresa, analisando os principais indicadores temos bastante oportunidade de campo para análise. Na conta de energia vem cobrado dois valores o TUSD e o TE.

TUSD- Tarifa do uso do sistema de distribuição – é cobrado pelo uso do sistema de distribuição de energia.

TE- Tarifa de energia – é cobrado pela quantidade de energia utilizada ao longo do mês.

Segue tabela abaixo para fins de análise.

Tabela1-Detalhamento dos parâmetros principais da conta de energia.

Mês referencia	mai/22				
	Horario inicio	Horario Fim	QTD consumida (KWh)	Valor KWh	Valor Total
Consumo de Ponta (TUSD)	18:00	21:00	1.139,39	1,4212078	R\$ 1.619,31
Consumo Fora de Ponta (TUSD)	21:01	17:59	20.303,20	0,14533	R\$ 2.950,66
Consumo de Ponta (TE)	18:00	21:00	1.139,39	0,599987	R\$ 683,62
Consumo fora de Ponta (TE)	21:01	17:59	20.303,20	0,367358	R\$ 7.458,54
Valor Total					R\$ 12.712,14

Fonte:(próprio autor)

Conforme especificado na tabela 1 conseguimos analisar mais a fundo os principais indicadores da conta de energia que podem ser ajustados dentro da indústria melhorando principalmente os horários de trabalho.

Montando uma base de análise conseguimos verificamos a possibilidade de melhorias e montamos um plano de ação para cada item da conta de energia.

1. Consumo em Horário de ponta (kwh)
2. Consumo em horário fora de ponta (kwh)
3. Demanda contratada.

1.Consumo em horário de ponta(kwh)

A primeiro momento a ideia é trabalhar na redução de utilização das maquinas no horário de ponta que a tarifa é muito alta.

Analisando as informações conseguimos verificar um valor muito alto dentro do horário de ponta e fomos buscar os principais equipamentos que trabalham nesse horário. Foi utilizado um trecho da norma da aneel para conseguir referencias as quais podemos tecnicamente nos embasar e realizar os calculos conforme veremos abaixo.

O horário de ponta se aplicam a modalidade tarifarias do Grupo A, que aplicam-se os horários de ponta e fora de ponta.

Segue trecho:

Imagem 2 – Trecho da resolução normativa Aneel N°1000, de 7 de dezembro de 2021

XXXVIII - posto tarifário: período em horas para aplicação das tarifas de forma diferenciada ao longo do dia, considerando a seguinte divisão:

a) posto tarifário ponta: período composto por 3 horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão ou permissão, não se aplicando aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi e aos feriados nacionais dos dias 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 2 de novembro, 15 de novembro e 25 de dezembro;

Fonte: Site www.aneel.gov.br

Seguindo a norma verificamos que durante 3 horas do dia, exceto aos sábados, domingos e alguns feriados o horário de ponta tem tarifas diferenciadas que alteram e muito o valor pago pela indústria gerando um alto valor na maioria das vezes devido à falta de acompanhamento dos equipamentos.

Para esse problema referente ao horário de ponta foi oferecido a opção de não ligar as maquinas dentro desse horário, utilizando um operador para ligar a máquina após o horário de ponta. Outro fator importante nesse ponto, foi deixar o compressor desligado no horário em que as maquinas não estão trabalhando. Para justificar essa alteração foram feitas medidas nos equipamentos e apresentados conforme figura abaixo.

Imagem 3 – Medição de corrente com Alicate amperímetro do forno de sinterização



Fonte:(próprio autor)

A corrente mostrada no equipamento acima acontece dentro de um ciclo de 12 horas, esse equipamento é um forno de sinterização e para esse primeiro momento foi considerado apenas o horário de ponta (3 horas).

Foi utilizado para cálculo um fator de potência de 0,92 que é o esperado pela companhia.

Após essa análise de medição de corrente conseguimos verificar que a máquina tem um consumo de energia muito alto principalmente se tratando em utiliza-la no horário de ponta, feito isso foi alterado o momento que a máquina trabalha evitando assim o horário de ponta.

Dentro desse mesmo conceito temos um transformador elevador de tensão que ficava ligado todos os dias do ano para elevar a tensão de 220V para 380V. Esse equipamento é utilizado para elevar a tensão das máquinas injetoras que trabalham em horário comercial 07:30 – 17:30 de segunda a sexta, sábado e domingo consumindo energia o tempo todo sem necessidade.

Imagem 4- Medição com alicate amperímetro transformador elevador com a máquina desligada.



Fonte:(próprio autor)

Realizando a medição do transformador conseguimos verificar que mesmo após desligar a máquina temos corrente elétrica passando por ele. Dentro do plano de eliminação de desperdício foi solicitado um

painel para que quando a operação não estivesse utilizando as injetoras desligasse o painel evitando o consumo de energia.

Imagem 5 – Painel de comando do transformador.



Fonte:(próprio autor)

Com essa melhoria implementada foi feito uma nova medição para garantir que não tenha consumo de energia com transformador em vazio.

Imagem 6 – Medição de corrente com alicate amperímetro no transformador.



Fonte:(próprio autor)

2- Consumo em kwh em horário fora de ponta.

Realizando a análise do consumo em kwh/mês foi feito uma análise de como os equipamentos eram operados e foi encontrado uma situação que a primeiro momento apresentava uma excelente vantagem, porem com a análise de conta de energia foi verificado um enorme desperdício de energia.

O equipamento que consome mais energia na fábrica é um forno de sinterização que era ligado em uma média de 10 vezes ao mês, sua

capacidade era de 30.000 peças por sinterização, porém a máquina era ligada com metade das peças devido ao entendimento que o custo de energia elétrica não geraria um impacto muito alto.

Imagem 7- Máquina carregada sem carga total.



Fonte:(próprio autor)

Imagem 8 –Máquina carregada com carga máxima.



Fonte:(próprio autor)

Utilizando a máquina com carga máxima conseguimos diminuir a quantidade de ciclo de 10 ciclos mês para 5 ciclos mês.

3- Demanda contratada

Demanda contratada é a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora no ponto de conexão, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, em KW (Quilowatts). A demanda contratada ela é medida em intervalos de 15 minutos e a maior demanda medida é a que a distribuidora de energia vai registrar, porém vai ser faturado o valor total contratado.

Imagem 8 – Demanda contratada.

Demanda Contratada	
Única	220
Ponta	
Fora Ponta	
Geração	

Fonte: Site CPFL.

A demanda contratada na empresa era de 220 KW e analisando o ano anterior conseguimos verificar uma diferença muito alta do valor contratado para o valor registrado.

Analisando a norma temos um pequeno trecho a seguir.

Imagem 9 – Trecho norma (Art.314)

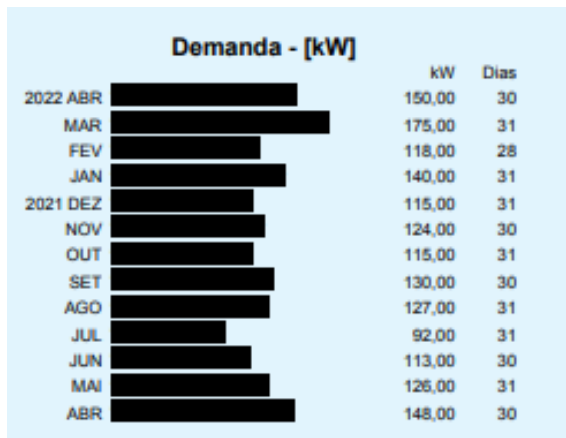
Art. 314. O consumidor pode solicitar:

- I - durante o período de testes: novos acréscimos de demanda; e
- II - ao final do período de testes: redução de até 50% (cinquenta por cento), da demanda adicional ou inicial contratada, desde que resulte, nos casos de acréscimo, em um montante maior que 105% (cento e cinco por cento), da demanda contratada anteriormente.

Fonte: Resolução normativa aneel nº1000.

Com essa informação é possível no momento do dimensionamento o responsável técnico pedir alteração, porem em alguns momentos ele considera um fator de crescimento que em alguns casos não se concretiza durante o ano. Analisando a conta de energia temos a seguinte situação.

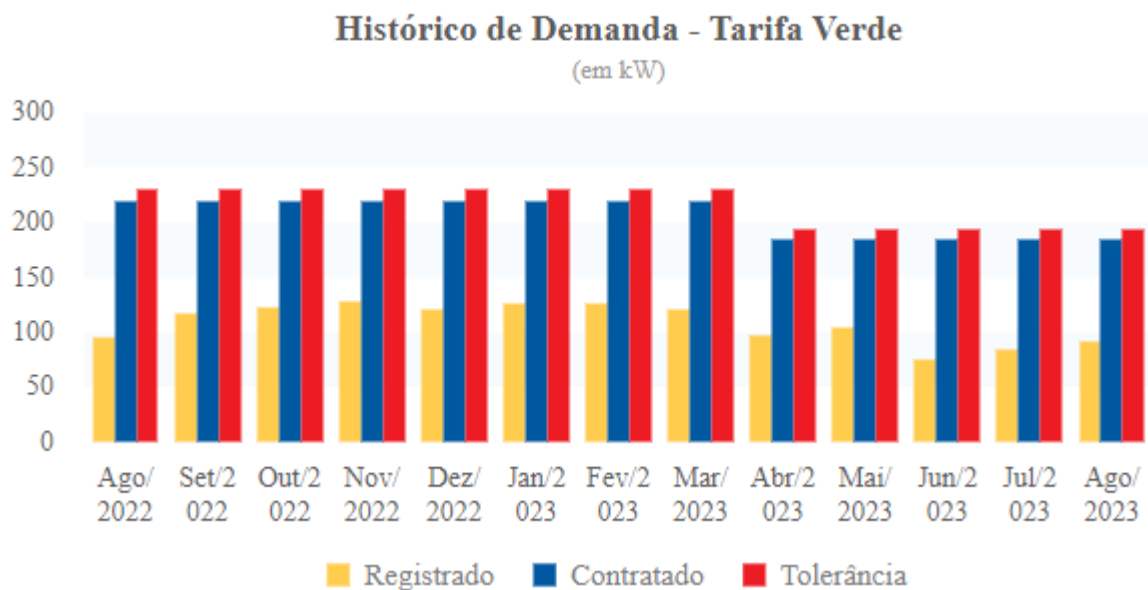
Imagem 10 – Histórico de demanda registrada.



Fonte: Site CPFL

Imagem 11 – Histórico de demanda com tolerância

Histórico de Demanda



Fonte: Site CPFL

Baseado nos dados apresentados acima temos o maior pico de demanda registrada em um valor de 175 KW, esse valor ainda assim é muito maior do que os outros meses, ou seja, temos uma demanda

superdimensionada dentro dessa indústria. A resolução 414 estabelece o limite de ultrapassagem em 5 % para todos os consumidores (art. 93). A tarifa de ultrapassagem também foi alterada passando de três para duas vezes a tarifa normal de fornecimento. Com base nesse valor de 5% foi feito uma solicitação junto a distribuidora de energia de diminuir a demanda contratada de 220 KW para 185 KW.

Imagem 12 – Demanda contratada nova.

Demanda Contratada	
Única	185
Ponta	
Fora Ponta	
Geração	

Fonte: CPFL

Com a demanda contratada alterada conseguimos uma redução de 35 KW. Foi feito uma média de preço pago por demanda contratada e chegamos a um valor médio de 16,50 por KW.

Cálculos

Para cálculos de consumo do Forno de sinterização, transformador elevador, demanda contratada temos as seguintes informações.

Apresentado em ciclo antigo x ciclos atuais.

Forno de Sinterização Horário de Ponta- Seguintes dados

Corrente Medição com alicate amperímetro – 143 Amperes

Fator de Potência (usado o exigido por norma) 0.92

Raiz de 3 Por ser trifásico – 1,732

Tempo de Trabalho em Horas – 3 horas

Tempo de ciclos Mês – 8 Ciclos

Tempo de Horas Mês – 33 horas.

Valor Tarifa TUSD + TE (Ponta) = R\$ 2,02

$KW = P = V \cdot I \cdot FP \cdot \sqrt{3} / 1000 = 50,12 \text{ KW}$

$KWh/mês = POTENCIA \times HORAS \times DIAS = 1.202 \text{ kwh/mês}$

Total Gasto = 1.202. R\$ 2,02 = R\$ 2.429,82

Transformador Elevador 220 Volts para 380 Volts (horário de ponta)

Alicate Amperímetro – 3.55 Amperes

Fator de Potência – 0.77

Raiz de 3 – 1,732

Tempo de Trabalho em horas – 3 horas

Tempo de Dias mês – 30

Tempo de horas mês – 90 horas.

Valor Tarifa TUSD + TE (Ponta) = R\$ 2,02

$KW = P = V \cdot I \cdot FP \cdot \sqrt{3} / 1000 = 1.04 \text{ KW}$

$KWh/mês = POTENCIA \times HORAS \times DIAS = 93,6 \text{ kwh/mês}$

Total Gasto = 93,6. R\$ 2,02 = R\$ 189,00

Forno de Sinterização – Horário fora de ponta.

Corrente de medição com alicate amperímetro – 143 amperes

Fator de Potência (usado o exigido por norma) 0.92

Raiz de 3 Por ser trifásico – 1,732

Tempo de Trabalho em Horas – 18 horas

Tempo de ciclos Mês – 8 Ciclos

Tempo de Horas Mês – 60 horas

$$KW = P = V \cdot I \cdot FP \cdot \sqrt{3} / 1000 = 50,12 \text{ KW}$$

$$KWh/mês = POTENCIA \times HORAS \times DIAS = 7.217 \text{ kwh/mês}$$

$$\text{Total Gasto} = 7.217 \cdot R\$ 0,51 = R\$ 3,680,81$$

Transformador Elevador 220 Volts para 380 Volts (fora de ponta)

Alicate Amperímetro – 3.55 Amperes

Fator de Potência – 0.77

Raiz de 3 – 1,732

Tempo de Trabalho em horas – 21 horas

Tempo de Dias mês – 30

Tempo de horas mês – 630 horas.

$$KW = P = V \cdot I \cdot FP \cdot \sqrt{3} / 1000 = 1.04 \text{ KW}$$

$$KWh/mês = POTENCIA \times HORAS \times DIAS = 655 \text{ kwh/mês}$$

$$\text{Total Gasto} = 655 \cdot R\$ 0,51 = R\$ 334,05$$

Demanda Contratada 220KW

Valor R\$ 16,10 cada KW

Valor Mensal – R\$3.630,00

Demanda contratada Nova 185KW

Valor R\$ 16,10 cada KW

Valor Mensal – R\$3.052,50

Conclusão

Conforme cálculos e acompanhamento durante os meses foi observado o seguinte comportamento com demanda.

Tabela 2 –Demanda contratada mensal e anual (220 Kw)

Demanda Contratada (KW) MENSAL			
Demanda Contratada (KW)	Valor KW (R\$)	Valor Mensal Demanda Contratada	
220	R\$ 16,10	R\$ 3.542,00	

Demanda Contratada (KW) ANUAL			
Demanda Contratada (KW)	Valor KW (R\$)	Quantidade Meses	Valor Anual Demanda Contratada
220	R\$ 16,10	12	R\$ 42.504,00

Fonte:(próprio autor)

Tabela 3 – Demanda contratada alterada mensal e anual (185Kw)

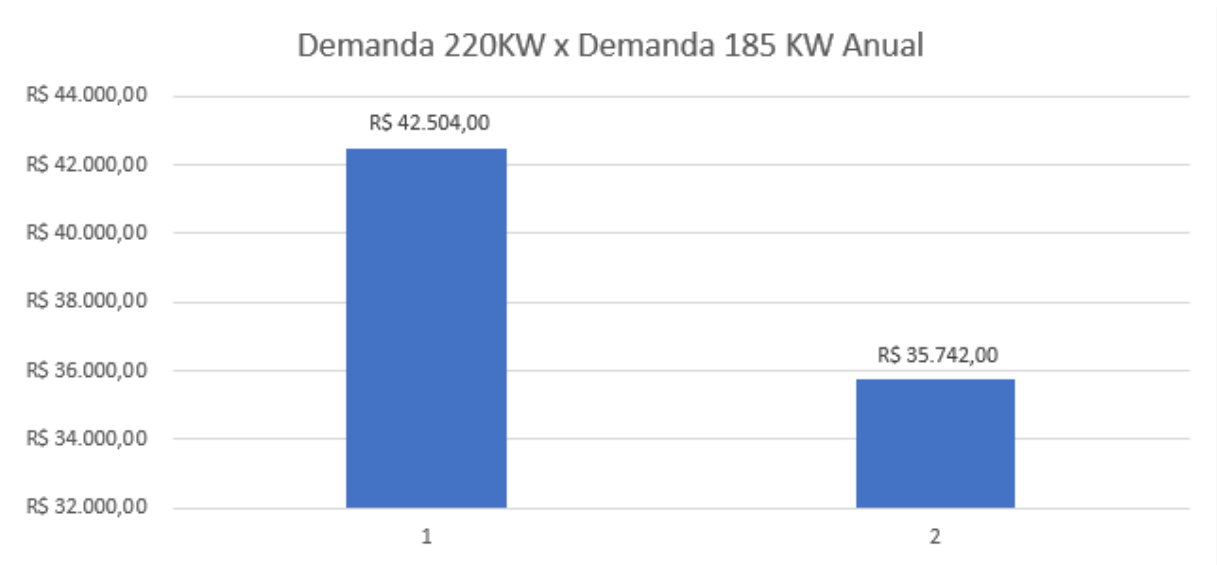
Demanda Contratada (KW) ALTERADA			
Demanda Contratada (KW)	Valor KW (R\$)	Valor Mensal Demanda Contratada	
185	R\$ 16,10	R\$ 2.978,50	

Demanda Contratada (KW) ANUAL ALTERADA			
Demanda Contratada (KW)	Valor KW (R\$)	Quantidade Meses	Valor Anual Demanda Contratada
185	R\$ 16,10	12	R\$ 35.742,00

Fonte:(próprio autor)

Analisando a demanda contratada conseguimos analisar que o ganho alterando a demanda é de R\$ 563,50 mensal e de R\$ 6,762,00 anual conforme ilustrado abaixo.

Imagem 13 – Gráfico comparativo de demanda



Fonte:(próprio autor)

Feito isso conseguimos verificar um ganho muito bom pensando no longo prazo e até mesmo mensal, tendo feito as análises de cada indicador conseguimos mostrar que trabalhar de forma eficiente pode trazer resultados expressivos conforme podemos analisar em uma conta mais atual e fazer um comparativo dos principais indicadores que foram abordados dentro desse TCC.

Imagem – 14 – Conta de energia após a gestão

ATENDIMENTO CPF/L		PN	SEU CODIGO		CONTA MES		
0800 770 4140		711544696	4001066219		MAR/2023		
www.cpfempresas.com.br							
DISCRIMINAÇÃO DA OPERAÇÃO - RESERVADO AO FISCO							
Cod. 115	Descrição da Operação N° 904304011485	Mês Ref.	Quant. Registrada	Quant. Faturada	Unid. Med.	Tarifa com Tributos R\$	Valor Total Operação R\$
0605	Consumo Ponta [KWh] - TUSD	MAR/23	425,613	425,613	kWh	1,38228926	588,32
0605	Consumo Fora Ponta [KWh]-TUSD	MAR/23	16.632,891	16.632,891	kWh	0,14147691	2.353,17
0601	Cons Ponta - TE	MAR/23	425,613	425,613	kWh	0,58454539	248,79
0601	Cons FPonta TE	MAR/23	16.632,891	16.632,891	kWh	0,35775862	5.950,56
0601	Consumo Reativo Exc Ponta	MAR/23	27,256	27,256	KVr	0,37679673	10,27
0601	Consumo Reativo Exc Fora Ponta	MAR/23	347,429	347,429	KVr	0,37662415	130,85
0602	Demanda [kW] - TUSD	MAR/23	121,229	121,229	KW	19,72905779	2.391,73
0602	Demanda [kW] - TUSD	MAR/23		98,771	KW	16,17779272	1.597,90
Subtotal							13.271,59
Total Distribuidora							13.271,59
0807	Contrib. Custeio IP-CIP Municipal	MAR/23					21,63
Total Devoluções/Ajustes							21,63
Total a Pagar							13.293,22

Fonte:(próprio autor)

Levando em consideração as melhorias implementadas dentro de um intervalo de uma conta para outra conseguimos apresentar um resultado mensal, considerando os mesmos valores de tarifas conforme a imagem a seguir.

Imagem – Diferença de valores nos pontos avaliados.

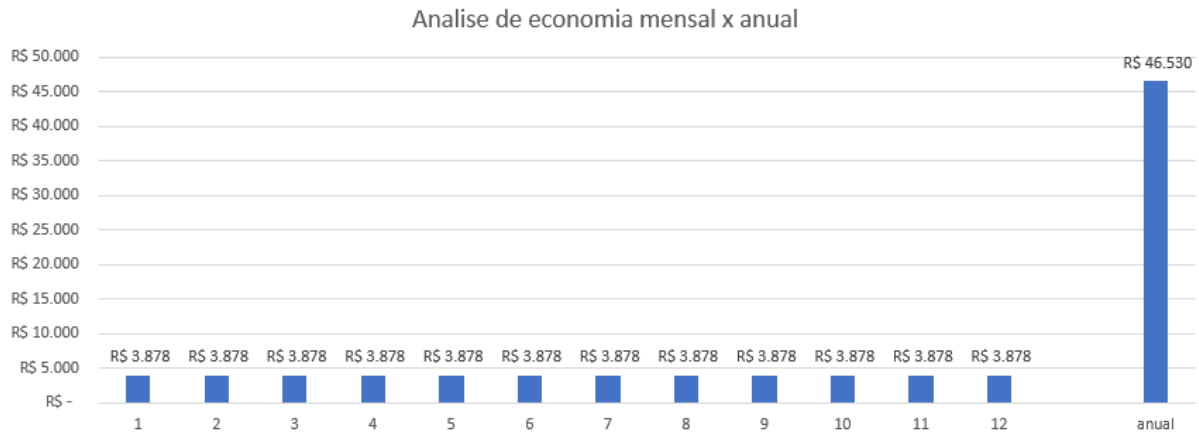
	mai/22 KWh	abr/23	Diferença KWh	Valor TUSD+TE	R\$
Consumo de Ponta	1.139,39	425,613	713,78	2,02	R\$ 1.441,83
Consumo fora de Ponta	20.303,20	16.632,20	3.671,00	0,51	R\$ 1.872,21
Demanda contratada	220	185	35	16,1	R\$ 563,50
				Total	R\$ 3.877,54

Fonte:(próprio autor)

Esse valor mensal é a diferença dentro dos controles estabelecidos dentro da análise de conta de energia e anualmente pode chegar a um

valor de R\$ 46.530,00 considerando que esse valor vai se manter durante a gestão.

Imagem 16 – Analise mensal x anual



Fonte:(próprio autor)

Como oportunidade de melhorar essa pesquisa e os resultados serem mais alavancados temos como referência explorar o mercado livre de energia que vem crescendo e a partir do próximo ano toda empresa que pertence ao grupo A vai conseguir fazer a migração no qual o ganho financeiro pode ser ainda maior.

Referências

<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>

<https://www.cubienergia.com/enquadramento-tarifario-azul-verde/>

www.aneel.gov.br