



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE SOBRAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

RUTHIANY SOUZA OLIVEIRA

**GESTÃO ENERGÉTICA: ESTUDO DE CASO EM UMA LAVANDERIA
INDUSTRIAL**

SOBRAL
2022

RUTHIANY SOUZA OLIVEIRA

GESTÃO ENERGÉTICA: ESTUDO DE CASO EM UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Campus de Sobral da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Márcio André Baima Amora.

SOBRAL

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O51g Oliveira, Ruthiany Souza.
Gestão energética : estudo de caso em uma lavanderia industrial / Ruthiany Souza Oliveira. – 2022.
68 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral,
Curso de Engenharia Elétrica, Sobral, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Márcio André Baima Amora.
1. Gestão energética. 2. estudo de caso. 3. análise tarifária. 4. sistema fotovoltaico. I. Título.
CDD 621.3
-

RUTHIANY SOUZA OLIVEIRA

GESTÃO ENERGÉTICA: ESTUDO DE CASO EM UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Campus de Sobral da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: 20/05/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio André Baima Amora (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Adson Bezerra Moreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Pesquisador Joaquim Osterwald Frota Moura Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, meu alicerce.

Ao meu filho João Otílio que é a razão da
minha vida.

Ao meu namorado Levy, meu porto seguro.

A toda a minha família.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me deu forças para que não desistisse da graduação diante de tantos desafios.

Aos meus pais Ezequiel (in memoriam) e Silvelena, que sempre priorizaram os estudos de seus filhos. Por me incentivarem sempre, valorizando cada esforço e vibrando sempre com minhas conquistas. À vocês todo meu amor e gratidão, espero ter merecido todos os esforços dedicados por vocês à mim.

Ao meu eterno namorado Levy, que é uma das minhas maiores inspirações, sendo exemplo de determinação e paciência. Por ser sempre meu porto seguro, não deixando eu desistir no meio da caminhada. Por ser o melhor pai do mundo, sem você cuidando do nosso filho eu não conseguiria realizar o sonho de concluir a faculdade.

Aos meus familiares, principalmente minhas tias que sempre se fizeram presentes em toda minha caminhada. Ao João Guilherme que sempre esteve na torcida e quando mais precisei me estendeu a mão para que eu pudesse finalizar meu ciclo acadêmico.

Também agradecer aos amigos adquiridos na faculdade, especialmente Joaquim, Flaviane, Patrícia e Marcelo que sempre me ajudaram compartilhando idéias e experiências nos semestres, prevalecendo o espírito colaborativo entre nós.

Um agradecimento especial ao meu orientador Márcio Amora, que dedicou uma parcela de seu tempo para meu projeto e que durante a graduação apareceu como um exemplo de professor, que com todo seu perfeccionismo e amor pelas regras consegue demonstrar sua vontade de colaborar para o crescimento intelectual de seus alunos.

À Universidade Federal do Ceará no campus de Sobral e a todos os professores da engenharia elétrica pelo conhecimento repassado.

Aos professores participantes da banca examinadora Adson Moreira e ao amigo e futuro mestre Joaquim pelo tempo dedicado a avaliação desse trabalho.

“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantarmo-nos sempre depois de cada queda.” (GOLDSMITH, Oliver, 1800).

RESUMO

Na última década a energia elétrica tem apresentado aumento de preços bastante elevados, chegando a ser bem maior que o aumento da inflação e, por se tratar de um insumo de grande uso no setor industrial, tem levado as empresas a buscarem soluções para diminuir tais gastos com eletricidade e melhorar sua competitividade no mercado. Ademais, pode-se citar também a gradativa preocupação com a questão ambiental provocando a necessidade de novas formas de se produzir energia, principalmente através de fontes renováveis. O presente trabalho visou aprofundar o assunto de gestão energética no setor industrial. Para tanto apresenta um estudo de caso de uma lavanderia industrial na qual foram aplicadas medidas de gestão energética como análise tarifária com a implantação de uma subestação aérea no local e a instalação de um sistema fotovoltaico ligado à rede. Por fim, foi exposta a análise de viabilidade econômica das medidas propostas, relatando a economia gerada durante a vida útil dos equipamentos. Comprovando portanto que as duas propostas são viáveis, variando apenas o valor de investimento inicial e o prazo de payback.

Palavras-chave: Gestão energética; Análise tarifária; Sistema fotovoltaico; Viabilidade econômica.

ABSTRACT

In the last decade, electricity has shown a very high price increase, reaching much higher than the increase in inflation and, as it is an input of great use in the industrial sector, it has led companies to seek solutions to reduce such expenses. with electricity and improve its competitiveness in the market. Furthermore, one can also cite the gradual concern with the environmental issue causing the need for new ways of producing energy, mainly through renewable sources. The present work aimed to deepen the subject of energy management in the industrial sector. Therefore, it presents a case study of an industrial laundry in which energy management measures were applied, such as tariff analysis, with the implementation of an aerial substation on site and the installation of a photovoltaic system connected to the grid. Finally, the economic feasibility analysis of the proposed measures was exposed, reporting the savings generated during the useful life of the equipment. Therefore, proving that the two proposals are viable, varying only the initial investment value and the payback period.

Keywords: Energy management; Tariff analysis; Photovoltaic system; Economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Para-raio de corpo polimérico	40
Figura 2 – Chave fusível de isolador de corpo único	40
Figura 3 – Disjuntor tripolar termomagnético	41
Figura 4 – Localização da lavanderia no município de Fortaleza.....	50
Figura 5 – Irradiação solar em Fortaleza-CE.....	51
Figura 6 – Placa de advertência e sinalização de geração própria.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparação entre as faturas mensais da tarifação da Lavanderia Industrial como optante do grupo B, grupo A com tarifa horosazonal verde e azul	38
Gráfico 2 – Gráfico da relação entre a geração do SFCR e o consumo do cliente.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Balanço energético do setor têxtil	22
Tabela 2 – Impactos macroeconômicos do aumento do preço de energia elétrica	23
Tabela 3 – Levantamento das cargas instaladas	30
Tabela 4 – Levantamento da potência de iluminação e tomadas instaladas	31
Tabela 5 – Levantamento da potência do ar condicionado	31
Tabela 6 – Levantamento da potência das bombas d'água	32
Tabela 7 – Levantamento da quantidade e potência das lavadoras	32
Tabela 8 – Levantamento da quantidade e potência das centrífugas	32
Tabela 9 – Levantamento da quantidade e potência das secadoras	33
Tabela 10 – Levantamento da quantidade e potência dos exaustores	33
Tabela 11 – Potência total dos motores agrupados de acordo com a potência	33
Tabela 12 – Custos da fatura mensal da conta de energia da lavanderia industrial no período de um ano sendo classificada como grupo B	34
Tabela 13 – Custos da fatura mensal da conta de energia da lavanderia industrial no período de um ano sendo classificada como Grupo A na modalidade tarifária horosazonal verde	36
Tabela 14 – Custos da fatura mensal da conta de energia da lavanderia industrial no período de um ano sendo classificada como grupo A na modalidade tarifária horosazonal azul	37
Tabela 15 – Orçamento da subestação aérea de 75 kVA prevista para lavanderia industrial	43
Tabela 16 – Payback simples da subestação aérea da lavanderia industrial	45
Tabela 17 – Especificações técnicas do módulo JINKO TIGER PRO 72HC 540W MONO-FACIAL MODULE.....	52
Tabela 18 – Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MAC 60KTL3-X LV.....	54

Tabela 19 – Seção mínima do condutor de proteção.....	59
Tabela 20 – Geração esperada no primeiro ano de operação do SFCR.....	61
Tabela 21 – Economia esperada para o primeiro ano de operação do SFCR.....	62
Tabela 22 – Orçamento para implantação do SFCR.....	62
Tabela 23 – Payback simples do investimento do SFCR.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRACEEL	Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FDI	Fator de Dimensionamento do Inversor
HSP	Horas de Sol Pleno
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> (Comissão Eletrotécnica Internacional)
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
PIB	Produto Interno Bruto
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracker</i> (Rastreador do Ponto de Máxima Potência)
NBI	Nível Básico de Isolamento
NBR	Norma Brasileira
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SGEn	Sistemas de Gestão Energéticas
STC	<i>Standard Testing Condition</i> (Condições Padrão de Teste)
TUG's	Tomadas de Uso Geral

LISTA DE SÍMBOLOS

a	Potência em kW para iluminação e tomadas
FP	Fator de potência de iluminação e tomadas
b	Demanda dos aparelhos de aquecimento, em kVA
c	Demanda dos aparelhos de ar condicionado, em kW
d	Potência nominal, em kW, das bombas d'água
e	Demanda de todos os elevadores, em kW
F	Demanda de motores
G	Demanda de outras cargas
FD	Fator de Demanda
FU	Fator de Utilização
FS	Fator de Simultaneidade
P_{nm}	Potência nominal, em cv
D	Demanda, em kVA
P_{inst}	Potência instalada, em kW
$D_{máx}$	Demanda máxima, em kVA
FC	Fator de carga
$D_{méd}$	Demanda média, em kVA
I_o	Investimento inicial, em reais
E_a	Economia anual, em reais
P_{fv}	Potência do sistema fotovoltaico, em kWp
TD	Taxa de desempenho
η	Rendimento
P_{mod}	Potência do módulo, em Wp
V_{oc}	Tensão do circuito aberto, em V
V_{mp}	Tensão de máxima potência, em V
I_{sc}	Corrente de curto-circuito do arranjo, em A
P_i	Potência nominal do inversor, em kW
β_T	Coefficiente de temperatura da tensão de circuito aberto do módulo
β_{VMP}	Coefficiente de temperatura da tensão de máxima potência
T	Temperatura de operação em condições extremas, em °C

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Motivação	18
1.2	Objetivos	19
1.2.1	<i>Objetivos específicos</i>	19
1.3	Estrutura do trabalho	19
2	GESTÃO ENERGÉTICA	21
2.1	Balanco energético	22
2.2	ISO 50001	23
3	TARIFAÇÃO	25
3.1	Sistema tarifário brasileiro	25
3.2	Tarifação grupo B	27
3.2.1	<i>Tarifa convencional</i>	27
3.2.2	<i>Tarifa branca</i>	27
3.3	Tarifação grupo A	28
3.3.1	<i>Tarifa horosazonal verde</i>	28
3.3.2	<i>Tarifa horosazonal azul</i>	28
3.4	Demanda (kVA)	29
3.5	Carga instalada (kW)	29
4	ANÁLISE ENERGÉTICA DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL	30
4.1	Cálculo da carga instalada	30
4.2	Cálculo da demanda	31
4.2.1	<i>Cálculo da demanda dos motores</i>	32
4.3	Gestão tarifária	34
4.3.1	<i>Migração para o grupo A com estrutura tarifária horosazonal verde</i>	35
4.3.2	<i>Migração para o grupo A com estrutura tarifária horosazonal azul</i>	36
4.4	Melhor estrutura tarifária	37
5	DIMENSIONAMENTO DE UMA SUBESTAÇÃO AÉREA NA LAVANDERIA INDUSTRIAL	39
5.1	Entrada de energia	39
5.2	Proteção elétrica	39
5.2.1	<i>Proteção contra surtos de tensão</i>	39

5.2.2	<i>Proteção primária contra sobrecorrentes e seccionamentos</i>	40
5.2.3	<i>Proteção secundária contra sobrecorrentes</i>	41
5.3	Malha de aterramento	41
5.4	Transformador	41
5.5	Especificação dos componentes	42
5.5.1	<i>Chave fusível</i>	42
5.5.2	<i>Para-raios</i>	42
5.5.3	<i>Disjuntor de proteção geral</i>	42
5.5.4	<i>Poste</i>	43
5.5.5	<i>Malha de aterramento da subestação</i>	43
5.5.6	<i>Transformador a óleo</i>	43
5.6	Planilha orçamentária	43
5.7	Viabilidade econômica	45
6	DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ON- GRID	47
7	ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NA LAVANDERIA INDUSTRIAL	50
7.1	Localização e irradiação solar	50
7.2	Topologia e demonstrativo de equipamentos	52
7.2.1	<i>Módulos fotovoltaicos</i>	52
7.2.2	<i>Inversor</i>	53
7.3	Dimensionamento dos condutores	57
7.3.1	<i>Dimensionamento dos condutores de corrente contínua</i>	58
7.3.2	<i>Dimensionamento dos condutores de corrente alternada</i>	58
7.3.3	<i>Aterramento</i>	59
7.4	Sinalização	60
7.5	Energia gerada com o SFCR e viabilidade econômica	60
8	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXO A – DOCUMENTAÇÃO PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DA ENEL	68

1 INTRODUÇÃO

Para o setor de serviços, a redução no custo de energia elétrica resulta não só no aumento da eficiência energética da empresa, como também essa redução pode mostrar-se como uma ótima estratégia comercial resultando também em uma diminuição no preço final do produto ou serviço ofertado, tornando a empresa mais competitiva no mercado.

O estudo em questão teve como objetivo a redução desse custo através do desenvolvimento de uma análise dos processos produtivos de uma lavanderia industrial de jeans na cidade de Fortaleza-CE, com foco em atividades realizadas com o uso de energia elétrica, observando a escolha de perfil de consumidor no contrato com a concessionária e a implantação de um sistema fotovoltaico.

Muitas indústrias possuem a energia como um custo elevado no orçamento, obter redução nesses custos depende da metodologia de gestão energética aplicada. Esse tipo de gestão apresenta-se como uma opção para redução no consumo, visando a utilização de energia elétrica de forma racional e eficiente, garantindo a qualidade da energia utilizada e até mesmo o aumento da produtividade.

A eficiência energética está relacionada com mudanças na gestão energética. A ciência do planejamento energético se propõe, através de técnicas específicas que envolvem aspectos técnicos e econômicos, a aperfeiçoar a produção e o consumo dos recursos disponíveis, atendendo a determinada demanda energética (SWISHER *et al.*, 1997). Um fator relevante a esse tipo de gestão é o compromisso com o meio ambiente. Portanto, o planejamento adequado apresenta a solução mais econômica financeiramente, ou de menor impacto ambiental e, quando possível, as duas partes juntas.

Implantar ou substituir fontes energéticas também faz parte da aplicação da gestão de energia. Através da aplicação deste tipo de gestão é possível promover estratégias adequadas para o uso dessas fontes, podendo haver a inclusão de fontes renováveis, configurando, portanto, um processo de eficiência energética.

1.1 Motivação

O consumo de eletricidade tem grande impacto para as despesas mensais das indústrias, todavia a maioria das indústrias não fazem o gerenciamento ideal deste consumo.

A gestão energética, quando aplicada a uma indústria, implica em um gerenciamento consciente, que está além da redução de custos, preocupando-se também com a preservação da natureza e mitigando o sistema elétrico como um todo. Todos esses processos

devem ser estudados de forma que garantam a qualidade dos serviços prestados ou produtos fabricados.

As motivações deste trabalho são as de encontrar soluções que visem a melhoria no consumo de energia elétrica por parte de uma lavanderia industrial, diminuindo os custos financeiros em sua utilização e atentando-se para as questões ambientais. De tal forma, será analisada a conta de energia da empresa fazendo a gestão tarifária com a mudança de tipo de consumidor e tarifa, como também um estudo de viabilidade na implantação de um sistema fotovoltaico.

1.2 Objetivos

O objetivo desse trabalho consiste em realizar o estudo acerca da viabilidade de metodologias que levem a redução no custo de energia, assim como o estudo da aplicação dessas metodologias na lavanderia industrial.

1.2.1 Objetivos específicos

Para alcançar os objetivos principais, os seguintes objetivos específicos são indicados:

- Estudo da norma sobre tarifas;
- Levantamento de carga elétrica na lavanderia;
- Análise da conta de energia;
- Implementação de um sistema fotovoltaico;
- Estudo do retorno econômico.

1.3 Estrutura do trabalho

A estrutura do trabalho é dividida de forma a se obter uma organização lógica e coesa dos tópicos apresentados, conforme listado:

- Capítulo 2: Apresenta a fundamentação teórica a respeito da gestão energética, expondo a importância de sua aplicação no setor industrial e de serviços;
- Capítulo 3: Trata do sistema tarifário brasileiro, relatando os principais tipos de consumidores e tarifas para que se possa compreender o estudo de caso;

- Capítulo 4: Aborda a análise energética feita na lavanderia, contendo os dados coletados da unidade consumidora e demonstrando os resultados obtidos com a gestão tarifária;
- Capítulo 5: Apresenta o dimensionamento de uma subestação aérea na lavanderia industrial, expondo todos os detalhes dos componentes utilizados e a viabilidade econômica de tal investimento;
- Capítulo 6: Trata-se dos conceitos para realização do dimensionamento de um sistema fotovoltaico ligado à rede;
- Capítulo 7: Expõe o estudo da instalação de um sistema solar na lavanderia, abordando todos os equipamentos com detalhes como também o estudo do retorno financeiro para que se faça esse investimento;
- Capítulo 8: a conclusão do trabalho realizado.

2 GESTÃO ENERGÉTICA

Usar a energia elétrica de forma eficaz, reduzindo ao máximo suas perdas e mantendo a qualidade de serviço pode ser denominado como eficiência energética. O conceito de gestão energética encontra-se atrelado à definição da eficiência, uma vez que, o gerenciamento de energia busca o acompanhamento do seu uso de forma eficaz e racional, preocupando-se com os custos e com a questão ambiental.

A gestão de recursos energéticos é um dos principais desafios que a atual sociedade enfrenta, por isso torna-se cada vez mais importante buscar medidas que aumentem a eficiência, diminuindo quando possível, as perdas do processo e, conseqüentemente, os gastos monetários com a energia elétrica. Diversas medidas técnicas podem ser adotadas para a economia de eletricidade nos setores de indústria e comércio, como por exemplo, a análise da conta de energia, implementação de um sistema fotovoltaico, melhorias no sistema de iluminação e em sistemas de ar condicionado e outros.

É importante que a gestão seja feita através de ações que busquem a redução no custo de energia garantindo que não haja perda na qualidade de produção. A implantação dessa gestão pode ser realizada através de uma auditoria energética, que tem como principal objetivo o detalhamento do consumo de energia elétrica de uma determinada unidade consumidora. É imprescindível entender o consumo para a realização de qualquer diagnóstico energético. Através do estudo desse consumo é possível determinar metas para a racionalização de energia, desde mudanças tarifárias na concessionária de energia ao uso de uma fonte de energia renovável. Produzir sua própria energia, além de ser um modelo de gestão sustentável, trata-se de uma alternativa que representa uma redução significativa nos custos operacionais de uma indústria ou comércio. Em vista disso, trata-se de uma inovação sustentável que corrobora com o gerenciamento de energia elétrica de uma instalação.

Auditar uma empresa em termos energéticos significa detalhar a utilização da eletricidade, determinar o consumo e avaliar as condições dos equipamentos utilizados visando a criação de oportunidades de racionalização de energia. Um fator bastante relevante para a realização desse tipo de auditoria é a determinação da demanda da unidade consumidora. Para uma melhor precisão, a demanda deveria ser medida através de equipamentos específicos, no qual se verifica a energia consumida da instalação em kWh no intervalo de 15 minutos. Dessa forma, é possível se obter a demanda média e máxima. Todavia, por falta de posse desses equipamentos, a demanda pode ser calculada através do levantamento da carga total instalada na unidade.

Sabe-se que com o acelerado crescimento demográfico e com as transformações advindas da globalização, o consumo de energia e de produtos industrializados aumentaram exorbitantemente. E para atender essa demanda crescente faz-se necessário buscar uma melhor qualidade do consumo de eletricidade, ou seja, o seu uso mais eficiente. Esse uso racional pode vincular-se a uma excelente estratégia da empresa, onde se pode contextualizar a questão ambiental e redução de custos com a redução do preço final do produto ou serviço ofertado.

2.1 Balanço energético

Segundo relatório EPE (2021), o consumo de eletricidade no Brasil apresentou aumento de 11,7% em maio de 2021 em relação ao mesmo mês do ano anterior. A classe industrial e comercial foram as que obtiveram maiores destaques. A indústria teve aumento de 22,5% no consumo de eletricidade do país e a classe comercial registrou aumento de 16,7% (EPE, 2021). Embora esses números estejam relacionados com o período de pandemia, esses índices demonstram proporcionalidade aos índices do período antes da pandemia, representando a realidade do consumo desses setores. Desta forma, a eficiência energética mostra-se indispensável na indústria e comércio, onde se agrega vantagens como aumento da produtividade e redução de gastos derivado do melhor aproveitamento da energia elétrica.

O setor industrial têxtil tem a eletricidade como a maior fonte de energia utilizada, seguida de gás natural, lenha e óleo combustível respectivamente. Dentro deste segmento pode-se observar variações nas participações das principais fontes energéticas, porém verifica-se que a eletricidade mantém-se como a fonte mais utilizada em todos os anos abordados, conforme demonstrado na tabela 1. No ano de 2019, os custos de produção, especificamente com energia, no setor industrial, teve um aumento de 5% na comparação com a média de 2018 (CNI, 2020).

Tabela 1 – Balanço energético do setor têxtil

BALANÇO ENERGÉTICO DO SETOR TÊXTIL									
FONTES	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
GÁS NATURAL	27,1	27,2	28,4	28,4	24,3	24,0	23,4	25,1	26,3
LENHA	7,6	6,3	6,5	6,5	6,8	6,9	7,0	6,9	6,9
ÓLEO COMBUSTÍVEL	5,3	4,6	4,1	4,1	3,3	2,1	1,8	1,7	1,4
ELETRICIDADE	58,9	58,9	57,8	57,7	61,1	62,6	63,8	62,9	62,6
OUTRAS	1,1	3,0	3,2	3,3	4,4	4,3	4,0	3,3	2,9

Fonte: BEN (2019).

Ainda de acordo com estudos realizados pela CNI (Confederação Nacional da Indústria), a inflação sobre a energia elétrica implica em uma queda de aproximadamente 0,11% do PIB (Produto Interno Bruto) de 2021, o que equivale a uma perda de 8,2 bilhões de reais em relação a 2020. Na tabela 2 é possível verificar os impactos macroeconômicos causados devido ao aumento do preço da energia elétrica.

Tabela 2 – Impactos macroeconômicos do aumento do preço de energia elétrica
IMPACTOS MACROECONÔMICOS DO AUMENTO DO PREÇO DE
ENERGIA ELÉTRICA

	2021	2022
PIB	-0,11%	-0,19%
Emprego	-0,19%	-0,33%
Consumo das famílias	-0,15%	-0,26%
Inflação às famílias	0,16%	0,46%
Exportações	-0,23%	-0,41%
Importações	-0,11%	-0,16%

Fonte: CNI (2021).

Segundo a ABRACEEL (Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia) nos últimos 7 anos a tarifa de energia elétrica no Brasil aumentou mais do que a inflação, e essa diferença tem sido mais que o dobro. Entre 2015 e 2021 essa tarifa teve aumento médio anual de 16,3%, enquanto o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) teve aumento de 6,7% ao ano, o que representa um aumento de 237% da inflação (ABRACEEL, 2022). Esse aumento implica na queda do poder aquisitivo da população, o que afeta negativamente todos os setores de produção.

O custo pago pela eletricidade trata-se, portanto de um obstáculo à competitividade da indústria brasileira. O aumento no custo impacta diretamente no preço do produto ou serviço no mercado, diminuindo a atratividade e competitividade das empresas. Por se tratar de um insumo essencial à produção, a energia tem grande importância no setor, levando às empresas a buscarem uma melhor gestão desse recurso.

2.2 ISO 50001

A ISO (*International Organization for Standardization* - Organização Internacional de Normalização) trata-se de uma federação mundial que aprova as normas internacionais em todos os campos técnicos. Especificamente a ISO 50001 (2011) está atrelada aos sistemas de gestão de energia, visando buscar resultados com redução de custos, seja custos de produção ou redução no consumo, apoiando-se também na questão ambiental. Esses sistemas de gestão

podem ser aplicados em qualquer organização ou indústria, independentemente de seu ramo ou tamanho.

Segundo a ISO 50001 (2011), o Sistema de Gestão Energética (SGEn) é um conjunto de elementos inter-relacionados ou interativos para estabelecer uma política energética e objetivos energéticos e, processos e procedimentos para atingir tais objetivos. Essa norma relata ser necessário o estabelecimento de objetivos, planos e metas que façam levantamento e acompanhamento de informações do uso de energia elétrica. Os principais elementos do SGEn são (ISO, 2011):

- Fronteira: limites físicos ou locais e/ou organizacionais definidos pela organização.
- Escopo: abrangência de atividades, instalações e decisões que uma organização estabelece através de um SGEn e que pode incluir várias fronteiras.
- Objetivos energéticos: resultados ou realizações específicas estabelecidas para atender a política energética da organização relacionada à melhoria de desempenho energético.
- Meta energética: requisito de desempenho energético detalhado e quantificável, aplicável à organização ou partes desta, oriundo do objetivo energético e que necessita ser estabelecido e atendido para atingir este objetivo.
- Política energética: declaração da organização sobre suas intenções e diretrizes gerais relacionadas com seu desempenho energético e formalmente expressas pela alta direção.
- Revisão energética: determinação do desempenho energético da organização com base em dados e em outras informações, conduzindo à identificação de oportunidades de melhoria.

Portanto, os requisitos estabelecidos na ISO 50001 (2011) buscam a melhoria contínua do desempenho energético das organizações através da implantação do SGEn, definindo suas perdas no processo de produção e, assim, fazendo o planejamento e definindo as metas para melhoria de seu desempenho.

3 TARIFICAÇÃO

Este capítulo aborda os principais tipos de tarifas energéticas adotadas pelas concessionárias e que serão consideradas para a realização do estudo de caso. Para avaliação da eficiência e gestão energética é necessária a compreensão de alguns conceitos para que o entendimento do assunto se torne mais simples. Portanto, serão expostos os principais termos para avaliação da conta de energia e do contrato com a concessionária de energia.

3.1 Sistema tarifário brasileiro

Para avaliação do uso de energia da instalação é essencial que se tenha o histórico de contas de energia para que, a partir destas faturas, se faça um levantamento do consumo, da demanda, dos impostos, entre outros parâmetros. Esse levantamento é uma ótima ferramenta de controle e para que se possa fazer uma análise bem detalhada é importante que se tenha conhecimento da estrutura tarifária brasileira. É ela que determina as normas e regulamentos que definem o preço da eletricidade para os diferentes tipos de consumidores.

Para melhor entendimento do sistema tarifário brasileiro é necessário que sejam compreendidos alguns conceitos e definições a seguir (ANEEL, 2010):

- Horário de ponta: É o horário de três horas seguidas, geralmente compreendido entre 17:30 e 20:30. Porém somente em dias úteis, excluindo sábados, domingos e feriados nacionais;
- Horário fora de ponta: Horário que não se enquadra no horário de ponta;
- Horário intermediário: Horário referente à tarifa branca que compreende das 16:30 às 17:30 e 20:30 às 21:30.
- Demanda: Potência total que a instalação utiliza em determinado momento;
- Demanda contratada: É o valor de potência que pode ser registrada na instalação. A demanda registrada pode passar até 5% da contratada sem que haja pagamento de multas. Tal demanda deverá ser fornecida de forma contínua pela concessionária de energia elétrica em um determinado tempo, e que deverá ser paga pelo cliente sendo utilizada ou não;
- Período úmido: Período de cinco meses consecutivos, começando em dezembro de um ano até abril do ano seguinte. Esse período é caracterizado por chuvas intensas e, por esse motivo, teria um maior volume de águas nos rios, proporcionando uma geração maior de energia a partir de hidroelétricas. Nesse

período úmido, esse aumento da oferta de energia possibilita, portanto, uma redução nas tarifas;

- Período seco: Período de maio a novembro, que é caracterizado pela redução na oferta de energia oriundas das hidroelétricas.

Segundo a ANEEL (2010) as unidades consumidoras de energia elétrica estão divididas em classes e subclasses que são:

- Residencial;
- Industrial;
- Comercial;
- Rural;
- Poder público;
- Iluminação pública;
- Serviço público;
- Consumo próprio.

Há a classificação de seus clientes, por parte das concessionárias de energia elétrica, em dois grupos tarifários. O Grupo B corresponde aos consumidores atendidos em baixa tensão (abaixo de 2300V) como é o caso de residências e comércios que são atendidos em 220/380V no Ceará. Os subgrupos desta modalidade são (ANEEL, 2010):

- Subgrupo B1 - Residencial e residência baixa renda;
- Subgrupo B2 - Rural e cooperativa de eletrificação rural;
- Subgrupo B3 - Demais classes;
- Subgrupo B4 - Iluminação pública.

Já o Grupo A representa os consumidores que são atendidos em tensões igual ou superior à 2300V, ou atendidos através de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, como indústrias, alguns edifícios comerciais, algumas escolas e shoppings; ou seja, clientes que consomem uma grande quantidade de energia elétrica. O grupo A também é dividido em subgrupos de acordo com a classe de tensão. Os subgrupos desta modalidade são (ANEEL, 2010):

- A1 – atendidos com tensão $\geq 230\text{kV}$;
- A2 – atendidos com tensão entre 88kV a 138kV;

- A3 – atendidos com tensão de 69kV;
- A3a – atendidos com tensão de 20kV a 44kV;
- A4 – atendidos com tensão de 2,3kV a 25kV;
- AS - Subterrâneo.

A diferença entre estes dois grupos se dá pelo fato de que os consumidores do Grupo B são clientes que podem exigir qualquer demanda de potência da concessionária de energia. Já os clientes do Grupo A tem um limite pré-determinado de demanda (demanda contratada). Tal limite é determinado pelo responsável técnico de acordo com as necessidades de consumo do cliente. Se este limite de demanda for ultrapassado pelo cliente cabe a ele pagar uma multa que vem inclusa na conta de energia.

A demanda contratada dos clientes do Grupo A possibilitam que a concessionária tenha uma previsão mais eficiente de consumo de energia elétrica em determinadas regiões o que permite um controle mais eficiente da distribuição de energia.

As tarifas são cobradas diferentemente para cada grupo de unidade consumidora.

3.2 Tarifação grupo B

Estão inclusos nessa modalidade, consumidores com potência instalada menor que 112,5 kVA, os quais serão conectados na rede de baixa tensão (220/380V) da concessionária de energia. As tarifas aplicadas para esse grupo são a convencional e a tarifa branca.

3.2.1 Tarifa convencional

Esta modalidade tarifária é conhecida como tarifa convencional monômnia, nela o cliente paga mensalmente uma tarifa única de consumo de energia independente do horário de utilização do dia. Na conta de energia, além do valor da tarifa vigente, há a cobrança dos impostos referentes aos encargos setoriais e tributos.

3.2.2 Tarifa branca

Trata-se também de uma tarifa monômnia com três postos tarifários (ANEEL, 2010): horário de ponta, fora de ponta e intermediário.

Essa tarifa é indicada para consumidores do grupo B, exceto o subgrupo B4 e B1 subclasse baixa renda, que consumam energia elétrica no período fora de ponta. Nesse caso, a tarifação cobrada pelo consumo é menor que a tarifação convencional quando se trata do horário

fora de ponta.

Essa nova estrutura tarifária é opcional, ou seja, o consumidor que decide se quer aderir ou continuar com a tarifa branca. Feita a adesão dessa tarifa é necessário que permaneça com ela durante um período mínimo de três meses (ANEEL, 2010). Após esse período, o consumidor poderá retornar, se for de sua vontade, para a tarifa convencional.

3.3 Tarifação grupo A

O tipo de tarifa do grupo A é denominado binomial, por possuir uma tarifa cobrada pela demanda e outra pelo consumo. É aplicável a consumidores com tensão acima de 2300V, como por exemplo indústria e shoppings centers. Esse tipo de cliente pode optar por dois tipos de tarifas (ANEEL, 2010): horosazonal verde e horosazonal azul.

3.3.1 Tarifa horosazonal verde

Nesse tipo de tarifa se faz necessário especificar no contrato apenas o valor da demanda, independente do horário de consumo (ponta ou fora de ponta). O valor cobrado referente a tarifa no horário fora ponta é menor que o cobrado na tarifação dita convencional (grupo B). Caso a demanda seja ultrapassada em mais de 5% do valor contratado será cobrada uma multa pela demanda ultrapassada (ANEEL, 2010).

As tarifas cobradas dentro do horário de ponta são mais caras que as cobradas fora do horário de ponta. Já as tarifas de períodos secos e úmidos só diferem em horários de ponta para os clientes do grupo B2 (área rural) (ANEEL, 2010).

Um dos fatores que faz com que o consumidor entre nessa modalidade tarifária é se o mesmo puder afastar a carga no horário de ponta, tornando grande parte do horário de funcionamento para o horário fora de ponta. Torna-se possível aderir essa tarifação clientes com demanda contratada superior a 30kW que serão conectados na rede de média tensão (13,8kV) da concessionária de energia (ANEEL, 2010).

3.3.2 Tarifa horosazonal azul

O consumidor desta modalidade tarifária possui duas demandas contratadas, onde as tarifas serão cobradas de acordo com o horário de consumo (ponta e fora de ponta). O valor da tarifa cobrada pela demanda no horário de ponta é bem maior que o fora de ponta. Para o cálculo do valor total da conta de energia referente ao consumo de energia mensal, a divisão de tarifas ocorre de acordo com o consumo e a potência contratada em horários específicos (ponta

ou fora de ponta).

Este tipo de tarifação é recomendado para clientes que tem que consumir energia nos horários de ponta, pois a tarifação de consumo (kWh) no horário de ponta é bem mais alta que o horário fora de ponta, o que corresponde a um valor mais baixo que o caso anterior (horosazonal verde). Poderão aderir a esta tarifação clientes com demanda contratada superior a 30 kW, os quais serão conectados na rede de média tensão (13800 volts) (ANEEL, 2010).

3.4 Demanda (kVA)

Através do cálculo de demanda pode-se dimensionar a entrada da instalação elétrica, podendo esta ser monofásica, bifásica ou trifásica. Também é possível dimensionar a potência do transformador particular, caso seja necessário na unidade consumidora em estudo. É necessário fazer também o levantamento da potência instalada para que possa comparar os valores calculados e determinar a demanda máxima e média. Dessa forma é verificado se a unidade consumidora deve ser atendida em Média Tensão (MT) ou Baixa Tensão (BT).

O cálculo de demanda deve ser apresentado no Memorial Descritivo, podendo ser feito a partir da equação (1) (ENEL, 2018):

$$D = \left(\frac{0,77}{FP} a + 0,7b + 0,95c + 0,59d + 1,2e + F + G \right) \text{ kVA} \quad (1)$$

onde: a = potência em kW para iluminação e tomadas, FP = fator de potência de iluminação e tomadas, b = demanda dos aparelhos de aquecimentos, em kVA, c = demanda dos aparelhos de ar condicionado, em kW, d = potência nominal, em kW, das bombas d'água, e = demanda de todos os elevadores, em kW, F = motores, G = outras cargas.

3.5 Carga instalada (kW)

Segundo ANEEL (2010), carga instalada é a soma da potência nominal de cada equipamento da unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em kW. Essa soma é de grande importância para que se possa fazer o dimensionamento do projeto elétrico, além de definir qual categoria a unidade consumidora pode ser alocada de acordo com a bandeira tarifária e contrato da concessionária de energia elétrica da região.

4 ANÁLISE ENERGÉTICA DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

O estudo de caso foi feito em uma lavanderia industrial na cidade de Fortaleza no estado do Ceará. Essa indústria funciona em dois turnos, começando às 7h e terminando o expediente às 17:30 de segunda a sexta. Aos sábados o horário de funcionamento acontece de 7h às 14h, e aos domingos a empresa permanece fechada. Essa lavanderia, atualmente, faz parte do grupo tarifário B – classe 3 com tarifa do tipo convencional, sendo trifásica e atendida em baixa tensão (220/380V).

A indústria em estudo vem buscando alternativas para redução do consumo de energia, visto que uma parte considerável do seu orçamento está sendo destinada à conta de energia elétrica. Algumas medidas como troca de equipamentos por outros de maior eficiência energética e readequação da iluminação local através de telhas transparentes já foram realizadas no local.

Neste capítulo será abordada a análise da energia consumida através da fatura da concessionária de energia elétrica da região, como também será feito o levantamento da potência instalada no estabelecimento. Sendo analisada a possibilidade de mudança de contrato com a concessionária de energia afim de diminuir os gastos monetários com a conta de energia.

4.1 Cálculo da carga instalada

Anteriormente ao cálculo de demanda faz-se necessário o levantamento das cargas instaladas no estabelecimento. Então, foi realizada uma análise da potência instalada como demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 – Levantamento das cargas instaladas

POTÊNCIA INSTALADA	
ILUMINAÇÃO E TOMADAS	1.152 W
AR CONDICIONADOS	1.450 W
BOMBAS D'ÁGUA	16.200 W
MOTORES	119.150 W
TOTAL	137.952 W

Fonte: elaborada pelo autor.

O que se observa é que a carga instalada está, majoritariamente, atrelada aos motores elétricos.

4.2 Cálculo de demanda

A parte que se refere à demanda visa estabelecer a potência demandada, onde são aplicados os fatores de diversidade e utilização na potência instalada. Para isso será utilizada a equação (1).

O cálculo de demanda referente a iluminação e tomadas em geral pode ser observado na tabela 4. O Fator de Demanda para atividade do cliente é $FD = 100\%$ (ENEL, 2018).

Tabela 4 – Levantamento da potência de iluminação e tomadas instalada

POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS				
TIPO	QNTD. POR POTÊNCIA			TOTAL
ILUMINAÇÃO	8 x 9 W	2 x 20 W	6 x 40 W	352 W
TOMADAS DE USO GERAL (TUG's)	8 x 100 W			800 W
TOTAL				1.152 W

Fonte: elaborada pelo autor.

$$a = \text{potência}_{\text{iluminação e tomadas}} \times FD_{\text{iluminação e tomadas}} \quad (2)$$

$$a = 1,152 \times 1$$

$$a = 1,152 \text{ kW}$$

Na indústria não há aparelhos de aquecimento. Calcula-se então a demanda dos aparelhos de ar condicionado. A lavanderia possui apenas um ar condicionado, portanto, tem-se:

Tabela 5 – Levantamento da potência do ar condicionado

POTÊNCIA AR CONDICIONADO		
AR CONDICIONADO	1 x 12.000 btus	1.450 W
TOTAL		1.450 W

Fonte: elaborada pelo autor.

$$c = \text{potência}_{\text{ar condicionado}} \times FD_{\text{ar condicionado}} \quad (3)$$

$$c = 1,450 \times 1$$

$$c = 1,450 \text{ kW}$$

A lavanderia possui 6 bombas d'água, sendo 2 de reserva. O cálculo de demanda para tal não leva em consideração as bombas destinadas a reserva, então:

Tabela 6 – Levantamento da potência das bombas d'água

POTÊNCIA BOMBAS D'ÁGUA	
4 BOMBAS D'ÁGUA DE 5cv	14.000 W
2 BOMBAS D'ÁGUA RESERVA DE 1,5cv	2.200 W
TOTAL	16.200 W

Fonte: elaborada pelo autor.

$$d = \text{potência}_{\text{bombas d'água}} \quad (4)$$

$$d = 14kW$$

Como não há elevadores no local, realiza-se o cálculo de demanda para os motores elétricos da indústria.

4.2.1 Cálculo de demanda dos motores

Inicialmente foi feito o levantamento da quantidade de motores elétricos existentes na lavanderia fazendo a divisão dos mesmos de acordo com sua função (tabela 7-10) e, posteriormente, a divisão foi feita de acordo com a potência desses motores (tabela 11).

Tabela 7 – Levantamento da quantidade e potência das lavadoras

LAVADORAS		
QUANTIDADE	CAPACIDADE	POTÊNCIA
1	10 kg	2 cv
1	30 kg	3 cv
3	100 kg	5 cv
4	200 kg	7,5 cv
1	300 kg	10 cv
TOTAL		60 cv

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 8 – Levantamento da quantidade e potência das centrífugas

CENTRÍFUGAS		
QUANTIDADE	CAPACIDADE	POTÊNCIA
1	30 kg	3 cv
1	50 kg	5 cv
2	100 kg	12 cv
TOTAL		32 cv

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 9 – Levantamento da quantidade e potência das secadoras

SECADORAS		
QUANTIDADE	CAPACIDADE	POTÊNCIA
1	30 kg	3 cv
3	50 kg	5 cv
2	100 kg	7,5 cv
TOTAL		33 cv

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 10 – Levantamento da quantidade e potência dos exaustores

EXAUSTORES	
QUANTIDADE	POTÊNCIA
9	3 cv
1	10 cv
TOTAL	37 cv

Fonte: elaborada pelo autor.

Realizado o levantamento da quantidade de motores pôde-se dividi-los de acordo com sua potência, Fator de Utilização (FU) e Fator de Simultaneidade (FS), tais fatores são tabelados de acordo com a norma da ENEL. Dessa forma, tem-se:

Tabela 11 – Potência total dos motores agrupados de acordo com a potência

MOTORES			
QUANTIDADE	POTÊNCIA	FU	FS
1	2 cv	0,7	0,85
12	3 cv	0,8	0,67
7	5 cv	0,8	0,75
6	7,5 cv	0,8	0,75
2	10 cv	0,8	0,85
2	12 cv	0,8	0,85

Fonte: elaborada pelo autor.

O cálculo da demanda dos motores é feito a partir da expressão (5) (ENEL, 2018):

$$F = \sum(0,87 \times P_{nm} \times FU \times FS) \text{ kVA} \quad (5)$$

onde: P_{nm} = Potência nominal dos motores em cv utilizados no processo industrial.

A partir de (5), o cálculo de demanda dos motores da lavanderia é de 54,4881 kVA. Com todos os cálculos realizados, pode-se obter o valor da demanda total através da equação (1), considerando fator de potência de iluminação e tomadas de 0,95 (COELCE, 2002), portanto:

$$D = \left(\frac{0,77}{0,95} \times 1,152\right) + (0,95 \times 1,450) + (0,59 \times 14) + (54,4881)$$

$$D = 65,059 \text{ kVA}$$

4.3 Gestão tarifária

A tabela 12 apresenta o histórico de consumo de energia elétrica da empresa no período compreendido entre abril de 2020 e março de 2021 (1 ano) os valores mensais faturados com energia elétrica e pagos a ENEL com a empresa classificada como grupo B.

Tabela 12 – Custos da fatura mensal da conta de energia da lavanderia industrial no período de 1 ano sendo classificada como grupo B

TARIFAÇÃO LAVANDERIA INDUSTRIAL: GRUPO B				
ANO	MÊS	CONSUMO (KWh)	TARIFA (R\$/KWh)	FATURA (R\$)
	ABRIL	527	0,72533	382,25
	MAIO	635	0,77073	489,41
	JUNHO	7862	0,78455	6.168,13
	JULHO	10.495	0,70454	7.394,15
	AGOSTO	11.736	0,69847	8.197,24
	SETEMBRO	11.846	0,69847	8.274,07
	OUTUBRO	13.222	0,71498	9.453,46
	NOVEMBRO	13.156	0,72498	9.537,86
2020	DEZEMBRO	13.824	0,77566	10.722,72
	JANEIRO	11.534	0,72624	8.376,45
	FEVEREIRO	12.245	0,80276	9.829,80
2021	MARÇO	8.247	0,78445	6.469,36
	TOTAL	115.329	-	85.294,90

Fonte: elaborada pelo autor.

O período em que foi feita a observação do consumo de energia elétrica compreende o período de pandemia, porém foi verificado com o cliente que a média de consumo se encontra dentro dos padrões antes da pandemia. Obtendo consumo elevado no segundo semestre e, nos meses de março e abril alcançando o menor consumo pela empresa. Calculando seu horário de funcionamento tem-se que:

$$Tempo_{funcionamento} = (Horas_{seg-sex} + Horas_{sábado}) \times mês \quad (6)$$

Considerando que um mês possui aproximadamente 4,5 semanas e verificando que a empresa funciona durante 10 horas e 30 minutos por dia de segunda à sexta e 7h aos sábados, pode-se calcular que:

$$Tempo_{funcionamento} = (10,5 + 7) \times 4,5$$

$$Tempo_{funcionamento} = 268 \text{ horas mensais}$$

Não foi realizada a análise da migração do cliente para tarifa branca pois o mesmo não poderia solicitar tal mudança, uma vez que possui carga instalada de 137,952 kW. Portanto, serão expostas as análises de migração para o grupo A.

4.3.1 Migração para o grupo A com estrutura tarifária horosazonal verde

O intuito de aplicar essa modalidade tarifária é para que se observe a economia que o cliente poderia obter se optasse pela mudança tarifária na sua conta energética, levando em conta o consumo de energia no mesmo período anterior.

O fator de demanda a ser utilizado é de 0,64 por se tratar de uma lavanderia (COELCE, 2002). Portanto, a demanda máxima calculada é de (COELCE, 2002):

$$F_d = \frac{D_{máx}}{P_{inst}} \quad (7)$$

onde: F_d = fator de demanda, P_{inst} = potência instalada e $D_{máx}$ = demanda máxima. Portanto, a demanda máxima calculada é:

$$D_{máx} = 0,64 \times 137,952$$

$$D_{máx} = 88,29 \text{ kVA}$$

Adotando um fator de carga de 0,6 conforme estabelecido em norma, definimos a demanda média através da seguinte equação (COELCE, 2002):

$$FC = \frac{D_{méd}}{D_{máx}} \quad (8)$$

onde: FC = fator de carga, $D_{méd}$ = demanda média e $D_{máx}$ = demanda máxima. Portanto, a demanda máxima calculada é:

$$D_{méd} = FC \times D_{máx}$$

$$D_{méd} = 0,6 \times 88,29$$

$$D_{méd} = 53 \text{ kVA}$$

É conveniente adotar a demanda de 85kW, valor próximo à demanda máxima calculada para instalação que é de 88,2 kVA. Com esse valor, o cliente estará com uma margem de distância do valor limite de ultrapassagem de demanda contratada, correspondente à 5%, o que evitará o pagamento de multas.

Ressaltando que o cliente, atualmente, só consome energia em horário fora de ponta, os dados analisados com essa modalidade tarifária encontram-se na tabela 13. Como pode-se observar nessa tabela, houve uma economia anual de R\$ 11.951,96 na adesão da modalidade tarifária horosazonal verde.

Tabela 13 – Custos da fatura mensal da conta de energia da lavanderia industrial no período de um ano, com adesão ao grupo A na modalidade tarifária horosazonal verde

MÊS	CONSUMO (kWh)	TARIFA (R\$/kWh)	DEMANDA (kW)	TARIFA (R\$/kWh)	FATURA (R\$)	ECONOMIA (R\$)
ABR	527	0,40	85	20,82	1.980,22	-1.597,97
MAI	635	0,42	85	22,13	2.150,59	-1.661,18
JUN	7862	0,43	85	22,52	5.311,21	856,92
JUL	10.495	0,67	85	37,36	10.199,38	-2.805,23
AGO	11.736	0,37	85	20,86	6.158,49	2.038,75
SET	11.846	0,37	85	20,86	6.199,59	2.074,48
OUT	13.222	0,38	85	21,35	6.872,16	2.581,30
NOV	13.156	0,39	85	21,65	6.942,80	2.595,06
DEZ	13.824	0,41	85	23,17	7.705,86	3.016,86
JAN	11.534	0,43	85	23,21	6.988,06	1.388,39
FEV	12.245	0,44	85	23,40	7.357,45	2.472,35
MAR	8.247	0,43	85	22,87	5.477,13	992,23
TOTAL	115.329	-	-	-	73.342,94	11.951,96

Fonte: elaborada pelo autor.

4.3.2 Migração para o grupo A com estrutura tarifária horosazonal azul

Agora, considera-se que o cliente mude sua estrutura tarifária do grupo B para o grupo A com a modalidade tarifária azul. É importante lembrar que, nessa modalidade, é necessária a contratação de duas demandas (ponta e fora de ponta). Todavia, a lavanderia só possui consumo de energia no horário fora de ponta.

Simulando 30 kW para a demanda contratada no horário de ponta, que trata-se do valor mínimo que pode ser contratado à concessionária de energia local e, permanecendo 85kW para a demanda no horário fora de ponta, os valores cobrados pelo consumo de energia no mesmo período, são dados na tabela 14.

Tabela 14 – Análise de custos da fatura mensal da conta de energia da lavanderia industrial no período de um ano sendo classificada como grupo A na modalidade tarifária horosazonal azul

TARIFAÇÃO LAVANDERIA INDUSTRIAL: TARIFA HOROSAZONAL AZUL								
MÊS	CONS. (kWh)	TARIFA FORA DE PONTA	DEMANDA (kW)		TARIFA DEMANDA (R\$/kWh)		FATURA (R\$)	ECONOMIA (R\$)
			PONTA	FORA DE PONTA	PONTA	FORA DE PONTA		
ABR	527	0,40	30	85	51,63	20,82	3.529,12	-3.146,87
MAI	635	0,42	30	85	54,86	22,13	3.796,58	-3.307,17
JUN	7862	0,43	30	85	55,85	22,52	6.986,71	-818,58
JUL	10.495	0,67	30	85	92,97	37,36	12.988,48	-5.594,33
AGO	11.736	0,37	30	85	51,74	20,86	7.710,69	486,55
SET	11.846	0,37	30	85	51,74	20,86	7.751,79	522,28
OUT	13.222	0,38	30	85	52,96	21,35	8.460,97	992,49
NOV	13.156	0,39	30	85	53,7	21,65	8.553,80	984,06
DEZ	13.824	0,41	30	85	57,46	23,17	9.429,66	1.293,06
JAN	11.534	0,43	30	85	57,56	23,21	8.714,86	-338,41
FEV	12.245	0,44	30	85	58,04	23,40	9.098,65	731,15
MAR	8.247	0,43	30	85	56,72	22,87	7.178,73	-709,37
TOT.	115.329	-	-	-	-	-	94.200,05	-8.905,15

Fonte: elaborada pelo autor.

A vantagem para que clientes optem pela tarifa horosazonal azul é a de poder, de certa forma, alterarem a carga no horário de ponta. O que observamos pelos dados colhidos através da tabela 14 é que esse não é o caso dessa lavanderia industrial, uma vez que o perfil da carga é inalterado e que a mesma não possui funcionamento no horário de ponta. Assim, não se pode obter um retorno financeiramente viável.

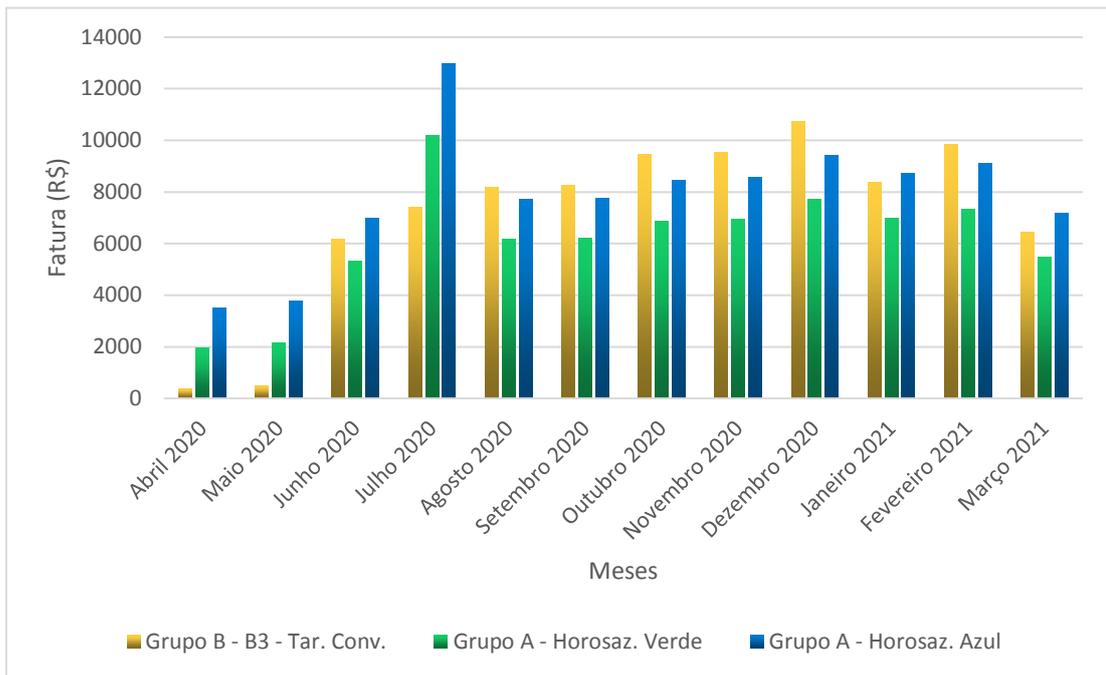
4.4 Melhor Estrutura Tarifária

A análise econômica da migração do cliente para o grupo A com tarifa horosazonal verde foi a que apresentou maior viabilidade econômica, já que o funcionamento do estabelecimento ocorre somente em horário fora de ponta.

Aplicando a tarifa horosazonal verde, o cliente possui um lucro de R\$ 11.951,96, como mencionado anteriormente, com demanda contratada de 85kW. Por conseguinte, a

aplicação dessa modalidade tarifária teve uma redução satisfatória para o período analisado. O gráfico 1 apresenta o comparativo entre as faturas mensais do cliente sendo ainda do grupo B com tarifa convencional e podendo aderir ao grupo A com tarifa horosazonal verde ou azul.

Gráfico 1 – Comparação entre as faturas mensais da tarifação da Lavanderia Industrial como optante do grupo B com tarifa convencional, grupo A com tarifa horosazonal verde e horosazonal azul



Fonte: elaborado pelo autor.

5 DIMENSIONAMENTO DE UMA SUBESTAÇÃO AÉREA NA LAVANDERIA INDUSTRIAL

Para que o cliente possa migrar para o grupo A é necessária a instalação de uma subestação aérea no estabelecimento. O dimensionamento da subestação foi embasado nas normas técnicas da ENEL para o local, sendo averiguadas as especificações de todos os componentes essenciais para tal subestação. Sendo, portanto, verificada a necessidade da instalação de uma subestação aérea com potência de 75kVA para atender a lavanderia industrial, visto que a demanda calculada do estabelecimento é de 65,059 kVA.

A partir da potência instalada foram dimensionados alguns componentes: transformador, entrada de energia, dispositivos de proteção, eletrodutos e malha de aterramento.

5.1 Entrada de energia

Conforme a Norma Técnica CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR (ENEL, 2021), o fornecimento de energia elétrica deve ser realizado pela ENEL em tensão primária de distribuição de 13,8 kV. O ponto de entrega de energia elétrica será em um poste 1000/12 (estrutura do conjunto de medição), que será implantado ao limite da propriedade do cliente com a via pública.

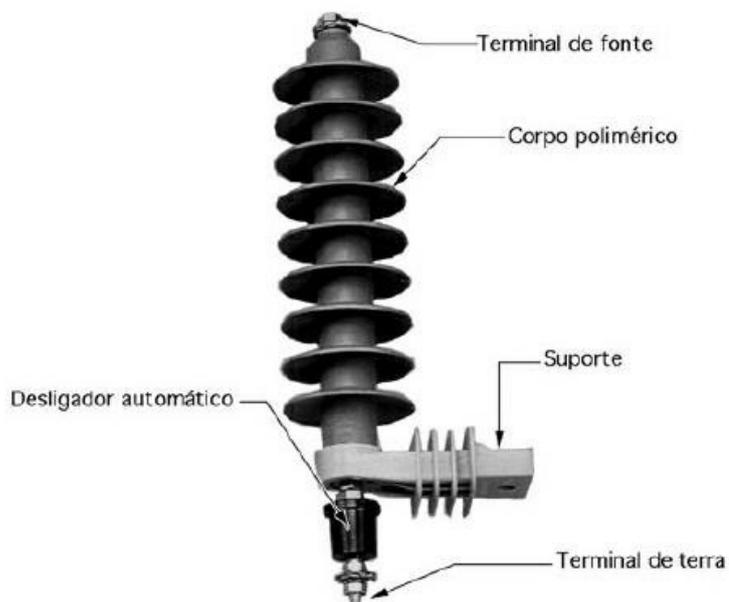
5.2 Proteção elétrica

Os dispositivos de proteção foram selecionados conforme Norma Técnica NT-002 (COELCE, 2002).

5.2.1 Proteção contra surtos de tensão

A proteção deverá ser feita através da mediação de um conjunto de para-raios polimérico do tipo de distribuição (resistor não-linear) localizado no poste de acesso (estrutura do conjunto de medição e no poste do transformador), sendo que na estrutura do conjunto de medição devem ser instalados tanto do lado da fonte quanto do lado da carga. A figura 1 ilustra um para-raio utilizado em distribuição de energia.

Figura 1 - Para-raio de corpo polimérico

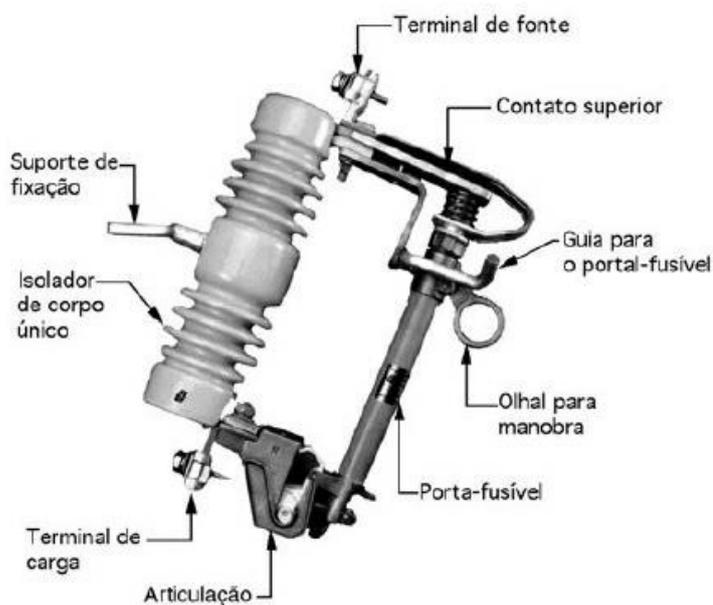


Fonte: MAMEDE (2013).

5.2.2 Proteção primária contra sobrecorrentes e seccionamentos

A proteção contra sobrecarga/curto-circuito será feita através de um conjunto de chaves fusíveis do tipo indicadoras unipolares (figura 2) instaladas na mesma estrutura da subestação, no poste do transformador.

Figura 2 - Chave fusível de isolar de corpo único



Fonte: MAMEDE (2013).

5.2.3 Proteção secundária contra sobrecorrentes

A proteção geral da baixa tensão contra sobrecarga/curto-circuito será feita através de um disjuntor tripolar termomagnético de baixa tensão (figura 3) instalado no quadro de proteção geral. Esse equipamento tem a função de assegurar o funcionamento do sistema, protegendo os componentes da instalação e a rede elétrica de qualquer alteração de corrente.

Figura 3 - Disjuntor tripolar termomagnético



Fonte: WEG (2022).

5.3 Malha de aterramento

A malha de aterramento direciona a passagem de correntes elétricas perigosas para à terra, como as descargas elétricas. Estabelecendo as condições adequadas à correta operação dos componentes elétricos. Portanto, é o que garante a neutralização das cargas.

5.4 Transformador

Nesse tipo de subestação utiliza-se o transformador à óleo, onde os enrolamentos e núcleo estão submersos no óleo mineral. Esse líquido existente no transformador tem a função de isolamento e também de resfriar o equipamento, através da troca de calor com o ambiente.

5.5 Especificação dos componentes

5.5.1 Chave fusível

Deverá ser instalado anterior ao poste da subestação segundo Norma Técnica NT-002 (COELCE, 2002), 3 chaves fusíveis unipolares com ferragem inoxidável, classe de tensão 15 kV, corrente nominal 300A, capacidade de interrupção assimétrica de 10 kA, nível de isolamento de 110kV, instalação padrão ENEL, com elo fusível 5H para atender ao transformador de 75kVA, e do tipo indicadora.

5.5.2 Para-raios

Para a proteção do ramal de entrada e demais equipamentos elétricos da subestação, contra surtos de manobra e surtos atmosféricos, serão instalados no pórtico de recepção de energia (carcaça do transformador) de acordo com a Norma Técnica NT-002 (COELCE, 2002), 3 para-raios do tipo distribuição, tensão nominal 12 kV com distância de escoamento de 600mm, capacidade mínima de ruptura de 10 kA, nível de isolamento de 110kV.

5.5.3 Disjuntor de proteção geral

O cálculo da corrente de primário e secundário do transformador para o dispositivo de proteção pode ser feito através da equação (9):

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V_l} \quad (9)$$

Onde: I trata-se da corrente (primária ou secundária), S a potência do transformador e V_l a tensão de linha. Aplicando os valores, tem-se:

$$I_p = \frac{75 * 1000}{\sqrt{3} * 13800}$$

$$I_p = 3,14 A$$

E,

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} * V_l}$$

$$I_s = \frac{75 * 1000}{\sqrt{3} * 380}$$

$$I_s = 113,95 A$$

Será necessária a utilização de um disjuntor tripolar termomagnético, classe de isolamento 400 V. Capacidade de interrupção 5 kA, corrente nominal 125 A.

5.5.4 Poste

Deverá ser utilizado um poste circular de concreto armado 1000/12, de acordo com as normas e padrões da ENEL.

5.5.5 Malha de aterramento da subestação

Esta malha será constituída de hastes de cobre Copperweld de 3m x 5/8" cuja resistência equivalente deve ser inferior a 10 ohms e com cabo de cobre nu de 35mm² interligado as hastes. Nesse tipo de malha, geralmente necessita de conexões entre as hastes. E para uma melhor segurança, deve-se utilizar a solda exotérmica para que sejam feitas essas conexões.

5.5.6 Transformador a óleo

Deverá ser utilizado 01 transformador trifásico, potência nominal de 75kVA, classe de tensão de 15kV. Relação de transformação de 13.800/380-220 V. Primário ligado em delta e secundário em estrela com centro estrela aterrado. Refrigeração à óleo vegetal. Buchas primárias classe de 25kV, NBI de 110kV, com alças para fixação em poste, material do tanque liga de alumínio.

5.6 Planilha orçamentária

O custo para implantação da subestação aérea de 75kVA para suprir a demanda energética da lavanderia em estudo está exposto na tabela 15. Os custos de mão de obra apresentados no orçamento trata-se de um valor de serviço típico para esse tipo de construção. Ressalta-se que já está incluso nessa tabela os gastos com equipamentos como arruelas e abraçadeiras necessários a essa obra.

Tabela 15 – Orçamento da subestação aérea de 75kVA prevista para lavanderia industrial

SUBESTAÇÃO DE 75kVA LAVANDERIA INDUSTRIAL				
ORÇAMENTO BÁSICO	UND.	QNTD.	PREÇO	
ESPECIFICAÇÃO			UNITÁRIO	TOTAL
Elo fusível 5H	01	3	11,00	33,00
Porca quadrada para parafuso M16x2	01	24	6,90	165,60
Cruzeta de concreto armado 1.90mm	01	3	120,00	360,00

Cabo de cobre 50mm ²	M	50	49,00	2450,00
Cabo de cobre 25mm ²	M	15	30,60	459,00
Fio de cobre nu 35mm ²	M	30	33,57	1.007,10
Chave fusível indicadora unipolar 15kV-300A-10kA	01	3	460,80	1382,40
Transformador de distribuição a óleo mineral, 75kVA/13.800-380/220V, uso em poste	01	1	12.680,00	12.680,00
Gancho olhal	01	3	24,40	73,20
Manilha sapatilha para alça preformada	01	3	25,86	77,58
Olhal para parafuso de 5/8"	01	3	22,00	66,00
Parafuso cabeça quadrada M16x2 C-350, R-220	01	4	23,50	94,00
Parafuso cabeça quadrada M16x2 C-400, R-320	01	4	23,50	94,00
Parafuso cabeça quadrada M16x2 C-500, R-320	01	8	23,50	188,00
Alça preformada de distribuição para condutor alumínio 4 AWG	01	3	14,50	43,50
Isolador de suspensão, 15kV	01	6	36,10	216,60
Quadro para medição primária 15kV	01	1	631,00	631,00
Arruela/porca parafuso maquina zincado 5/8x16"	01	4	14,57	58,28
Arruela/porca parafuso maquina zincado 5/8x14"	01	10	10,96	109,60
Abraçadeira para poste de concreto	01	6	6,63	39,78
Poste circular em concreto	01	1	4.925,00	4.925,00
Disjuntor trifásico de 125A 10kA	01	1	445,00	445,00
Caixa de proteção da medição	01	1	1.037,00	1.037,00
Haste de aterramento copperweld 5/8"x24	UN	6	102,57	615,43
Luva de PVC roscalvel de 2"	UN	8	11,78	94,24
Eletrodutos de PVC	M	9	17,00	153,00
Conector Split-Bolt para cabos até 35mm ²	UN	2	11,03	22,06
Conector Split-Bolt para cabos até 16mm ²	UN	2	8,9755	17,95
Mão de obra	H	-	9.900,00	9.900,00
Total				35.890,32

Fonte: elaborada pelo autor.

5.7 Viabilidade econômica

A viabilidade econômica da implantação de uma subestação aérea na lavanderia industrial encontra-se demonstrada na tabela 16. Para esse cálculo foi utilizada a economia anual de R\$ 11.951,95, na adesão da tarifa horosazonal verde com a empresa pertencendo ao grupo A. Esses valores foram utilizados como valor de amortização, sendo o investimento total de R\$ 35.890,32 com a subestação aérea como saldo devedor. Não foram consideradas as variações tarifárias anuais, pois estas variações são aplicadas tanto para a tarifa convencional como para as tarifas do grupo A, permanecendo assim, a proporcionalidade entre tais tarifas em questão. Portanto, a fórmula utilizada para cálculo do payback simples desse investimento foi (MARQUEZAN e BRODANI, 2006):

$$P = \frac{I_o}{E_a} \quad (10)$$

onde: P = payback, I_o = investimento inicial e E_a = economia anual.

Tabela 16 – Payback simples da subestação aérea da lavanderia industrial

PAYBACK SIMPLES - SUBESTAÇÃO AÉREA		
ANO	ECONOMIA (R\$)	ACUMULADO (R\$)
0	-35.890,32	-35.890,32
1	11.951,95	-23.938,37
2	11.951,95	-11.986,42
3	11.951,95	-34,47
4	11.951,95	11.917,48
5	11.951,95	23.869,43
6	11.951,95	35.821,38
7	11.951,95	47.773,33
8	11.951,95	59.725,28
9	11.951,95	71.677,23
10	11.951,95	83.629,18
11	11.951,95	95.581,13
12	11.951,95	107.533,08
13	11.951,95	119.485,03
14	11.951,95	131.436,98
15	11.951,95	143.388,93
16	11.951,95	155.340,88
17	11.951,95	167.292,83
18	11.951,95	179.244,78
19	11.951,95	191.196,73
20	11.951,95	203.148,68

21	11.951,95	215.100,63
22	11.951,95	227.052,58
23	11.951,95	239.004,53
24	11.951,95	250.956,48
25	11.951,95	262.908,43

Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto, o tempo necessário para recuperar o valor investido e passar a ter saldo positivo é de aproximadamente 4 anos, o que pode ser considerado um tempo de retorno relativamente curto.

6. DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID

Um sistema fotovoltaico é aquele que faz a conversão da radiação solar em energia aproveitável sob a forma de eletricidade (PINHO; GALDINO, 2014). Existem dois principais tipos de sistemas fotovoltaicos, on-grid e off-grid. O sistema off-grid tem como principal característica a utilização de banco de baterias para armazenamento de energia, sendo indicada sua instalação em lugares em que não há eletricidade, pois o mesmo tem um valor mais elevado e uma menor vida útil por conta do uso de baterias. Já os sistemas on-grid têm seu funcionamento atrelado à rede de energia, onde é armazenada a energia gerada e depois devolvida a unidade consumidora em períodos em que não há produção por parte do sistema fotovoltaico. Não faz uso de baterias, apresentando um valor mais acessível e por isso sua implantação vem se tornando crescente no mundo. Basicamente todo sistema é constituído por módulos fotovoltaicos, inversores e, opcionalmente, baterias.

Para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico deve-se verificar a quantidade de radiação solar sobre os painéis fotovoltaicos, em outras palavras, buscar os valores específicos de radiação solar da localidade onde os mesmos serão instalados.

A partir do Google Earth® (2022) é possível se obter os valores da latitude e longitude do local, esses valores são necessários para a utilização do programa SunData, software disponibilizado pelo CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito), onde pode ser verificada a irradiação solar média do local em questão. Através dessa média pode-se calcular a HSP (Horas de Sol Pleno) por (11) (PINHO; GALDINO, 2014):

$$HSP = \frac{\text{irradiação [kWh/m}^2\text{]}}{1 \text{ [kW/m}^2\text{]}} \quad (\text{h/dia}) \quad (11)$$

Com base nos dados encontrados, é possível calcular a potência fotovoltaica real (kWp) do sistema. Esse cálculo é obtido através de (12) (PINHO; GALDINO, 2014):

$$P_{fv} = \frac{E}{HSP \times TD \times 30} \quad (12)$$

onde: P_{fv} = potência do sistema fotovoltaico (kWp), E = consumo médio mensal (kWh), e TD = taxa de desempenho do sistema (adimensional). Essa potência trata-se da potência total mínima que precisa possuir o sistema fotovoltaico.

A geração de energia mensal obtida do sistema fotovoltaico pode ser obtida por (13) (PINHO; GALDINO, 2014):

$$G = P_{fv} \times \eta \times HSP \times 30 \quad (13)$$

onde: G = geração de energia mensal e o número 30 trata-se da quantidade de dias que corresponde a um mês.

Baseado na potência do sistema obtida, deve-se escolher o módulo fotovoltaico a ser utilizado e, dessa forma, calcular a quantidade de módulos necessários para o sistema. O número de módulos pode ser obtido através de (14) (CRESESB, 2014):

$$N = \frac{P_{fv}}{P_{mod}} \quad (14)$$

onde N trata-se do número de módulos a ser utilizados no sistema e P_{mod} corresponde a potência de um único módulo.

Em seguida, é necessário realizar o dimensionamento do inversor a ser utilizado no sistema fotovoltaico. Esse inversor deve estar de acordo com as especificações do sistema ao qual está conectado, levando em conta os seguintes critérios:

- A tensão do circuito aberto (V_{oc}) deve ser inferior a tensão máxima do inversor;
- A tensão de máxima potência (V_{mp}) deve estar dentro dos valores de operação do inversor;
- A corrente de curto-circuito do arranjo (I_{sc}) deve ser menor que a corrente máxima do inversor;

Os inversores possuem MPPT's (*Maximum Power Point Tracking*) que trata-se do Rastreamento do Ponto Máximo de Potência e, segundo (PINHO; GALDINO, 2014) trata-se de um sistema de controle que permite extrair do sistema fotovoltaicos a máxima potência que está sendo gerada e com isso obter um melhor rendimento do sistema.

Para que os módulos operem nas melhores condições possíveis deve-se escolher o inversor baseado no cálculo do FDI, que é o Fator de Dimensionamento do Inversor, onde é mostrada a relação entre a potência nominal do inversor e a potência de pico do gerador fotovoltaico. Esse cálculo é representado em (15) (PINHO; GALDINO, 2014):

$$FDI = \frac{P_{Nca}}{P_{fv}} \quad (15)$$

onde: FDI = fator de dimensionamento do inversor (adimensional) e P_{Nca} = Potência nominal em corrente alternada do inversor. Os valores do FDI devem estar dentro da faixa de tolerância, no intervalo de 70% a 120%, ou seja, deve estar entre 0,7 e 1,2.

Deve-se garantir que o inversor não opere sobrecarregado ou muito abaixo da sua potência nominal. Para tanto, é preciso realizar os cálculos da tensão máxima de circuito aberto do módulo e da tensão mínima de máxima potência de acordo com (16) e (17) (CRESESB, 2014):

$$V_{oc}(T) = V_{oc(STC)} \times \left[1 + \frac{\beta_T}{100} (T - 25) \right] \quad (16)$$

$$V_{mp}(T) = V_{MP(STC)} \times \left[1 + \frac{\beta_{VMP}}{100} (T - 25) \right] \quad (17)$$

onde: $V_{oc}(T)$ = Tensão máxima de circuito aberto do módulo em condições extremas de temperatura, em (V), $V_{oc(STC)}$ = Tensão de circuito aberto do módulo em STC (*Standard Testing Condition* - Condições Padrão de Teste) definida na folha de dados em (V) (25 °C), β_T = Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto do módulo, em (%/°C), $V_{mp}(T)$ = Tensão mínima de máxima potência do módulo em condições de temperatura extrema, em (V), $V_{MP(STC)}$ = Tensão de máxima potência do módulo em STC definida na folha de dados, em (V) (25 °C), β_{VMP} = Coeficiente de temperatura da tensão de máxima potência, em (%/°C) e T = Temperatura de operação em condições extremas, em (°C).

7. ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO NA LAVANDERIA INDUSTRIAL

7.1 Localização e irradiação solar

O local de estudo para implantação do sistema fotovoltaico encontra-se na cidade de Fortaleza, capital do Ceará, cujas coordenadas são 3°47'41" S 38°36'41" O. Além disso, a cobertura do local possui uma área de aproximadamente 373,73m², e faz o uso de telhas de fibrocimento. Esses dados foram coletados do programa Google Earth® (2022) e serão de grande relevância para o dimensionamento do sistema solar. A figura 4 mostra a vista aérea da referida indústria.

Figura 4 – Localização da lavanderia no município de Fortaleza.



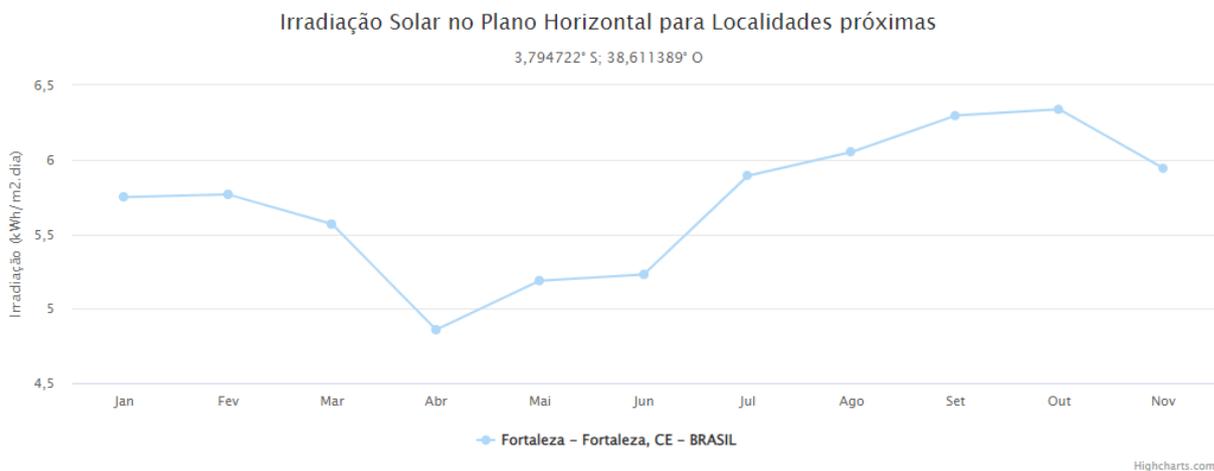
Fonte: Google Earth® (2022).

A partir de figura 4 é possível observar também que não há edifícios ao redor da empresa, o que permite uma melhor incidência do sol, concedendo uma ótima qualidade ao sistema fotovoltaico. Ainda com a utilização dos dados de longitude e latitude do local, através do sistema de dados Sundata, do CRESESB, obtém-se o gráfico da irradiação solar média do local. O gráfico é demonstrado na figura 5.

Figura 5 – Irradiação solar em Fortaleza-CE.

Latitude: 3,794722° S
Longitude: 38,611389° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]																
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input type="checkbox"/>	Caucaia	Caucaia	CE	BRASIL	3,801° S	38,649° O	4,2	5,58	5,57	5,35	4,71	5,09	5,11	5,42	6,01	6,17	6,30	6,25	5,82	5,61	1,60
<input checked="" type="checkbox"/>	Fortaleza	Fortaleza	CE	BRASIL	3,801° S	38,549° O	7,0	5,75	5,77	5,57	4,86	5,19	5,23	5,45	5,89	6,05	6,30	6,34	5,94	5,69	1,48
<input type="checkbox"/>	Caucaia	Caucaia	CE	BRASIL	3,701° S	38,649° O	11,2	5,75	5,70	5,54	4,80	5,16	5,19	5,47	6,01	6,15	6,31	6,33	6,01	5,70	1,53



Fonte: CRESESB, 2021.

A partir da média do valor da irradiação é possível calcular a quantidade de horas de sol pleno por (11), resultando no valor:

$$HSP = \frac{5,69 [kWh/m^2]}{1 [kW/m^2]} = 5,69h/dia$$

A análise do perfil de consumo da instalação foi realizada através de suas faturas de energia, onde se observou que a mesma possui um consumo médio de 9.611 kWh. Por tratar-se de um consumidor trifásico, deve-se considerar a taxa mínima cobrada pela concessionária de 100kWh, por isso, considera-se o valor de 9.511 kWh para cálculo do dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Para o cálculo da potência do sistema faz-se necessário considerar um período de 30 dias. Como a empresa não tem intenção de expansão no momento, a potência do sistema fotovoltaico pode ser obtida em (12). O valor da taxa de desempenho utilizado é de 0,80, deste modo:

$$P_{fv} = \frac{9511}{(5,69) \times (0,80) \times (30)} = 69,65 \text{ kWp}$$

7.2 Topologia e demonstrativo de equipamentos

Com o valor da potência do sistema, pode-se escolher os equipamentos que irão fazer parte do mesmo. Optou-se pela aquisição de um kit fotovoltaico, onde já está incluso grande parte do material necessário para instalação do sistema.

7.2.1 Módulos fotovoltaicos

O módulo escolhido para ser utilizado nesse projeto foi o modelo da JINKO TIGER PRO 72HC 540W MONO-FACIAL MODULE. As informações técnicas contidas nas folhas de dado do equipamento encontram-se na tabela 17.

Tabela 17 – Especificações técnicas do módulo JINKO TIGER PRO 72HC 540W MONO-FACIAL MODULE

Especificações técnicas	
JINKO TIGER PRO 72HC 540W MONO-FACIAL MODULE	
Tipo do módulo	JINKO TIGER PRO 72HC 540W MONO-FACIAL MODULE
Modelo da placa	JKM540M-72HL4
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	540W _p
Tensão para máxima potência (V_{MP})	40,70V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,27A
Tensão do circuito aberto (Voc)	49,42V
Corrente de curto circuito (Isc)	13,85V
Eficiência do módulo STC (%)	20,94%
Temperatura de operação (°C)	-40°C~+85°C
Tensão máxima	1000/1500VDC(IE)
Corrente máxima do fusível	25A
Tolerância da potência	0~+3%
Coefficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35%/°C
Coefficiente de Temperatura para Voc	-0,28%/°C
Coefficiente de temperatura para Isc	0,048%/°C

Fonte: adaptado pelo autor a partir do documento original.

Dessa forma, para atender o caso proposto teremos utilizando (14), o seguinte número de módulos:

$$N = \frac{69650}{540} = 128,98 \text{ módulos}$$

Desta maneira, deverá ser utilizado no mínimo 129 módulos. Como optou-se pela aquisição de um kit fotovoltaico, atendendo a potência do sistema dimensionado e a quantidade mínima de módulos, o kit escolhido possui 136 módulos de 540 W. Cada módulo ocupa uma área de 2,2 m², assim, a área de captação solar é de 299,2 m². Por conseguinte, a área disponível na edificação supre aquela necessária para instalação dos painéis. Para a potência nominal do kit, a energia gerada será dada pela equação (13), como se observa a seguir.

$$G = 73,44 \times 0,8 \times 5,69 \times 30 = 10.029 \text{ kWh/mês}$$

7.2.2 Inversor

Um inversor é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada (c.a) a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (c.c) (PINHO; GALDINO, 2014). Em suma, esse dispositivo converte a energia de corrente contínua gerada pelos módulos fotovoltaicos em energia de corrente alternada, permitindo a sincronização do sistema à rede elétrica. Em vista disso, a seleção do inversor ocorre de acordo com as especificações do sistema ao qual está conectado. Para o sistema em estudo optou-se por utilizar o INVERSOR SOLAR GROWATT MAC 60KTL3-X LV. A potência máxima deve ser igual ou superior à potência da demanda, devendo atentar-se a capacidade de sobrecorrente para que o equipamento não fique sobrecarregado. As especificações técnicas do inversor incluso no kit encontram-se na tabela 18.

De posse das especificações técnicas dos módulos e inversor, é possível definir como será a divisão dos módulos fotovoltaicos, em série e em paralelo, do SFCR (Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede) e o FDI. É importante verificar que a temperatura dos módulos não condiz com a temperatura local da instalação, portanto é necessária uma correção no valor da temperatura considerando a faixa de 25°C a 85°C.

Tabela 18 – Especificações técnicas do inversor INVERSOR SOLAR GROWATT MAC 60KTL3-X LV

Especificações técnicas	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência fotovoltaica (W)	90000W
Máxima tensão CC	1100V
Faixa de operação (V)	200V-1000V
Tensão CC de partida	250V
Corrente CC máxima (A)	50A
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal (W)	60000W
Máxima potência CA (VA)	66600VA
Máxima corrente CA (A)	96,6A
Saída nominal CA (V)	220V/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência Ajustável	0,8i-0,8c
Máxima eficiência (%)	98,8%
Eficiência MPPT (%)	99,9%

Fonte: adaptado pelo autor a partir do documento original.

De acordo com a folha de dados do painel contida na tabela 17, a tensão de máxima potência é de 40,7V e a tensão de circuito aberto é de 49,42V. Adotando a temperatura mínima de 25°C e máxima de 85°C, com um coeficiente de temperatura da tensão de 0,28%/°C, utilizando (17) calcula-se a tensão de máxima potência da série:

$$V_{mp} = 40,7 \times \left(1 + \frac{-0,28}{100} \times (85 - 25)\right) = 33,86 \text{ V}$$

E a tensão máxima do circuito aberto pode ser obtida através da equação (16):

$$V_{oc} = 49,42 \times \left(1 + \frac{-0,28}{100} \times (85 - 25)\right) = 41,12 \text{ V}$$

Com os valores de tensão V_{mp} e V_{oc} corrigidos é possível determinar o arranjo do sistema. Calcula-se então o número mínimo e máximo de módulos que podem ser colocados em série no inversor selecionado.

$$N_{série_mín} = \frac{\text{Tensão mínima requerida do inversor}}{V_{mp}} \quad (18)$$

$$N_{série_mín} = \frac{250}{33,86}$$

$$N_{série_mín} = 7,38$$

$$N_{série_mín} = 8 \text{ módulos}$$

E,

$$N_{série_máx} = \frac{\text{Tensão máxima requerida do inversor}}{V_{oc}} \quad (19)$$

$$N_{série_máx} = \frac{1000}{41,12}$$

$$N_{série_máx} = 24,32$$

$$N_{série_máx} = 24 \text{ módulos}$$

Nas STC, pode-se escolher no mínimo 8 módulos e máximo de 24 módulos em série. Depois de verificada essa quantidade de módulos em série, é possível determinar a quantidade de fileiras que poderão ser colocadas em paralelo, atentando-se que a corrente máxima do conjunto de módulos deve ser menor que a corrente máxima de entrada do inversor.

$$N_{paralelo} = \frac{I_{CCMÁX}}{I_{MP}} \quad (20)$$

$$N_{paralelo} = \frac{50}{13,27}$$

$$N_{paralelo} = 3,76$$

$$N_{paralelo} = 4$$

Pelo manual técnico do fabricante, sabe-se que o inversor consegue operar com 3 MPPT's. Sendo assim, serão conectados 48 módulos ao MPPT 1 e esses 48 módulos serão divididos em 3 strings com 16 módulos ligados em série cada, 48 módulos ao MPPT 2 e esses 48 módulos serão divididos em 3 strings com 16 módulos ligados em série cada e 40 módulos conectados ao MPPT 3, sendo os 40 módulos divididos em 2 strings com 20 módulos ligados em série cada. Diante disso, será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 136 módulos.

Faz-se necessário realizar ainda a verificação do arranjo dos módulos dimensionado com as configurações do inversor escolhido. Primeiramente verifica se a tensão de circuito aberto dos módulos fotovoltaicos em série é menor que a tensão máxima CC do inversor que é de 1100V de acordo com dados da tabela 18. Para o sistema serão utilizados no máximo 20 módulos ligados em série, portanto:

$$20 * 49,42 = 988,4 V < 1100V \quad (21)$$

O arranjo com 20 módulos ligados em série respeita a máxima tensão CC do inversor. De acordo com a tabela 17 a corrente de curto circuito do módulo escolhido é de 13,85A e, para o arranjo escolhido tem-se no máximo 3 strings em paralelo, faz-se necessário verificar se a corrente dessas strings é menor que a corrente CC máxima de entrada do inversor que é de 50 A. Tem-se (22):

$$3 * 13,85 = 41,55 A < 50 A \quad (22)$$

Para que o inversor escolhido funcione é necessária uma tensão mínima de 200V e máxima de 1000V. Utilizando no máximo 20 módulos em série para este sistema temos que (23):

$$20 * 40,70 = 814V \quad (23)$$

Dessa forma, o arranjo escolhido respeita a faixa de tensão de operação do inversor utilizado no sistema.

Com a definição da quantidade de módulos no arranjo realizada, pode-se determinar o FDI. A potência total no inversor será a soma das potências dos módulos utilizados, que é dada pela equação (13):

$$FDI = \frac{60000}{136 * 540} = 0,82$$

Portanto, confirma-se que o fator de dimensionamento do inversor está dentro da faixa do que é aconselhável para o dimensionamento, pois está dentro do intervalo de 0,75 a 1,2.

7.3 Dimensionamento dos condutores

Nos sistemas fotovoltaicos existem dois tipos de corrente, corrente contínua, gerada pelas células fotovoltaicas, e corrente alternada que sai do inversor. Para o presente estudo, optou-se por utilizar o critério da queda de tensão e a capacidade de corrente para dimensionar os condutores do SFCR.

De acordo com a norma internacional IEC 60354-7-712, a queda de tensão admitida para geração de sistema fotovoltaico é de 1%.

Entre o inversor e o ponto de conexão com a rede, a norma NBR-5410:2004 indica que o valor máximo da queda de tensão admissível é igual a 3%. Para calcular a seção mínima do condutor, pelo critério de queda de tensão, que conecta o módulo fotovoltaico ao inversor, faz-se uso da equação (24) (MAMEDE, 2007):

$$S_{mm^2} = \frac{2 \times L \times I_{\text{painel}}}{\sigma \times \Delta V \times V_{\text{fileira}}} \quad (24)$$

onde: S_{mm^2} = Seção mínima do condutor, L = distância entre o inversor e a caixa de proteções (m), I_{painel} = corrente de curto circuito do painel fotovoltaico (A), σ = condutibilidade do material condutor, ΔV = queda de tensão permitida, em decimal, V_{fileira} = tensão em máxima potência da fileira (V).

A corrente de curto circuito do painel trata-se do somatório das correntes das fileiras colocadas em paralelo, considerando uma folga de 25%, calcula-se a corrente do painel através de (25):

$$I_{\text{painel}} = I_{\text{fileira}} \times N_{\text{fileiras}} \times 1,25 \quad (25)$$

onde: I_{painel} = Corrente de curto circuito do painel, I_{fileira} = Corrente de curto circuito de cada fileira e N_{fileiras} = Número de fileiras associadas em paralelo.

A concessionária local possui sistema trifásico com corrente alternada, para tanto, os condutores devem ser dimensionados de modo a atender tais características. A seção mínima dos condutores pode ser obtida por (26) (MAMEDE, 2007):

$$S_{mm^2} = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times \sum_1^n (L \times I_c)}{\Delta V \times V_{\text{linha}}} \quad (26)$$

onde, ρ : resistividade do material condutor (cobre – $1/56 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$) I_c : corrente total do circuito (A) e V_{linha} : tensão de linha da rede (V).

7.3.1 Dimensionamento dos condutores de corrente contínua

Da tabela 18 sabe-se que a corrente das fileiras é de 13,27 A. Os painéis serão dispostos em 3 fileiras, portanto, usando (25), tem-se que:

$$I_{painel} = 13,27 \times 3 \times 1,25 = 49,76 \text{ A}$$

Pela tabela 16, o valor da tensão de máxima potência de cada módulo é de 40,70 V. Considerando a fileira com a menor quantidade de módulos para este arranjo, temos o valor de 16, portanto, o valor da tensão V_{mp} da fileira é de 651,2 V. Considerando a distância máxima de 40m entre o sistema e o inversor e, que o cabo seja do material de cobre, pela equação (24) tem-se que:

$$S_{mm^2} = \frac{2 \times 40 \times 49,76}{56 \times 0,01 \times 651,2} = 10,92 \text{ mm}^2$$

De modo a atender os requisitos mínimos para escolha do condutor, optou-se por utilizar cabo solar de proteção UV de 16mm². Sendo o condutor positivo representado pela cor vermelha e o negativo pela cor preta. Os condutores de proteção, segundo a NBR-5410:2004, devem ter a mesma seção dos condutores de fase, neste caso, sendo representado pela cor verde.

7.3.2 Dimensionamento dos condutores de corrente alternada

O inversor utilizado nesse sistema possui uma corrente de saída igual a 96,6 A e o mesmo ficará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição. Sabendo que a tensão de linha do sistema é de 380V, pois trata-se de um inversor trifásico e, que a distância do inversor ao medidor é de 80m, pode-se calcular a seção mínima do condutor que liga o inversor à rede elétrica utilizando-se o critério da queda de tensão, fazendo uso da equação (26):

$$S_{mm^2} = \frac{\sqrt{3} \times 80 \times 96,6}{56 \times 0,03 \times 380} = 20,96 \text{ mm}^2$$

Levando em consideração o critério da capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por utilizar um condutor de seção igual a 35mm². Os condutores de fase serão representados pela cor vermelha, já os condutores de neutro serão de cor azul e os de proteção de cor verde. Os eletrodutos utilizados para garantir a proteção dos cabos devem ser de PVC rígido do tipo rosqueado de 4 polegadas. Baseando-se na Tabela 36 da NBR 5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 35mm², com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 110A, através desse dado faz-se o dimensionamento do disjuntor a partir da equação (27):

$$I_{inversor} < I_{disjuntor} < I_{condutor} \quad (27)$$

$$96,6 \text{ A} < I_{disjuntor} < 110 \text{ A}$$

Baseado nesses dados, será utilizado um disjuntor tripolar de 100A para proteção do sistema, atendendo as especificações técnicas do condutor dimensionado e do inversor escolhido.

7.3.3 Aterramento

Para que a instalação opere corretamente, mantendo a continuidade do serviço e a segurança, o neutro do sistema, os equipamentos e as demais partes metálicas não destinadas à condução de corrente devem ser aterradas (ENEL, 2017). De acordo com a NBR5410:2004, os condutores de aterramento são dimensionados baseados na seção do condutor fase ao qual encontram-se relacionados. O item 6.4.3.1.3 dessa norma define a seção desses condutores de aterramento conforme mostrado na tabela 19:

Tabela 19 – Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm ²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ²
S ≤ 16	S
16 ≤ S ≤ 35	16
S > 35	S/2

Fonte: ABNT NBR-5410 (2004).

Portanto, para o sistema em questão, por possuir condutores de fase com seção igual ou menor a 35mm², os condutores de proteção terão seção de 16mm² e, deverão ser indicados pela cor verde. O condutor de terra deverá ser conectado à haste de terra e ao parafuso da caixa de medição, salientando que nesse tipo de conexão não pode haver nenhum tipo de seccionamento no percurso e esses devem ser protegidos com eletrodutos rígidos. A haste de terra escolhida foi a de aço com seção circular (aço cobreado) com dimensões de 2,40m x 5/8”.

7.4 Sinalização

No padrão de entrada do consumidor deverá ser instalada uma placa de sinalização, que deverá ser fixada conforme consta no desenho 03 da Norma Técnica CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE (ENEL, 2018).

Figura 6 – Placa de advertência e sinalização de geração própria



Fonte: ENEL (2021).

Essa placa deve possuir algumas características como:

- Material: chapa galvalume (43,5% zinco, 1,5% silício e 55% alumínio) número 22 USG (0,79mm), cantos arredondados;
- Cor do fundo amarelo em epóxi;
- Espessura de 2mm;
- Letras na cor preta com tinta eletrostática em pó.

7.5 Energia gerada com o SFCR e viabilidade econômica

A partir do dimensionamento do sistema fotovoltaico é possível determinar o valor estimado da energia gerada no primeiro ano de operação do sistema. A tabela 20 apresenta o resultado da análise.

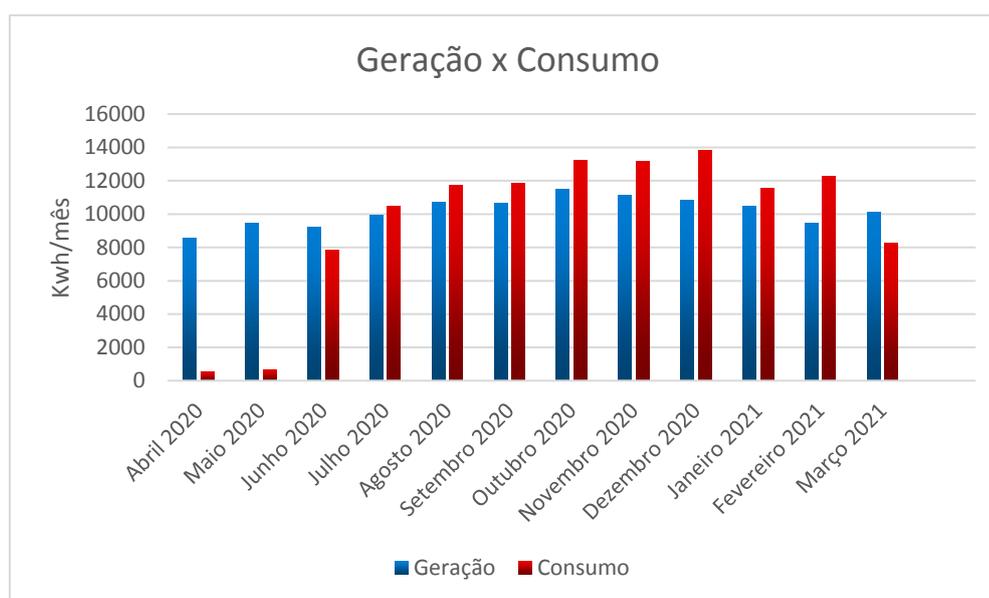
Tabela 20 – Geração esperada no primeiro ano de operação do SFCR

Geração do SFCR			
MÊS	ENERGIA GERADA (kWh)	CONSUMO MÊS (kWh)	CRÉDITO (kWh)
Abril/2020	8.566	527	8039
Maio/2020	9.453	635	8818
Junho/2020	9.218	7862	1356
Julho/2020	9.926	10.495	-569
Agosto/2020	10.728	11.736	-1008
Setembro/2020	10.663	11.846	-1183
Outubro/2020	11.474	13.222	-1748
Novembro/2020	11.175	13.156	-1981
Dezembro/2020	10.819	13.824	-3005
Janeiro/2021	10.473	11.534	-1061
Fevereiro/2021	9.492	12.245	-2753
Março/2021	10.145	8.247	1898
Total	118.539	115.329	6.802

Fonte: elaborada pelo autor.

A tabela 20 demonstra que o somatório da energia gerada pelo SFCR durante o período abordado é superior ao somatório do consumo realizado pela empresa nesse mesmo período, salientando que o crédito gerado pelo cliente poderá ser utilizado em até 5 anos. O gráfico 2 expõe o comparativo entre o consumo da empresa e a geração do sistema fotovoltaico.

Gráfico 2 – Gráfico da relação entre a geração do SFCR e o consumo do cliente



Fonte: elaborado pelo autor.

Para o demonstrativo da viabilidade econômica do sistema solar nessa lavanderia industrial foi elaborada a tabela 21, onde fica exposta uma estimativa da economia no primeiro ano de geração do sistema.

Tabela 21 – Economia esperada para o primeiro ano de operação do SFCR.

Economia gerada pelo SFCR						
MÊS	ENERGIA GERADA (kWh)	CONSUMO (kWh)	CONSUMO MÍNIMO (kWh)	CONTA SEM SFCR (R\$)	CONTA COM SFCR (R\$)	ECONOMIA (R\$)
ABR	8566	527	100	382,25	72,53	309,72
MAI	9453	635	100	489,41	77,07	412,34
JUN	9218	7.862	100	6.168,13	78,45	6.089,68
JUL	9926	10.495	100	7.394,15	70,45	7.323,70
AGO	10728	11.736	100	8.197,24	69,85	8.127,39
SET	10663	11.846	100	8.274,07	69,85	8.204,22
OUT	11474	13.222	100	9.453,46	71,50	9.381,96
NOV	11175	13.156	100	9.537,86	72,50	9.465,36
DEZ	10819	13.824	100	10.722,72	77,57	10.645,15
JAN	10473	11.534	100	8.376,45	72,62	8.303,83
FEV	9492	12.245	100	9.829,80	80,28	9.749,52
MAR	10145	8.247	100	6.469,36	78,44	6.390,92
TOTAL						84.403,79

Fonte: elaborado pelo autor.

A economia financeira gerada no primeiro ano de implantação do sistema fotovoltaico é de R\$ 84.403,79. Após a instalação do sistema a empresa pagará a taxa de disponibilidade e alguns tributos à concessionária de energia elétrica.

O custo para implantação do sistema fotovoltaico encontra-se demonstrado na tabela 22.

Tabela 22 – Orçamento para implantação do SFCR.

Orçamento do SFCR	
Kit gerador fotovoltaico 73,44 kwp – trifásico (Inversor, Módulos e Material CC)	236.499,00
Projeto	5.500,00
Serviço de instalação	16.170,00
Total	258.169,00

Fonte: elaborado pelo autor.

A garantia dos módulos fotovoltaicos é de 25 anos, dessa forma, foi realizada uma simulação de payback levando em conta esse período de tempo. Para essa simulação foi considerada uma variação de 8% ao ano nas tarifas de energia elétrica, essa variação representa uma média da variação considerada pelas empresas de energia fotovoltaica. Na tabela 23 é possível visualizar o payback de forma mais detalhada. O payback simples desse investimento pode ser obtido de (28):

$$P = \frac{I_0}{E_{sfc} \times M \times T} \quad (28)$$

Através da tabela 23 nota-se que o retorno simples tem um tempo de aproximadamente 3 anos. Esse investimento apresenta, portanto, um retorno financeiro bastante rápido. E já que os equipamentos solares tem vida útil de 25 anos, esse sistema fotovoltaico ficará gerando lucros para a empresa por pelo menos 22 anos. Portanto, a viabilidade da implantação desse sistema é confirmada.

Tabela 23 - Payback simples do investimento do SFCR

PAYBACK SIMPLES		
ANO	ECONOMIA (R\$)	ACUMULADO (R\$)
0	-258.169,00	-258.169,00
1	84.403,79	-173.765,21
2	91.156,09	-82.609,12
3	98.448,58	15.839,46
4	106.324,47	122.163,93
5	114.830,42	236.994,36
6	124.016,86	361.011,21
7	133.938,21	494.949,42
8	144.653,26	639.602,68
9	156.225,52	795.828,21
10	168.723,57	964.551,78
11	182.221,45	1.146.773,23
12	196.799,17	1.343.572,40
13	212.543,10	1.556.115,50
14	229.546,55	1.785.662,05
15	247.910,27	2.033.572,32
16	267.743,10	2.301.315,42
17	289.162,54	2.590.477,96
18	312.295,55	2.902.773,51
19	337.279,19	3.240.052,70

20	364.261,53	3.604.314,22
21	393.402,45	3.997.716,67
22	424.874,64	4.422.591,32
23	458.864,62	4.881.455,93
24	495.573,78	5.377.029,72
25	535.219,69	5.912.249,40

Fonte: o próprio autor.

8 CONCLUSÃO

O consumo de energia elétrica vem aumentando de forma bastante acelerada ao longo dos anos. Grande parcela desse aumento se deve ao setor industrial e de serviços por se tratar do maior consumidor de energia elétrica no Brasil. Frente a isso, a economia monetária com o custo de energia elétrica e o combate ao desperdício são fatores de suma importância para esse setor.

A análise realizada neste trabalho teve como objetivo a importância da gestão energética na indústria, gerando redução de custos e impactos na conta de energia. Para tanto foi verificada a aplicação de uma auditoria energética para uma lavanderia industrial, visando mudanças tarifárias na concessionária de energia e, a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Foram apresentados também a viabilidade econômica para implantação de uma subestação aérea e do sistema fotovoltaico.

A unidade em estudo vem buscando maneiras de reduzir seus gastos com eletricidade, seja por melhorias na iluminação, por trocas de contrato com a concessionária de energia local ou até mesmo, na implantação de uma forma de gerar sua própria energia.

Como se observou ao longo deste trabalho, a simples troca de contrato com a concessionária de energia gera uma boa economia com um menor investimento inicial (R\$ 35.890,32), dando a possibilidade para a empresa direcionar recursos a outras prioridades. Já a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede requer um investimento inicial maior (258.169,00), porém gera também uma maior economia.

Pelo estudo de viabilidade econômica foi verificado que a implantação de um SFCR é mais viável quando analisado para investimento inicial maior. O sistema fotovoltaico dimensionado para a lavanderia será pago em 3 anos, gerando ganhos elevados com a redução nas faturas de energia. Para um investimento inicial menor, a implantação de uma subestação aérea torna-se mais viável, optando pela tarifa horosazonal verde devido ao estabelecimento não possui funcionamento no horário de ponta. Ambas as alternativas mostraram-se viáveis, gerando redução significativa nos custos com energia elétrica por parte da lavanderia industrial. Com a implantação da subestação aérea o estabelecimento passar a ter economia anual de aproximadamente de R\$ 11.951,95 e se optar pelo sistema fotovoltaico o mesmo poderá ter economia anual de R\$ 84.403,79.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL**: Bandeiras tarifárias. Disponível em: <https://bit.ly/3ONKMLB>. Acesso em: 10 fev. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL**: Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010: Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <https://bit.ly/3IwnvMd>. Acesso em: 10 fev. 2022.

ALDO SOLAR. **Inversor solar fotovoltaico trifásico**. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/produto/158010-0/gerador-de-energia-solar-growatt-metalica-perfil-55cm-romagnole-aldo-solar-on-grid-gf-7344kwp-jinko-tiger-pro-mono-540w-mac-60kw-3mppt-trif-380v>. Acesso em: 16 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COMERCIALIZADORES DE ENERGIA. **Custos energia elétrica**. Disponível em: <https://bit.ly/3ypQPiO>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO SALVO BRITO. **CRESESB**: Energia solar princípios e aplicações. Disponível em: <https://bit.ly/3nE19kH>. Acesso em: 22 out. 2021.

COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ. **COELCE NT-002**: Fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição. ed. rev. Fortaleza: COELCE, 2002.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **CNI**: Impacto econômico do aumento no preço da energia elétrica. Disponível em: <https://bit.ly/3y1A2NK>. Acesso em: 14 mar. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **EPE**: Balanço Energético Nacional (2022): Relatório Final: Ano base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022.

ENEL DISTRIBUIÇÃO CEARÁ. **CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE**: Conexão de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema Elétrico da Enel Distribuição Ceará/ Enel Distribuição Goiás/ Enel Distribuição Rio. ed. rev. 03/09/2018. ENEL, 2018.

ENEL DISTRIBUIÇÃO CEARÁ. **CNC-OMBR-MAT-18-0126-EDCE**: Fornecimento de Energia Elétrica a Prédios de Múltiplas Unidades Consumidoras. ed. rev. 19/03/2019. ENEL, 2019.

ENEL DISTRIBUIÇÃO CEARÁ. **CNC-OMBR-MAT-20-0942-EDBR**: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição até 34,5kV. ed. rev. 10/09/2021. ENEL, 2021.

GOOGLE. **Google Earth website**. Disponível em: <https://bit.ly/3uqLxIN>. Acesso em: 15 dez. 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 50001:2011**: Energy management systems: Requirements with guidance for use. ISO, 2011.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60364-7-712**: Requirements for special installation or locations: Solar photovoltaic (PV) power supply systems. Geneva: IEC, 2002.

MAMEDE FILHO, João. **Manual de equipamentos elétricos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MARQUEZAN, Luiz Henrique Figueira; BRONDANI, Gilberto. Análise de investimentos. **Revista Eletrônica de Contabilidade** (Descontinuada), Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 35, 2006.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

SOLAR JINKO. Datasheet: **JKM540M-72**: Módulo Fotovoltaico monocristalino. Disponível em: <https://bit.ly/3PnMuUb.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2022.

SWISHER, J.; JANNUZZI, G.; REDLINGER, R. **Tools and Methods for integrated Resource Planning**: improving energy efficiency and protecting the environment. Denmark: Riso National Laboratory, 1997.

WEG. **Minidisjuntores MDW**: Guia para Aplicação em Instalações Residenciais e Prediais: catálogo de produtos. Disponível em: <https://bit.ly/3bOOYME>. Acesso em: 14 mar. 2022.

ANEXO A – DOCUMENTAÇÃO PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DA ENEL

Tabela A - Formulário de solicitação de acesso para microgeração distribuída com potência superior a 10kW

1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC									
Código da UC:	Grupo B	<input type="checkbox"/>		Grupo A	<input type="checkbox"/>		Classe:		
Titular da UC:									
Rua / Av.:				Nº:		CEP:			
Bairro:				Cidade:					
E-mail:									
Telefone: ()					Celular: ()				
CNPJ/CPF:									
2 - Dados da Unidade Consumidora									
Localização em coordenadas:	Latitude:			Longitude:					
Potência instalada (kW):					Tensão de atendimento (V):				
Tipo de conexão:	monofásica	<input type="checkbox"/>		bifásica	<input type="checkbox"/>		trifásica	<input type="checkbox"/>	
Transformador particular (kVA):	75	<input type="checkbox"/>		112,5	<input type="checkbox"/>		225	<input type="checkbox"/>	outro:
Tipo de instalação:	Posto de transformação	<input type="checkbox"/>		cabine	<input type="checkbox"/>		subestação	<input type="checkbox"/>	
Tipo de ligação do transformador:									
Impedância percentual do transformador:									
Tipo de ramal:	aéreo	<input type="checkbox"/>		subterrâneo	<input type="checkbox"/>				
3 - Dados da Geração									
Potência instalada de geração (kW):									
Tipo da Fonte de Geração:									
Hidráulica	<input type="checkbox"/>	Solar	<input type="checkbox"/>	Eólica	<input type="checkbox"/>	Biomassa	<input type="checkbox"/>	Cogeração Qualificada	<input type="checkbox"/>
Outra (especificar):									
4 - Documentação a Ser Anexada									
1.	ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de minigeração								<input type="checkbox"/>
2.	Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo								<input type="checkbox"/>
3.	Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e expansão								<input type="checkbox"/>
4.	Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção								<input type="checkbox"/>
5.	Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.								<input type="checkbox"/>
6.	Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg								<input type="checkbox"/>
7.	Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012								<input type="checkbox"/>
8.	Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver)								<input type="checkbox"/>
9.	Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver)								<input type="checkbox"/>
5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)									
Responsável/Área:									
Endereço:									
Telefone:									
E-mail:									
6 - Solicitante									
Nome/Procurador Legal:									
Telefone:									
E-mail:									
Local			Data			Assinatura do Responsável			