

REVISTA CIENTÍFICA

MUNDO TECNOLÓGICO

REVISTA MUNDO TECNOLÓGICO - ISSN 2238-2011 - V. 11 N. 13 JANEIRO/DEZEMBRO – 2019

MULTIVIX

SÃO MATEUS



MUNDO
TECNOLÓGICO

ISSN 2238-2011

MUNDO TECNOLÓGICO

Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX
v. 11 n. 13 janeiro/dezembro – 2019 - Anual

Diretor Executivo

Tadeu Antônio de Oliveira Penina

Diretora Acadêmica

Eliene Maria Gava Ferrão

Diretor Financeiro

Fernando Bom Costalonga

Diretor Geral

Elen Karla Trés

Coordenadora Financeiro

Amábile Marinato Camilo Marchi

Coordenadora Acadêmica

Elen Karla Trés

Coordenadores de Curso:

Administração – Josete Pertel
Arquitetura e Urbanismo - Mirelle Christine Corona
Biomedicina - Raiane Gobira Salomão
Direito - Patrick de Oliveira Malverdi
Enfermagem – João Paulo Cola
Engenharia Mecânica - Ciara Barcelos Zanelato
Engenharia Civil - Pedro Junior Zucatelli
Engenharia Química - Mariana de Jesus Lima
Nutrição - Ana Carolina Bonelá dos Santos
Psicologia - Maria Bastos Cacciari

Presidente da Comissão Editorial

Eliene Maria Gava Ferrão

Comissão Editorial

Elen Karla Trés
Eliene Maria Gava Ferrão
Josete Pertel
Rafaella Rangel do Rosario
Jardiléia Pereira Borges

Revisão Abstracts

Kelly Cristina Gross Rios Tercetti

Endereço para correspondência

Rod. Othovarino Duarte, s/nº, Bairro Park Washington,
São Mateus-ES, CEP.: 29930-000
e-mail: Fernanda.souza@multivix.edu.br

Capa

Alex Cavalini

M965 Mundo Tecnológico/ Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – v.11,
n.13, 2019 – São Mateus: MULTIVIX, 2019.

Semestral
ISSN 2238-2011

1. Pesquisa acadêmica – periódicos. 2. Gestão. 3. Exatas. I. Faculdade
Norte Capixaba de São Mateus

CDD 001.891
CDU: 001.891(05)

EDITORIAL

A revista científica Mundo Tecnológico é uma iniciativa da Faculdade Norte Capixaba de São Mateus que possibilita a divulgação de artigos e resumos de contribuições relevantes para a comunidade científica das diversas áreas de estudo que abrange a Instituição. Portanto, trata-se de um veículo de publicação acadêmica semestral, cujo público-alvo são professores e alunos de graduação e pós-graduação.

Diante disso, a Instituição almeja que a revista científica Mundo Tecnológico contribua para o fomento contínuo da prática da investigação, e promova o crescimento educacional.

MUNDO TECNOLÓGICO

SUMÁRIO

ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO DA MULHER NAS INDÚSTRIAS DO ESPÍRITO
SANTO6

Jessyca Medina de Oliveira
Tayná Miler de Oliveira

ESTUDO DA ELABORAÇÃO DE UM PROJETO RESIDENCIAL COM INSERÇÃO
DO MODELO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO *ON-GRID*21

Emanuel Augusto Kluska
Laisla Lana Gusmão Tavares Borges
Leonardo Augusto Matedi Amorim
Lorena Cristina Ramos Silva
Lucas Pinha Scardini
Yago Brommenschenkel Barcellos Pinheiro

TRATAMENTO DE VINHAÇA PROVENIENTE DA PRODUÇÃO DE ETANOL VIA
PROCESSO DE OXIDAÇÃO AVANÇADA COM REAGENTE DE FENTON50

Charles Henrique Rosário Junior
Felipe Caprini Fernandes
Jessica Caetano Morais
Leonardo Barbosa Junior
Ludmila Correia de Oliveira
Thiessa dos Santos Ferreira
Mariana de Jesus Lima

MEMBRANA FILTRANTE A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR PARA
CORRIGIR TURBIDEZ DA ÁGUA DO RIO DOCE AFETADA PELO DESASTRE DA
SAMARCO72

Gessiane Costa Tamagnoni
Ingrid Oreste da Silva
Laryssa Souza Santana
Mariana de Jesus Lima

ESTUDO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTÁICOS NOS POSTES
DO ESTACIONAMENTO DA FACULDADE MULTIVIX SÃO MATEUS99

Juan Nascimento Pereira
Nélio Calegario da Silva Junior
Walcymara Fonseca Cavalcanti Pinha

ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO DA MULHER NAS INDÚSTRIAS DO ESPÍRITO SANTO

Jessyca Medina de Oliveira¹
Tayná Miler de Oliveira²

RESUMO

Este artigo trata de um levantamento de dados sobre os números das mulheres nas indústrias do Espírito Santo, dividindo-os por setor e comparando com dados de pesquisas realizadas em todo Brasil nos anos de 1985, 1993 e 1997. Desde então esta apuração não tem sido mais feita.

Este projeto aborda os números de 36 indústrias do Espírito Santo de diversos setores, portes e regiões, buscando uma amostragem ampla e variada, possibilitando a obtenção de pontos a serem correlacionados. No decorrer deste estudo, ocorreram coletas de dados, que foram colacionados a fim de quantificar e identificar as mudanças ou permanências dos números levantados anteriormente.

PALAVRAS-CHAVE: Mulher. Indústria. Espírito Santo.

ABSTRACT

This article presents a survey on the amount of women in Espírito Santo's industries, dividing them by sector and comparing with data from previous surveys conducted throughout Brazil in the years 1985, 1993 and 1997. Since then this data has not been collected anymore.

This project considers data of 36 Espírito Santo's industries from various sectors, different sizes and regions, searching for a wide and varied sampling, making it possible to obtain data to be correlated.

During this study data were collected, which were collated in order to quantify and identify the changes or permanencies of the numbers previously raised.

KEYWORDS: Woman. Industry. Espírito Santo

¹ Graduanda em Engenharia Mecânica pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus.

² Graduanda em Engenharia Mecânica pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, foi possível observar um aumento significativo da presença feminina em áreas industriais. Entretanto ainda há uma disparidade em relação à ocupação masculina. Essa diferença é muito mais discrepante quando analisadas áreas distintas da indústria.

As atividades industriais em geral são vistas pela sociedade como masculinas. Desde os primórdios são designadas aos homens as tarefas de executar, criar e construir, e às mulheres as tarefas de zelar.

A participação feminina no mercado de trabalho teve início em meados do século XVIII, quando ainda acreditava-se que o homem deveria prover o sustento da família e a mulher manter a ordem do lar e educar os filhos. O dia internacional das mulheres em 8 de março de 1857 pode ter sido o ponto de partida para a reflexão da posição da mulher no mercado de trabalho e principalmente nas indústrias. A partir de então a mulher começou a ter convicção de que tem um papel importante no mercado de trabalho industrial e vem lutando por seu espaço nesse seguimento. Porém, mesmo depois de tanto tempo, os números de sua participação ainda se mantêm baixos no setor.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em uma pesquisa realizada em 2015, apenas 13% de toda a população feminina ocupada do Brasil está na indústria. No Espírito Santo a quantidade de mulheres não ultrapassou 10%. Esses números trazem consigo um contexto histórico de um problema cultural relacionado à visão da sociedade patriarcal, que acredita que o homem é o provedor financeiro e a mulher é responsável pelo lar. Esse sistema patriarcal refletiu nos dias atuais em mulheres sendo privadas do acesso à educação, o que compromete o desempenho de atividades de cunho técnico, operacional ou de engenharia.

A fim de entender a realidade da participação da mulher no ambiente fabril no Espírito Santo, e analisados para identificar a quantidade de mulheres empregadas na indústria, bem como em quais setores (mecânica, siderurgia, alimentício, têxtil, dentre outros) estão alocadas, identificando possíveis ramos industriais nos quais a

mulher vem conquistando espaço e também em quais setores a presença feminina ainda enfrenta barreiras a serem quebradas. Após a quantificação, espera-se encontrar possíveis fatores que justifiquem essa diferença, com base na literatura e pesquisas já realizadas, possibilitando assim a levantamento de hipóteses para melhorar esta situação.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como método a utilização dos princípios de um estudo de caso, se classificando de forma descritiva e explicativa. Segundo Triviños (1987), a pesquisa descritiva solicita do pesquisador informações acerca do que se quer pesquisar com a intenção de relatar os fatos e fenômenos de uma amostra. Portanto nessa modalidade se observa, registra, analisa e ordena os dados sem modificá-los, utilizando formulários e questionários como é caso deste estudo e dos dados obtidos anteriormente. Já a pesquisa explicativa, segundo Gil (2007), pode ser o desdobramento da descritiva, visto que, para identificação dos dados é necessário que a pesquisa esteja descrita e detalhada. Lakatos e Marconi (2001) mostram que elas também são as responsáveis por indicar as relações de causa e efeito por meio da manipulação das variáveis referentes ao estudo para visualizar as causas do fenômeno.

Os procedimentos utilizados nestes primeiros passos no levantamento de informações são classificados como: levantamento, estudo de caso, bibliográfica e documental. O fundamento teórico das pesquisas de base para comparação fora obtido por meio de estudos anteriores que compreendem a participação da mulher nas indústrias, contexto histórico, e definições acerca do papel da mulher, através de órgãos reconhecidos como o IBGE, MTE e CONFEA. Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram coletados dados atuais junto com empresas do ramo industrial do estado do Espírito Santo para identificação, obtenção, análise e comparação.

A partir desta compreensão desencadeia-se a realização do processo de construção desta pesquisa. Basicamente, a mesma é dividida em cinco fases interligadas, preservando cada fase com suas características e objetivos.

De acordo com o Portal da Indústria o estado do Espírito Santo possuía 10.113 empresas de micro, pequeno, médio e grande porte, no ano de 2017. Essas empresas podem ser classificadas como indústrias, pois, exercem atividades de produção que transformam matéria-prima em produtos designados para consumo (AOKI, 2013).

Estas corporações estão espalhadas por todo o estado, dificultando o contato direto com grande parte das mesmas. Portanto para ser realizado o levantamento dos dados foram estabelecidos contatos, através de canais virtuais disponibilizados nos sites das mesmas. Ademais, foram feitos contatos via telefonema, via contatos relacionados e principalmente através do e-mail.

Após essa solicitação inicial, era enviado para o setor de recursos humanos das empresas um questionário online, criado para tratar do assunto de forma clara e objetiva com o objetivo de facilitar a coleta de informações. Segundo Severino (2017) questionários são definidos como conjuntos de questões, sistematicamente articuladas, que se destinam a levantar informações escritas por parte dos sujeitos pesquisados a fim de a conhecer a opinião destes sobre o assunto em estudo. Aplicando questionários, foi levantada a quantidade de funcionários total de cada indústria e a respectiva quantidade de mulheres participantes do quadro de funcionários daquela empresa.

Para entrar em conformidade as pesquisas do IBGE, o questionário também abordou o setor de atuação da empresa. Para conformidade de dados, considerou-se os mesmos setores nas pesquisas realizadas nos anos de nos anos de 1985, 1993 e 1997. Também, foram obtidos dados de localidade das empresas, para a devida classificação e segregação dos dados. Estas informações foram indispensáveis, visto que os dados seriam comparados com pesquisas já existentes.

Foram encaminhados formulários para 156 empresas do seguimento industrial, com a finalidade de coletar e filtrar essas informações e identificar quais empresas se encaixavam no estudo. Segundo Sayão (2015), dados coletados para uma pesquisa tem um ciclo de vida, no qual filtrar as informações é um dos meios de assegurar a qualidade do que foi coletado.

O processo de filtrar seguiu um padrão para separar os dados que seriam utilizados:

- I) Quais empresas responderam todas as perguntas de maneira correta.
- II) Quais empresas atuam nos setores dentro da conformidade com as pesquisas do IBGE.

Com todos os dados devidamente prontos, inicia-se o chamado tratamento de material. Segundo Teixeira (2011) essa é uma etapa na pesquisa em que o pesquisador pode adequar as informações coletadas de forma que atenda aos propósitos do estudo. Desta maneira, as informações que seriam utilizadas no estudo foram reunidas em uma planilha, agrupando-as por ramo de atuação.

Os dados a respeito da quantidade de funcionários totais e quantidade de mulheres atuantes nas empresas foram processados em forma de porcentagem, relacionando as variações entre os mesmos. Essas informações foram então demonstradas em tabelas e gráficos a fim de facilitar a visualização e entendimento dos dados obtidos, assim como para comparação com outras pesquisas.

A análise de dados foi executada em três etapas: apresentação, oscilação e comparação dos dados, com o objetivo de demonstrar as conclusões recolhidas em todo o desenvolvimento dessa pesquisa. Dessa forma foi possível correlacionar à participação feminina na indústria do estado do Espírito Santo, em uma subdivisão de setores.

Por fim classifica-se a natureza dos dados empregados como qualitativa e quantitativa, pois no decorrer deste estudo, além de um levantamento histórico dos fatos relatando acontecimentos, situações e comparações, ocorre também um levantamento de números de um grupo de pessoas.

3 RESULTADOS

3.1 APRESENTAÇÃO DE DADOS LEVANTADOS

Apenas 49 empresas responderam ao questionário, mostrando uma baixa adesão. Os resultados obtidos foram filtrados para verificação se todos os itens foram respondidos corretamente e se o setor da empresa se encaixava nos setores para comparação com a pesquisa IBGE. Dos 49 questionários respondidos, 36 atenderam aos critérios estabelecidos e seguiram para a fase de análise dos dados obtidos. Por um acordo de confidencialidade com as empresas, seus nomes não são citados neste trabalho.

Entre as 36 indústrias do Espírito Santo que responderam ao questionário, notou-se que em seis dos oito seguimentos analisados a participação feminina é menor que a da média nacional coletado em todos os anos de 1985, 1988 e 1997.

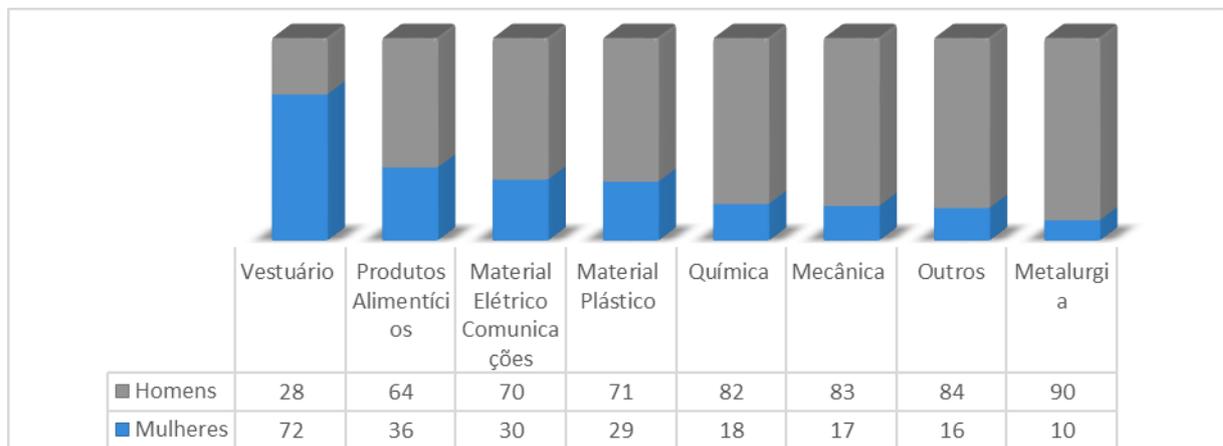


Gráfico 2 – População ocupada, por tipo de atividade e gênero no Espírito Santo em 2018 (%).

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Segundo Queiroga (2011) a sociedade sendo patriarcal destinou às mulheres as atividades de cuidado, muito também pelas suas condições físicas. Algumas vezes o direito de educação era negado ou dificultado devido a essas circunstâncias, o que nos primórdios impossibilitou a busca por conhecimento tecnológico e prejudicou a inserção e/ou ampliação da participação da mulher na área industrial. Embora tenham decorrido 33 anos desde a pesquisa inicial feita pelo IBGE em 1985, percebe-se conforme o Gráfico 2, que a mão de obra feminina em 2018 continua enfrentando dificuldades em adentrar no seguimento industrial do estado.

3.2 COMPARAÇÃO DOS DADOS ATUAIS COM OS DADOS NACIONAIS DE 1985 A 1997 SOBRE A PARTICIPAÇÃO FEMININA

Ao analisar os dados notou-se que apenas dois dos oito setores estudados, química e materiais elétricos e comunicações, demonstraram uma oscilação positiva para o aumento do número de mulheres, quando comparado aos dados coletados pelo IBGE nos anos de 1985, 1988 e 1997 conforme apresentado no Gráfico 3.

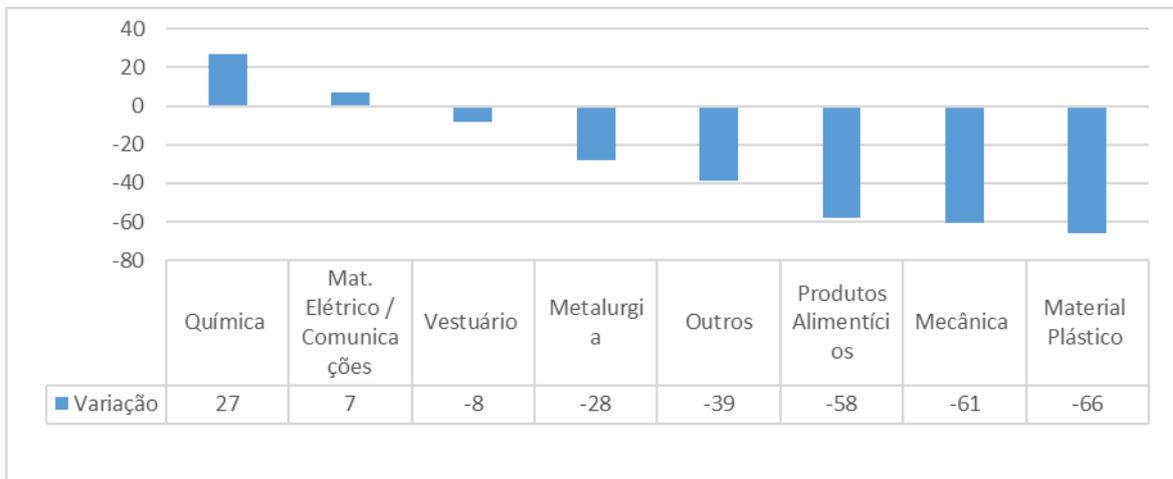


Gráfico 3 – Percentual de variação de mulheres na indústria do Espírito Santo comparado aos dados nacionais (1988 a 1997)

Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Comparando a média nacional de 1988, 1995 e 1997, com os dados coletados nesta pesquisa, conforme tabela 3, o setor de materiais elétricos passou de 30% para 32%, e o setor de química passou 18% para 23%. Isto projeta variações positivas de 6% no total para o setor elétrico e 26,98% na indústria química.

Tabela 3 – Variação da média da porcentagem de mulheres na indústria entre os anos de 1985, 1988 a 1997 no Brasil em relação aos dados coletados nessa pesquisa no Espírito Santo em 2018.

Setor	Média entre os anos de 1985 a 1997	2018	Variação
Material Elétrico/Comunicações	30%	32%	6,67
Material Plástico	29%	10%	-65,52
Mecânica	17%	7%	-60,71
Metalurgia	10%	7%	-27,50
Outros	16%	10%	-38,88
Produtos Alimentícios	36%	15%	-58,33
Química	18%	23%	26,56
Vestuário	72%	66%	-8,44
Total	25%	19%	-25,70

Fonte: Elaborado pelas Autoras.

O setor com menor variação negativa foi o setor do vestuário que passou de 72% na média nacional para 66% na média estadual, causando uma variação de -8,96%, o que pode explicar essa queda é a crise que o Brasil vem enfrentando desde 2014, a busca por mecanizações de atividades, o que por consequência tem se tornado uma ocupação masculina e um trabalho relativamente bem remunerado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO, ABIT, 2015; FERNÁNDEZ-KELLY, 1983).

Na metalurgia ocorreu uma mudança de 10% para 7%, uma variação que corresponde a -30%, sendo um dos setores com o menor número de mulheres no âmbito nacional nos anos entre 1985 a 1997 e permaneceu nesta pesquisa feita em 2018 no Espírito Santo.

Durham (1980) ao estudar sobre os perfis da família operaria no Brasil, constatou que os operários da indústria metalúrgica não são somente apegados a família, mas também preferem a divisão sexual do trabalho nos moldes tradicionais, com a subordinação da mulher ao homem e a restrição de suas atividades ao espaço doméstico. Certamente, por esse ponto e concepção os trabalhadores desse seguimento dificultam o crescimento do número de mulheres na metalurgia.

Os setores classificados como “outros” passou de 16% na pesquisa nacional para 10% na pesquisa estadual, ou seja, houve uma variação de aproximadamente -39%. Abramo (2007) acredita que essa diferença pode ser causada por:

(...) as distintas realidades e possibilidades vividas por homens e mulheres em termos das suas oportunidades de inserção no mercado de trabalho e da qualidade dessa inserção.

A indústria de produtos alimentícios teve uma queda de -58% no número de mulheres no Espírito Santo, um número muito próximo ao setor de mecânica que teve uma variação de -61%. A variação da presença feminina no setor alimentício passou de 36% na pesquisa nacional, para 15% no Espírito Santo, já no setor de mecânica as mulheres que correspondiam a 17% nessa pesquisa só correspondem a 7%.

A dificuldade para analisar a absorção de trabalhadoras pela indústria de produtos alimentícios está na sua diversificação. Sua produção não é homogênea, sendo o segmento formado por um elevado número de empresas altamente heterogêneas. Como os processos produtivos são bastante diferenciados, incluem moinho de trigo, milho, mandioca, café, padaria/confeitaria, usina de açúcar, laticínios, abate e preparação de carnes. São segmentos industriais muito díspares. A principal característica desse setor é possuir por excelência relações trabalhistas relativamente precárias, mão-de-obra pouco qualificada e gigantescas externalidades em termos de bem-estar. Aparentemente, esta indústria permite uma ponte entre o meio rural e o urbano, o que facilita tais arranjos diferenciados nas relações trabalhistas. (MELO, 2000).

A indústria de material plástico é o seguimento com a maior queda do número de mulheres entre todos os analisados, ela passou de 29% para 10% uma queda de aproximadamente 66%.

Entretanto, os valores aqui obtidos não englobaram toda a população do setor industrial do Espírito Santo. É possível, portanto, que se a amostra aumentar os valores possam se distanciar dos valores aqui apresentados.

3.3 COMPARAÇÃO DE DADOS COLETADOS NO ESPÍRITO SANTO COM OS DADOS DE OUTRAS LOCALIDADES

É possível encontrar na literatura alguns trabalhos com focos semelhantes como, por exemplo, os dados levantados por Galvane (2016) ao analisar as trabalhadoras da indústria plástica da cidade de Orleans em Santa Catarina. Notou-se que 57% das mulheres que trabalham na indústria estão no setor de materiais plástico, e estas ocupam 48% das vagas dessas indústrias, um número muito grande comparado aos 10% apresentados nas indústrias do Espírito Santo.

Para compreender o aumento da participação da força de trabalho feminina no mercado de trabalho, é necessário articular diversos elementos, dentre eles, os altos índices de escolaridade das mulheres. Entretanto, no que diz respeito às indústrias de fabricação de produtos de materiais plásticos de Orleans, há outro fator a ser considerado: a escassez da força de trabalho masculina (...) algumas funções dentro dessas indústrias passaram a ser realizadas por mulheres devido à dificuldade de se encontrar homens para trabalhar. (GALVANE, 2016).

Embora a participação feminina na indústria de material plástico de Santa Catarina seja equiparada a masculina, ela segue em torno de muitas normas de gênero que são moldadas de acordo com os interesses das organizações, atividades são

determinadas como de “homem” ou “mulher”, criando barreiras que dificultam a inserção de mulheres em algumas atividades ou setores, essas barreiras são criadas por convicções machistas e sexistas e deixam de existir quando convém:

De fato, é interessante perceber que, segundo os/as entrevistados/as, quando a produção corre risco de parar ou diminuir seu ritmo devido à escassez de força de trabalho, as mulheres são contratadas para realizarem atividades que seriam, até então, exclusivas dos homens. Nesse caso, parece que as questões peso, altura, posição de trabalho ou normas da empresa passam a não interferir nas atividades realizadas. (GALVANE, 2016).

Já no estudo feito por Sardenberg, Ferreira e Costa (2004) sobre mulheres metalúrgicas no Norte e Nordeste do Brasil notou-se que as maiores diferenças eram encontradas nas áreas de metal mecânica, na maior parte dos setores a presença feminina não chegava a 10%, no estado do Espírito Santo os setores de Mecânica e Metalurgia contam com apenas 7% de mulheres.

Outro ponto ainda mais alarmante é que de acordo com as informações disponibilizadas pelo RAIS (Relação Anual de Informações Sociais) no ano de 1996 no Norte e Nordeste, mostraram diferenças sensíveis entre a força de trabalho feminina e masculina, tais discrepâncias se mostraram ainda maiores no Nordeste, onde o nível de escolaridade da mulher é notavelmente superior ao dos homens, levando a mesma a concluir que a uma tendência da desvalorização do trabalho feminino naquela localidade.

No ramo alimentício de acordo com Sato e Lacaz (2000) em sua pesquisa sobre as Condições de trabalho e saúde dos trabalhadores do ramo da alimentação feita em 2000, cerca de 50% dos trabalhadores que constituem a base da CUT (Central Única dos Trabalhadores) são mulheres. Segundo Diesse (2006) no estado de Santa Catarina setor de abate de aves emprega 130 mil trabalhadores destes 51 mil são mulheres, o que corresponde a 40% da força de trabalho, nos dados levantados no Espírito Santo nessa pesquisa a força de trabalho feminina corresponde 15%.

Segundo Rodda (1991) em países pobres as mulheres são responsáveis por partes significativas da produção, em cada país as suas funções mudam de acordo com as culturas locais, na África 70% dos alimentos são produzidos por mulheres, na Ásia a

proporção varia de 50 a 60% e na América Latina gira em torno de 30%, ainda nesse território essa mão de obra é empregada principalmente na colheita do café e produção de sementes, com a explicação de que essas tarefas repetitivas e tediosas exigem dedos ágeis de dedicação.

Segundo Delgado e Lopes (1992):

Apesar de as estatísticas internacionais evidenciarem a presença dominante das mulheres no campo, elas mostram também que nas áreas onde as modernas tecnologias de mecanização agrícola são introduzidas, a demanda pelo trabalho feminino diminui, assim como nos planejamentos de projetos de desenvolvimento são os homens, em sua maioria, que têm acesso a treinamentos, créditos e novas tecnologias.

Lourenço (2018) fez um levantamento em uma indústria química do Estado de Minas Gerais e encontrou um ambiente discriminatório e machista:

A cultura machista disseminada na sociedade limita apenas a mulher de agir, de se portar como deseja. Dentro da indústria química há, por exemplo, uma definição do padrão ideal de se vestir, no qual são distribuídos uniformes aos funcionários e regras do que se deve ou não usar, porém essa padronização masculiniza a mulher, modelos de uniformes largos, proibindo acessórios mesmo em áreas que não operacionais. Essa forma de masculinização para adequar a mulher ao contexto da indústria leva à questão da diferenciação de gênero, que julga que o adequado para se trabalhar na indústria é o estereótipo masculino e, por isso, para as mulheres exercerem funções socialmente pertencentes aos homens e para estarem no meio deles, elas precisam negar a si mesmas e agir como homens.

Nesta empresa apenas 14% da força de trabalho era feminina, um número menor ainda que no Espírito Santo onde esse número é de 23% de acordo com os dados coletados nessa pesquisa. Além do baixo quantitativo de mulheres a autora notou que as mesmas não estavam inseridas em todos os setores da empresa, elas se encontravam em áreas administrativas ou em cargos que não exigiam esforço físico.

Em um estudo sobre o setor têxtil feito por Cruz-Moreira em Honduras (2003) levantou que aproximadamente 63% da mão de obra era feminina, número próximo ao do estado, onde as mulheres representam 66% da mão de obra das empresas analisadas por essa pesquisa. Em outro estudo feito em 2002 por Mazier e Castillo também sobre a indústria têxtil em Honduras foram relatadas más condições de

trabalho, abusos, excesso de carga de trabalho, falta de pagamento de hora extra, bem como a repressão a sindicalização.

Na indústria de Materiais elétricos, segundo dados do RAIS (2007) 24% da força de trabalho desse setor em Santa Catarina era composta por mulheres, no Espírito Santo esse número é de 32%. Outro dado importante sobre a participação feminina nesse seguimento foi notado na pesquisa feita por Almeida em 2013 ao analisar a composição do conselho de administração no setor de energia elétrica no Brasil notou-se que menos de 8% do conselho é composto por mulher, e mais de 66% dos conselhos não possuem nenhuma mulher em seu quadro.

4 CONCLUSÃO

A análise realizada nos permitiu tecer algumas considerações sobre a situação da mulher nas indústrias do Espírito Santo acerca de sua participação através da comparação dos dados colhidos entre 1985 a 1997 pelo IBGE no Brasil. Também possibilitou a comparação desses números com outros estudos, feitos por pesquisadores -citados aqui- nos mais variados seguimentos, amostragem e localidades do Brasil e do mundo.

Notou-se ao analisar os dados dessa pesquisa que as mulheres permanecem sendo minoria em grande parte dos seguimentos industriais no estado do Espírito Santo e seguem encontrando dificuldades para o aumento de sua participação.

Embora passado mais de 30 anos desde a última pesquisa feita pelo IBGE em todo território nacional os números atuais no estado demonstram uma baixa efetividade feminina no ramo industrial. Isto evidencia que mesmo após décadas e evolução na mudança da forma com que a mulher é vista perante a sociedade, a pesquisa ainda sim apresentou números, em sua maioria, menores que os coletados anteriormente. Isto mostra que a indústria capixaba não acompanhou o progresso estrutural e comportamental das indústrias nacionais.

O caso mais alarmante é o da indústria de materiais plásticos, onde os números são em média 65% menores que os nacionais comparados à média feita entre os anos

de 1985 a 1997. Nesse período a participação feminina era de 29% em todo território nacional, no Espírito Santo os dados levantados neste estudo mostram que as mulheres correspondem a apenas 10% da força de trabalho, em Santa Catarina, local berço das indústrias plásticas, o quantitativo de mulheres gira em torno de 57%.

Entretanto também foi possível notar o aumento do quantitativo de mulheres, como no caso da indústria química, que apresentou um aumento de 26% quando comparados os dados do IBGE com os desse estudo, passando de 18% no Brasil para 23% no Espírito Santo, e sendo maior que os 14% encontrado em uma indústria de Minas Gerais também em 2018.

É importante salientar que a amostragem coletada nesse estudo ainda é muito pequena quando comparada a totalidade de indústrias no estado, sendo importante a realização de pesquisas futuras com uma amostragem maior. Traçando se possível, em quais lugares das indústrias essas mulheres estão alocadas, tendo em vista que ao longo desse estudo notou-se que por diversas vezes as mulheres não desempenham papéis ligados diretamente à produção e sim em setores administrativos, paralelos, menores ou de menos prestígio e/ou remuneração.

Também notou-se durante esse estudo a falta de pesquisas similares recentes, deixando aqui a vigilância quanto à importância sobre a investigação do motivo para o baixo número de estudos correlacionados a estes nos últimos anos no Brasil. Tendo em vista que a maioria dos dados encontrados possui mais de 20 anos, dificultando o estabelecimento e acompanhamento de padrões, oscilações e migrações. Impedindo não somente o acesso à informação, mas também a possíveis formulações de programas para equilibrar a proporção de mulheres no ambiente industrial.

A obtenção do equilíbrio entre os gêneros traz benefícios para sociedade em geral, tendo em vista que diminui os ressentimentos e tensões em relação à injustiça e igualdade, promovendo um ambiente justo para homens e mulheres. O que além de um desejo é um direito constitucional, onde todos partem da premissa que homens e mulheres são iguais em direitos e deveres.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMO, Lais Wendel. **A inserção da mulher no mercado de trabalho: uma força de trabalho secundária?**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2007.

AOKI, Virginia. **EJA MODERNA: Educação de Jovens e Adultos/Obra coletiva**. 7º ano. 1ª ed. Editora Moderna: São Paulo. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. Disponível em <www.abit.org.br>. Acesso em 28 de out. 2018.

CRUZ-MOREIRA, Juan Ricardo. **Industrial upgrading nas cadeias produtivas globais: reflexões a partir das indústrias têxteis e do vestuário de Honduras e do Brasil**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção. p.56. 2003.

DELGADO, Maria Berenice G.; LOPES, Maria Margareth. **Mulheres Trabalhadoras e Meio Ambiente: Um Olhar Feminista No Sindicalismo**. Estudos Feministas, P. 155. 1992.

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Nota técnica: a gripe aviária e o impacto sobre os trabalhadores**. Número 20. p. 1-6. 2006.

DURHAM, Eunice. **A família operária: consciência e ideologia**. v. 23, n. 2, p. 201-213. 1980.

FERNÁNDEZ-KELLY, M. Patricia, SASSEN, Saskia. **Recasting women in the global economy: internationalization and changing definitions of gender**. In: BOSE, Christine E., ACOSTA-BELÉN, Edna (eds.). Women in the Latin American development process. Philadelphia: Temple University, p.11. 1985.

GALVANE, Fabia Alberton da Silva. **Trabalhadoras da indústria plástica: políticas de gestão de RH na (re) produção de normas de gênero**. 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, p.43. 2007.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas. 2001.

LOURENÇO, Aline Pereira. **Ser mulher na indústria química: vivências e percepções**. 2018.

MAZIER, A; CASTILLO, N. **El empleo en la maquina: mitos e realidades**. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Tegucigalpa. P.10. 2002.

MELO, Hildete Pereira de. **O trabalho industrial feminino**. p.31. 2000.
 QUEIROGA. Vitória dos Santos Lima. **Ações afirmativas e trabalho da mulher: garantia de um direito ou estabelecimento de um privilégio?** Revista Âmbito Jurídico. Disponível

em:<http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=8854&revista_caderno=25>. Acesso em: 02 abr. 2018.

RAIS. Relação Anual de Informações Sociais. **Manual de Orientação da RAIS**. Disponível em: <http://www.rais.gov.br/rais_sitio/rais_ftp/manual-RAIS1996.pdf> Acesso em: 10 de out. de 2018.

RAIS. Relação Anual de Informações Sociais. **Manual de Orientação da RAIS**. Disponível em: <http://www.rais.gov.br/rais_sitio/rais_ftp/manual-RAIS2007.pdf> Acesso em: 18 de out. de 2018.

RODDA, A. **Women and Environment**. London. Zed Books. Estudos Feministas. 1991.

SARDENBERG, Cecília Maria Bacellar; FERREIRA, Silvia Lúcia; COSTA, Ana Alice Alcantara. **A face feminina do complexo metal-mecânico**: mulheres metalúrgicas no Norte e Nordeste. 2004.

SATO, Leny; LACAZ, Francisco Antonio de Castro. **Condições de trabalho e saúde dos trabalhadores(as) do ramo da alimentação**. Disponível em <http://www.cerest.piracicaba.sp.gov.br/site/images/caderno13_alimentacao.pdf>. Acesso em 13 de out. 2018.

SAYÃO, Luis Fernando et al. **Guia de gestão de dados de pesquisa para bibliotecários e pesquisadores**. 2015.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2017.

TEIXEIRA, Enise Barth. A análise de dados na pesquisa científica: importância e desafios em estudos organizacionais. **Desenvolvimento em questão**, v. 1, n. 2, p. 177-201. 2011.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, p. 25, 1987.

ESTUDO DA ELABORAÇÃO DE UM PROJETO RESIDENCIAL COM INSERÇÃO DO MODELO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO *ON-GRID*

Emanuel Augusto Kluska¹
Laisla Lana Gusmão Tavares Borges²
Leonardo Augusto Matedi Amorim³
Lorena Cristina Ramos Silva⁴
Lucas Pinha Scardini⁵
Yago Brommenschenkel Barcellos Pinheiro⁶

RESUMO

A inserção da energia solar fotovoltaica na matriz energética mundial é realidade em muitos países, porém, o alto preço de investimento para obtenção desse modelo energético acaba sendo a principal limitação para sua maior difusão. O presente trabalho visou elaborar um projeto de uma residência no município de São Mateus, Espírito Santo, inserindo um sistema de energia solar fotovoltaica conectada à rede (*on-grid*) e dimensionar a quantidade de painéis fotovoltaicos que serão necessários, analisando a viabilidade econômica da implantação desse modelo energético explicitando assim o tempo de retorno financeiro. Para que o estudo fosse realizado, foi feita uma estimativa do consumo energético da residência projetada, onde foram utilizadas 6 residências de um mesmo padrão proposto e foi feita a média mensal referente a um ano de consumo (12 meses) dessas tarifas. O método adotado para análise da viabilidade econômica e do retorno financeiro foi o *payback* simples, método esse que não contém a valorização do dinheiro no tempo. Ao final do trabalho, foi definido a necessidade de usar-se 7 painéis fotovoltaicos para suprir a demanda energética da casa, foi elaborada uma planta de cobertura no programa Revit demonstrando a distribuição dos módulos fotovoltaicos dispostos no telhado e através do método de *payback* simples a recuperação do capital investido se dará ao longo de aproximadamente 9 anos com benefícios imensuráveis ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar Fotovoltaica. Construção Sustentável. Método Construtivo.

¹ Estudante de Graduação 10º período Engenharia Civil da MULTIVIX–Faculdade Norte Capixaba de São Mateus, emanuel.kluska@gmail.com;

² Estudante de Graduação 10º período Engenharia Civil da MULTIVIX–Faculdade Norte Capixaba de São Mateus, laislagtb@yahoo.com.br;

³ Estudante de Graduação 10º período Engenharia Civil da MULTIVIX–Faculdade Norte Capixaba de São Mateus, leonardo_amorim@live.com;

⁴ Estudante de Graduação 10º período Engenharia Civil da MULTIVIX–Faculdade Norte Capixaba de São Mateus, lorena-crs@hotmail.com;

⁵ Estudante de Graduação 10º período Engenharia Civil da MULTIVIX–Faculdade Norte Capixaba de São Mateus, lucas-scardini@hotmail.com;

⁶ Estudante de Graduação 10º período Engenharia Civil da MULTIVIX–Faculdade Norte Capixaba de São Mateus, yagoarapongas@gmail.com.

ABSTRACT

The inclusion of the photovoltaic energy in the global energy matrix is already a reality in many countries. However, the high investments needed to obtain this energy model poses a major limitation to its wider diffusion. The subject matter of this final paper is to elaborate the design for a house in São Matheus, Espírito Santo, Brazil, by implementing a photovoltaic solar energy system on-grid and assessing the required number of photovoltaic panel, considering the economic feasibility for the implementation of this energy source and therefore setting forth the time of its financial return. In order to carry out this study, an estimate of the energy consumption of the intended house was made, with 6 houses using the same assigned pattern, and the monthly average corresponding to one-year consumption (twelve months) with the same fees. The method employed to analyse the economic feasibility and the financial return was the simple payback, which does not include the valuation of the money over the time. As a conclusion, it was necessary to use seven photovoltaic panels in order to supply the energy demand to the house. A cover plant was created using the software Revit, showing the photovoltaic modules distribution over the roof and, using the simple payback method, the recovery of capital invested takes places over about nine years with measurable benefits to the environment.

KEY-WORDS: Photovoltaic Solar Energy. Sustainable Construction. Method of Construction.

1 INTRODUÇÃO

Muitas comunidades e vilarejos por serem afastados de grandes centros ou por não receberem investimentos por parte dos municípios/estados acabam não contendo condições que hoje são consideradas primordiais para ter-se uma moradia digna. Um bom exemplo da precariedade sofrida por parte dessas populações é a ausência ou mal funcionamento de serviços de eletricidade convencionais (SANTOS E MICHELS, 2011).

A tendência mundial é a busca por novas fontes de energia que possam atender a demanda, de forma não poluente e sustentável. Tem-se conhecimento que grande parte da matriz energética brasileira se dá através da geração de energia elétrica por meio de hidroelétricas, que utilizam a água para girar suas turbinas gerando assim a energia elétrica (MAUAD; FERREIRA E TRINDADE, 2017).

Apesar da predominância do sistema hidráulico brasileiro, devido ao fato da privilegiada abundância de recurso hídrico em grande parte do território, o Brasil é um país privilegiado geograficamente e de riquezas ambientais para receber a

exploração de outros recursos naturais, dentre esses a energia solar (MAUAD; FERREIRA E TRINDADE, 2017).

Atualmente, existem três grandes grupos de tecnologias que estão inseridos e dispostos no mercado de geração de energia proveniente do Sol. Deste relevante grupo podemos citar a arquitetura bioclimática, o efeito fototérmico e também o efeito fotovoltaico (SOUZA), [s.d.].

A geração de energia elétrica através do uso de módulos fotovoltaicos tem como princípio de funcionamento o efeito fotovoltaico que absorve a luz solar gerando uma diferença de potencial em um material semi condutor, esta corrente elétrica criada devido ao fluxo contínuo de elétrons é o que chamamos de Energia Solar Fotovoltaica. Este efeito foi relatado por Edmond Becquerel à Academia de Ciências de Paris (FERREIRA, 1993).

Machado e Miranda (2015) afirmam que a energia provida dos raios solares diariamente é capaz de sustentar diversas vezes toda a demanda energética mundial, porém, um dos fatores que impossibilitam a implantação dessa energia renovável é o alto preço dos equipamentos e mão de obra.

Contudo, afim de que a população insira esse modelo energético em suas residências e comércios, o Brasil criou incentivos fiscais nos impostos de ICMS (imposto sobre circulação de mercadorias e prestações de serviços) e IPI (imposto sobre produtos industrializados) para alguns equipamentos necessários para instalação da energia solar fotovoltaica (VARELLA; CAVALIERO e SILVA, 2008).

Buscando incentivar essa tecnologia o Governo Federal liberou no dia 4 de abril de 2018 uma linha de financiamento de energia solar para pessoas físicas através do banco do Nordeste, este programa se chama FNE Sol (POST, 2018). Mais recentemente, no dia 07 de junho de 2018, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) também aprovou financiamento desses sistemas para pessoas físicas (BARBOSA, 2018).

Segundo Machado e Miranda (2015), no Brasil, em média, o retorno financeiro para a implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica se dá entre 6 a 10 anos, período este avaliado como satisfatório visto que os equipamentos dos módulos

fotovoltaicos (equipamentos mais custosos do sistema) em média possuem uma garantia de 25 anos.

Baseado nisso, o presente trabalho teve a intenção de fornecer um estudo da inserção de um sistema de energia solar fotovoltaica *on-grid* na elaboração do projeto de uma residência de classe média alta com 4 moradores localizada no município de São Mateus – Espírito Santo e avaliar a viabilidade técnica e econômica da inserção desta fonte de energia elétrica, considerando as alterações nos métodos construtivos para maximizar a eficiência energética que conseqüentemente afetará no desempenho do sistema solar e no tempo de retorno do investimento. Para isso foram coletados dados *in loco* e em fontes governamentais de informação.

Ao longo desse artigo abordamos as metodologias da pesquisa que foram utilizadas, as referências que dão base teórica ao tema, discutimos e analisamos as soluções encontradas e apresentamos os resultados alcançados.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para alcance dos objetivos do presente trabalho a pesquisa possui cunho exploratório, devido a necessidade de se obter resultados e informações verídicas que não se baseiam somente em hipóteses ou fiquem respaldadas apenas em teorias, com isso foram realizadas entrevistas e pesquisas *in loco* com intuito de levantar dados de forma mais precisa, segundo Gil (1999)

“As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”.

Devido aos procedimentos de coleta e as fontes de informação a pesquisa é definida como modelo de revisão bibliográfica em virtude de todo embasamento teórico ter sido adquirido de outras bibliografias que segundo Conforto, Amaral e Silva (2011, p.1) “A revisão bibliográfica sistemática é um método científico para busca e análise de artigos de uma determinada área da ciência”, e também classificado como uma pesquisa documental, devido alguns dados serem captados sem prévio tratamento,

cujo Marconi e Lakatos (2003) definem esse modelo de pesquisa como coleta de dados que estão restritas a documentos, constituída de fontes primárias, escritas ou não, podendo ser realizada no momento da ocorrência do fato, ou após.

O Método utilizado, segundo a natureza dos dados, é o método quantitativo cuja abordagem foi realizada em forma de estatísticas, numéricas e também através de análises gráficas, que segundo Gatti (2004, p. 14) “A quantificação abrange um conjunto de procedimentos, técnicas e algoritmos destinados a auxiliar o pesquisador a extrair de seus dados subsídios para responder à(s) pergunta(s) que o mesmo estabeleceu como objetivo(s) de seu trabalho”.

Como fonte de dados para critérios de inclusão e exclusão, os materiais utilizados são compostos por artigos acadêmicos publicados em jornais e revistas de divulgação científica, artigos, trabalhos de conclusão de curso aprovados disponíveis em sites de faculdades e livros disponíveis em plataformas digitais.

A técnica de amostragem aplicada e utilizada foi a não-probabilística pois a escolha dos elementos de amostra não foram simplesmente coletados de uma forma aleatória sem que critérios fossem adotados. Elas foram selecionadas de modo intencional.

De acordo com a demanda do mercado imobiliário, as propostas de edificações mais comercialmente viáveis são os duplex. Este tipo de edificação visa atender o cenário atual de famílias de classe média alta que são compostas por uma média de 4 pessoas. A escolha por 2 pavimentos acontece devido à uma considerável área construída que se consegue atingir, obtendo ainda boa parte do terreno com área livre para uso comum e lazer.

O projeto foi iniciado com a definição do local do lote o qual seria construída a edificação, determinando em média a quantidade de moradores que ocupariam a casa, logo após, foi elaborado todo projeto 2D e 3D visando a implantação da energia solar fotovoltaica e destinando área livre no telhado para comportar os módulos fotovoltaicos que posteriormente foram calculados.

Adiante, foi realizada uma média entre 6 residências localizadas no bairro Guriri, município de São Mateus no estado do Espírito Santo de mesmo padrão (4 moradores e classe média alta) em que foram utilizadas faturas emitidas pela

concessionária local, EDP, dos últimos doze meses de cada residência para verificar o consumo de energia elétrica, medido em kWh, e obter uma média de demanda energética.

Utilizando a bibliografia da Blue e Sol, foram realizados todos os cálculos a fim de dimensionar a quantidade de painéis fotovoltaicos que seriam necessários para o consumo definido. Realizou-se então um orçamento com a empresa Lux Energia Solar e Automação a fim de obter-se o valor total do projeto de implantação de energia solar através de painéis fotovoltaicos. Para análise de viabilidade econômica, foi aplicado o método de *payback* simples para estimar o tempo de retorno financeiro deste investimento.

Ao final do trabalho, foram apresentados os projetos arquitetônicos com a locação dos painéis fotovoltaicos já realizados e os resultados de viabilidade técnica e financeira do sistema de energia solar fotovoltaica, demonstrando assim há viabilidade para execução do projeto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ENERGIA

A energia que consumimos no nosso cotidiano é gerada através da transformação de alguma outra fonte energética em energia elétrica. A energia não é criada e sim transformada, ou seja, há uma conservação de energia entre os sistemas envolvidos. Durante este processo energético uma parte é convertida em energia não aproveitada e a outra, com maior percentual é a nossa energia útil (BUCUSSI, 2007).

A palavra energia é definida como:

1. Maneira como se exerce uma força.
2. Força moral; firmeza: Notável a energia de seu caráter: Tem agido com grande energia.
3. Vigor, força: Com a idade, perdeu a energia.
4. Filos. Segundo Aristóteles (v. aristotélico), o exercício mesmo da atividade, em oposição à potência da atividade e, pois, à forma.
5. Fís. Propriedade de um sistema que lhe permite realizar trabalho. A energia pode ser variada como, (calorífica, cinética, elétrica, eletromagnética, mecânica, potencial, química, radiante), transformáveis umas nas outras, e cada uma capaz de provocar fenômenos bem

determinados e característicos nos sistemas físicos. Em todas as transformações de energia existe uma completa conservação dela, i. e., a energia não pode ser criada, mas apenas transformada (primeiro princípio da termodinâmica). A massa de um corpo pode se transformar em energia, e a energia sob forma radiante pode transformar-se em um corpúsculo com massa [símb.: E] (FERREIRA, p 265, 1999).

A energia pode ser classificada de uma forma geral em: energia térmica (combustíveis sólidos, líquidos e gasoso), hidráulica, da Terra (geotérmica, vapor, líquido e geopressão), nuclear, oceanos (térmica e maremotriz), solar e eólica (HADDAD, 2004).

As fontes de energias são divididas como renováveis e não renováveis. Energia renovável provém de fontes, infinitas, que possuem seus recursos reabastecidos pela natureza ao tempo hábil esperado pelo ser humano. Dentre elas, podemos citar algumas fontes, como a energia hidráulica originada pela força da água, a energia eólica que conta com o movimento de rotação das hélices de sua torre sob estímulo da força do vento, fontes de biomassa que partem da decomposição de animais e materiais orgânicos e põem fim a energia do Sol, através de captação térmica (para usinas termelétricas ou geração de calor para outros usos) ou fotovoltaica (geração elétrica direta) (PACHECO, 2006).

Energia não renovável é considerada finita, pelo fato de levar anos para que seja recomposta, podendo tornar-se escassa devido ao esgotamento ocasionado pela sua contínua exploração. Podemos citar o carvão mineral, o petróleo e elementos químicos usufruídos por usinas atômicas como combustíveis fósseis que além de correrem o risco de acabar são altamente prejudiciais ao meio ambiente devido as chances de contaminação e poluição que estes materiais podem propagar (PACHECO, 2006).

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2016, conforme mostrado na Figura 1, que analisa os dados do ano de 2015, no Brasil a maior parcela da energia elétrica é gerada com as usinas hidrelétricas e chega a fornecer aproximadamente 64% da eletricidade consumida pela população, porém, a energia eólica e a solar são as que mais cresceram em relação ao ano anterior, como mostrado na Tabela 1, crescendo 56,2% e 42,3%, respectivamente (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016).

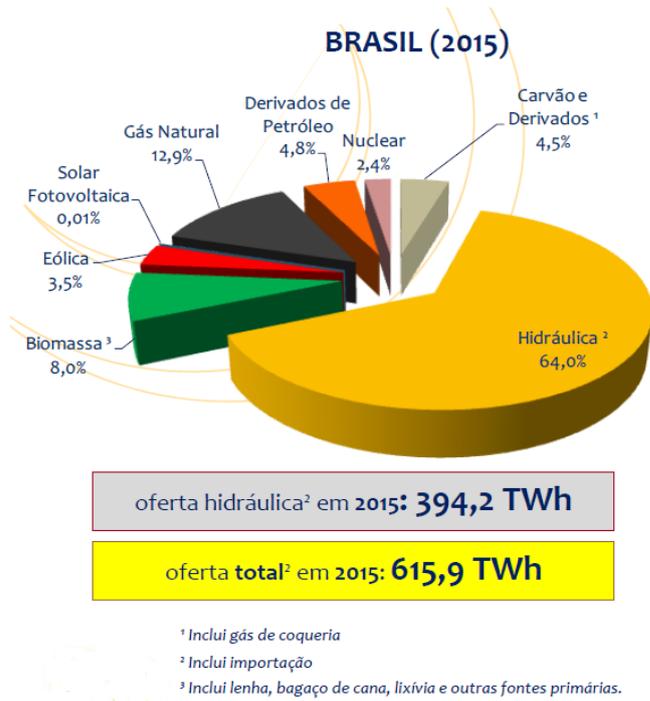


Figura 1 – Matriz Elétrica Brasileira
 Fonte: Ministério de Minas e Energia, p.34, 2016.

Tabela 1 – Capacidade instalada 1 (MW)

Fonte	2015	2014	Δ15/14
Hidroelétrica	91.650	89.193	2,80%
Térmica ¹	39.564	37.827	4,60%
Nuclear	1.990	1.990	0,00%
Eólica	7.633	4.888	56,20%
Solar	21	15	42,30%
Capacidade disponível	140.858	133.914	5,20%

¹ incluiu biomassa, gás, petróleo e carvão mineral
 Fonte: Ministério de Minas e Energia, p. 36, 2016.

3.2 ENERGIA SOLAR

O Sol emite radiação a todo o momento, sendo ele então uma indispensável e importante fonte de calor e de luz. Grande parte desta energia chega ao Planeta Terra em maior escala, atingindo uma escala de aproximadamente vinte mil vezes a mais do que se é necessário (FERNANDES; GUARONGHI), [s.d.].

Indiretamente o sol está presente nas outras fontes de energia, por exemplo, é a partir do sol que acontece a evaporação, iniciando o ciclo da água que em determinado momento irá mover as turbinas de uma usina hidrelétricas; aquece o ar fazendo com que este circule, o ar quente é mais leve que o ar frio, induzindo a

circulação do ar atmosférico fazendo com que o sistema eólico gere energia; o petróleo, carvão e gás natural foram gerados através da sedimentação de plantas e animais que precisaram do sol para realizar o seu desenvolvimento (FERREIRA, 1993).

A energia solar não é poluente, não interfere no efeito estufa, não necessita de turbinas ou geradores para sua produção de energia elétrica ou térmica, é praticamente inesgotável, pode-se considerar gratuita, além de ser uma energia limpa. Porém, durante a noite há a interrupção da radiação e tem um elevado grau de investimento para uso em massa (GOERCK, 2008).

Ao passar dos anos os custos dos projetos de energia solar vêm diminuindo e podem chegar a uma redução de até 60% na década de 20 conforme citou o chefe da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, na sigla em inglês). No começo de 2018 o Brasil passou a fazer parte da IRENA, fato este muito importante porque irá apoiar e incentivar cada vez mais as fontes de energia renováveis (ECYCLE, 2017 e ANSA, 2018).

Podemos usufruir e aproveitar o calor que é originado e fornecido pelo Sol de diversas formas, umas delas é convertendo, através de processos físicos e biológicos, a energia proveniente do Sol em energia elétrica direta, se baseando em três modos, sendo eles, a arquitetura bioclimática, o efeito fototérmico e o efeito fotovoltaico (SOUZA), [s.d.].

A arquitetura bioclimática é o mais simples, e faz-se o uso arquitetônica das construções para aproveitar o máximo da energia do sol, economizando em outras formas de energias, por exemplo, aproveitar o máximo do sol para evitar ficar acendendo lâmpadas durante o dia, usar calor da irradiação solar para secar as roupas e etc (SOUZA), [s.d.].

O efeito fototérmico consiste em capturar a irradiação solar e converter em calor, transferindo este calor para um fluido, em geral é a água, por exemplo, aquecer a água que pode ser utilizada para higiene pessoal, em piscinas, entre outros. Este método possui um sistema bem simples, completamente eficaz e barato (PORTAL ENERGIA, 2004).

O efeito fotovoltaico foi relatado por Edmond Becquerel à Academia de Ciências de Paris em 1839, e é: “O aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semiconductor produzido pela absorção de luz” (FERREIRA, p.24,1993).

Para o bom funcionamento de qualquer sistema que irá gerar energia através do sol teremos que analisar a Radiação Solar daquele local. No núcleo do Sol ocorre reações de fusão que transformam sua massa em energia, que é irradiada em todas as direções. A Radiação Solar viaja pelo espaço e uma pequena parte chega a superfície terrestre. Essa radiação que será captada pelos coletores solares (placas fotovoltaicas) (SOUZA), [s.d.].

3.3 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Um sistema de fotovoltaico é identificado como fonte de potência elétrica, cuja células fotovoltaicas transformam a radiação solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. Estes sistemas têm alta confiabilidade e podem ser instalados em qualquer localidade que tenha radiação solar suficiente para gerar um potencial elétrico, sendo uma alternativa para levar energia em locais de difícil acesso, como: desertos, selvas, regiões remotas, postes de luz, fazendas e etc. A diferença básica entre os sistemas instalados em locais diferentes é a taxa de irradiação que depende da localização (SOUZA), [s.d.].

Os sistemas fotovoltaicos não utilizam combustíveis, não possuem partes móveis, são resistentes e tem baixa manutenção, deve-se apenas precaver para não ter sombra ou algum tipo de galho, folha ou algo que impeça a radiação solar incidir sobre as placas. Durante o seu funcionamento não produzem ruído acústico ou eletromagnético, não emitem gases tóxicos ou outro tipo de poluição ambiental (SOUZA), [s.d.].

O painel fotovoltaico é composto por um conjunto de módulos fotovoltaicos que são formados pela associação de várias células fotovoltaicas de silício (Si). De forma sucinta o funcionamento do painel fotovoltaico acontece da seguinte forma:

No processo das partículas de luz do sol, os fótons, ao entrar em contato com a célula fotovoltaica, fazem com que os elétrons dos átomos de silício

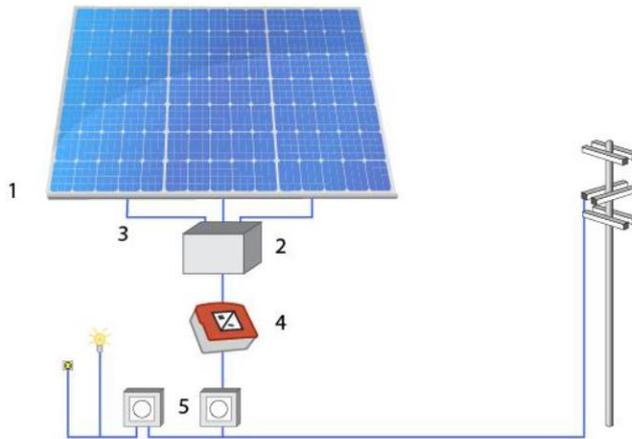
se energizam e desprendam-se, sendo transportados do lado negativo para o lado positivo, dessa forma criando-se uma corrente elétrica contínua (SOUZA, 2016, p. 01).

Os sistemas fotovoltaicos são classificados de que modo a geração ou entrega da energia elétrica acontece, cujo existem dois principais sistemas, o isolado e o conectado à rede.

Os sistemas isolados acumulam a energia gerada em baterias recarregáveis assim a depender da demanda ou do horário do dia, os equipamentos serão alimentados com esta energia. Neste sistema, é fundamental ter o regulador de carga e descarga, que irá atuar no processo de carga e descarga garantindo a proteção, confiabilidade e uma vida útil maior dos acumuladores (BITTENCOURT; BASSACO, 2013).

Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) também chamados de sistemas fotovoltaicos *on-grid*, normalmente não possuem acumuladores de energia, pois a energia produzida é consumida pelas cargas ou é fornecida à rede de distribuição de energia para ser consumida por outras unidades que estejam conectadas ao sistema de distribuição. Neste sistema o gerador de energia fotovoltaico (placas fotovoltaicas) trabalha em conjunto com a rede de distribuição de energia, se o sistema gerar energia a mais do que o consumo do estabelecimento, o excesso é injetado na rede de distribuição, caso contrário a rede alimenta o estabelecimento com a diferença entre a demanda de energia versus a quantidade desta energia que está sendo gerada pelo sistema fotovoltaico (PINHO; GALDINO, 2014 e ARAMIZU, 2010).

Por funcionarem em paralelo com a rede, os SFCR possuem um componente essencial que chamamos de inversor interativo, responsável pelo gerenciamento da energia gerada e aplicada à rede de distribuição como exemplificado na Figura 2. Vale lembrar que o SFCR depende da rede elétrica, não funciona como sistema *backup* de energia (PINHO e GALDINO, 2014; ARAMIZU, 2010).



1. Painel fotovoltaico;
2. Caixa de Junção do painel fotovoltaico;
3. Cabeamento;
4. Inversor *Interativo*;
5. Medidor(es) de energia.

Figura 2 – Componentes de um sistema fotovoltaico *on-grid*
 Fonte: Souza, p.17, s.d.

Estes sistemas conectados à rede dependem de uma regulamentação e legislação favorável pois usam a rede de distribuição das concessionárias para o escoamento da energia gerada, e posterior retorno desta energia para o consumidor. O órgão que regulamenta esse serviço é a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e através da resolução normativa nº 482 de 2012 e nº 787 de 2015 aprovou a possibilidade de acumular créditos relativos ao excedente de energia elétrica produzida que não fosse consumida na conta de energia (ANEEL, 2012).

4 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

O imóvel projetado será construído na Rua Horácio Barbosa Alves, local denominado Jardim Caiçaras, quadra 04, lote 18, balneário de Guriri – São Mateus – ES, conforme a planta do loteamento registrado no Cartório do 1º Ofício “Arnaldo Bastos”. Segundo os dados disponibilizados pela *Google Maps* o terreno encontra-se a uma latitude de -18.727035° e -39.747782° ; segue abaixo a Figura 3 com fragmento da planta do loteamento e imagem de satélite do lote.



Figura 3 – Planta do Loteamento / Imagem aérea do lote via satélite.
 Fonte: Teixeira, 2015 / Google Maps.

O projeto arquitetônico da residência atende a arquitetura moderna como pode ser visto nas Figuras 4 e 5, a escolha da cobertura da edificação foi telhado não aparente, que se caracteriza por ser envolto por platibandas. O método construtivo foi telhado embutido com telhas de fibrocimento onduladas com 8 milímetros de espessura. Para um maior aproveitamento do espaço destinado as instalações de painéis solares e faixa de circulação de pelo menos 60cm em torno dos conjuntos solares para facilitar a manutenção, o telhado terá 2 águas, sendo a maior delas voltada para o Norte, visando maximizar a irradiação solar, tornando o sistema mais eficiente. Outra alteração será a altura da platibanda, que foi projetada com 10cm afim de evitar sombreamento sobre os painéis solares e impedir ou prejudicar o seu funcionamento. O acesso ao telhado para içar os módulos fotovoltaicos poderá ser feito pela área externa da residência, através de andaimes ou cintas de elevação.

O telhado possui uma área total de 119,43 metros quadrados, possibilitando a instalação de até 12 placas solares. O fabricante recomenda no manual de instalação, que as telhas deverão ser instaladas com a inclinação mínima de 5° e máxima de 75° (ETERNIT, 2018). Para abrigar o inversor de frequência (inversor interativo) sem que houvesse agravante na distribuição arquitetônica do empreendimento foi projetado uma área coberta com fácil acesso sobre o telhado denominada de área técnica, com 14,30 metros quadrados possibilitando a circulação de pessoas e equipamentos em casos de manutenções e dispõe de uma parede com dimensões 1,91 x 2,00 metros, que é suficiente para passagem de cabos que vão interligar todo o sistema e para circulação de ar em torno do equipamento, ajudando no resfriamento através da troca de calor e

conseqüentemente na sua eficiência. A figura 6 mostra um exemplo de um módulo inversor de frequência instalado em uma residência da região.

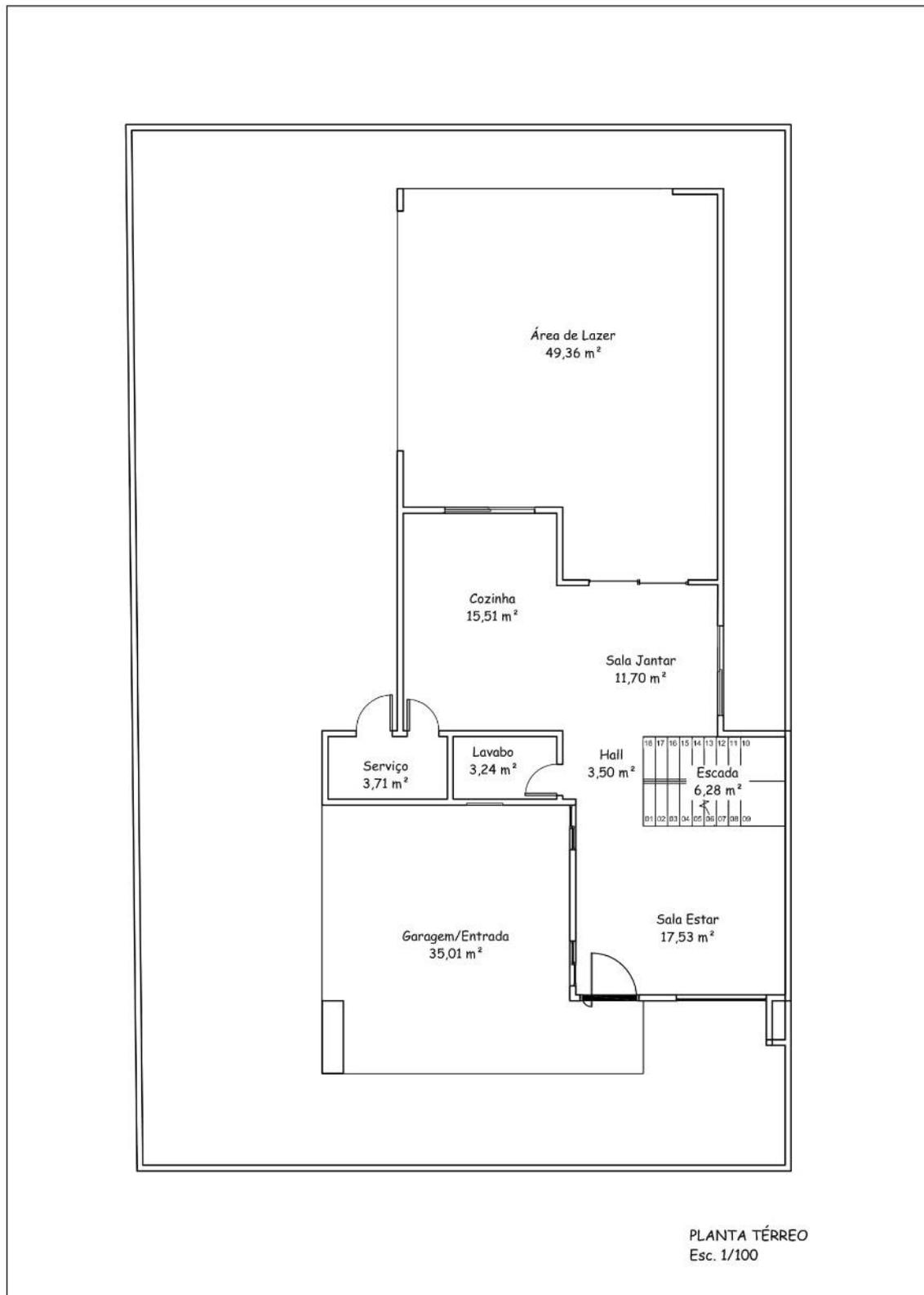


Figura 4 – Planta baixa do pavimento térreo
Fonte: Autoria própria.

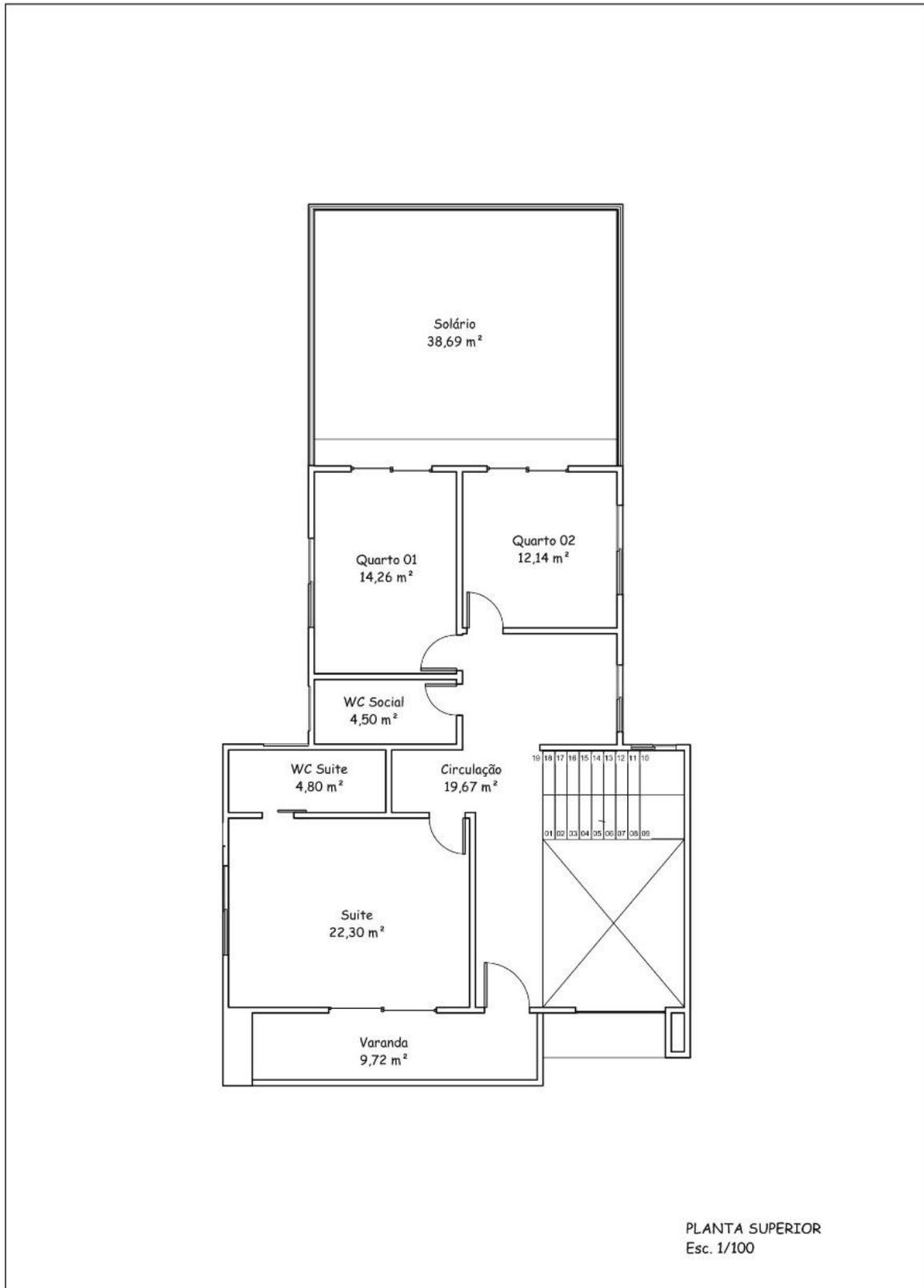


Figura 5 – Planta baixa do pavimento superior
Fonte: Autoria própria.



Figura 6 – Exemplo de um módulo inversor de frequência
Fonte: Autoria própria.

O dimensionamento do sistema de energia solar iniciou-se com a análise das faturas de energia elétrica cujo foram utilizadas 6 faturas de residências de um mesmo padrão proposto e assim calculada a média mensal referente a um ano, conforme explicitado na Tabela 2:

Tabela 2 – Relação do consumo (kWh) das 6 amostras

	AGUIMAR	CARLA	LAERTE	MARGARETE	NELSON	MARILENE
out/17	217	220	391	287	373	218
nov/17	219	215	389	304	305	219
dez/17	298	380	416	278	386	469
jan/18	441	403	450	322	343	434
fev/18	565	345	473	362	372	474
mar/18	565	218	449	301	473	521
abr/18	441	244	540	364	366	471
mai/18	394	267	479	323	455	465
jun/18	401	296	419	334	381	501
jul/18	528	340	403	319	389	528

ago/18	527	315	465	469	360	550
set/18	426	273	345	373	401	521
MÉDIA	417,67	293	434,92	336,33	383,67	447,58

MÉDIA TOTAL: 385,53

Fonte: Autoria própria.

Após este estudo descontou-se a quantidade referente ao custo de disponibilidade que segundo ANEEL (2010) é o valor referente a taxa mínima a ser cobrada cujo está previsto no artigo 98 da resolução normativa Nº 414, de 9 de Setembro de 2010. Assim, seguindo o valor estabelecido na Tabela 3, realizou-se a compensação para encontrar um valor preciso de energia demandada.

Tabela 3 - Relação entre Custo de Disponibilidade e Padrão de Ramal de Entrada

Tipo de ligação	Custo de disponibilidade
Monofásico	30 kWh/mês
Bifásico	50 kWh/mês
Trifásico	100 kWh/mês

Fonte: Resolução Normativa Nº 414, 2010.

A plataforma do CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito) fornece os valores ideais de inclinação dos módulos fotovoltaicos e a irradiação solar do local. (CRESESB, 2018). A direção dos módulos fotovoltaicos leva em consideração para onde estão orientados, ou seja, norte, sul, leste ou oeste. Devido ao Brasil está situado abaixo da linha do Equador, hemisfério Sul, para maximizar a energia coletada do Sol, os geradores solares fotovoltaicos devem ser orientados para o norte. (SIQUEIRA, 2015).

Inseridos os dados de latitude e longitude na plataforma do CRESESB, verificou-se que a Irradiação Solar Média do local é de 5,28 kWh/m².dia, considerando uma inclinação de 16º Norte, a qual fornece a maior média anual. Estes dados referem-se a estação de Conceição da Barra que é a localidade mais próxima do terreno

adotado neste projeto, conforme explicitado no Quadro 1. Sendo assim, adotamos esta inclinação para o telhado afim de evitar a utilização de suportes para os módulos fotovoltaicos que estarão inclinados também em 16° e voltados para o norte.

Estação: Conceição da Barra

Município: Conceição da Barra, ES – Brasil

Latitude: 18,701° S

Ângulo	Inclinação	Irradiação Solar diária média mensal [kWh/m ² , dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	6,4	6,49	5,61	4,65	4,04	3,67	3,81	4,54	5,25	5,47	5,5	6,23	5,14
Ângulo igual a latitude	19° N	5,81	6,19	5,71	5,1	4,75	4,47	4,57	5,14	5,5	5,33	5,09	5,59	5,27
Maior média anual	16° N	5,93	6,27	5,72	5,06	4,66	4,36	4,47	5,07	5,49	5,38	5,18	5,72	5,28

Longitude: 39,749° O

Distância do ponto de ref. (18,727035° S, 39,747782° O): 2,9 km

Quadro 1 – Irradiação Solar.

Fonte: CRESESB, 2018.

Estes valores de irradiação solar diária média mensal também é definido pela literatura como Horas de Sol Pleno que segundo Siqueira (2015, p.21) “As Horas de Sol Pleno (HSP) é definida como o intervalo de tempo, em horas, em que se concentraria, ao longo do dia, uma hipotética radiância solar constante de 1000 W/m²”.

Ou seja, a quantidade de radiação solar recebida é equivalente a um dia que tem 5,28 horas de incidência solar a 1000 W/m² (máxima radiação solar) e o resto do dia totalmente escuro, ou simplesmente, 5,28 HSP (SIQUEIRA, 2015).

Como parâmetro para veracidade do estudo, todo processo de dimensionamento dos painéis solares foi retirado da bibliografia da “Análise Preliminar de Projeto” (SOUZA, 2015).

O custo de disponibilidade de distribuição de energia elétrica, será relacionado a uma ligação trifásica, visto que a carga instalada para essa residência, é superior a 15 kW, o que segundo as normativas da concessionária local caracteriza uma ligação trifásica, portanto é importante “não gerar toda a energia consumida”, mas somente um valor (energético) acima da quantia relativa ao “Custo de Disponibilidade”. Logo, utiliza-se a Equação 1:

$$E_c = CMM - CD \quad (1)$$

Em que:

E_c = Energia de Compensação em Média Mensal – em kWh/mês;

CMM = Consumo de Energia em Média Mensal – em kWh/mês;

CD = Custo de Disponibilidade (conforme Tabela 3) – em kWh/mês.

Aplicando-se esta Equação 1, teremos:

$$E_c = 385,53 - 100$$

$$E_c = 285,53 \text{ kWh/mês}$$

Será projetado um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede que seja capaz de gerar, em média, o valor aproximado de 285,53 kWh/mês, já que a instalação elétrica será trifásica, terá uma média de 100 kWh/mês a ser consumido da distribuidora de energia elétrica porque sempre haverá o pagamento referente a esse “consumo mínimo”.

Como a base de dados adotada neste artigo disponibiliza o valor da Irradiação Solar por dia, transforma-se o valor de Energia de Compensação Média Mensal para Média Diária, conforme a Equação 2 abaixo:

$$E_{cd} = \frac{E_c}{30} \quad (2)$$

Em que:

E_{cd} = Energia de Compensação em Média Diária – em kWh/dia;

E_c = Energia de Compensação em Média Mensal (Equação 1) – em kWh/mês;

30 = constante relativa à quantidade de dias do mês, em média.

Aplicando a Equação 2 a nossa unidade consumidora, teremos:

$$E_{cd} = \frac{E_c}{30}$$

$$E_{cd} = \frac{285,53}{30}$$

$$E_{cd} = 9,52 \text{ kWh/dia}$$

Assim, determinamos, a potência ideal do SFCR, que consiga, ao final de um dia médio, gerar em torno de 9,52 kWh.

De posse dos valores de “Energia de Compensação Média Diária” e da média diária da Radiação Solar, podemos, então, esboçar o projeto do SFCR que atenderá a este imóvel.

Para determinar a potência-pico ideal do SFCR, utilizamos a Equação 3:

$$P_{peak} = \frac{E_{cd}}{HSP} \quad (3)$$

Em que:

P_{peak} = Potência-pico do SFCR – em kWp (quilowatts-pico – referente à potência em condições de laboratório dos módulos fotovoltaicos);

E_{cd} = Energia de Compensação em Média Diária (Equação 2) – em kWh/dia;

HSP = valor médio anual da radiação solar (Quadro 1) – em kWh/m²/dia (quilowatt hora por metro quadrado por dia).

Assim, ao receber a radiação solar diária, o SFCR vai gerar a sua potência-pico conforme a Equação 3 abaixo:

$$P_{peak} = \frac{E_{cd}}{HSP}$$

$$P_{peak} = \frac{9,52}{5,28}$$

$$P_{peak} = 1,803 \text{ kWp ou } 1803,0 \text{ Wp}$$

Este valor de 1801,1Wp (1801,1 watts-pico) é referente a geração de energia que será consumida por esta casa.

De posse deste, o valor de potência-pico do SFCR, calculamos a quantidade de módulos fotovoltaicos necessária:

$$Nm = \frac{P_{peak}}{Wp} \quad (4)$$

Em que:

N_m = número de módulos fotovoltaicos a serem utilizados;

P_{peak} = potência-pico do SFCR (Equação 3) – em Wp;

W_p = potência-pico do modelo de módulo fotovoltaico – em Wp (watt-pico).

Para este projeto, utilizou-se o módulo fotovoltaico com potência-pico de 330 Wp e eficiência de 80%, os dados técnicos podem ser vistos na Tabela 4, a escolha do módulo e do valor da eficiência se deu por meio de pesquisa, foram feitas entrevistas com fornecedores locais e entre os equipamentos disponíveis no mercado, escolhemos o mais comum na região, e adotamos a eficiência média considerada pelos fornecedores locais, conforme a Equação 5.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA SOLAR CONECTADO À REDE

Sistema Solar de 1,803 kWp

Módulo Fotovoltaico Canadian*	Inversor Interativo Canadian*	Estrutura de Fixação*
Modelo: CS6U-330P	Modelo: CSI-3K-TL	Modelo: K2 SYSTEM
Potência: 330 W	Potência: 3.0 kW	Tipo: Telhado embutido
Quantidade: 7 módulos	Quantidade: 1 inversor	Quantidade: 1 Kit
Garantia Fábrica: 10 anos	Garantia Fábrica: 5 anos	Perfil: Alumínio
Garantia (Geração*): 25 anos	Eficiência: 97,00%	
Dimensões: 1954x982x40 mm	Dimensões: 271x320x142 mm	
Peso: 22 kg	Peso: 8,8 Kg	
Tipo de Célula: Policristalina	Grau Proteção: IP65 Monitoramento	

*Garantia de 80% da Geração

Tabela 4 – Características do Sistema Solar Conectado à Rede.

Fonte: LUX Energia Solar e Automação.

$$N_m = \frac{P_{peak}}{W_p * 0,8} \quad (5)$$

$$N_m = \frac{1803,0}{330 * 0,80}$$

$$N_m = 6,83 \text{ unidades}$$

Logo, foram necessários 7 módulos fotovoltaicos com as características descritas acima para compensar aproximadamente 285,53 kWh/mês de energia elétrica consumida.

A área do telhado destinada a instalação desses 7 módulos solares que irão atender a demanda dessa residência possui 14 metros de comprimento, por 3,20 metros de largura acomodando os módulos e uma faixa de circulação em torno deles de pelo menos 60 cm.

Para uma melhor visualização do projeto, segue abaixo a planta de cobertura e o 3D do telhado com os módulos fotovoltaicos, conforme a Figura 7, 8 e 9 respectivamente.

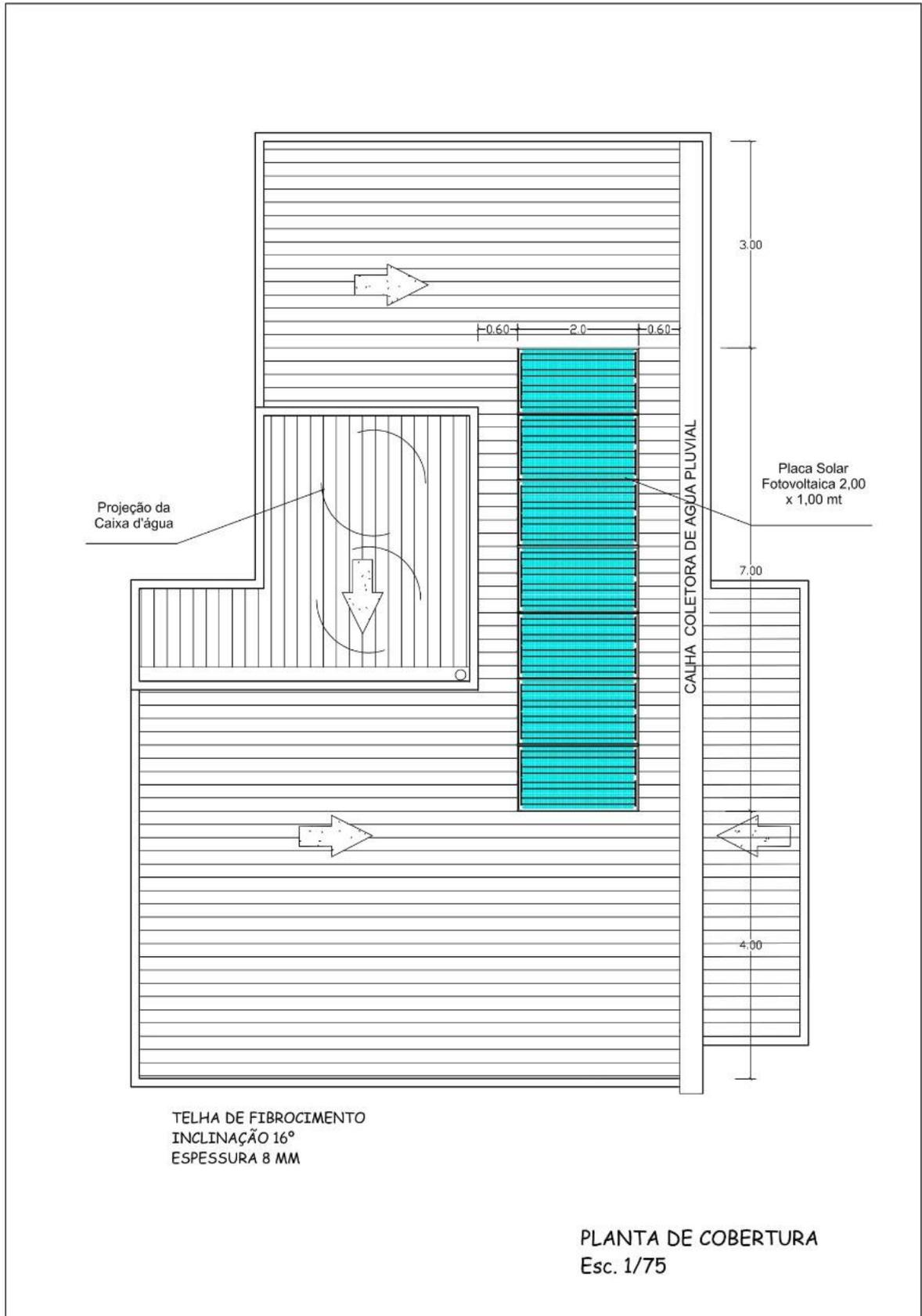


Figura 7 – Planta de cobertura.
Fonte: Autoria própria



Figura 8 – Vista superior da cobertura.
Fonte: Autoria própria.



Figura 9 – Vista inclinada da cobertura.
Fonte: Autoria própria.

Este sistema completo com os demais acessórios e os 7 módulos fotovoltaicos custa R\$17.048,76 segundo orçamento realizado pela empresa LUX Energia Solar e Automação, como está demonstrado no Quadro 2:

PROPOSTA COMERCIAL DE INVESTIMENTO	
Sistema fotovoltaico	
Quantidade	Equipamentos
7	Módulo Fotovoltaico Canadian Solar 330W
1	Inversor Interativo Canadian 3.0 Kw
1	Estrutura de Fixação
1	Kit de Materiais Elétricos de Instalação
Serviços	
Projetos de Engenharia, Instalação, Solicitação de Acesso à rede e Frete.	
TOTAL: R\$ 17.048,76 à Vista	

Quadro 2 - Orçamento sistema fotovoltaico.
Fonte: LUX Energia Solar e Automação.

Tendo como referência a fatura de energia elétrica da concessionária local EDP do mês de Outubro/2018, o custo do kWh foi de aproximadamente R\$0,562. Utilizando o método de *payback* simples o investimento terá um retorno em aproximadamente 9 anos, conforme a Equação 6:

$$T = \frac{I}{E_c * T_x * 12} \quad (6)$$

Em que:

E_c = Energia de Compensação em Média Mensal – em kWh/mês;

T_x = Custo do kWh – em reais;

T = Tempo de retorno do investimento – em anos;

I = Custo do sistema fotovoltaico (Quadro 2) – em reais.

$$C = \frac{17.048,76}{285,53 * 0,562 * 12}$$

$$C = 8,85 \text{ Anos}$$

Com dados que foram levantados e indicados por Tabelas, Equações e cálculos foi possível definir parâmetros como inclinação do telhado e realizar dimensionamentos para elaboração da planta de cobertura evidenciando a quantidade de módulos solares necessários e sua devida disposição para posterior instalação, constatando também o retorno do investimento dentro de um tempo satisfatório.

5 CONCLUSÃO

Neste estudo, foi possível verificar que existem métodos construtivos que viabilizam a instalação de um sistema de geração de energia elétrica a partir de módulos fotovoltaicos, tais como, alteração da altura da platibanda para não gerar zonas sombreadas sobre os painéis, inclinação, direção e forma do telhado para maximizar a captação da irradiação solar e evitar custos adicionais de instalação, sem que haja alterações significantes na arquitetura, estética e estrutura do imóvel.

Também foi verificado que é uma oportunidade de investimento que poderá gerar benefícios ao longo do tempo, baseando-se através do método de *payback* simples e considerando apenas o custo da energia consumida descontado todos encargos, teremos o retorno do investimento aproximadamente em 9 anos, tempo considerado satisfatório, considerando a vida útil e a garantia de geração dos módulos fotovoltaicos que ao término do 25º ano ainda estarão produzindo 80% de sua capacidade.

Como a principal fonte de energia da matriz energética brasileira são as usinas hidroelétricas que causam grandes impactos ambientais e depende de um recurso que vem se tornando cada vez mais escasso, a água, a energia proveniente do Sol tornou-se uma alternativa a ser inserido no quadro energético do país reduzindo de forma significativa, impactos ambientais além de ser uma fonte inesgotável.

Contudo, o trabalho atingiu o objetivo inicialmente proposto, demonstrando que no município de São Mateus – Espírito Santo, há possibilidade de inserção de sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica com viabilidade econômica satisfatória, afirmando também a possibilidade de alterar elementos construtivos já que a edificação foi projetada desde os estudos preliminares para receber esse sistema de energia solar, maximizando a captação de raios solares melhorando assim o desempenho de todo o sistema.

As limitações presentes neste trabalho não atrapalham os resultados obtidos, porém, pesquisas futuras podem aperfeiçoar as análises realizadas. Podem ser realizados estudos sobre a redução do impacto ambiental visando substituir a matriz hidroelétrica por fonte fotovoltaica e estudo sobre viabilidade técnica e econômica da aplicação da tecnologia fotovoltaica para iluminação pública.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 414, 9 de Setembro de 2010.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 482, 17 de Abril de 2012.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2018.

ANSA. Brasil adere à Agência Internacional de Energia Renovável. **Revista Época**, São Paulo, 22 jan. 2018. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Brasil/noticia/2018/01/brasil-adere-agencia-internacional-de-energia-renovavel.html>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

ARAMIZU, J. **Modelagem e Análise de Desempenho de um Sistema Fotovoltaico em Operação Isolada e em Paralelo com uma Rede de Distribuição de Energia Elétrica.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. 112p.

BARBOSA, Vanessa. BNDES anuncia financiamento de energia solar para pessoa física. **Revista Exame**, São Paulo, 07 jun. 2018. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/bndes-anuncia-financiamento-de-energia-solar-para-pessoa-fisica/>>. Acesso em: 11 set. 2018.

BITTENCOURT, C.; BASSACO, R. L. T. **Estudo do desempenho do sistema fotovoltaico conectado à rede: estudo de caso:** escritório verde da Universidade Tecnológica do Paraná – campus Curitiba. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. 114p.

BUCUSSI, A. A. **Introdução ao conceito de energia.** Dissertação (Mestrado Profissional em Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. 32p.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**, Porto Alegre, v.1, n. 8, p. 1-12, 2011.

CRESESB. Potencial Solar - SunData v 3.0. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica de Sérgio Brito**, Rio de Janeiro, 25 jan. 2018. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em 11 set. 2018.

eCycle. **Queda nos preços deve tornar energia solar mais competitiva.** São Paulo, 30 out. 2017. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/38-no-mundo/6054-queda-preco-energia-solar-menor-custo-energetico.html>>. Acesso em: 17 set. 2018.

EDP - **Energia de Portugal.** Disponível em: <<http://www.edp.com.br/>>. Acesso em: 17 out. 2018.

Eternit. Telha Ondulada Regras Práticas Para Instalação. **Eternit A marca da coruja.** São Paulo, 27 abr. 2018. Disponível em: <https://www.eternit.com.br/downloads/regras%20praticas/2018/2872_REGRAS_PRATICAS_ONDULADA_10X52_C.pdf>. Acesso em: 17 set. 2018.

FERNANDES, C. A. O.; GUARONGHI, V. M. Energia Solar. **Site da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp**, Campinas. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/esolar/esolar.html>>. Acesso em: 19 set. 2018.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa: dicionário eletrônico.** Versão 3.0. São Paulo: Nova Fronteira, 1999.

FERREIRA, M. J. G. **Inserção da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.** Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.168p.

GATTI, B. A. **Estudos quantitativos em educação.** São Paulo, abr. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v30n1/a02v30n1.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999

GOERCK, M. **Determinação do potencial energético de um coletor solar fototérmico na região do Vale do Taquari-RS Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2008. 92p.

GOOGLE MAPS. **Imagem aérea do lote via satélite.** Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Guriri,+São+Mateus+-+ES/@-18.727197,-39.7482116,144m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xca13a4c6587b43:0x6d4e85606613178f!8m2!3d-18.7430856!4d-39.7601032>>. Acesso em 30 out. 2018.

HADDAD, J. **Energia Elétrica: Conceitos, Qualidade e Tarifação.** Rio de Janeiro, dez. 2004. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Energ_Elet_Conceitos_Qualid_Tarif_Eletr_Procel-04.pdf>. Acesso em: 17 out. 2018.

LUX. Energia Solar Fotovoltaica. **Lux Energia Solar e Automação.** Belo Horizonte, jan. 2018. Disponível em: <<http://luxenergia.com.br/>>. Acesso em: 17 out. 2018.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v.7, n. 1, p. 126-143, 2015.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003. 310p.

MAUAD, F, F; FERREIRA, L. C.; TRINDADE, T. C. G. **Energia Renovável no Brasil: Análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras.** São Paulo: São Carlos, 2017. 349p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2016: Relatório Síntese ano base 2015.** Rio de Janeiro, jun. 2016. Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/informe/img/63socios7.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

PACHECO, F. **Energias Renováveis**: breves conceitos. Salvador, out. 2006. Disponível em: <https://pet-quimica.webnode.com/_files/200000109-5ab055bae2/Conceitos_Energias_renov%C3%A1veis.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2018.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Grupo de Trabalho de Energia Solar, 2014. 530p.

PORTAL ENERGIA. **Energia Solar Térmica**: Manual sobre tecnologias, projecto e instalação. Portugal: Guarda, 2004. 262p.

POST, Monólitos. Governo Federal, por meio do BNB, libera financiamento de energia solar para pessoas físicas. **Site Monólitos Post**, Quixadá, 04 abr. 2018. Disponível em: <<http://www.monolitospost.com/2018/04/04/governo-federal-por-meio-do-bnb-libera-financiamento-de-energia-solar-para-pessoas-fisicas/>>. Acesso em: 11 set. 2018.

SANTOS, J.; MICHELS, R. Influência de fatores ambientais sobre o desempenho de um sistema de bombeamento fotovoltaico: um estudo de caso. **Revista Agroambiental**, Minas Gerais: Pouso Alegre, v.3, n. 3, p. 51-55, 2011.

SIQUEIRA, L.M. **Estudo do Dimensionamento e da Viabilidade Econômica de Microgerador Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais: Juiz de Fora, 2015. 52p.

SOUZA, R. Análise preliminar de projeto. **Blue Sol Energia Solar**. São Paulo: Ribeirão Preto, jan. 2015. Disponível em: <<https://bluesol.com.br/>>. Acesso em: 17 set. 2018.

SOUZA, R. **Introdução a Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**. Ribeirão Preto: Blue Sol Energia Solar.

SOUZA, R. Painel solar (placa solar): A verdade sobre o preço e como funciona. **Blue Sol Energia Solar**. São Paulo: Ribeirão Preto, dez. 2016. Disponível em: <<http://blog.bluesol.com.br/painel-solar-preco-e-como-funciona/>>. Acesso em: 19 set. 2018.

TEIXEIRA, F. K. C. **Loteamento Jardim Caiçaras**. São Mateus, jul. 2015. Disponível em: <<https://cartorio1saomateus.com.br/uploads/arquivos/2015/07/14-planta-jardim-das-caicaras-caicaras-emp-imobiliarios-ltda-guriri.pdf>>. Acesso em 30 out. 2018.

VARELLA, F. K. O. M.; CAVALIERO, C. K. N. C.; SILVA, E. P. Energia solar fotovoltaica no Brasil: incentivos regulatórios. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 9-22, 2008.

TRATAMENTO DE VINHAÇA PROVENIENTE DA PRODUÇÃO DE ETANOL VIA PROCESSO DE OXIDAÇÃO AVANÇADA COM REAGENTE DE FENTON

Charles Henrique Rosário Júnior¹⁷
Felipe Caprini Fernandes²
Jessica Caetano Moraes³
Leonardo Barbosa Junior⁴
Ludmila Correia de Oliveira⁵
Thiessa Dos Santos Ferreira⁶
Me. Mariana de Jesus Lima⁷

RESUMO

A vinhaça é um subproduto formado nas indústrias sucroalcooleiras que tem como principais características a alta carga orgânica e a acidez elevada, podendo prejudicar o solo e os lençóis freáticos durante sua biodegradação. O presente trabalho propõe uma forma de tratamento utilizando os Processos Oxidativos Avançados (POA's) para atenuar esse resíduo e remover parcialmente a Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), a Demanda Química de Oxigênio (DQO) e a turbidez, além de corrigir o pH ácido. Utilizando o Reagente de Fenton com um método analítico quantitativo foi possível obter resultados satisfatórios, reduzindo a DBO em 96,62%, turbidez em 99,3% e tornando o pH neutro (na faixa entre 6 e 7). Sabe-se que foi possível reduzir a DQO em no mínimo 4,86%, entretanto, houve dificuldades para a determinação desse percentual, visto que o reagente escolhido para a oxidação favorecia a formação de sais no fim do processo, interferindo na leitura dos resultados. Uma das dificuldades de implantação desse tratamento é o custo, pois apesar de eficiente pode ser demasiadamente oneroso, necessitando assim de mais estudos a fim de melhorar a relação custo benefício. O trabalho abre precedentes para estudos futuros acerca da utilização do efluente tratado na fertirrigação da cultura de cana-de-açúcar, pois este é rico em nutrientes benéficos ao solo.

PALAVRAS-CHAVE: Processos Oxidativos Avançados. Reagente de Fenton. Vinhaça.

ABSTRACT

Vinasse is a by-product formed in the sugar and alcohol industries that has as main characteristics the high organic load and the high acidity, which can harm the soil and groundwater during its biodegradation. The present work proposes a form of treatment using the Advanced Oxidative Processes (POAs) to attenuate this residue and partially remove the Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) and turbidity, besides correcting acid pH. Using the Fenton Reagent with a quantitative analytical method it was possible to obtain satisfactory results,

¹⁷ Graduando em Engenharia Química pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus - MULTIVIX

² Graduando em Engenharia Química pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus - MULTIVIX

³ Graduanda em Engenharia Química pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX e Técnica em Química pelo Educandário Carlos Drummond de Andrade

⁴ Graduando em Engenharia Química pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus - MULTIVIX

⁵ Graduanda em Engenharia Química pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX e Técnica em Química pela Escola Master

⁶ Graduanda em Engenharia Química pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus - MULTIVIX e Técnica em Química pelo Educandário Carlos Drummond de Andrade

⁷ Mestre em Energia e graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal do Espírito Santo- UFES⁷

reducing the BOD by 96.62%, turbidity by 99.3% and making the pH neutral (in the range of 6 to 7). It is known that it was possible to reduce the COD by at least 4.86%, however, there were difficulties to determine this percentage, since the reagent chosen for the oxidation favored the formation of salts at the end of the process, interfering in the reading of the results. One of the difficulties of implementing this treatment is the cost, because, although efficient, it may be too costly, thus requiring further studies to improve cost-effectiveness. The work opens precedents for future studies on the use of the treated effluent in the fertirrigation of the sugarcane crop, because this is rich in nutrients beneficial to the soil.

KEY WORDS: Advanced Oxidative Processes. Fenton reagent. Vinhaça.

1. INTRODUÇÃO

A cana de açúcar é uma das principais culturas da economia brasileira, sendo o Brasil não só o maior produtor de cana do mundo como também primeiro na produção de açúcar e etanol (CASTRO, 2016).

O etanol teve seu consumo elevado após a chamada crise do petróleo, em que o governo vislumbrou como alternativa para controlar o problema do balanço comercial a criação do Programa Nacional do Álcool, ou Proálcool, que trouxe além da solução a possibilidade de obter um combustível renovável produzido a partir da fermentação do caldo extraído da cana-de-açúcar, que é de fácil plantio e alto rendimento devido às condições favoráveis do país (WOLLINGER, 2003).

A Revolução industrial, no século XVIII, marcou o início de grandes evoluções nos processos industriais existentes, tornando-as essenciais para atender a demanda da sociedade moderna, que desde então vem se expandindo. Tendo em vista as necessidades básicas da população o homem desenvolveu diversas técnicas para processar matérias primas, modificando a exploração dos recursos naturais rapidamente e essa evolução trouxe inúmeros problemas ambientais. Dois principais podem ser citados: o acúmulo de matérias primas e insumos e a ineficiência dos processos de conversão, que causam a contaminação e o aumento de resíduos gerados (FIOREZE, SANTOS e SCHMACHETENBERG, 2014).

Não diferente dos demais processos tecnológicos, a produção do etanol gera resíduos e são estes o bagaço, a torta de filtro e a vinhaça. A torta de filtro não apresenta riscos ao meio ambiente, podendo ser descartada no solo, e o bagaço é utilizado para cogeração de energia da usina, porém, ainda há o que se pensar a respeito da vinhaça (CASTRO, 2016).

A vinhaça se trata de um líquido avermelhado com odor desagradável e extremamente rico em matéria orgânica, que se descartado *in natura* pode acarretar problemas ao solo (REZENDE, 1984). É o principal efluente formado após o processo de produção do álcool combustível, apresentando uma proporção de 10 a 15 litros de vinhaça para cada litro de etanol e possui uma demanda química de oxigênio 200 vezes superior à do esgoto doméstico (TRINDADE, 2015).

Ao se descartar a vinhaça *in natura* nos mananciais observa-se que há um aumento da proliferação de microrganismos, esgotando o oxigênio dissolvido na água e prejudicando a fauna e a flora local, enquanto nos solos, percebe-se uma alteração no pH e também nos macros nutrientes, podendo deixá-lo infértil para outras culturas.

A problemática envolvendo poluentes tem aumentado a medida que cresce a responsabilidade das indústrias em controlar seus efluentes e na maioria dos casos são utilizados métodos biológicos. Porém, tal método possui restrições devido a sua eficiência quando empregado em determinadas classes de efluentes mais tóxicos. Nesses casos os tratamentos químicos tem se destacado como uma nova tecnologia mais eficiente (FIOREZE, SANTOS e SCHMACHETENBERG, 2014).

O objetivo do presente trabalho é demonstrar que, após realizar o tratamento abrindo esse rejeito para que não ocorra a saturação do solo, a vinhaça pode ser usada como adubo na plantação de cana-de-açúcar, diminuindo os impactos ambientais e trazendo assim um retorno financeiro à empresa que não precisará mais gastar com adubo mineral (PENHABEL, 2015).

Para tanto, uma das formas viáveis para abrandar a vinhaça é através do processo de oxidação via reagente de Fenton, o qual vem se mostrando como uma alternativa eficiente para solucionar este problema, visto que apresenta grande potencial para o tratamento de rejeitos dessa natureza (CASTRO e FARIA, 2001).

Esse método tem como base as propriedades demasiadamente oxidantes de uma solução de peróxido de hidrogênio e íons Fe^{2+} . Ao fazer uso dessa solução em uma amostra de vinhaça as moléculas orgânicas serão oxidadas sem a necessidade de altas pressões e maquinários complexos. Essa reação em cadeia funcionaria para abrandar o resíduo, diminuindo seus níveis de toxicidade (CASTRO e FARIA, 2001).

Após o tratamento os aspectos prejudiciais ao meio ambiente, tais como pH, turbidez e altos níveis de demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio foram reduzidos e alcançaram níveis aceitáveis para sua utilização na fertirrigação, não ferindo o que está disposto na norma técnica P4.231 da CETESB, que estabelece os critérios necessários para a disposição de vinhaça no solo. Sendo assim, é importante manter esse tipo de discussão para que se possa alinhar o crescimento econômico do país com a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais, realizando um desenvolvimento sustentável.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi aplicada, com o intuito de observar os problemas gerados pela vinhaça e explanar alternativas para minimizá-los. O problema foi abordado com uma pesquisa quantitativa, traduzindo as informações em números. Possui natureza exploratória, pois há uma necessidade de maleabilidade e ampliar a visão acerca do tema, com caráter descritivo, utilizando como recurso para procedimentos técnicos, a revisão bibliográfica, sendo esta feita a partir de consultas a artigos científicos, teses e dissertações pertinentes ao tema além da observação de dados experimentais. Quanto ao método de abordagem, foi adotado o fenomenológico e o método de procedimento comparativo, relacionando técnicas existentes com a necessidade atual de minimizar os danos ambientais causados. A instrumentação para coleta de dados utilizou-se de observação feita no laboratório. As amostras foram obtidas em uma Destilaria de Álcool localizada nas proximidades do município de São Mateus - ES e foram tratadas de forma não probabilística. Os dados obtidos serão tratados ao longo do trabalho por meio de tabelas a fim de facilitar a interpretação dos resultados.

A fim de se determinar a melhor quantidade de reagentes necessária para a oxidação foram feitos testes com 50mL da amostra de vinhaça. Foi utilizado o peróxido de hidrogênio em uma quantidade corresponde a 15% do volume da amostra a ser tratada e fixou-se a faixa típica de relação H_2O_2/Fe^{2+} em 5 partes de H_2O_2 para uma parte de Fe^{2+} em massa, pois segundo TRINDADE (2015) essa seria a melhor proporção dos reagentes. O volume ficou determinado conforme a equação:

$$\frac{50}{100} \times 15 = 7,5 \text{ mL de } H_2O_2$$

(Equação 1)

A partir desse volume determinou-se a quantidade de massa presente no peróxido de oxigênio, com base no valor da densidade do H_2O_2 :

$$D = \frac{m}{v} \quad 1,125 = \frac{m}{7,5} \quad m = 8,4375 \text{ g de } H_2O_2$$

(Equação 2)

A seguir retirou-se um quinto dessa massa para saber a quantidade de ferro elementar necessária:

$$\frac{1}{5} \times 8,4375 = 1,6875 \text{ g de ferro elementar} \quad (\text{Equação 3})$$

Com esse valor, foi preciso determinar a quantidade de cloreto férrico hexahidratado a ser pesado, calculando a partir da massa molar total e da massa molar do ferro presente:

$$\frac{270 \text{ g de } FeCl_3 \cdot 6H_2O}{55,85 \text{ g de } Fe} \times 1,6875 \text{ g} = 8,167 \text{ g de } FeCl_3 \cdot 6H_2O$$

(Equação 4)

Ao obter as quantidades o experimento foi realizado no laboratório cedido pela empresa Suzano Papel e Celulose. Em uma proveta foram medidas 50 mL da amostra de vinhaça, transferidas para um bécker de 1 litro e a temperatura foi aferida, mantendo-a entre 20°C e 30°C. Em outro bécker foram medidas 8,168 g de cloreto de ferro III e dispostas ao bécker contendo a amostra, para fazer a homogeneização com auxílio do agitador magnético. Após estar completamente dissolvido mediu-se 7,5 mL de peróxido de hidrogênio em uma pipeta graduada e o adicionou a solução lentamente, mantendo sob agitação. Transcorrido o tempo foi feita a neutralização para interromper a oxidação, utilizando hidróxido de sódio (NaOH) em um conta gotas até obter o pH 7. O teste foi feito em triplicada, sendo que a primeira amostra foi neutralizada após 30 minutos de reação, a segunda após 60 minutos e a terceira após 90 minutos. Todas foram filtradas para remoção do precipitado que foi formado.

As amostras, *in natura* e tratadas, tiveram seus parâmetros observados, sendo eles: pH, aferido com um pHmetro da marca digimed; turbidez, com auxílio de um turbidímetro da marca HACK, modelo 2100Q; Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Biológica de Oxigênio (DBO). Para determinação da DQO foi utilizado o método colorimétrico, descrito por MEDEIROS *et. al.* (2006).

Os tubos foram lavados com H₂SO₄ para eliminar as contaminações, adicionou-se 2,5mL das amostras de vinhaça, previamente diluídas, foram acrescentados 1,5mL da solução de dicromato de potássio e 3,5 mL de ácido sulfúrico. Os tubos foram colocados no digestor a 150°C por 30 minutos e após o tempo foram retirados, deixados para esfriar e sedimentar. Uma amostra em branco (contendo apenas água destilada e os reagentes) foi utilizada para zerar o espectrofotômetro e após isso foi feita a leitura da absorbância das demais. Os resultados obtidos são expressos em mg/L de DQO e a partir da absorbância é feito o cálculo para obter os valores, obedecendo a equação:

$$\text{DQO (mg/L)} = (\text{Absorbância} + 0,0041) \times 3.482,09$$

(Equação 5)

Para análise de DBO foi utilizado o método DBO₅ descrito por MEDEIROS *et. al.* (2006) em que foram separados frascos com rolhas esmerilhadas, possuindo capacidade entre 250mL a 300mL. O teste foi feito em duplicata adicionando nesses frascos 1mL e 1,5 mL, respectivamente, das amostras previamente diluídas. Para a execução da análise foi necessário preparar as amostras de controle, sendo elas: branco, semente, padrão 1 e padrão 2. Foram separados quatro frascos e identificados para receberem esse controle.

Nos frascos identificados como Padrão 1 e Padrão 2 foram adicionados, respectivamente, 5 mL e 6 mL do reagente padrão. No frasco identificado para o branco foi adicionado somente água desmineralizada. Em todos os frascos, com exceção apenas do branco, foram adicionadas 3 mL de semente e o volume foi completado com uma solução de água de diluição formada pelos reagentes: fosfato, cloreto de cálcio, sulfato de magnésio e cloreto férrico. Em todo o processo foram

tomados os devidos cuidados para evitar a formação de bolhas que pudessem causar interferências nos resultados. Foi feita a leitura do oxigênio dissolvido (OD) em todas as amostras, com auxílio do eletrodo LDO 101-01 e do leitor HQ 40 D, ambos da marca HACH. As amostras foram levadas para uma incubadora de DBO termostaticamente controlada a uma média de 20°C onde permaneceram por 6 dias, transcorrido o tempo, foram retiradas e a leitura do oxigênio dissolvido foi repetida. Com os dados obtidos foi possível calcular a DBO, a partir da equação:

$$DBO = [OD_{inicial} - OD_{final}) - Consumo_{semente} - Consumo_{branco}] \times \frac{V_{frasco}}{V_{amostra}}$$

(Equação 6)

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÁLCOOL ATRÁVES DA CANA DE AÇÚCAR

O álcool pode ser obtido a partir de diversas matérias primas e no Brasil utiliza-se a cana-de-açúcar. O desenvolvimento agrônômico e industrial desta cultura no país remota ao tempo da colonização e com o passar dos anos, o setor sucroalcooleiro se expandiu e ampliou a tecnologia, colocando o país em destaque pela dimensão e modernidade no processo de produção de um combustível limpo (GOES, MARRA e SILVA, 2008).

Atualmente, o Brasil não só é o maior produtor de cana-de-açúcar como também ocupa o primeiro lugar na produção de etanol e açúcar, atraindo o mercado externo com a utilização do biocombustível como fonte energética. Contudo, a produção gera resíduos que podem agredir o meio ambiente e os impactos ambientais são vistos desde o plantio da cana de açúcar até a obtenção do produto final comercializado, o etanol. Dentre os principais problemas pode-se citar a poluição do ar, causada pela queima das plantações para que seja feita a colheita, erosão do solo e contaminação de lençóis freáticos com os efluentes gerados no processo (CASTRO e LIMA, 2016).

Para entender a dimensão desses resíduos e sua origem, deve-se atentar ao processo de fabricação do etanol. Inicialmente, a cana recebida pela usina é picada e levada à moenda, afim de se extrair o caldo. Este então, é mandado para os processos seguintes e o bagaço é enviado as caldeiras que o queimam e utilizam o vapor para geração de energia para a usina.

Segundo COELHO et al (1997) diversos segmentos industriais podem apresentar um potencial para a cogeração, mas a usina sucroalcooleira possui um papel altamente expressivo. Entretanto, o Brasil ainda carece de cuidados para a implementação dessa cogeração em larga escala. Alguns fatores próprios das caldeiras, como eficiência e pressão, tornam possível que o bagaço gere energia suficiente para alimentar toda a indústria e ainda obter energia excedente. Esta energia pode ser enviada a rede de abastecimento de outras regiões, possibilitando um retorno financeiro significativo (DIAS, 2008).

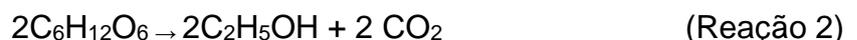
Dando continuidade ao processo o caldo é aquecido, a fim de se aumentar a eficiência da fase de decantação, e é enviado ao decantador, aonde é realizada a adição de polímeros para que ocorra a coagulação, ou seja, as partículas de impurezas se unem e tendem a se depositar no inferior do tanque. Durante a decantação a água é adicionada à sujeira do fundo e essa mistura é prensada, para retirar o máximo possível de sacarose. O bolo prensado é chamado de torta de filtro, tratando-se de mais um resíduo, que é enviado aos campos e usado como adubo, pois não apresenta potencial dano para o ambiente (DIAS, 2008).

O caldo é novamente aquecido, possibilitando a retirada da água e assim elevando sua concentração. A seguir, é enviado para a fermentação, onde o fermento é adicionado e todo o processo de transformação se inicia. As leveduras *Saccharomyces Cerevisiae* realizam a conversão da sacarose em etanol e nesse processo liberam gás carbônico. São várias reações envolvidas, podendo ser resumidas na seguinte sequência: (DIAS, 2008).

A princípio a sacarose contida no caldo é invertida a frutose e glicose: (DIAS, 2008).



Então, a frutose obtida é invertida a glicose e etanol, a partir da conversão das hexoses, descrita na reação 2: (DIAS, 2008).



Para realizar a fermentação contínua normalmente são utilizados de três a cinco reatores CSTR's em série, com reciclo de células. Durante esse processo deve se atentar para a temperatura, que devem estar entre 28°C e 32 °C para melhor

rendimento do fermento. Para que a temperatura seja mantida, os reatores possuem um sistema de resfriamento que podem ser trocadores de calor a placas ou serpentinas. Quando o grau brix (que determina a porcentagem de sólidos solúveis) for mais próximo de zero a dorna é liberada, onde se separa o vinho (caldo fermentado) do leite (fermento). Depois de separado o leite é enviado para o descanso, onde é enriquecido com vários nutrientes de acordo com a necessidade, sendo os mais comuns: nitrogênio, fósforo, magnésio, zinco. O fermento retorna as dornas, iniciando um novo ciclo de fermentação (DIAS, 2008).

O caldo fermentado, chamado de vinho, segue para as colunas de destilação. Esta operação consiste em separar as substâncias com diferentes pontos de ebulição presentes no vinho, submetendo-os a temperaturas altas. O resultado dessa etapa é o álcool hidratado, produto final da empresa e a vinhaça (RIBEIRO, BLUMER e HORRI, 1999).

A vinhaça consiste em uma parte do caldo que não foi transformada em álcool, que contém grandes quantidades de nutrientes e se tratada corretamente pode ser utilizada na fertirrigação das plantações, aumentando assim a produtividade do solo e trazendo um retorno financeiro a empresa, que não precisará mais gastar com adubo mineral. Sendo assim, o tratamento é viável tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico (RIBEIRO, BLUMER e HORRI, 1999).

3.2 CARACTERÍSTICAS DA VINHAÇA E ALTERAÇÕES NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SOLO

Segundo a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB (2005) a vinhaça caracteriza-se como um líquido derivado da destilação do vinho, resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar. A depender da região, pode ser conhecida também como vinhoto, calda de destilaria, caxixe, restilo, entre outros. Possui cor avermelhada, alta viscosidade, odor doce desagradável, alta turbidez e baixo pH. Apresenta duas características altamente preocupantes no tocante a sua composição química: possui elevada quantidade de matéria orgânica e carga inorgânica ácida e corrosiva (REZENDE, 1984).

Sua composição pode variar devido a diversos fatores, tais quais: a origem, sendo que a proveniente do caldo da cana é sempre menos concentrada que a originada

de mosto de melaço ou mosto misto, a usina em que foi obtida, a variedade da cana utilizada, a época da safra, o índice de maturação da cana, o solo utilizado no plantio e o próprio sistema de preparo do mosto como método de fermentação, a levedura e os aparelhos de destilação utilizados (FRANCISCO, 2008). A tabela 1 mostra dados da composição da vinhaça:

Tabela 1: Composição da vinhaça de melaço e de cana-de-açúcar

Elementos	Vinhaça de melaço (%)	Vinhaça de cana-de-açúcar (%)
Sólidos totais	6,472	6,696
Matéria orgânica	4,629	5,141
Materiais minerais	1,955	1,507
Potássio	0,485	0,168
Fósforo	0,011	0,007
Nitrogênio	0,045	0,0015
Cálcio	0,076	0,044
Magnésio	0,025	0,013
pH	4,78	4,57

Fonte: Adaptado de PENHABEL (2010)

Com base nesses dados, pode-se destacar a quantidade expressiva de potássio presente na vinhaça, mostrando seu potencial no uso como fertilizante e também o seu pH ácido, que requer maiores cuidados.

Em meados das décadas de 40 e 50 não existia uma quantidade de vinhaça expressiva, entretanto, já despertava preocupação dos órgãos ambientais e demandava estudos científicos (CORAZZA, 2001). Com a criação do Proálcool em 1975 o consumo de etanol no Brasil cresceu, a produção foi expandida e conseqüentemente houve aumento da vinhaça. Preocupados com as conseqüências ambientais, em 1978 o extinto Ministério do Interior criou a portaria nº 323, proibindo a disposição da vinhaça nos mananciais (CARVALHO, 2010).

Sendo assim era preciso descartar a vinhaça em outro local e a primeira alternativa, em meados dos anos 80, foi o solo em áreas denominadas “áreas de sacrifício”. Como o próprio nome já diz, após contato feito de forma descontrolada e sem nenhum tipo de cuidado essas regiões se tornavam improdutivas, fazendo com que

o solo se tornasse o ecossistema mais afetado pela disposição de vinhaça sem tratamento prévio (PENHABEL, 2010).

Apesar dessa alternativa se mostrar atrativa, devido a facilidade de manejo e ao potencial de fertilização, do ponto de vista ambiental ainda é tratado com certa delicadeza. Antes de ser feita a irrigação é necessário estudar o tipo de solo e tratar adequadamente a vinhaça. Isso se deve ao fato desta conter: altos poluentes orgânicos, estando presente também sólidos orgânicos com alta demanda química de oxigênio (DQO); poluentes físicos, pois no processo ela é obtida em temperaturas muito altas; poluentes químicos, pois apresenta um baixo pH que a torna corrosiva (AUDIBERT, 2015)

No solo, a vinhaça pode causar sérios danos, como por exemplo: acúmulo de amido no caldo (FRANCISCO, 2008). Segundo PARAZZI, PAPIN e BELLUCO (2017), o acúmulo de amido no caldo não é prejudicial ao rendimento da produção, tendo inclusive a eficiência elevada devido à disponibilização de açúcares fermentescíveis e a redução da quantidade de compostos não assimiláveis às leveduras, quando este é hidrolisado a açúcares simples. Porém, no tratamento de caldo, esse amido é de difícil remoção, permanecendo em sua maioria no produto final, tornando-se um contaminante e diminuindo assim a qualidade, o que não seria bem visto a fim de comercialização.

Entretanto, se usada de maneira adequada, a vinhaça pode se tornar uma aliada da produção, fazendo o papel de adubo e aumentando assim a disponibilidade de nutrientes, como consequência ocorre a melhora na estrutura do solo, que passa a reter mais água e os riscos de erosão são reduzidos (FRANCISCO, 2008).

3.3 OXIDAÇÃO AVANÇADA UTILIZANDO REAGENTE DE FENTON

Atualmente a preocupação com tecnologias limpas e eficientes no tratamento de resíduos tem aumentado significativamente devido ao fato de que a disposição inadequada destes resíduos tem causados problemas imensuráveis ao meio ambiente e a cada dia imposições legais se tornam mais severas.

Cada vez mais vem crescendo estudos na área de oxidação avançada, pois trata-se de um método eficaz e limpo, visto que não há a formação de subprodutos sólidos e,

diferente de outros tratamentos, não ocorre apenas a mudança de fase do material poluente (DANTAS, 2005).

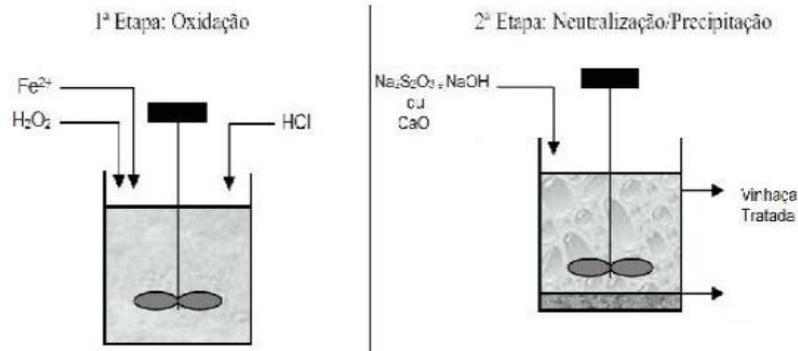
Os Processos Oxidativos Avançados (POA's) são técnicas de degradação onde acontece a formação de espécies extremamente reativas que podem degradar (parcial ou totalmente) a matéria orgânica e são largamente utilizados no tratamento de águas contaminadas, esgotos domésticos, efluentes industriais e lixiviados provenientes de aterros sanitários (ADÁRIO, 2014).

A remoção das espécies contaminantes se dá através de processos químicos que geram mudanças na estrutura dos poluentes e envolvem a formação de radicais hidroxilas (OH^\cdot). Esses radicais possuem potencial de redução elevados e agem de forma não seletiva, o que possibilita a degradação de diversos contaminantes tóxicos com um tempo curto independente da presença de outros compostos (ADÁRIO, 2014).

São comumente utilizados nos POAs ozônio (O_3), peróxido de oxigênio (H_2O_2) ou oxigênio (O_2) como agentes oxidantes, já que estes apresentam constantes de reação elevadas. Dividem-se em dois grupos: envolvendo reação homogênea (utilizando O_3 , H_2O_2 , O_2 e, ou luz ultravioleta) e heterogêneas (utilizando óxidos ou metais fotoativos) (DANTAS, 2005).

Em 1976, o químico britânico Henry John Horstman Fenton foi o primeiro a observar as propriedades altamente oxidantes de uma solução de peróxido de hidrogênio e íons Fe^{2+} . Ao utilizar esse reagente, observou-se que as moléculas orgânicas seriam facilmente oxidadas sem a necessidade de equipamentos complexos e altas pressões e temperaturas. A reação em cadeia dos íons Fe^{2+} e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) passou então a ser chamada de reação de Fenton, que tem se destacado por sua eficiência para remoção de poluentes em efluentes com alto nível de toxicidade (CASTRO e FARIA, 2001). O processo ocorre basicamente em duas etapas, sendo elas a oxidação e a precipitação/neutralização, como ilustradas na figura 1.

Figura 1: Etapas envolvidas do processo de oxidação Fenton



Fonte: TRINDADE et. al., 2015

Este método deve acontecer com alto controle de pH, mantendo baixo (entre 3 e 5) sendo que valores altos estimulam a formação de íons Fe^{2+} , gerando uma quantidade de precipitado que não é interessante pois diminui a disponibilidade de catalisador para a produção de radicais hidroxila. Nesse método o peróxido de hidrogênio é decomposto pelos íons ferrosos formando radicais hidroxila que serão os responsáveis pela degradação da matéria orgânica, como demonstrado na reação 3: (ADÁRIO, 2014).



Pode-se destacar como vantagens em comparação a outros POA's a facilidade do processo, com cinética rápida sem necessidade de um pós tratamento e o baixo custo, pois utilizando os sais de ferro na decomposição do peróxido de hidrogênio tem-se uma solução sulfato ferroso, um catalisador relativamente barato. Além disso, geralmente ocupa um espaço muito menor se comparados com as tradicionais estações de tratamento biológico (RAGASSON, 2013).

O reagente de Fenton pode apresentar diversas funções de tratamento, a depender da relação de peróxido de hidrogênio e íons ferrosos, sendo que quanto maior a quantidade de ferro o efeito passa a ser de coagulação química e quando ocorre o inverso o efeito obtido é de oxidação química. A faixa de dosagem pode variar de acordo com o efluente utilizado mas a faixa típica de relação ocorre em cinco partes de H_2O_2 para uma de Fe^{2+} (TRINDADE et. al., 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A reação do reagente de Fenton com a amostra provocou grande formação de espuma e foi exotérmica, devido as propriedades do peróxido de hidrogênio que, em sua decomposição, libera oxigênio molecular e calor (MATTOS *et. al.*, 2002). Desta forma, foi preciso utilizar um recipiente muito maior que o volume a ser tratado, para evitar que houvesse grande expansão a ponto de causar acidentes. Foram realizados testes de pH, turbidez, DBO e DQO em todas as amostras, os resultados são expressos na tabela 2 e serão explanados em diferentes tópicos para melhor entendimento.

Tabela 2: Resultados das análises físico-químicas realizadas das amostras de vinhaça antes e depois do tratamento.

Amostra	pH	Turbidez	DQO	DBO
1 (In natura)	5,2	3450	30.450	14.833
2 (30 min)	6,83	25,7	15.492	647,4
3 (60 min)	6,69	24,3	28.969	501,3
4 (90 min)	6,74	27,2	18.448	316,6

Fonte: o Autor

4.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Para um melhor rendimento da reação de oxidação via reagente de Fenton é necessário o controle do pH em meio ácido, sendo um procedimento comum corrigi-lo no início (TRINDADE, 2015), entretanto, ao adicionar o cloreto de ferro III já ocorria uma queda brusca de pH, pois esse se trata de um ácido de Lewis razoavelmente forte, tornando a condição excelente para o processo sem a necessidade de tal correção. Ao fim desta etapa foi preciso neutralizar as amostras para que houvesse a formação do precipitado e nesse ponto o cloreto se mostrou desvantajoso pois o pH caiu para a faixa entre 1 e 2, sendo necessária uma grande quantidade de NaOH para ocorrer a neutralização, o que pode tornar o processo mais caro. Após filtradas o valor foi aferido novamente e todas as amostras

apresentaram um pH neutro (entre 6 e 7) estabilizado, atingindo assim os resultados esperados.

4.2 TURBIDEZ

Pode-se definir a turbidez como uma medida do grau de interferência à passagem de luz através do líquido, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (NTU) e é provocada por partículas em suspensão (FUNASA, 2008). A amostra *in natura* apresentava valores tão altos para turbidez que foi necessária a diluição de 10 vezes para a leitura no turbidímetro. Houve grande redução desse parâmetro após tratamento, sendo que na amostra 2 obteve-se uma redução de 99,26%, na amostra 3: 99,3% e na amostra 4: 99,21%. Percebe-se então que o tempo de reação não provocou grandes mudanças na remoção de turbidez, tornando o processo eficiente a partir de 30 minutos e não havendo necessidade de prorrogação por demasiado tempo.

4.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A DQO é um parâmetro que mede a quantidade de matéria orgânica passível de ser oxidada por meios químicos existentes em uma amostra no estado líquido enquanto a DBO corresponde a quantidade de oxigênio que é consumido na degradação da matéria orgânica por processos biológicos, sendo ambos expressos em mg/L (LINS, 2010). A diferença entre os métodos está no tipo de matéria orgânica estabilizada, sendo que na DBO se trata de modo exclusivo da matéria orgânica mineralizada por atividade dos microrganismos a DQO engloba a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Há uma correlação entre esses valores que indica a parcela de matéria orgânica que pode ser estabilizada por via biológica e o valor da DQO é sempre superior a DBO (FUNASA, 2008).

Para ambos os testes as amostras foram diluídas, em uma proporção de 5:100. Isso ocorreu pois a carga era muito elevada mesmo após tratada, ocorrendo uma reação instantânea com formação de precipitado e coloração não desejada quando os reagentes necessários para realizar o procedimento de DQO eram adicionados à

amostra. Houve também a formação de um sal, devido ao uso do cloreto de ferro III, o que tornou a leitura da absorvância da amostra 3 (tempo de 60 minutos) não confiável. Outras diluições foram feitas, porém não apresentaram resultado satisfatório para a leitura no espectrofotômetro então se fez necessário prosseguir com esse fator de diluição. Pode-se concluir a partir disso que um maior tempo de reação proporcionou maior formação de sal, o que não interfere diretamente na qualidade do efluente tratado porém pode impactar no controle de qualidade do processo, dificultando a medição da DQO. Observou-se uma remoção de DQO de 49,12 % na amostra 2; 4,86% na amostra 3 e 39,41% de na amostra 4.

Sabendo os resultados da DQO foi possível prosseguir com a análise de DBO, visto que os dois possuem relação. No método de DQO são encubadas dois volumes da amostra (1mL e 1,5mL) sendo o segundo valor uma medida de segurança, caso a leitura com 1mL não fosse possível. Ao avaliar as amostras de controle (branco, padrão 1, padrão 2 e semente) foi possível perceber que as análises foram bem sucedidas pois se encontravam em conformidade com o recomendado no manual de procedimentos técnicos do laboratório em que foi realizado o experimento, sendo assim, foi considerada a leitura com o volume de 1mL das amostras tratadas. Todos os parâmetros descritos na tabela 3 foram utilizadas para o emprego na equação 6, que possibilita calcular o valor da DBO.

Tabela 3: Parâmetros avaliados no teste de DBO das amostras tratadas

Amostra	Volume	Volume	Oxigênio dissolvido			Fator de	DBO ₅
	Frasco	amostra	Inicial	Final	Consumo		
	MI	mL	mg/L	mg/L	mg/L	Incubação	corrigida
							mg/L
Branco	300,0	300,0	8,02	7,65	0,37	-	-
2 (30 min)	301,8	1,0	8,04	5,31	2,7	0,909	647,4
3 (60 min)	303,0	1,0	8,09	5,9	2,2	0,909	501,3
4 (90 min)	297,7	1,0	8,15	5,94	2,2	0,909	316,6
Padrão 1	297,7	5,0	8,14	4,49	3,7	0,909	177,5
Padrão 2	291,5	6,0	8,14	3,67	4,5	0,909	181,1
Semente	300,0	3,0	8,04	7,37	0,7	CS	0,7

Fonte: o Autor

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos mais significativos parâmetros para expressar a qualidade de um efluente, sendo fundamental para a respiração dos microrganismos

aeróbicos que degradam a matéria orgânica e em níveis muito baixos pode até tornar a vida no corpo hídrico inviável. Os valores mínimos para manter essa condição variam entre 2mg/L e 5mg/L, sendo assim, todas as amostras apresentaram resultados satisfatórios, com destaque para a amostra 4 que apresentou melhores níveis. Sua medição se fez necessária para a quantificação da DBO e estes se relacionam pois se a DBO for elevada será preciso altas taxas de OD para oxidá-la (FUNASA, 2008).

O método de DBO₅ exige um período de incubação de 5 dias, porém, devido a agenda disponível do laboratório onde as análises ocorreram, as amostras foram mantidas por 6 dias. Dada essa condição, é necessário aplicar o fator de correção referente a esse período para obter um resultado fidedigno, sendo este considerado no cálculo da DBO final. Houve uma redução de DBO significativa em todas as amostras, sendo que na amostra 2 reduziu 95,63%, 96,62% na amostra 3 e 97,86% na amostra 4.

Há diversos estudos na área em busca de desenvolver o melhor método de se tratar a vinhaça e dentre estes, pode se destacar o tratamento via adsorção em carvão de bagaço de cana-de-açúcar. SEIXAS et. al. (2016) descreve que foi possível remover a turbidez e a DQO em aproximadamente 85% e 69%, respectivamente, entretanto, não descreve se há redução de DBO. Ao utilizar POA's com reagente de Fenton foi possível obter maior remoção desses parâmetros, destacando a remoção da DBO altamente elevada e altos níveis de OD nas amostras 3 e 4. Os melhores valores de DQO foram alcançados na amostra 2, na amostra 3 obteve-se o melhor valor de turbidez e todas apresentaram pH neutro.

Com maior tempo de reação ocorria maior formação de sal, o que prejudicou os testes de DQO devido a formação de um precipitado que interferiu na leitura do espectrofotômetro, fazendo com que o resultado de DQO nesse tempo não fosse confiável. Entretanto, a amostra 3 se mostrou mais vantajosa das demais, pois alcançou menor turbidez e não houve grande variação do resultado de DBO, se comparada com a amostra 4, não havendo a necessidade de prorrogar o tratamento por mais que 60 minutos.

Fazendo um comparativo entre a pesquisa de TRINDADE et. al. (2015), que realizou a oxidação utilizando sulfato ferroso como agente catalisador da reação e óxido de

cálcio como neutralizador, e obteve remoção de turbidez considerada 100%, DQO 97% e DBO 98% percebe-se que a eficiência não difere significativamente em relação ao cloreto de ferro III, sendo assim, pode ser utilizada a combinação de reagentes com menor custo, a fim de viabilizar o tratamento.

No Brasil ainda não compete uma legislação referente à disposição da vinhaça tratada, visto que a mesma é descartada *in natura*, possuindo apenas normas quanto aos critérios de disposição no solo. Segundo a Resolução CONAMA N°430/2011, referente ao lançamento de efluentes, as condições necessárias para o descarte de efluentes líquidos são: pH entre 5 e 9, temperatura inferior a 40°C e redução de DBO em pelo menos 60%. As amostras tratadas de vinhaça obtiveram resultados bastante promissores e satisfatórios, cumprindo todos os requisitos estipulados pela CONAMA.

Pode-se então implantar o método com uma reação dentro do período de 60 minutos e apresentar como alternativa para corrigir o problema da medição de DQO realizar mais diluições em diferentes escalas, a fim de se obter um resultado mais próximo do real, presente na amostra.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude dos fatos apresentados pode-se concluir que a vinhaça é extremamente prejudicial ao meio ambiente caso seu descarte seja inapropriado, devido aos seus altos níveis de demanda química e biológica de oxigênio, a grande presença de matéria orgânica e o baixo pH, que pode afetar o solo futuramente. Como uma alternativa sustentável o presente trabalho apresentou o reagente Fenton, que permitiu que amostras de vinhaça fossem tratadas de maneira rápida e eficiente sem o uso de maquinários complexos, com o objetivo de abrandar seus parâmetros que poderiam apresentar riscos para o meio em que fosse realizado o descarte.

Em biografias consultadas é mais comum utilizar o sulfato ferroso para a reação, entretanto, como uma maneira de diversificar as opções existentes, todos os testes foram realizados com o cloreto de ferro III, que se mostrou altamente eficaz para remoção dos contaminantes, porém, provocou a formação de sais dissolvidos que podem interferir no controle de qualidade do tratamento. Apesar dos resultados promissores, ainda há a necessidade de realização de testes para averiguar a

aplicabilidade das amostras tratadas, pois sabe-se que estas não trarão prejuízos ao solo e sua nova condição abre precedentes para a sua utilização na fertirrigação da cana-de-açúcar, devido à presença da quantidade correta de nutrientes benéficos ao solo, o que pode ser abordado em futuras pesquisas.

O tratamento, portanto, é eficiente se olhado do ponto de vista sustentável mas apresenta dificuldades para a implantação, devido à periculosidade da reação, que é ácida, exotérmica e altamente expansiva, e quanto ao custo, pois envolvem reagentes que podem tornar o processo oneroso. Tendo isso em vista, para o funcionamento em larga escala ainda há a necessidade de mais estudos na área, com objetivo de diminuir os custos do processo, utilizando reagentes mais acessíveis e o efluente tratado como adubo, além de implantar medidas de segurança para que o ganho seja em todos os aspectos, ambientais e socioeconômicos.

6. REFERÊNCIAS

ADÁRIO, M. L. **Utilização do processo Fenton homogêneo no tratamento de efluentes gerados em cabines de pintura da indústria moveleira.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia ambiental e sanitária). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora – MG, 2014. Disponível em: <http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC_Mariana-LimaAd%C3%A1rio.pdf> Acesso em: 23 de maio de 2018

AUDIBERT, A. L. E. **Avaliação quantitativa e análise do potencial energético do biogás a partir da vinhaça na indústria sucroalcooleira.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) – Departamento de engenharia ambiental, Universidade tecnológica Federal do Paraná. Londrina – PR, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5291>> Acesso em: 21 de maio de 2018

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N° 430, de maio de 2011.

BRASIL. FUNASA – **Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETA's.** 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf> Acesso em: 06 de novembro de 2018

BOTTREL, S. E. C. **Avaliação da remoção de Etilenotriuréia (ETU) e 1,2,4-Tiazol através de processos Oxidativos avançados e adsorção.** Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade

Federal de Belo Horizonte. Belo Horizonte – MG, 2012. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1012M.PDF>> Acesso em 23 de maio de 2018

CARVALHO, T. C. **Redução do volume de vinhaça através do processo de evaporação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. São Paulo – SP, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/91715>> Acesso em: 17 de maio de 2018

CASTRO, M. C. G.; LIMA, M. P. **A produção da cana-de-açúcar no Brasil uma análise dos impactos sócio - econômicos da implantação do complexo sucroalcooleiro no município de Vicentinópolis.** In: SEMINÁRIO DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO, ENSINO E EXTENSÃO DO CAMPUS ANÁPOLIS DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS E SOCIAIS – SEPE. 2016, Anápolis-GO: UEG, 2016. p. 1-7 Disponível em: <<http://www.anais.ueg.br/index.php/sepe/article/view/7057/4660>> Acesso em 30 de maio de 2018.

COELHO, S. T.; OLIVEIRA JR, S.; ZYLBERSTAJN, D. **Análise Termoeconômica da Cogeração de Eletricidade a partir do bagaço de cana em uma usina de SP.** In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 14. Bauru - SP, 1997. p.1-8

CORAZZA, R. I. **Políticas públicas para tecnologias mais limpas: uma análise das contribuições da economia do meio ambiente.** Tese (Doutorado Política Científica e Tecnológica) Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas - São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/287486>> Acesso em: 30 de maio de 2018.

DANTAS, T. L. P. **Decomposição de peróxido de hidrogênio em um catalisador híbrido e oxidação avançada de efluente têxtil por reagente Fenton modificado.** Dissertação (mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina–SC, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/106571/303782.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y> > Acesso em 23 de maio de 2018.

DIAS, M. O. S. **Simulação do processo de produção de etanol a partir do açúcar e do bagaço, visando a integração do processo e a maximização da produção de energia e excedentes do bagaço.** Dissertação (mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/266223>> Acesso em: 24 de maio de 2018.

FIGUEIREDO, M.; SANTOS, E. P.; SCHMACHETENBERG, N. Processos Oxidativos avançados: fundamentos e aplicação ambiental. **Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.** 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/10662/pdf>> Acesso em: 29 de outubro de 2018.

FRANCISCO, G. A. **Biodegradação da vinhaça resíduo da produção de etanol.** Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Instituto de Biociências de Rio Claro,

Universidade Estadual Paulista. Rio Claro – SP, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/119121>>. Acesso em 17 de maio 2018.

GOES, T.; MARRA, R.; SILVA, G. S. Setor sucroalcooleiro no Brasil: Situação atual e perspectivas. **Revista da política agrícola**. 2008. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/125247/setor-sucroalcooleiro-no-brasil-situacao-atual-e-perspectivas>>

LINS, G.A. **Impactos ambientais em Estações de Tratamento de Esgoto ETE's**. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) Programa de pós graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2010. Disponível em: <<http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli491.pdf>> Acesso em 06 de novembro de 2018

MATTOS, I. L., SHIRAIISHI, K. A.; DELPHINI, B.; FERNANDES, J.R. **Peróxido de hidrogênio: importância e determinação**. Universidade Estadual Paulista. Bauru–SP, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v26n3/15664.pdf>> Acesso em: 06 de novembro de 2018

MEDEIROS, M. A. C.; VENDEMIATTI, J. A. S; SOBRINHO, G. D.; ALBUQUERQUE, A. F. **Química sanitária e laboratórios de saneamento II**. Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental. Março de 2006. Notas de aula. Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <<http://livred.info/apostila-lab-st-405.html?page=3>> Acesso em: 05 de novembro de 2018

PARAZZI, C.; PAPIN, L.; BELLUCO, A. E. S. Hidrólise enzimática do amido do caldo da cana-de-açúcar na fermentação etanólica. **Revista Ciência, tecnologia e ambiente**. 2017. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usuario/Documents/Engenharia%20Qu%C3%ADmica/TCC/TCC%202/72-585-1-PB.pdf>> Acesso em: 26 de outubro de 2018

PENHABEL, L. A. Vinhaça: Bio – Fertirrigação e impacto ambiental. **Revista Cognitio**. 2010, v.1. Disponível em <<http://revista.unilins.edu.br/index.php/cognitio/article/view/12/14>> Acesso em 21 maio 2018.

RAGASSON, M. K. Aplicação do reagente Fenton no tratamento de lixiviado de aterros sanitários. **Revista Especialize**. 2013. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:RptwlrqOApGJ:https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp%3Farquivo%3Daplicacao-do-reagente-fenton-no-tratamento-de-lixiviado-de-aterros-sanitarios-71412194.pdf+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em 23 mai. 2018

REZENDE, J. O. Vinhaça: Outra Grande Ameaça ao Meio Ambiente. **Revista magistral**. 1984, v.1. Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas – BA.

RIBEIRO, C. A. F.; BLUMER, S. A. G.; HORII, J. **Fundamentos de tecnologia sucroalcooleira: tecnologia do açúcar**. 1999. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/386836/mod_resource/content/1/apostila%20de%20alcool.pdf> Acesso em: 16 maio 2018.

SÃO PAULO. CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) Norma P4.231. **Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola.** São Paulo, 2006.

SEIXAS, F. L.; GIMENES, M. L.; FERNANDEZ-MACHADO, N. R. C. Tratamento da vinhaça por adsorção em carvão de bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Química Nova.** 2016. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=6367>. Acesso em: 31 de outubro de 2018

TRINDADE, E. O; SOARES, J; LIMA, H.H.S; SENNA, R.F; ALVES, J. L. F. **Tratamento do efluente da produção do etanol via processo de oxidação avançada.** In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1. Campina Grande – PB, 2015. Campina Grande: Realize, 2015. p. 2-6. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/Modalidade_4datahora_02_04_2015_23_26_41_idinscrito_1987_cc108b0d6e63f0c283e558e91daf880e.pdf> Acesso em: 20 de maio de 2018

WOLLINGER, S. **O programa nacional do álcool: análise econômica e ambiental.** Dissertação (dissertação em ciências econômicas). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC. 2003.

MEMBRANA FILTRANTE A PARTIR DO BAGAÇO DA CANA DE AÇÚCAR PARA CORRIGIR TURBIDEZ DA ÁGUA DO RIO DOCE AFETADA PELO DESASTRE DA SAMARCO

Gessiane Costa Tamagnoni⁸
Ingrid Oreste da Silva²
Laryssa Souza Santana³
Mariana de Jesus Lima⁴

RESUMO

A cana de açúcar é uma planta muito cultivada no Brasil desde o ano de 1975. Sua produção obteve crescimento acelerado após o estabelecimento do Proálcool (2003) (Programa de Incentivo à Produção do Etanol e seu Uso como Combustível Automobilístico), o que fez com que sua produção saltasse de 100 milhões para 220 milhões de toneladas por ano. A cana de açúcar possui elevada importância para a economia do país, que se alavancou por volta de 1993 com as exportações. A partir deste período a produção cresceu continuamente, sendo uma importante fonte de renda para a mão de obra rural. Um quarto de cada tonelada de cana que é processada, corresponde a massa de bagaço gerada pelo processo extrativo. Embora já possua algumas finalidades no mercado a quantidade de bagaço descartada indevidamente ainda é exorbitante, o que faz com que o bagaço excedente seja depositado em pátios de usinas ocupando grandes áreas e causando impactos ao meio ambiente e danos à população. A presente pesquisa trata-se de um estudo sobre a eficiência do processo de filtração utilizando uma membrana filtrante constituída de bagaço da cana de açúcar, utilizada com o intuito de corrigir a turbidez da água do rio doce, afetado pelo desastre da Samarco na cidade de Colatina-ES. O aparato de filtração foi construído a partir do bagaço de cana de açúcar, um subproduto advindo desta matéria prima cultivada em larga escala nas regiões norte, nordeste e centro sul do Brasil, utilizada em sua maioria em usinas sucroalcooleiras, ou seja, na produção de etanol e açúcar. Tomando a necessidade de encontrar uma nova alternativa sustentável para este subproduto, a membrana foi construída com a finalidade de ser utilizada em um sistema de filtração de forma a realizar um pré-tratamento da água, com objetivo de reduzir a turbidez da água do rio Doce, facilitando as próximas etapas do processo de potabilidade. A membrana vem se destacando por possuir alta capacidade de separação para qualquer fluido de baixa viscosidade contaminado com partículas em suspensão. Os resultados demonstraram que a membrana filtrante construída neste trabalho atendeu às expectativas apresentando resultados satisfatórios. A membrana construída nas condições de eficiência maximizadas reduziu a turbidez do efluente de 10,10 NTU para 5,49 NTU, demonstrando zonas de estabilidade de filtração nos limites de 7,14 ml de efluente por grama de fibra de bagaço.

PALAVRAS CHAVE: Sustentabilidade. Biodegradável. Purificação.

⁸ Graduanda em Engenharia Química pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus.

² Graduanda em Engenharia Química pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus.

³ Graduanda em Engenharia Química pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus.

⁴ Mestre em Energia e graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal do Espírito Santo.

ABSTRACT

The Sugarcone is a very cultivated plant in Brazil since 1975, it's production has had an accelerated increasing after the proalcohol (Ethanol's production incentive program and it's use as a automobilistic fuel), which helped its production to jump from 100 million to 220 tons a year. Sugarcone has an elevated importance for the country's economy, which was increased around 1993 with the exportations. From this period on the production grew continuously, being an important source of gain for the rural workforce. A quarter of each ton processed corresponds to the pulp generated by the extractive process. Even though it's already has some finalities in the Market, the quantity of discarded pulp still is exorbitant, which makes the surplus be deposited in mill's courtyards therefore. Taking huge spaces and causing impacts to the environment and to the population. The given research refers to the study of efficiency in the filtration process using a filter membrane composed by Sugarcane pulp, used to correct the turbidity of the water in Rio Doce affected by the Samarco disaster in Colatina, ES. The filter equipment was built from the sugarcane pulp, a byproduct come from this raw material cultivated on a large scale in the north, northeast and South center regions of Brazil, used for the largest part in sugarcane alcohol companies, looking for the necessity of finding a new sustainable alternative for this byproduct. The membrane was built to be used in a filtration system in order to pre-treat water, with the aim of reducing Rio Doce's turbidity making it easier the next steps in the potability process. The membrane has been succeeding because of its high capacity when it comes to separating any low viscosity fluid contaminated with suspended particles. The results show that the filter membrane built in this work have fulfilled all the requests showing a satisfying outcome. The membrane built in this conditions of maximized efficiency reduced the sample's turbidity from 10,10 NTU to 5,49 NTU, showing stability in filtration zones with samples of 7,14 mL per gram for a gram of pulp fiber.

KEY-WORDS: Sustainability. Biodegradable. Purification.

1 INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar no Brasil tem como objetivo atender às necessidades e metas ligadas à produção de etanol do mercado consumidor interno e externo.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma planta que apresenta elevada importância econômica. Além de ser de fácil manejo, seu produto (caldo) e subproduto (bagaço) são utilizados como matéria-prima para produção de cachaça, rapadura, açúcar, etanol, energia elétrica, ração animal e adubo (MACEDO, 2008).

Após o processo de extração do caldo, passado por várias etapas de moagem, é produzido um resíduo conhecido como bagaço. Romero (2007) explica que para cada tonelada de cana são geradas cerca de 0,25 toneladas de bagaço.

Segundo a Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP) 2017, a cada ano, sobra uma quantidade acima de 10 milhões de toneladas deste material. Na busca por alternativas para reutilizar o bagaço de cana-de-açúcar, subproduto

advindo da cana moída nas usinas sucroalcooleiras, é realizada a queima do bagaço nas caldeiras para geração de energia e vendido como alimento para ruminantes. Mesmo sendo utilizada para essas atividades, grande quantidade de bagaço acaba sendo descartada de forma incorreta, nos pátios das empresas, devido sua produção em grande escala. Desta forma, surgiram estudos para analisar possibilidades de inovações tecnológicas com o bagaço, desenvolvendo suporte para novos projetos de

Reaproveitamento. Uma usina sucroalcooleira é autossuficiente de energia, pois obtém potência necessária para movimentar a fábrica pela queima do bagaço. Uma usina projetada e operada adequadamente sempre produzirá bagaço em excesso (COMIN, 2010).

Como ainda não se aplicam técnicas de reciclagem a essa grande quantidade de resíduo, o mesmo acaba sendo descartado em áreas vagas da usina, onde seu despejo além de ocupar grandes territórios, pode causar impactos ambientais, conseqüentemente, acarretar danos a população local (GROENWOLD, 2010). O que antes era considerado descarte vem sendo transformado em matéria prima para outras finalidades, com fator de importância elevado e com custo baixo.

No dia 5 de novembro de 2015, o rompimento da barragem da mineradora Samarco (empresa fruto da sociedade entre as empresas Vale do Rio Doce e a anglo-australiana BHP Billiton), na cidade de Mariana, no estado de Minas Gerais, despejou sessenta bilhões de litros de rejeitos de mineração de ferro ao longo de mais de 500 km na bacia do rio Doce, a quinta maior do Brasil. Possui extensão de 879 quilômetros e suas nascentes estão em Minas, nas Serras da Mantiqueira e do Espinhaço. O dano ambiental de tamanho irreparável tem como um dos mais graves efeitos do despejo do rejeito nas águas, o assoreamento pela lama de rios e riachos da bacia do rio Doce. A avalanche de rejeitos gerada no estado de Minas Gerais pelo rompimento causou danos ambientais imensuráveis e irreversíveis (JACOBI, 2015).

A contaminação da bacia hidrográfica do rio Doce pelos rejeitos elevou consideravelmente os níveis de turbidez da água, tornando-a imprópria tanto para o consumo humano como para a agropecuária (LOPES, 2016).

Mazza (2013), realizou centenas de experimentos que comprovam a eficácia do bagaço de cana para purificar a água. Esta matéria prima é muito mais barata do que o carvão ativado promovendo um processo com resultados semelhantes de purificação. A matéria prima que está sendo muito utilizada no momento, o bagaço de cana, foi descoberta a partir de propriedades funcionais para diversos outros tipos de produtos, que podem ser feitos com um custo benefício mais acessível, o que o torna viável para produzir uma membrana para filtração, capaz de realizar correção de turbidez de águas poluídas.

Empresas que trabalham com os subprodutos advindos da cana, na maioria das vezes realizam o descarte desse material de forma incorreta por conterem uma quantidade excessiva de bagaço. Dessa forma, foi pensado numa membrana filtrante oriunda desse resíduo para correção de turbidez da água do Rio Doce.

Partindo do princípio de que a sustentabilidade passou a ser uma necessidade para a vida humana, o projeto retrata justamente o reaproveitamento do bagaço. Levando em consideração a fauna e a flora prejudicadas pelo desastre da Samarco que completou 2 anos no último dia 05 de novembro, ainda é pouco o que se sabe sobre projetos de recuperação em andamento do Rio Doce. A membrana filtrante foi desenvolvida e testada afim de mitigar níveis elevados de turbidez da água, conforme exige o Ministério de Saúde.

Com a realização deste trabalho objetivou-se comprovar a eficiência do bagaço de cana no tratamento da água com alto teor de turbidez, atingida pela lama da Samarco após o rompimento da barragem localizada na cidade de Mariana, Minas Gerais.

Segundo Mazza (2015), o bagaço da cana já processada, pode retirar corantes de águas contaminadas resultantes de processos industriais na fabricação de tintas. Também conseguiu comprovar que o pó do bagaço da cana retira até 80% do corante da água contaminada. Ele afirma que esse procedimento com o resíduo pode ser usado

para a retirada de cor, metais, carga orgânica, efluentes industriais e todo o processo que usa o carvão ativado para tratamento de água.

Devido ao alto nível de materiais em suspensão da água do Rio Doce, que antes do incidente o grau não passava de 100 NTU (unidade de turbidez) e após, chegou a atingir níveis acima de 100.000 NTU (IBAMA, 2016), o tratamento convencional da água para consumo humano se tornou complexo.

O estudo também abrange o desenvolvimento de novas tecnologias para o tratamento de efluentes industriais, que são os resíduos produzidos pelas indústrias, diminuindo assim os custos do tratamento e criando alternativas ambientalmente sustentáveis.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa é uma atividade voltada para a investigação de problemas teóricos ou práticos por meio do emprego de processos científicos. Ela parte, de uma dúvida ou problema e, com o uso do método científico, busca uma resposta ou solução. (Cervo L., Amado; Bervian A., Pedro; Silva, Roberto. 2007, p 57.)

A natureza da pesquisa é aplicada, direcionada para a produção de conhecimento que tenha aplicação prática e solução de problemas reais, de forma a abordar o problema quantitativo, por meio de análises e posteriormente, classificá-las. O objetivo da pesquisa exploratória permite maior envolvimento do pesquisador com a pesquisa relacionada, podendo buscar embasamento caso haja necessidade para aprimorar ideias, e posteriormente com procedimentos técnicos experimentais, construindo hipóteses relacionadas a assuntos de pouco conhecimento específico envolvido e selecionar variáveis que poderiam influenciar, definindo formas de controle.

A pesquisa exploratória, designada por alguns autores como pesquisa quase científica ou não científica, é normalmente o passo inicial no processo de pesquisa pela experiência e um auxílio que traz a formulação de hipóteses significativas para posteriores pesquisas. Realizando descrições precisas da situação e querendo descobrir as relações existentes entre seus elementos, esse tipo de pesquisa requer um planejamento bastante flexível para possibilitar a consideração dos mais diversos

aspectos de um problema ou de uma situação. (Cervo L., Amado; Bervian A., Pedro; Silva, Roberto. 2007, p 63.)

Assim, o subproduto da cana de açúcar foi coletado no alambique situado no município de Montanha-ES. O mesmo foi trazido para o laboratório da Faculdade Norte Capixaba – MULTIVIX São Mateus-ES e em seguida, a fibra foi emergida em solução alcalina de NaOH com concentração de 0,5 mol/L por 24 horas, com o objetivo de neutralizar os ácidos originados da reação de decomposição da fibra e também promover uma leve desidratação para melhor compactar a membrana na prensa.

Posteriormente, foi feita a secagem em estufa microprocessada de secagem de marca Quimis modelo Q317M-32 – 118/220 V, a uma temperatura de 130°C para retirar o máximo de água do subproduto, obtendo-se um material totalmente seco. Pesou-se em uma balança de precisão semianalítica de marca Bel, 15 g, 25 g e 35 g de bagaço para ser feita a prensagem.

Para formar a membrana, prensou-se manualmente 15 g, 25 g e 35 g de bagaço com auxílio de um êmbolo de aço inox AISI-304 com aproximadamente massa de 3 kg, até que apresentasse volume uniforme. Em seguida, foi prensado 25 g de bagaço a 0,35 e 2,0 toneladas força (tnf) em prensa hidráulica de marca Contenco modelo I-30311A.

A montagem do filtro com as membranas foi feita com auxílio de um funil de Büchner de 7 cm de diâmetro interno, adaptado a um cano de PVC possuindo 6,9 cm de diâmetro externo, sendo utilizado como forma, de modo que foi encaixado o cano ao funil de Büchner, onde foi posicionada a membrana. Na saída do filtro, foi colocado um kitassato, armazenando a água filtrada.

Antes da filtração da água, foi lavado a membrana com água destilada até que a turbidez do líquido filtrado se tornasse menor ou igual a turbidez do mesmo antes da filtração, para esse procedimento foi utilizado uma bomba a vácuo Primatec de modelo 131B.1/4 CV.1720 RPM, 0,18 KW a fim de agilizar o processo. Esse procedimento se fez necessário para que não houvesse vestígios de impurezas na

membrana, que venham causar erros na exatidão da leitura de turbidez das amostras.

Uma amostra de 20 L de água coletada no Rio Doce na região da cidade de Colatina-ES, afetada pelos rejeitos de minério, foi trazida para o laboratório da Faculdade MULTIVIX São Mateus-ES. Foi realizada uma análise para conhecer o nível de turbidez inicial do efluente, utilizando um turbidímetro de marca Dellab modelo DLT-WV. A turbidez foi novamente analisada após a passagem da amostra pelo filtro. Posteriormente, os dados obtidos foram comparados e caracterizados por meio de tabelas e gráficos, demonstrando que a capacidade filtrante da membrana, mesmo se tratando de um processo de filtração simples, alcançou resultados significativos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A cana de açúcar acompanha o Brasil desde a época da colonização, sendo um dos principais produtos cultivados. Após o processo de industrialização obtêm-se produtos como açúcar e os mais variados tipos de álcool (anidro e hidratado), o vinhoto e o bagaço (COMIN, 2010).

Segundo a Conab (2012), na safra de janeiro de 2011, a área plantada de cana-de-açúcar foi de aproximadamente 8 milhões de hectares. A produtividade média foi de 77.798 Kg/há. Com a necessidade de um uso sustentável do excedente de bagaço de cana-de-açúcar, oportunidades de inovações surgiram.

Dentre as formas de tratamento primário para a remoção de poluentes, está a filtração, que se baseia no princípio de que um meio poroso pode reter impurezas de dimensões até menores que as dos poros da camada filtrante (BRANDÃO, 2003).

Para que ocorra um processo de filtração é necessário que se tenha um meio filtrante, objeto pelo qual as impurezas serão retidas. No cenário econômico atual, existem diversos tipos e configurações de filtros, dependendo sempre do fluido a ser filtrado, aplicação, temperatura, entre outras informações importantes que precisam ser avaliadas para a determinação do meio filtrante adequado. Entre os meios filtrantes mais utilizados estão as membranas (AQUINO, 2011).

No rompimento da Barragem do Fundão, estima-se que 39,2 milhões de m³ de rejeitos de minério tenham percorrido os Rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce até desembocar no Oceano Atlântico. O *tsunami* de lama afetou diversas comunidades ribeirinhas mineiras e capixabas pelo caminho. Contaminou a água que abastecia as cidades próximas, tirou o trabalho de pescadores que dependiam dos rios para sobreviver, matou animais e plantas (Revista VEJA, 2017).

A principal causa natural da turbidez na água dos rios é a erosão do solo, que quando em época das chuvas, faz com que uma quantidade de matéria sólida seja disposta na água, conseqüentemente, fazendo com que a água do Rio Doce apresente uma turbidez alta em períodos chuvosos (FUNDAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS, 2017).

3.1 INDÚSTRIA DA CANA DE AÇÚCAR NAS USINAS

O cultivo da cana-de-açúcar e a produção de seus derivados estão intimamente ligados à própria história e ao desenvolvimento do Brasil. Primeiramente transformada em açúcar, a cana-de-açúcar ocupa um importante papel na economia, colocando o Brasil como líder mundial na produção de açúcar e álcool (KAWA, 2015).

Dos principais insumos obtidos com a cana, o açúcar foi o primeiro produto a ser produzido no Brasil pela indústria sucroalcooleira. Segundo boletim da Agência de Informações da Embrapa (2012), projeções de médio e longo prazo indicam que o consumo mundial de açúcar continuará aumentando. Este crescimento poderá chegar a cerca de 21% até 2015, atingindo 176 milhões de toneladas.

O aumento da produção e a busca pela melhoria da qualidade do produto final, agregados à tecnologia e ao crescimento das plantações de cana-de-açúcar, causam uma enorme geração de resíduos, sendo os principais: bagaço e o vinhoto. Estes resíduos podem ser denominados como subprodutos, desde que sejam aproveitados de maneira eficiente (EIT, 2006).

Existe, atualmente, uma boa integração entre as áreas agrícolas e industriais das usinas, permitindo aperfeiçoar toda a cadeia produtiva nas unidades mais bem gerenciadas. Segundo a Embrapa (2009), a cana pode ter dois destinos distintos: usina de açúcar e/ou álcool. No processo de produção de ambos, tem-se as seguintes etapas industriais:

- Lavagem, preparação, moenda ou difusão da cana;
- Extração do caldo e tratamento;
- Fábrica de açúcar;
- Destilaria de Etanol;
- Estocagem do bagaço;
- Distribuição do produto.

A cultura da cana, assim como toda atividade agrícola, gera sempre algum impacto no meio ambiente, na medida em que emprega recursos naturais como água e solo, e faz uso de insumos e defensivos químicos, como fertilizantes e praguicidas. Dentre eles pode-se citar: redução da biodiversidade causada pelo desmatamento e pela implantação da monocultura, expansão da fronteira agrícola para áreas de proteção ambiental, alteração da qualidade do ar e clima da região pela prática das queimadas (RODRIGUES, 2010).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 01 de 23/01/86, no artigo 1º, define impacto ambiental como:

“(…) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente (...) resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afete: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições sanitárias e estéticas do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais”.

Atualmente, o bagaço da cana após processamento vem sendo reutilizado na usina em forma de energia, mesmo assim ainda há um excedente, com isso objetiva-se queimar o máximo de bagaço nas caldeiras, mais que o necessário para que não haja sobras. Porém, unidades sucroalcooleiras são autossuficientes em energia, conseqüentemente ainda há uma grande sobra desse subproduto nas usinas (FERREIRA, 2010).

O subproduto da cana contém fibra constituída por celulose, que forma o conhecido bagaço. Sua composição química pode variar, mas não apresenta grande discrepância, então pode-se admitir as seguintes composições: carbono 47%, oxigênio 44%, hidrogênio 6,5% e cinzas 2,5% (COMIN, 2010).

A estocagem do bagaço tem sido uma grande problemática para as usinas, por conter uma densidade alta, torna-o uma matéria prima muito volumosa. Não é indicado deixá-lo ao ar livre porque fermenta e apodrece, perdendo suas propriedades iniciais. Em alguns casos, há a comercialização do mesmo para a agropecuária, mas com a produção em excesso sempre há um excedente significativo (COMIN, 2010).

Pesquisas avançam para o uso desse material na filtragem de água poluída, retirada de metais pesados e tratamento de efluentes.

3.2 MEMBRANA FILTRANTE

As membranas são barreiras semipermeáveis, cuja seletividade à passagem do soluto está relacionada com o tamanho das moléculas e tamanho dos poros das mesmas. Em geral a corrente de alimentação é fracionada em duas correntes, uma de concentrado ou retido, fornada pelos componentes maiores do que os poros mínimos da membrana e outra de permeado, constituída pelos componentes menores, que atravessam a membrana (MEIRELES, 2007).

A tecnologia de separação por membrana tem se destacado quando comparados aos processos de separação convencionais, como destilação e evaporação, devido à simplicidade de operação, pelo uso de módulos compactos e baixa energia utilizada. Os processos de separação por membrana são caracterizados pela força motriz de separação e pela natureza do material retido e permeado (MEIRELES, 2007).

A utilização de subprodutos agrícolas na obtenção de materiais é uma tendência crescente, sendo os seus maiores atrativos a grande disponibilidade desses subprodutos e por serem uma matéria prima barata (CANDIDO, 2015).

A técnica utilizada para separação de um sólido para líquido ou qualquer fluido em suspensão, partindo do seu princípio básico, é conhecida com filtração. Neste processo, ocorre a passagem do líquido ou fluido através de um meio permeável, retendo as partículas sólidas. O meio filtrante mais conhecido e utilizado são as membranas, devido a capacidade de separação que filtros comuns não têm (FARRUGIA, 2013).

Membranas assimétricas são caracterizadas por possuírem uma subcamada irregular apresentando uma porosidade crescente em direção oposta à pele filtrante. Esta subcamada pode apresentar estrutura tipo esponja e/ou cavidades, que confere a estas membranas resistência mecânica e favorece um elevado fluxo permeado, quando comparada com a subestrutura de membranas densas ou simétricas. Portanto, membranas que apresentam altos fluxos permeados com manutenção de suas propriedades seletivas, são desejadas (PETRUS, MENEES, PIRES, 1998).

Segundo Bentes de Carvalho (2013), as membranas podem ser feitas de diversos materiais orgânicos e inorgânicos, tais como polímeros, cerâmicos, carvão de silício, aço inox, dentre outros.

Segundo Luiz Fontes (2013):

“As membranas podem ser hidrofílicas ou hidrofóbicas. Os principais materiais de constituição são a celulose, o Teflon (PTFE), o polivinildifluoreto (PVDF) e a Polietersulfona (PES), mas também se utiliza Nylon, polietileno ou outros polímeros. De um modo geral, apresentam baixo índice de adsorção de proteínas e não liberam partículas. A espessura de uma membrana é de cerca de 0,1 mm, fazendo com que todas as partículas tenham que ser retidas sobre ela. Dependendo do tamanho dos poros, cada membrana recebe uma classificação e uma aplicação. Atualmente, no mercado, existem as membranas de Osmose Inversa, Ultrafiltração, Microfiltração e Nanofiltração”.

A classificação dessas membranas se dá conforme a sua porosidade. É isto que define a capacidade de separação dos sólidos a serem retidos conforme o seu tamanho (PEIG, 2011).

O engenheiro ambiental Daniel Brooke Peig (2013) explica que:

“Estes métodos de filtração diferenciam-se pelo tamanho dos compostos que são capazes de reter. De um modo geral, as membranas podem ser divididas em dois grandes grupos. As membranas densas (ou não-porosas) das quais fazem parte a Osmose Reversa e a Nanofiltração e as membranas porosas das quais fazem parte a Microfiltração e a Ultrafiltração”.

Segundo Pacheco (2013): A microfiltração (MF) constitui uma das classes de separação por membranas com uma porosidade na faixa de 0,1 a 0,2 μm . São muito utilizadas para separar material particulado em suspensão com tamanhos entre 0,1 e 10 μm .

Ultrafiltração (UF) é também conhecido como filtração molecular. É uma técnica de separação por membrana utilizada para segregar substâncias levando em consideração o peso e tamanho molecular, sendo baseada em um diferencial de pressão através da membrana semipermeável. É um processo conduzido de pressão, operando numa faixa mais baixa de 100-1.000 kPa (VIGNESWARAN, 2012)

Sendo assim, é um processo utilizado quando se deseja purificar e fracionar soluções contendo macromoléculas. As membranas de UF apresentam poros na faixa entre 1 e 100 nm, portanto mais fechadas do que as membranas de MF. Soluções contendo solutos numa ampla faixa de massa molar ($10^3 - 10^6$ Dalton) podem ser tratadas por este processo. Como os poros das membranas de UF são menores, uma força motriz maior é necessária para obter fluxos de permeados elevados o suficiente para que o processo possa ser utilizado industrialmente. Por este motivo as diferenças de pressão através da membrana variam na faixa de 2 a 10 bar. (HABERT BORGES e NOBREGA, 2006).

3.3 ANÁLISE DE TURBIDEZ

Turbidez é definida como uma propriedade física dos fluidos que reduz a capacidade de passagem de luz através de um líquido, sendo assim expressa por meio de Unidades de Turbidez, também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas (Fundação Nacional da Saúde, 2014).

A turbidez pode ser medida de acordo com a quantidade de partículas que estão em suspensão, ou seja, refere-se à quantidade de materiais dissolvidos no fluido. Pode ser baixa dependendo da velocidade de escoamento da água, por exemplo, lagos e represas, terão turbidez resultante, baixa. Além da ocorrência de origem natural, a mesma, pode ser causada principalmente pelo lançamento inadequado de esgotos industriais e domésticos (FUNASA, 2014).

Segundo relatório divulgado pela ONU (2017) grande proporção de água residual ainda é liberada no meio ambiente sem ser tratada. Isso ocorre principalmente em países de baixa renda, que em média, tratam apenas 8% das águas residuais domésticas e industriais, em comparação com 70% nos países de alta renda. Muitas vezes no mesmo local em que é feito o descarte inadequado, passa a linha de captação de água para o consumo humano. Na indústria, grandes quantidades de água podem ser reutilizadas por exemplo, para aquecimento e resfriamento, ao invés de serem descartadas no meio ambiente. Até 2020, estima-se que o mercado para o tratamento de águas residuais nas indústrias aumentará em 50% (ONU 2017).

Segundo estimativas da Unesco (2015), se houver continuação com o ritmo atual de crescimento demográfico e não for estabelecido um consumo sustentável da água, nem processos de reuso de água poluída, em 2025 o consumo pode chegar a 90%, restando apenas 10% para os outros seres vivos do planeta.

Após o rompimento da Barragem do Fundão, que elevou significativamente os níveis de turbidez da água do Rio Doce, diariamente vem sendo feitas análises de turbidez, bem como medidas protetoras da fauna na região atingida pela catástrofe, os órgãos ambientais responsáveis vêm desde o início acompanhando o ocorrido (Ministério do Meio Ambiente, 2015).

A passagem da pluma de rejeitos resultou na interrupção do abastecimento de água de 12 cidades que captavam a água diretamente no rio, estimando ter afetado 424.000 pessoas. De acordo com estudos realizados, os picos de turbidez foram registrados na medida em que a onda de rejeitos se deslocava ao longo do curso do Rio Doce, registrando valores que superaram significativamente os valores máximos

históricos de dados anteriores ao evento. (Encarte sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Doce, 2015).

A coordenadora da Rede das Águas da Fundação SOS Mata Atlântica (2015) Malu Ribeiro, relata que os dados reforçam a gravidade do problema:

“Infelizmente, as chuvas acabam por arrastar mais lama para o leito do rio e a situação tende a ficar ainda mais complicada. A lama e os metais pesados não mascararam ou diminuíram as concentrações de poluentes provenientes de esgoto sem tratamento e de insumos agrícolas”.

O Rio Doce já enfrentava sérios problemas bem antes do acidente do rompimento da barragem de rejeito de minério, por consequência ao descarte sem tratamento do esgoto das cidades ribeirinhas ao rio, espera-se que com a repercussão e o monitoramento que vem sendo realizado regularmente, seja possível planejar ações de conscientização e recuperação dessa bacia hidrográfica (SOS Mata Atlântica, 2015).

A Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, publicada no DOU N° 053, de 18 de março de 2005 nas páginas 58 e 59, vem substituir a resolução N° 20 do CONAMA, estabelecendo alguns parâmetros no que se refere à qualidade da água para uso doméstico e industrial. No artigo 14° observa-se que a condição padrão de turbidez aceitável até 40 unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

3.4 SAMARCO

A Samarco Mineração é uma mineradora brasileira fundada em 1977 e atualmente gerida através de um controle acionário entre a Vale S.A. e a BHP Billiton Brasil Ltda, cada uma com 50% das ações da empresa. Com escritório na China e Holanda, tem um relacionamento comercial com 19 países, sendo atualmente a 10ª maior exportadora do país com um faturamento anual acima de R\$ 7,6 bilhões. Seu principal produto são as pelotas, utilizadas principalmente na alimentação dos altos-fornos em siderurgias. Por ter uma concentração maior de minério, as propriedades físicas/químicas da pelota deixam o processo mais eficiente. A partir da pelota, é produzido o aço, que vai ser usado na construção de pontes, aviões, casas, produtos eletrônicos, entre outros (Encarte sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Doce, 2015).

Os rejeitos oriundos da extração do mineiro eram estocados em três reservatórios na mina em Mariana: Fundão, Germano e Santarém. Em 2014, houve um aumento da produção e dos rejeitos, foram extraídos 25 milhões de toneladas de minério, representando um aumento de 15% na produção e 5% no faturamento em relação ao ano anterior (Encarte sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Doce, 2015).

A Samarco desempenha um papel importante na economia brasileira. Em 2015, a empresa ocupou a posição de 12ª maior exportadora do País, segundo dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

Na tarde do dia 5 de novembro a empresa Samarco foi responsável pelo rompimento da Barragem do Fundão, localizada na cidade histórica de Mariana (MG). Foi lançado no meio ambiente 34 milhões de m³ de lama, resultantes da produção de minério de ferro. O ocorrido resultou em um desastre de Nível IV, sendo o de maior gravidade com danos e prejuízos inestimáveis, não superáveis pelas comunidades afetadas, de acordo com a classificação adotada pela Defesa Civil, desde então as atividades da mineradora foram embargadas (Encarte sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Doce, 2015).

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama, 2015) foram aplicadas cinco multas ambientais à empresa Samarco, totalizando R\$ 250 milhões, cada multa no valor de R\$ 50 milhões, o máximo previsto na Lei de Crimes Ambientais (Art. 75, lei 9.605/1998).

Desde o acontecido, a Samarco colocou em prática ações para dar assistência às pessoas envolvidas e minimizar os danos ao meio ambiente. Para firmar seu compromisso com a recuperação social, ambiental e econômica das regiões impactadas, a Samarco, juntamente com as suas acionistas Vale S.A. e BHP Billiton Brasil Ltda., assinou um Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC) em março de 2016 com os governos federais e dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. O TTAC previu a criação de uma fundação para reparar e remediar os impactos do rompimento. Desde agosto, a Fundação Renova atua no

desenvolvimento dos 41 programas de reparação e reconstrução, previstos no TTAC (site da VALE, 2015).

A assinatura do termo (TTAC) prevê ações para recuperação do rio, com limite de R\$ 20 bilhões para medidas que visam a recuperação do estado anterior ao acidente da barragem e de R\$ 4 bilhões em medidas de compensação nos casos em que a recuperação não for alcançada. Foram incluídas também ações de esgotamento sanitário e projetos de produção de água e mananciais alternativos que garantam maior segurança hídrica para o abastecimento da população atingida (Encarte sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Doce, 2015).

A recuperação total dos estragos ambientais causados é prevista para 2032. Até início do ano de 2018, os estudos definitivos sobre todos os impactos serão concluídos e compartilhados com os órgãos responsáveis, de acordo com a Renova. Com as operações de extração e produção do minério embargadas, a mineradora tenta voltar as atividades provando judicialmente às autoridades que é capaz de atuar com segurança. Hoje, sobrevive de aportes de suas controladoras, que já destinaram à empresa US\$ 430 milhões (cerca de R\$ 1,41 bilhão). Antes da tragédia, a Samarco empregava cerca de 6 mil funcionários, hoje são 1,8 mil, sendo que 800 estão com o contrato suspenso. Após dois anos, ainda há muitas perguntas sem respostas, dúvidas e muito por fazer (Revista Veja, 2017).

4 RESULTADOS/ANÁLISE DE DADOS

Os resultados das análises da água antes e depois da passagem pelo filtro estão dispostos nas tabelas 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 no item 4.1 e tabelas 4.2.1 e 4.2.2 no item 4.2 abaixo, com intuito de verificar algumas características das membranas que possam influenciar na efetividade do processo de filtração. Dentre as características analisadas, podem-se citar a influência causada por diferentes massas (quantidade de bagaço) e diferentes formas de compactação. Ressalta-se que, foram feitas análises de turbidez em triplicata, por isso, calculou-se a média e desvio padrão para cada análise.

A turbidez apresentada pelo efluente coletado antes do processo de filtração foi de 10,10 NTU. Para obtenção deste dado o efluente foi mantido em repouso por 1 hora,

a amostragem foi realizada a 20 cm de profundidade utilizando um pipetador automático de marca Optilab modelo CONTINUOUS-RS, de maneira a preservar a uniformidade da amostra coletada.

4.1 INFLUÊNCIA DA PRENSAGEM

Tabela 4.1.1: Prensagem manual - membrana com 25 g de bagaço.

Turbidez (NTU)					
Volume (mL)	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Média	Desvio Padrão
50	1,23	1,26	1,26	1,25	0,01
100	2,88	2,89	2,93	2,90	0,02
150	2,93	2,94	3,10	2,99	0,07
200	3,27	3,30	3,32	3,29	0,02
250	4,39	4,62	4,87	4,62	0,19
300	5,02	5,14	5,27	5,14	0,10
350	5,78	5,83	5,89	5,83	0,04
400	6,34	6,42	6,54	6,43	0,08

Fonte: O autor.

Tabela 4.1.2: Prensagem 0,35 Tonelada-força (tnf) – membrana com 25 g de bagaço.

Turbidez (NTU)					
Volume (mL)	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Média	Desvio Padrão
50	5,09	5,09	5,07	5,08	0,01
100	5,35	5,36	5,33	5,34	0,01
150	5,34	5,45	5,50	5,43	0,07
200	5,37	5,40	5,36	5,37	0,02
250	5,26	5,22	5,21	5,23	0,03
300	5,06	5,08	5,07	5,07	0,09
350	5,15	5,10	5,05	5,10	0,04
400	5,29	5,26	5,28	5,27	0,01

Fonte: O autor.

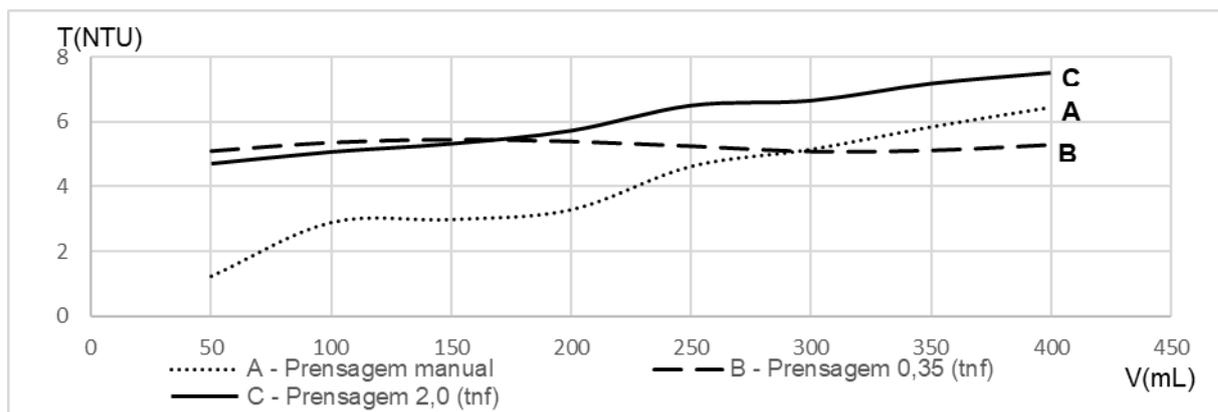
Tabela 4.1.3: Prensagem 2,0 Tonelada-força (tnf) – membrana com 25 g de bagaço.

Volume (mL)	Turbidez (NTU)			Média	Desvio Padrão
	Análise 1	Análise 2	Análise 3		
50	4,88	4,45	4,83	4,72	0,19
100	5,13	5,04	5,09	5,08	0,04
150	5,40	5,30	5,31	5,33	0,05
200	5,77	5,68	5,75	5,73	0,04
250	6,63	6,40	6,47	6,50	0,09
300	6,72	6,63	6,61	6,65	0,05
350	7,12	7,23	7,18	7,17	0,04
400	7,31	7,54	7,67	7,50	0,14

Fonte: O autor.

Com os resultados acima, foi observado que não há necessidade de deixar o bagaço em prensa por longos dias, uma pequena prensagem afim de “organizar” ou aglomerar fibras do bagaço para formar a membrana é suficiente para as mesmas reterem impurezas e fazerem com que o grau de turbidez diminua.

Gráfico 4.1.1: Comparativo da eficiência da prensagem manual, 0,35 (tnf) e 2,0 (tnf) da membrana com 25 g de bagaço.



Fonte: O autor.

Por meio dos dados obtidos no estudo da influência da prensagem descrita no item 4.1, foi possível observar que a prensagem manual trouxe os melhores resultados no tocante a eficiência da filtração. Este tipo de prensagem traz inúmeros benefícios para a utilização desta tecnologia, visto que a membrana nestas configurações

apresentou menor perda de carga facilitando o fluxo do efluente que permite purificar um maior volume em menor tempo, facilitando no processo de implementação do mesmo em grande escala.

Pela análise do gráfico 4.1.1, foi possível concluir através dos resultados que a membrana apresentou uma resposta qualitativamente positiva em relação à eficácia do método quanto à retenção de partículas. Levando em consideração, a leitura inicial de turbidez do efluente de 10,10 NTU antes da passagem pelo filtro.

4.2 INFLUÊNCIA DA MASSA

Assim, optou-se por utilizar método de prensagem manual.

Tabela 4.2.1: Prensagem manual - membrana com 15 g de bagaço.

Volume (mL)	Turbidez (NTU)			Média	Desvio Padrão
	Análise 1	Análise 2	Análise 3		
50	5,31	5,37	5,44	5,37	0,05
100	5,49	5,56	5,72	5,59	0,09
150	5,76	5,79	5,83	5,79	0,02
200	5,87	5,93	6,96	6,25	0,50
250	6,98	7,40	7,53	7,30	0,23
300	7,57	7,78	7,89	7,75	0,13
350	7,94	8,02	8,15	8,03	0,08
400	8,20	8,28	8,32	8,27	0,05

Fonte: O autor.

A membrana de 15 g de bagaço foi desenvolvida com auxílio de um embolo, se mostrou eficiente pela análise da tabela e teve uma redução de 32,73% em relação ao valor inicial de turbidez.

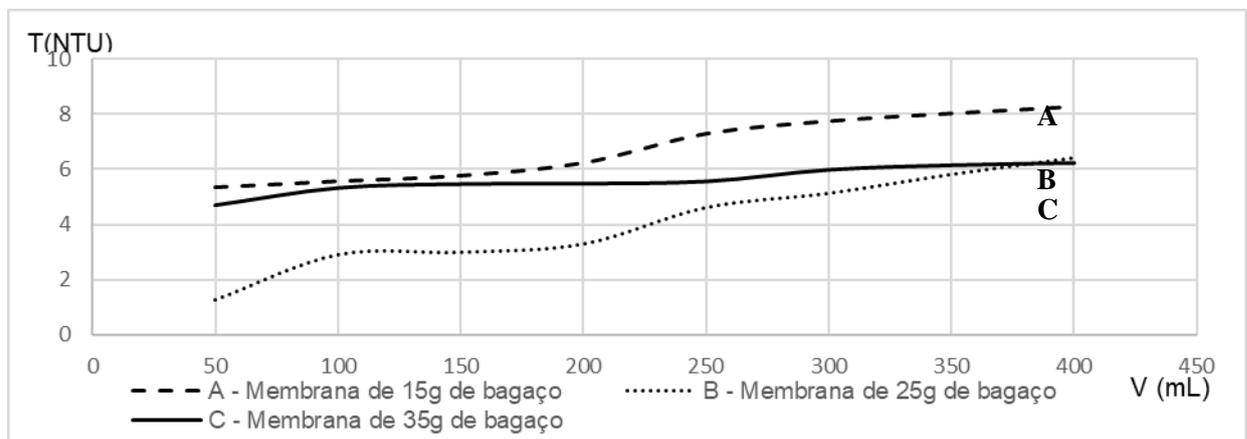
Tabela 4.2.2: Prensagem manual – membrana com 35 g de bagaço.

Volume (mL)	Turbidez (NTU)			Média	Desvio Padrão
	Análise 1	Análise 2	Análise 3		
50	4,68	4,70	4,69	4,69	0,01
100	5,34	5,34	5,33	5,33	0,01
150	5,48	5,44	5,49	5,47	0,02
200	5,49	5,47	5,50	5,49	0,012
250	5,60	5,56	5,55	5,57	0,02
300	6,09	5,98	5,95	6,00	0,06
350	6,18	6,17	6,18	6,17	0,01
400	6,31	6,23	6,25	6,25	0,03

Fonte: O autor.

A partir das tabelas 4.2.1, 4.2.3 e 4.1.1 descrita no item 4.1, foi feito um comparativo de eficiência das mesmas, demonstrada no gráfico 4.2.1.

Gráfico 4.2.1: Comparativo da eficiência das membranas de 15 g, 25 g e 35 g de bagaço.



Fonte: O autor.

Pelo gráfico, a membrana de 35 g apresentou maior eficiência nas condições experimentais, pois, mesmo com o aumento do volume do efluente filtrado, manteve a efetividade.

Nas inúmeras análises realizadas no laboratório, também se observou que com a filtração a vácuo, a membrana não apresenta eficácia quanto ao processo de separação, logo, todo procedimento de filtração da água foi feito por gravidade.

As membranas filtrantes antes de serem usadas exigem limpeza para manter seu funcionamento regular, pois as impurezas ficam retidas durante a passagem de água.

De acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido é de 1,0 NTU para água subterrânea desinfetada e água filtrada após tratamento completo ou filtração direta. Para água resultante de filtração lenta o valor máximo permitido é 2,0 NTU e em qualquer ponto da rede de distribuição 5,0 NTU como padrão de aceitação para consumo humano.

Pode-se afirmar que o desenvolvimento da membrana a partir do reaproveitamento do bagaço de cana é eficaz para o tratamento de água contaminada do Rio Doce. Se mostrando eficiente, assim como o projeto Filtrando as lágrimas do Rio Doce, que desenvolveu um filtro à base de areia que deixa a água transparente, própria para o uso doméstico e agrícola, apresentando 3,75 NTU de turbidez, com base na portaria do Ministério da Saúde (Miranda, 2016).

Por meio dos dados obtidos observou-se que os mecanismos de filtração apresentados que permitem a acomodação da membrana utilizando uma massa conhecida para o tratamento de turbidez da água do Rio Doce.

5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados apresentados, pode-se concluir a eficácia da membrana a partir do bagaço de cana, promovendo uma redução na turbidez de 52,1% em relação ao valor inicial, garantindo uma água de melhor qualidade que pode ser utilizada em reuso secundário.

Com a comprovação da alta capacidade da membrana em reter impurezas em suspensão na água, pode-se indicar a aplicação da mesma para o tratamento de

água de poços artesianos, tratamento de efluentes, pré-tratamento de sistemas de dessalinização de água do mar, tratamento de água para fins industriais.

Leva-se tempo para chegar a valores exatos sobre os custos de implantação e manutenção dos processos com a membrana, para parte do tratamento de água e efluentes, já que uma solução completa exige muitas variáveis, como: capacidade das estações, necessidade de combinar mais de um processo com membranas, grau de automação dos equipamentos, tubulações utilizadas, requisitos de pressão e temperatura, dentre outros.

O fato da membrana ser desenvolvida a partir do reaproveitamento de uma matéria orgânica e uma solução ambientalmente correta para a reutilização deste material. Para trabalhos futuros, sugere-se: Utilização de membrana filtrante de bagaço de cana-de-açúcar para retirada de metais pesados em águas contaminadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA, **Vigilância Sanitária de Saneantes**. 2013. Disponível em: <<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/Registro%20Saneante%20Palestra%20Visas%202013%202.pdf>> Acesso em: 02/11/2017.

BARBOSA, Bruno. VALENTINI, Carla Maria. FARIA, Rozilaine Aparecida. **Manejo ambiental da cana-de-açúcar**, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1518-70122016000300384>. Acesso em: 14/11/2017.

BRANDAO, Luiz. **Operação de Filtros Orgânicos utilizados no tratamento de Água Residuais**, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a31.pdf>> Acesso em: 20/11/2017.

CARVALHO, Roberto Bentes. 2013. **Membranas de filtração, tecnologia eficiente em aplicações** diversas. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/edicoes.asp?link=ultima&fase=C&id=880>> Acesso em: 14/11/2017.

CARLOS, José; MENEZES C., Hilary; PIRES, Alfredo. **Preparação e caracterização de membranas microporosas obtidas a partir de blendas de PVDF/PMMA**, 1998. Disponível em: <1998 <http://www.revistapolimeros.org.br/PDF/v8n1/v8n1a06.pdf>> Acesso em: 04/05/2018.

CERVO L., Amado; BERVIAN A., Pedro; SILVA, Roberto. **Metodologia científica**. 6.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 57p.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Dimensionamento de um sistema de lavagem de bagaço de cana-de-açúcar**, 2012. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2012/MBI12007.pdf>> Acesso em: 16/11/2017.

COMIN, Marcio Rogerio. **Geração e comercialização de energia elétrica a partir do bagaço de cana**, 2010. Disponível em: <<http://www.etanol.ufscar.br/trabalhos-mta/sertaozinho-i-c/trabalhos/monografia-marcio-rogerio-comin.pdf>> Acesso em: 10/11/2017.

Encarte sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Doce, 2015. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf> Acesso em: 14/11/2017.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Processamento da cana-de-açúcar**, 2009. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_102_22122006154841.html>. Acesso em: 17/11/2017.

EIT. **Subprodutos gerados na produção de bioetanol**: bagaço, torta de filtro, água de lavagem e palhagem, 2006. Disponível em: <revistas.ufpr.br/rber/article/download/44075/pdf_72> Acesso em: 16/11/2017.

FERREIRA. **A importância da utilização do bagaço de cana-de-açúcar na geração de energia**, 2010. Disponível em: <www.salesianolins.br/universitaria/avaliacao/no5/artigo81.doc>. Acesso em: 16/11/2017.

FERREIRA J., Moacir. **Reciclagem química do bagaço de cana-de-açúcar para produção de membranas**, 2009. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp092805.pdf>> Acesso em: 04/05/2018.

FAPESP. Agência de Notícias da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **Seleção de reportagens sobre cana, derivados de cana e etanol**. Disponível em: <www.fapesp.br> Acesso em: 25/10/2017.

FARRUGIA, Beatriz. **Membranas de filtração, tecnologia eficiente em aplicações diversas**, 2013. Disponível em: <<http://meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=15444&link=noticias>>. Acesso em: 02/11/2017.

FONTES, Luiz. 2013. Disponível em: <<https://bancadapronta.wordpress.com/2013/06/18/membrana-filtrante/>> Acesso em: 05/11/2017.

FUNASA, **Manual de Controle da Qualidade da Água**. 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf> Acesso em: 02/11/2017.

JACOBI, Pedro Ricardo. **A necessária compreensão das consequências ampliadas de um desastre**, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v18n4/1809-4422-asoc-18-04-00000.pdf>>. Acesso em: 22/10/1017.

KAWA, Luciane. **Resíduos da produção de cana-de-açúcar**, 2015. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/sucroenergetico/156845-residuos-da-producao-de-cana-de-acucar.html#.WfCrdYxSzIV>> Acesso em: 25/10/2017.

LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; SARMENTO, A.P.; LOPES JÚNIOR, A.V.; LIMA, J.T. **Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura**, 2009. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa-MG, v.17 n.6, p.473-480.

LOPES, M. N. Luciano. **O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais**, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/sinapsemultipla/article/view/11377>>. Acesso em: 02/11/2017.

MAZZA, Antônio Iris. **Bagaço de cana se revela um bom filtro de água**, 2013. Disponível em: <<http://www.greennation.com.br/noticia/bagaco-de-cana-se-revela-um-bom-filtro-de-agua/2692>> Acesso em: 15/11/2017.

MEIRELES S., Carla. **Síntese e caracterização de membranas de acetato de celulose**, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17456/1/CSMeirelesDISPRT.pdf>>. Acesso em: 03/05/2018.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. **Seleção de reportagens sobre o maior acidente ambiental do Brasil**, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agenciainformma?view=blog&id=1374>>. Acesso em: 17/06/2017.

MIRANDA, Tatiane. **Projeto filtrando as lágrimas do Rio Doce**, 2016. Disponível em: <<http://www.revistadagente.com.br/noticias/o-projeto-filtrando-as-lagrimas-do-rio-doce>>. Acesso em: 01/05/2018.

PACHECO, Claudio. **Separação por membranas**, 2010. Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/separacao-por-membranas-caracteristicas-damicrofiltracao/>>. Acesso em: 16/11/2017.

PEIG, Daniel Brooke. **As diferenças entre nanofiltração, ultrafiltração, microfiltração e osmose**, 2011. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/3201-noticias>>. Acesso em: 20/10/2017.

Portal da Qualidade da Água, 2017. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> Acesso em 10/11/2017.

Revista Veja. **Dois anos da maior tragédia ambiental do Brasil**. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/brasil/mariana-dois-anos-da-maior-tragedia-ambiental-do-brasil/>> Acesso em: 10/11/2017.

Resolução N° 357 do CONAMA, 2005. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 01/11/2017.

RODRIGUES, Luciana. 2010. **A cana-de-açúcar como matéria prima para a produção de biocombustível**: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação. Disponível em: <atividaderural.com.br/artigos/5601927a79cad.pdf>. Acesso em: 15/06/2017.

ROMERO, T. **Bagaço na construção civil**. Agencia de Notícias da fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.agencia.fapesp.br/material/7211/noticias/bagaco-na-construcao-civil.htm>> Acesso em: 25/10/2017.

SAMARCO. **Água do rio doce e do mar**, 2017. Disponível em: <http://samarco.com/wp-content/uploads/2016/06/Paper_Agua_23-06.pdf> Acesso em: 06/11/2017.

SOS Mata Atlântica. **Análise da Água do Rio Doce**, 2015. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/observando-os-rios/analise-da-agua-rio-doce/>> Acesso em: 11/11/2017.

Organização das nações Unidas para Educação, Ciência e a Cultura (UNESCO). **O mundo precisara mudar consumo para garantir abastecimento de água**, 2015. Disponível em:<<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2015-03/mundo->

precisara-mudar-padrao-de-consumo-para-garantir-abastecimento-de>. Acesso em: 10/11/2017.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Nações Unidas pedem avanço do tratamento de águas residuais no mundo**, 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/nacoes-unidas-pedem-avanco-do-tratamento-de-aguas-residuais-no-mundo/>> Acesso em: 24/10/2017.

VALE. **Fundação RENOVA**, 2015. Disponível em: <http://www.vale.com/hotsite/PT/Paginas/fundacao-renova/default.aspx?utm_source=google&utm_medium=pesquisa_paga&utm_content=text_ads_xx_xx_c3_s02&utm_campaign=samarco_2_anos&utm_term=%2Bvale%20%2Bsamarco> Acesso em: 01/11/2017.

VIGNESWARAN. **Eficiência de membranas filtrantes de nanofiltração e osmose inversa no postratamento de esgoto**, 2012. Disponível em: <[https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/2312/1/Efici%C3%Aancia demembranas_Monografia.pdf](https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/2312/1/Efici%C3%Aancia%20de%20membranas_Monografia.pdf)>. Acesso em: 11

ESTUDO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS NOS POSTES DO ESTACIONAMENTO DA FACULDADE MULTIVIX SÃO MATEUS

Juan Nascimento Pereira⁹
Nélio Calegario da Silva Junior²
Walcy Mara Fonseca Cavalcanti Pinha³

RESUMO

O presente trabalho mostra um estudo sobre o sistema de iluminação do estacionamento do campus da Faculdade Multivix São Mateus – ES. A pesquisa objetiva identificar as necessidades existentes e, em seguida, apresentar soluções economicamente viáveis e sustentáveis para melhorar o sistema local de iluminação. Os dados foram obtidos à partir de procedimentos de visita técnica, que tornaram possível delinear soluções. Estas melhorias puderam apenas ser propostas de acordo com as definições da ABNT NBR 5413, que trata de iluminação de interiores. Definindo essa norma como padrão, foi possível diagnosticar a necessidade de redimensionar o sistema de iluminação do estacionamento do campus. Especificamente, a pesquisa mostrará a viabilidade de instalar postes de energia com painéis solares e lâmpadas de LED, uma vez que a busca por fontes alternativas de energia tem sido a melhor opção, tanto pelo ponto de vista sustentável, quanto pelo econômico. A metodologia adotada é a do estudo de caso, conteúdo pesquisa bibliográfica – uma vez que a bibliografia é baseada em livros, artigos científicos e pesquisa documental, que usa materiais que ainda não receberam tratamento analítico; pesquisa quantitativa – usando técnicas quantitativas e estatísticas, evitando possíveis distorções da análise e interpretação; pesquisa qualitativa – que descreve o problema objetivando compreender e classificar, o que contribui no processo de mudança. Finalmente, é concluído que a implantação de painéis fotovoltaicos em postes na iluminação privada permite economia com o uso de energia renovável, promovendo sustentabilidade dentro da instituição, sendo um ponto atrativo para estudantes de graduação dentro da sociedade acadêmica, atuando como um projeto pioneiro na cidade de São Mateus.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar. Sustentabilidade. Rentabilidade.

⁹ Graduando em Engenharia Mecânica pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus.

² Graduando em Engenharia Mecânica pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus.

³ Graduanda em Engenharia Mecânica pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus.

ABSTRACT

The present work shows a study about the parking lighting system at the campus of Faculdade Multivix São Mateus – ES. The research aims to identify the existent needs and therefore present economically viable and sustainable solutions to improve the local lighting system. Data were obtained from in site procedures, which made it possible to outline a solution. These improvements could only be adopted in accordance with the ABNT NBR 5413 requirements, about indoor lighting. Setting this standard as default, it was possible to diagnosticate the need to resize the parking lighting system at the campus. Specifically, the research will show the feasibility of installing light poles with solar panels and LED bulbs, since the search for alternative energy sources has been the best option both from the sustainable point of view, such as the economic point of view. The methodology adopted is the case study, containing bibliographic research - once bibliography is based on books, scientific papers, and documentary research, which uses materials that have not yet received analytical treatment; quantitative research - using quantification techniques and statistics avoiding possible distortions of analysis and interpretation; qualitative research - which describes the problem seeking to understand and classify, which contributes to the process of change. Finally, it is concluded that the implantation of photovoltaic panels on poles in the private lighting system allows savings with the use of renewable energy, promoting sustainability inside the institution, being such an attractive highlight for undergraduate students into the academic society, acting as a pioneer project in the city of São Mateus.

KEY WORDS: Solar energy. Sustainability. Profitability.

1 INTRODUÇÃO

O ser humano tem se tornado um grande precursor da evolução, se tratando da descoberta de novas fontes de energia e da implantação da mesma. De acordo com Farias e Sellito (2011), desde a origem da humanidade o homem se mostrou preocupado em obter uma forma de luz artificial, conseguindo assim, o domínio do fogo, através da utilização de um vegetal. Já na idade média, o grande passo foi para a utilização do vapor, até chegar-se as idades, moderna e contemporânea, em que o carvão e o petróleo foram empregados na obtenção de energia.

Atualmente, existe uma grande preocupação por parte das nações com as questões

ambientais aumentando assim a conscientização mundial para o uso de fontes de energia não poluentes, aumentando o uso de bases sustentáveis, se contrapondo aos recursos não renováveis que hoje se caracterizam pelo alto índice de poluição por utilizar, como é o caso das termelétricas, combustão para a geração de energia (FREITAS; DATHEIN, 2013).

No tocante às políticas públicas, uma das grandes preocupações do governo tem sido a produção de energia elétrica de forma ecologicamente sustentável (MORAES et al, 2013, p.614). Segundo a LGL Solar – Treinamentos (2018), pode-se definir como energia limpa toda energia que em seu processo de produção não lança gases poluentes e resíduos tóxicos no meio ambiente e, que são renováveis. Assim, a procura por técnicas que tenham o propósito de incentivar a produção de uma energia limpa tem se transformado em algo cada vez mais constante e que exige muito empenho de pesquisadores.

Segundo documento anual do World Energy Outlook (2012, p.8) da IEA (International Energy Agency) os investimentos no setor de energia serão inevitáveis, tendo em vista que a demanda mundial por energia crescerá mais de um terço até 2035.

O uso de energias renováveis pelas indústrias é uma ação estratégica que exige planejamento, responsabilidade ambiental e compromisso com a sociedade, além de amplo envolvimento e conhecimento quanto aos recursos provenientes da natureza (RODRIGUES et al, 2006).

Segundo o BEN (2013), o Brasil é dono de uma matriz elétrica de origem majoritariamente renovável. A geração hidráulica, somente, responde por 70,1% da oferta interna, que somada às importações, de origem também renovável, eleva o percentual à casa dos 85%.

No Brasil, as hidrelétricas têm maior participação na geração de energia, apesar de ser um recurso renovável, seus impactos ao meio ambiente não são tão inofensivos como se pensava. Devido ao alagamento de grandes áreas cultiváveis, é percebida a emissão de gás metano (CH₄) (TROMBETTA, 2014).

Levando em consideração os impactos da liberação de CH₄ (na decomposição de matéria orgânica) na atmosfera, as hidrelétricas mostram uma outra face não tão

bonita. Uma solução para redução no uso da energia desse bem, é a utilização dos sistemas fotovoltaicos para geração de uma energia mais limpa.

No Brasil, os melhores locais para instalação de sistemas de produção de energia fotovoltaica estão concentrados no norderste, com cerca de 5900 a 6100 Wh/m².dia, no entanto, estados do sudeste também têm grande potencial para a geração de energia proveniente do sol, a radiação solar, no Espírito Santo, por exemplo, varia entre 4700 e 4900 Wh/m².dia, como é possível observar na Figura 1, abaixo:



Figura 1 – Mapa de radiação solar nacional diária - média anual típica (Wh/m².dia).

Fonte: ANEEL (2005).

Esta condição trás a certeza do quão favorável é a contribuição geográfica para a produção de energia proveniente do sol em território Brasileiro, precisamente no

território Capixaba em destaque na Figura 1.

Fazendo um breve comparativo entre as regiões da Europa e as do Brasil, é possível verificar que no Brasil há uma média anual de irradiação solar variando entre 3,8 e 6,5 kWh/m²/dia. Nos países europeus, as variações anuais estão entre 2,5 e 3,4 kWh/m²/dia na Alemanha, 2,5 e 4,5 kWh/m²/dia na França, 3,4 e 5,0 kWh/m²/dia na Espanha. Ou seja, esses países possuem médias de radiação bem inferiores às observadas no Brasil, e ainda assim conseguem aproveitar de forma eficiente os recursos solares (ASPE 2013).

Paratanto, elaborou-se o presente artigo, com o objetivo mostrar a viabilidade da implantação e os benefícios que podem ser alcançados pelas organizações ao buscarem incluir em seus projetos a utilização de fontes de energia limpa e eficiente, além demonstrar a economia e conseqüente redução de gastos oriundos da energia necessária consumida para manter-se ativa, o que certamente trará uma redução considerável, dos custos de manutenção institucional.

É notória também, a grande necessidade das instituições de ensino estarem na ponta, na corrida por incentivos tecnológicos, a implantação de um projeto como o proposto, trará, além dos benefícios internos mencionados acima, benefícios externos perante a sociedade. A faculdade será observada com um modelo a ser seguido e terá algo de muito valor a ser copiado, podendo receber visitantes de todas as partes para observação e estudo, através de visitas técnicas, obtendo assim, um grande diferencial perante outras instituições no quesito sustentabilidade.

Além dos benefícios localizados, este artigo abre caminho para estudos posteriores, se apresentando como uma solução para o uso desenfreado dos recursos energéticos, apresentando uma fonte renovável, de inúmeros benefícios que no entanto é pouco explorada nas regiões capixabas, que apesar do grande potencial, se tratando de condições de clima, que proporcionam grande possibilidade de êxito nos investimentos em energia solar, não possui muitos modelos implantados, reforçando assim, a importância de tal investimento.

O artigo está dividido em seções, a seção 2 apresenta a metodologia do artigo, demonstrando de forma explicativa os métodos utilizados na elaboração deste,

trazendo ao entendimento do leitor, os conceitos de pesquisa e os parâmetros de escolha, utilizados em cada método de pesquisa.

Na seção 3 está contextualizado todo o referencial teórico utilizado como base para artigo. Através do envolvimento de outros autores, pôde-se ter embasamento suficiente para relatar conceitos relacionados a matriz energética do Brasil, descrita na subseção 3.1, sobre a energia solar, na subseção 3.2 buscando demonstrar o potencial desta fonte no Brasil e as condições de clima que tornam propícios os investimentos, na subseção 3.3, demonstrando através de ilustrações e circuitos como ocorre a conversão da energia solar em eletricidade e na subseção 3.4 os sistemas solares existentes e os parâmetros para determinação do sistema no projeto proposto, o qual pode atender de forma eficaz a todos os parâmetros.

A seção 4 apresenta os resultados e discussões, mostrando a pesquisa comercial feita para escolha do fornecedor dos equipamentos e da empresa responsável pela instalação dos mesmos. Demonstrando ainda através do cálculo luminotécnico e com base em normas, a organização e distribuição dos postes no estacionamento e a quantidade necessária de luminárias, de forma a garantir a qualidade de iluminância do local. Além de demonstrar através de cálculos, o tempo para retorno do investimento.

A seção 5 apresenta as considerações finais do trabalho, agregando as reflexões das sessões anteriores, destacando os benefícios, tanto institucionais quanto sociais, da implantação do projeto na Faculdade Multivix São Mateus – ES, servindo ainda, como incentivo às futuras pesquisas relacionadas.

2 METODOLOGIA

O princípio de realização do projeto consistiu na pesquisa aplicada, de forma a auxiliar na organização dos dados necessários para execução da atividade proposta. De acordo com Silva; Menezes (2005) a presente pesquisa teve como objetivo, gerar conhecimentos que contribuam para a aplicação prática e direcional na solução de problemas específicos, tomando como base verdades e interesses locais, já que a pesquisa foi feita com base em postes com luminárias fotovoltaicas para o estacionamento da Faculdade MULTIVIX São Mateus - ES.

No campo de aplicação, foram utilizadas pesquisas quantitativas e qualitativas. Segundo Diehl (2004), a pesquisa quantitativa utiliza a quantificação, técnicas estatísticas que objetivam os resultados e evita possíveis distorções de análise e interpretação. Já a pesquisa qualitativa descreve a dificuldade de determinado problema, sendo necessário compreender e classificar os processos dinâmicos vividos nos grupos, contribuindo no processo de mudança e possibilitando o entendimento das particularidades dos indivíduos.

Buscando alcançar o melhor resultado possível e uma melhor compreensão do que foi apresentado no projeto tendo como base o ponto de vista dos procedimentos técnicos, Gil (2008) considera que as pesquisas a serem utilizadas podem ser, pesquisa bibliográfica, aquela que já foi elaborada, constituída principalmente de livros e artigos científicos e a pesquisa documental, que assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica, uma vez que esta utiliza materiais que ainda não receberam um tratamento analítico, como catálogos de fornecedores.

Na realização da coleta dos dados, foram utilizadas técnicas de observação direta no ambiente de estudo, o estacionamento interno da Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX no Estado do Espírito Santo, que possui uma área de 5500 mil metros quadrados, sem cobertura e fazia uso da iluminação elétrica de 7 (sete) postes que funcionam de 6 a 8 horas por dia. Com base na quantidade de postes, no seu tempo de funcionamento e através do consumo de kW/h que cada lâmpada consome, foram realizados cálculos, afim de obter um levantamento do consumo de energia.

Para auxiliar na coleta dos dados e dos cálculos, foram utilizados o catálogo da fabricante EcoSoli (2018) e a norma que “define valores de iluminância médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras” (ABNT NBR 5413, 1992).

Analisando os dados coletados com base na norma ABNT NBR 5413, foi observado que a distribuição dos postes no ambiente de estudo estava incorreta. Através da realização de cálculos foi feito o redimensionamento de quantos postes seriam necessários para iluminar a área estudada, no qual foi dividido os lumens da área pelo o lúmen da luminária adotada, encontrado o total necessário de 39 luminárias. Conforme o catalogo EcoSoli (2018) os postes terão de 6 a 8 m com um cabo entre

a luminária e a placa de 3 m, possuindo um peso 13 kg (luminária sem o poste) com distância recomendada entre postes de 15 a 20 m.

Não foi possível realizar uma medição precisa do nível de iluminância pois não foi utilizado nenhum aparelho eletrônico capaz de medir a intensidade de luz e por existir de um difusor que reduz a emissão da luz para o ambiente e a queda do fluxo luminoso ao longo do tempo. Por esses fatores, foi adotado um novo número de luminárias para o projeto, decidiu-se a utilização de 40 luminárias LED de 80W equivalente a 7200 lúmens. Esse padrão adotado compensou a depreciação do fluxo luminoso.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 MATRIZ ENERGETICA DO BRASIL

Antes de se iniciar qualquer discussão sobre Matriz Energética é necessário ter bem definidos os conceitos, de matriz energética e matriz elétrica. Se tratando de matriz elétrica, é correto afirmar que se trata do uso, apenas, das fontes de energia para geração de "eletricidade".

"O país também pode usar como um indicador a matriz elétrica, que difere da energética por abranger apenas o uso das fontes de energia para geração de energia elétrica, enquanto a energética considera todas as destinações, como por exemplo a utilização no setor de transportes e industrial." (CATÃO E CARDOSO, 2016, p. 38).

Sendo assim, pode-se definir como Matriz Energética o conjunto das fontes de geração de energia, renováveis ou não, disponíveis e necessárias para que uma nação, atenda de forma controlada sua demanda por energia, em outras palavras, "Matriz energética é uma representação quantitativa da oferta de energia que um determinado país ou região dispõe para sustentar o desenvolvimento de suas atividades econômicas.", afirma (COUTINHO, 2015).

As fontes energéticas do Brasil estão divididas entre renováveis e não-renováveis, as fontes não-renováveis são aquelas presentes na natureza e de forma finita, não se renovam (FELIX e SANTOS, 2013). O uso contínuo desses recursos traz à tona diversos problemas, além de serem recursos passíveis de extinção trazem consigo a problemática da diminuição da camada de ozônio pelo aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera (BEN, 2018).

Segundo o BEN 2018, atualmente, os recursos renováveis são responsáveis por 42,9% da oferta de energia, neste estão as energia provenientes, da biomassa da cana-de-açúcar, da hidráulica, da lenha e carvão vegetal, da lixívia e outras fontes, como a solar e a eólica, enquanto os não renováveis atendem 57,1% são eles, o petróleo e derivados, o gás natural, o carvão mineral, o urânio e outras fontes não renováveis.

Na Figura 2 abaixo, pode-se observar o aumento das emissões de CO₂ entre os anos 2000 e 2017, e uma projeção para 2026:

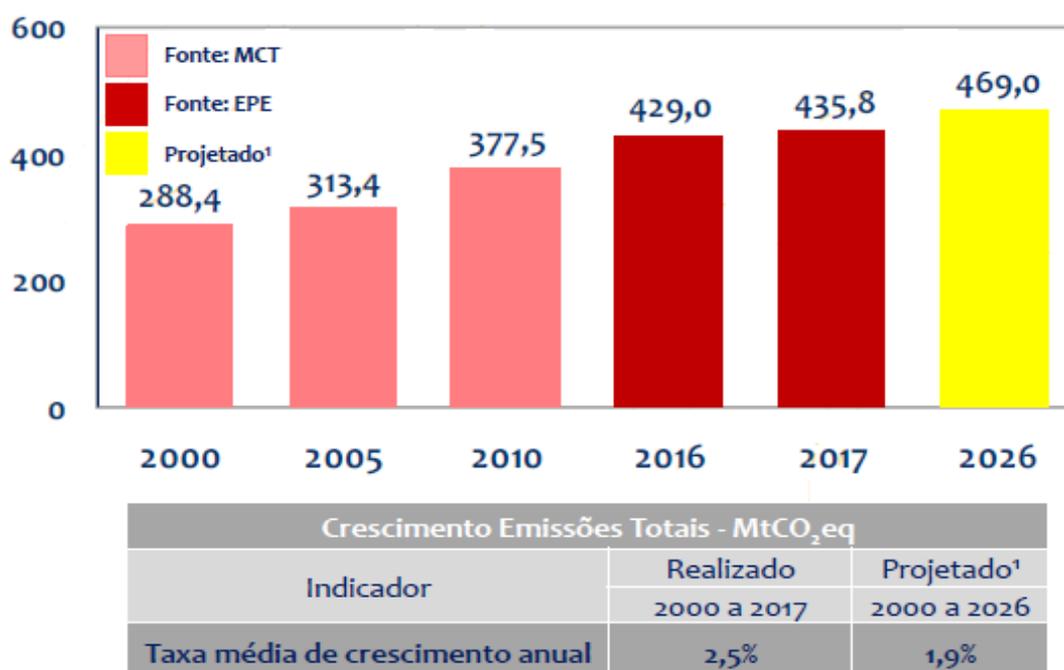


Figura 2 - Gráfico da Evolução nas Emissões de CO₂.

Fonte: BEN (2018).

Esta situação é preocupante em termos de meio ambiente, mas pelo grande potencial energético existente no Brasil, é um quadro passível de ser revertido. Dados, ainda do BEN (2018), mostram que o Brasil possui um grande potencial energético, tendo atualmente, grande autonomia energética. A grande responsável por esse cenário é a geração de energia através da força dos rios, a energia hidrelétrica (Figura 3).

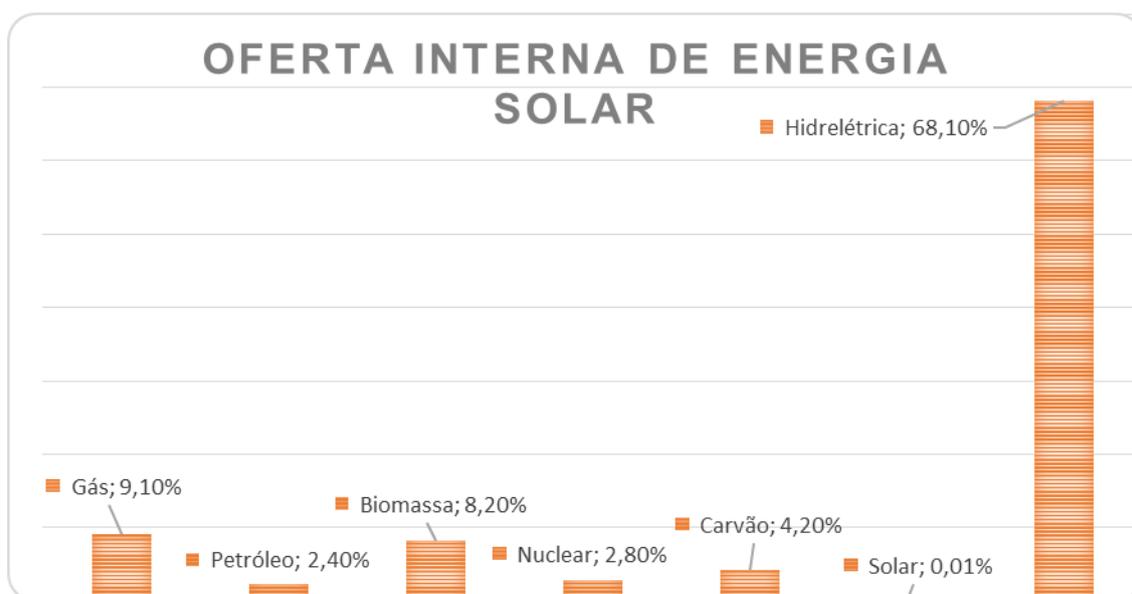


Figura 3 - Gráfico da Oferta interna de Energia Elétrica por Fonte.

Fonte: Adaptado - BEN (2017).

No entanto, foi observado entre os anos de 2016 e 2017 uma diminuição na oferta energética desta fonte renovável e considerável aumento na oferta de energia gerada a partir do gás natural, fonte não renovável.

Como é possível observar na Figura 4, abaixo:

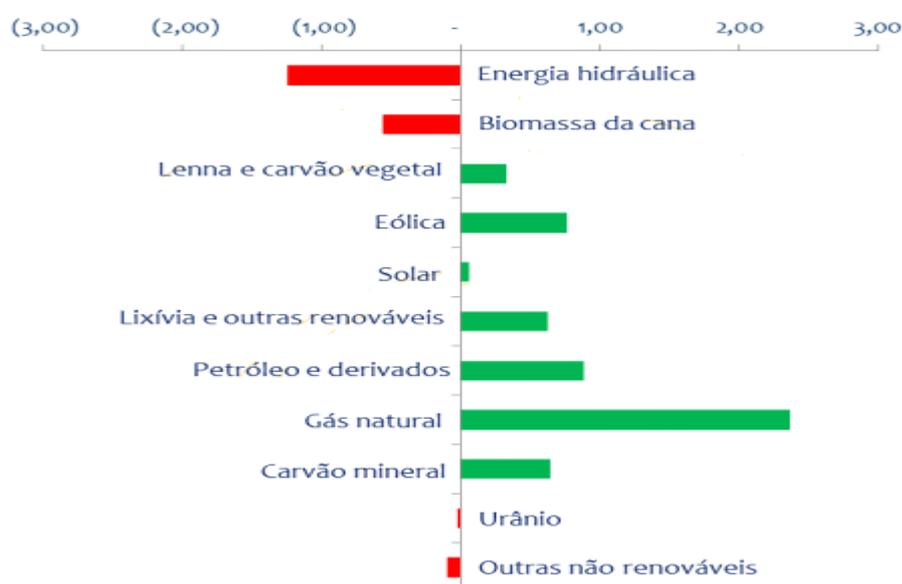


Figura 4 - Gráfico da Variação em milhões de toneladas equivalentes de petróleo na oferta interna de energia, entre 2016 e 2017.

Fonte: BEN (2018).

Nesta queda na oferta de energia hidrelétrica pode-se creditar grande parte culposa na conta dos baixos níveis de precipitação observados nos últimos anos, levando

importantes reservatórios Brasileiros a quase zerar seus estoques de armazenamento.

Segundo, Marta Vieira (2017),

“Entre as oito principais hidrelétricas operadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), seis apresentam armazenamento em níveis inferiores ao verificado em setembro de 2016, com base em informações que a concessionária coletou do dia primeiro até quarta-feira, informadas pela empresa por meio de sua assessoria de imprensa. A pior situação é do reservatório de Três Marias, no Rio São Francisco, que opera com 16,25% de sua capacidade de acumulação de água, frente a 24,60% em setembro do ano passado. Em Nova Ponte, a baixa no período analisado foi de 30% para 23,81%”.

Esta preocupação, ainda está relacionada a grande dependência nacional pelas hidrelétricas, fato constatado nas seções anteriores. Contudo, a maior preocupação em promover e incentivar estudos sobre fontes de energia alternativas é pra justamente para que se evite chegar a um quadro de extinção das reservas de recursos renováveis no país. Sendo assim, tornam-se necessários investimentos no setor de geração de energia fotovoltaica.

3.2 ENERGIA SOLAR

À medida que se torna crescente a necessidade de energia pela humanidade, aumentam também as dificuldades em obtê-la. Suscita daí a urgência quanto ao uso de soluções alternativas e o desenvolvimento de novas tecnologias, visando ao aproveitamento de fontes renováveis e limpas que possam propiciar o desenvolvimento de energia de maneira sustentável (TIRADENTES, 2006).

Diante desse contexto, a radiação solar pode ser empregada como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica (PACHECO, 2006). A conversão da energia solar em elétrica ocorre pelos efeitos da radiação – calor e luz – sobre determinados materiais semicondutores. Entre esses, destacam-se o termoelétrico que caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas, e o fotovoltaico onde os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares (ANEEL, 2003).

Dentre as vantagens da energia solar, Pacheco (2006) destaca-se que a mesma minimiza o pico da demanda de energia durante o dia, não tem emissões de gases estufa durante a geração de energia elétrica e não requer o uso de combustíveis, o que reduz o custo de geração. Acrescenta-se ainda que, como a geração pode ser feita localmente, reduz a necessidade de novas linhas de transmissão e, por conseguinte, possibilita aumento da segurança energética. Soma-se ainda, segundo Tiradentes (2006), o estímulo à conscientização ambiental e sociocultural pelo uso de uma energia limpa e gratuita.

De acordo com Tiradentes (2006, p. 14), “em apenas uma hora o Sol incide sobre a Terra uma quantidade de energia superior ao consumo global de um ano inteiro”. Camargo (2015) ressaltam que a produção solar é menor nos períodos chuvosos, quando se acumula energia nos reservatórios das hidrelétricas, e à noite, período de maior intensidade de geração eólica localizadas no interior dos estados. Em contrapartida, nos dias ensolarados a geração é máxima, o que torna ainda mais vantajoso a utilização de fontes alternativas quando se consideram as dificuldades recentes no setor elétrico brasileiro.

No entanto, é preciso levar em conta que a energia solar é influenciada pelas condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), pela disponibilidade de radiação solar que incide sobre a superfície terrestre e depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Essas condições devem-se ao movimento de rotação - inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente, bem como, ao movimento de translação - trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol, conforme demonstra a Figura 5 (ANEEL, 2003).



Figura 5 - Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol.

Fonte: ANEEL (2003).

Desse modo, a duração solar do dia é variável em algumas regiões e períodos do ano, sendo mais intensas nas regiões polares e nos períodos de solstício. O inverso ocorre próximo à linha do Equador e durante os equinócios (ANEEL, 2003). Camargo (2015) enfatiza que o Brasil tem enorme potencial para a geração de energia solar, como demonstra o Quadro 1 a comparação entre os níveis de irradiação solar e extensão territorial brasileira e de outros países em que essa energia solar é bastante utilizada.

Irradiação solar (kWh/m²/dia)				
País	Mínima	Máxima	Média	Área (mil km ²)
Brasil	4,25	6,75	5,50	8.515,77
Espanha	3,29	5,07	4,18	504,97
França	2,47	4,52	3,49	543,97
Alemanha	2,47	3,42	2,95	357,02

Quadro 1 – Irradiação solar e aérea, por país.

Fonte: CAMARGO (2015).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2012), a irradiação global é relativamente bem distribuída pelas regiões brasileiras. De modo geral, o litoral leste, do Rio Grande do Sul ao recôncavo baiano, apresenta os menores índices de irradiação verificados no país. A região Nordeste apresenta os maiores valores de irradiação solar global. Os valores máximos de irradiação solar no país são

observados na região central do estado da Bahia (6,5 kWh/m²/dia), incluindo parcialmente o noroeste de Minas Gerais. A região Sul apresenta os menores valores de irradiação global média no país.

Dentre os instrumentos comumente utilizados para mensurar a radiação solar, destacam-se o piranômetro e o pireliômetro (Figuras 6 e 7). Enquanto o primeiro destina-se a mediação da radiação solar global, o segundo visa à mediação da radiação solar direta. Contudo, o instrumento de medição direta (pireliômetro) é raramente utilizado devido ao alto custo do equipamento.

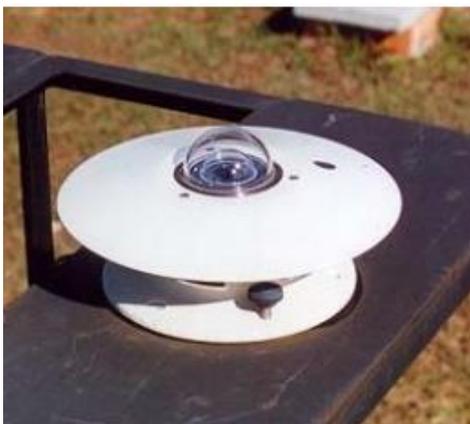


Figura 6 - Piranômetro.

Fonte: OLIVEIRA (2001).



Figura 7 - Pireliômetro.

Fonte: OLIVEIRA (2001).

De acordo com Tiradentes (2006) sistemas fotovoltaicos são instalações que tem como finalidade coletar a energia solar e transformá-la em elétrica. Para tanto, faz-se necessária e indispensável a implantação de um sistema fotovoltaico que, normalmente, compõe-se dos seguintes elementos: Uma ou mais placas solares; Regulador de carga; evita sobrecarga ou descarga excessiva da bateria; Banco de baterias; Inversor; transforma a corrente de 12 Vcc em 110 ou 220 Vac; Equipamento 12 v a ser energizado; Equipamento 110 ou 220 V a ser energizado.

O sistema de geração fotovoltaica faz uso de elementos semicondutores fotossensíveis que convertem a radiação solar em uma diferença de potencial nos terminais da junção P-N. A ligação elétrica desses terminais resulta na circulação de corrente contínua. Uma única célula solar produz, em condições nominais de teste, diferença de potencial entre 0,5 e 0,6V e potencia entre 1,0 e 1,5W, de modo que, para uso prático, as células devem ser arranjadas em ligações série paralelo constituindo módulos (painéis) de baixa potência, atualmente de até 250W, com tensão de 12 ou 24V. O arranjo série paralelo de módulos permite o atendimento a cargas maiores (BRASIL, 2012, p. 3).

Os painéis solares (Figura 8) são os principais componentes do sistema fotovoltaico, sendo compostos por um conjunto de células fotovoltaicas associadas, eletricamente (ALMEIDA *et al.*, 2012). Uma célula fotovoltaica típica é composta por duas camadas de material “semicondutor dos tipos P e N, uma grade de coletores metálicos e uma base metálica. É constituída por uma camada de material antirreflexivo que é indispensável para aumentar a absorção de luz” (GAZOLI *et al.*, 2013, p.49).



Figura 8 - Painel Solar.

Fonte: PEREIRA *et al.* (2010).

De acordo com Marques *et al.* (2014), os painéis são feitos de células de silício, texturizadas, laminadas e tratadas com materiais específicos que aumentam sua absorção e vida útil. Três tipos de células de silício podem compor esses painéis: as de silício monocristalino que são as mais empregadas devido ao maior percentual de eficiência (entre 15% e 18%) na conversão de luz solar em eletricidade. As células de silício policristalino, cuja eficiência (de até 12,5%) e as de silício amorfo, também conhecidas por filmes finos, as quais, devido ao processo de fabricação relativamente simples e barato, oferecem melhores preços, porém apresentam eficiência entre 5% e 7%. Quanto à estrutura, a parte frontal do painel é revestida com resina ou vidro temperado de alta transparência com resistência à tempestade, neve, granizo, salinidade, umidade e poeira.

Um sistema solar de geração fotovoltaica típico para residências, de acordo com Marques *et al.* (2014), deve ser constituído, conforme a demonstração na Figura 9: painéis ou módulos solares, controlador de carga, baterias, inversor para conversão da tensão CC em CA e outros equipamentos auxiliares, materiais de estrutura e fixação dos módulos, fiação, medidores, softwares de supervisão e serviço de montagem.

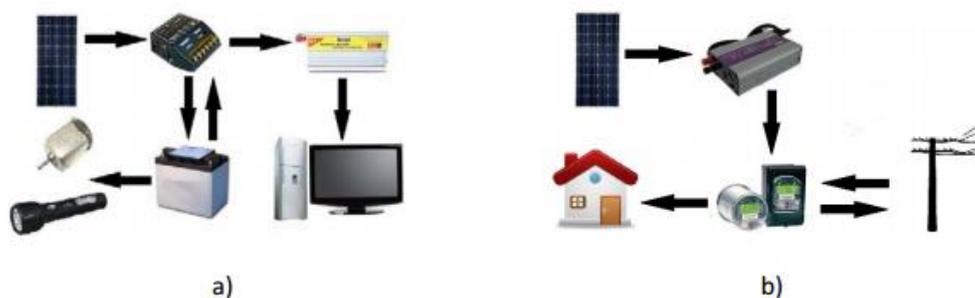


Figura 9: Tipos de sistemas de microgeração fotovoltaico - a) sistemas *offgrid*; b) sistemas *ongrid*.
Fonte: MARQUES *et al.* (2014).

Dentre as vantagens do sistema fotovoltaico, destaca-se a sua eficácia em locais isolados, a facilidade quanto a portabilidade e adaptabilidade dos módulos, tendo em vista que, pode ser arquitetado com modelagens simples e adaptáveis a várias necessidades energéticas, podem ser dimensionados para aplicações de alguns miliwatts ou de kiloWatts, o produto final é não poluente, silencioso e não causa incômodos aos ambientes (PEREIRA *et al.*, 2010).

3.3 CONVERSÃO DE ENERGIA SOLAR EM ENERGIA ELETRICA

Conforme Cabral (2012), a energia solar fotovoltaica é conquistada através da conversão direta da luz em eletricidade, isso se chama Efeito Fotovoltaico. O sistema de conversão, ocorre devido a célula fotovoltaica ser fabricada por um material semicondutor. A energia fotovoltaica é decorrente da conversão da luz solar em corrente elétrica. Este efeito fotovoltaico acontece devido à excitação de elétrons presentes nesses materiais semicondutores, na presença da luz solar. Entre os materiais mais apropriados para uso na conversão da radiação solar e geração da energia elétrica, destaca-se o silício.

Conforme (CEPEL; CRESESB, 2004),

“A separação entre as duas bandas de energia permitida nos semicondutores (gap de energia) é da ordem de 1eV, o que os diferencia dos isolantes onde o gap é de vários eVs. Isto faz com que os semicondutores apresentem várias características interessantes. Uma delas é o aumento de sua condutividade com a temperatura, devido à excitação térmica de portadores da banda de valência para a banda de condução.”

A Figura 10, mostrada abaixo, ilustra a formação de uma célula fotovoltaica.

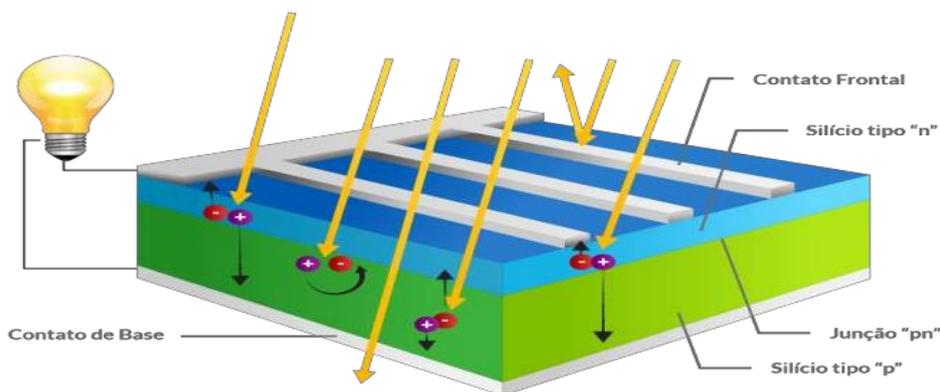


Figura 10 - Formação De Uma Célula Fotovoltaica.

Fonte: CRESESB (2008).

Uma propriedade fundamental para as células fotovoltaicas é a possibilidade de fótons, na faixa do visível, com energia superior ao gap do material, excitarem elétrons à banda de condução. Este efeito, que pode ser observado em semicondutores puros, também chamados de intrínsecos, não garante por si só o funcionamento de células fotovoltaicas. Para obtê-las é necessária uma estrutura apropriada para que os elétrons excitados possam ser coletados, gerando uma corrente útil. Ainda assim, do ponto de vista da engenharia, o melhoramento dos índices de eficiência é um dos principais desafios e fontes de pesquisa. (CEPEL - CRESESB. 2004).

Para se conseguir a tensão e corrente suficientes para alimentar um determinado sistema, se faz necessário o agrupamento dessas células em arranjos (ZANIRATO et al., 2011, p.20). De acordo com Ruther (2004), “a quantidade de células fotovoltaicas conectadas em série determina a tensão do sistema, já a corrente é definida pela conexão em paralelo dessas células”.

Segundo Cabral (2004), o comportamento dos módulos fotovoltaicos é motivado, principalmente, pela potência luminosa no posicionamento dos módulos e temperatura das células. Com o acréscimo da temperatura ou redução da potência luminosa, percebe-se uma diminuição do rendimento das células.

As células fotovoltaicas estão divididas em três grandes grupos, três gerações, conforme a sua eficiência. De acordo com Padmanabhan (2008), vêm sendo feitos esforços para aumentar a sua eficiência, onde a primeira geração de células fotovoltaicas comanda a produção comercial, com cerca de 89,7% em 2007. A elaboração do painel tem como embasamento a junção p-n simples de silício, onde o painel coletor é montado em uma estrutura metálica, com uma média de rendimentos de conversão que giram em torno dos 20% essas são as principais características dos painéis solares de primeira geração.

Dito isto, na Figura 11, pode-se observar o circuito equivalente que descreve o funcionamento interno de uma célula quando submetida à radiação solar.

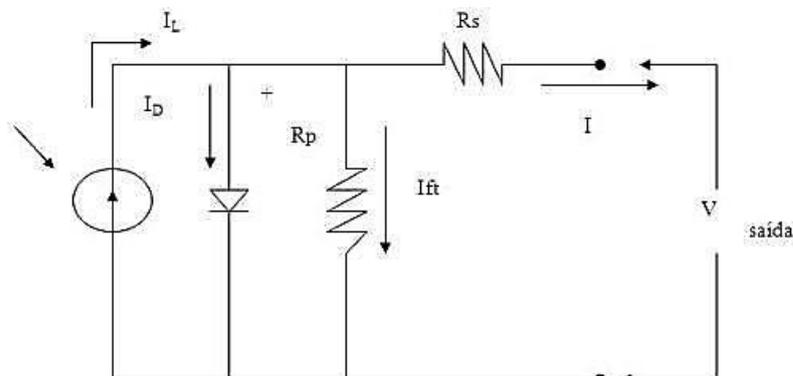


Figura 11 - Circuito Elétrico Equivalente de uma Célula Fotovoltaica.

Fonte: Fadiga (2008).

As letras descritas nas imagens representam:

I_L = Corrente gerada pela incidência da radiação.

I_D, I_0 = Corrente de saturação do diodo.

I_{ft} = Corrente de fuga para terra.

I = Corrente nos terminais de saída.

R_p = Resistência shunt.

R_s = Resistência série.

Na condição de temperatura e radiação fixa a característica de tensão e corrente desse modelo é dado pela Equação 1, abaixo:

$$I = I_L - I_D - I_{ft} = I_L - I_0 = \left\{ \exp \left[\frac{V + I R_s}{\alpha} \right] - 1 \right\} - \left(\frac{V + I R_s}{R_p} \right) \quad (1)$$

A resistência em série representa a resistência interna à passagem da corrente e depende da espessura da junção, das impurezas do material e resistência de contato. Numa célula ideal, $R_s = 0$ (nenhuma perda interna) e $R_p = \infty$ (nenhuma corrente para terra). Quando uma célula ou conjunto de células (módulo) está posicionado em direção ao sol, pode-se medir a tensão nos seus terminais. Se nenhuma carga está ligada aos mesmos, ou seja, o circuito está em aberto, nenhuma corrente flui e, portanto, a tensão medida é a tensão de circuito aberto.

3.4 SISTEMAS ONGRID E OFFGRID

De acordo com o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos – (CRESESB 2004) os sistemas solar pode ser dividido em três categorias, são eles: isolados, híbridos ou conectados à rede. A utilização de cada uma dessas opções dependerá da aplicação e/ou da disponibilidade de recursos energéticos. Cada um possui as suas características distintas entre eles e a principal diferença entre eles é a necessidade ou não de complementares, seja de acumulação de carga, de controle ou de geração complementar.

Sistemas Off Grid: Os sistemas isolados ou autônomos podem ser instalado com ou sem armazenamento de energia, este armazenamento é feito usando baterias, para poder garantir o funcionamento do sistema em períodos com pouco ou mesmo nenhuma irradiação solar. Esse sistema libera uma corrente contínua (CC) ou corrente alternada (CA). No sistema CC, a energia fica acoplada diretamente ao painel solar, deste modo ela é instantaneamente consumida (ex.: acionamento de bombas). Já no sistema CC com o armazenamento de energia em baterias, é possível utilizar os equipamentos elétricos em momento que já pouca irradiação solar ou no período noturno em que não há irradiação (ex.: iluminação, telefone). Nesses sistemas é comum usar um controlador de carga, para gerenciar a carga que vai fornecer, evitando uma sobrecarga. Nos sistemas CA, com ou sem armazenamento de energia, é necessário o uso de um inversor, que consiste em converter a tensão de entrada CC em uma tensão de saída CA simétrica de amplitude e frequência desejadas. (Kaufmann, 2012). A Figura 12 representa um sistema *off grid* com bateria.

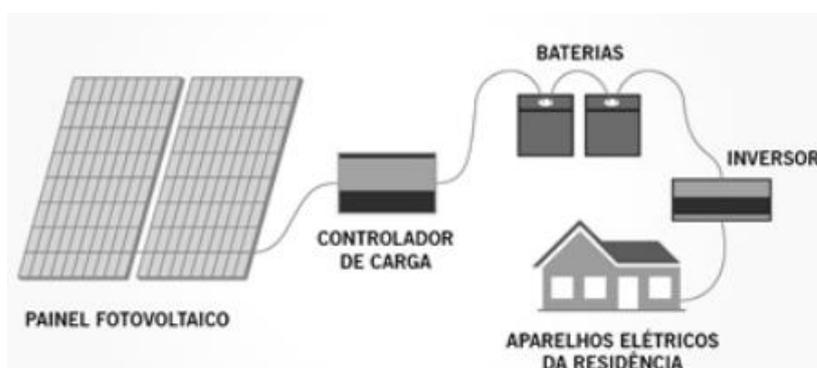


Figura 12 - Sistema isolado *off-grid*.

Fonte: Trevelin (2014).

Sistemas Híbridos: Consistem na utilização de mais de uma forma de geração de energia como, por exemplo: painéis solares, geradores eólicos, geração diesel, entre outros. Com o uso de várias formas de geração de energia, é necessário um controle das fontes para que a um máximo de aproveitamento do sistema. Geralmente é implantado em sistemas de médio ou grande porte destinados a atender um número maior de usuários (CRESESB, 2008). Um exemplo de sistema híbrido pode ser visualizado na Figura 13, com um painel fotovoltaico ligado junto a um aero gerador.

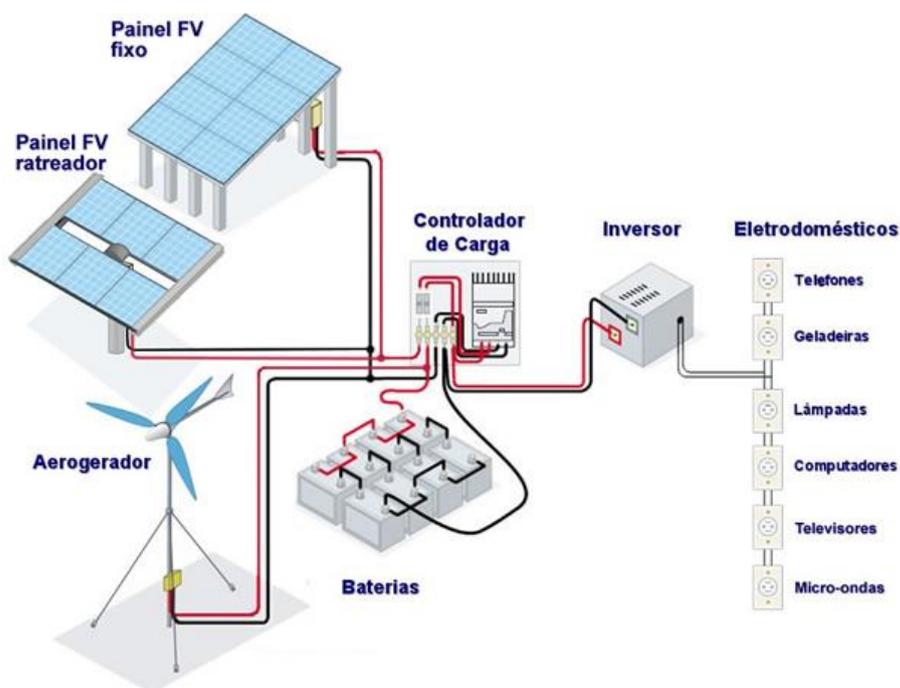


Figura 13 - Sistema híbrido com energia eólica e solar.

Fonte: CRESESB (2018).

Sistemas *On Grid*: Os sistemas conectados à rede ou Grid-tie são de um único tipo e normalmente o arranjo fotovoltaico representa uma fonte complementar ao sistema elétrico no qual está conectado. São sistemas que não dependem de armazenamento de energia em baterias, pois toda a potência gerada é entregue à rede (Oliveira, 2007). As potências instaladas podem ser desde kWp (quilowatts pico) em instalações residenciais, até alguns MWp (megawatts pico) em grandes sistemas operados por empresas (CRESESB, 2004). O funcionamento desse sistema pode ser observado na Figura 14.

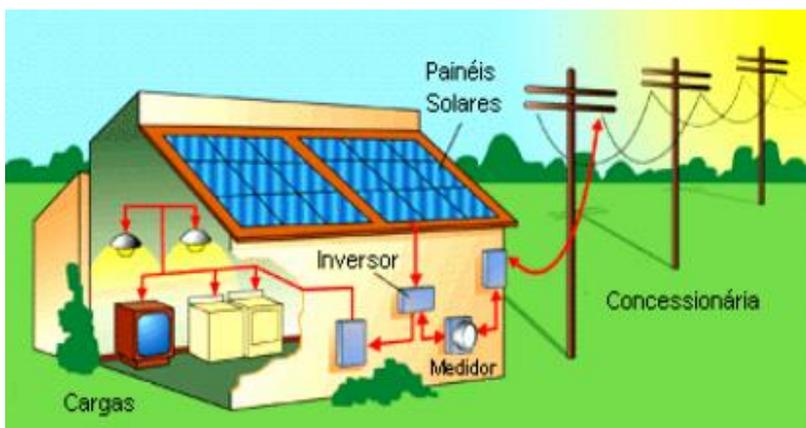


Figura 14 - Sistema *on grid*.

Fonte: Rodrigues (2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização deste estudo, inicialmente foi feito uma visita técnica ao estacionamento interno da Faculdade MULTIVIX em São Mateus - ES, para o levantamento dos dados necessários a fim de apresentar uma solução técnica para iluminação do mesmo via energia solar.

Conforme mostra a Figura 15 abaixo, trata-se de uma área de 5.500 m² descoberta, com 7 postes existentes atendendo a demanda de iluminação, foi identificada então a necessidade de redimensionamento do sistema de iluminação do local. Ainda em visita técnica obtivemos as informações do horário de funcionamento desses postes que trabalhavam cerca de no mínimo 6 horas, e no máximo 8 horas por dia.



Figura 15 - Vista aérea da área do estacionamento da Faculdade MULTIVIX São Mateus ES.

Fonte: Google Maps (2018).

Entrando com concordância com Guerrini (2015) para um projeto de iluminação ser considerado bom deve atender a satisfação das condições, de conforto, segurança, e economia que vem a ser de indispensável relevância na engenharia.

Para projetos desta categoria existe uma norma, a qual, “estabelece os valores de iluminância médias mínimas em serviço para iluminação artificial, em interiores onde se realizam atividades de comércio, indústria, ensino, esportes e outras.” (ABNT NBR 5413, 1992).

Mas não diz nada sobre estacionamento externo, uma vez que esta norma é específica para interiores. Contudo, na falta de algum critério que determina a quantidade mínima de iluminância necessária a ser aplicado em estacionamento, vamos nos basear na quantidade de 50 lux (média) para este ambiente, veja o Quadro 2 de equivalência abaixo.

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade / Ambiente
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples.	20 – 30 – 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50 – 75 – 100	Orientação simples para permanência curta.
	100 – 150 – 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos.
	200 – 300 – 500	Recintos não usados para trabalho bruto de maquinário, auditório.
B Iluminação geral para área de trabalho.	500 – 750 – 1000	Tarefas com requisito visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1000 – 1500 – 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	2000 – 3000 – 5000	Tarefas com Requisito Especial, gravação.

	5000 – 7500 – 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10000 – 15000 – 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Quadro 2 - Iluminância por classe de tarefas visuais.

Fonte: ABNT NBR 5413 (1992).

Logo, com o total da área do estacionamento, foi calculada a quantidade de luminárias necessárias considerando a quantidade mínima de iluminância adotada.

Foi utilizado a Equação 2 na qual refere-se ao cálculo de iluminância, que auxiliou para encontrar a quantidade de lumens necessária:

$$\frac{\text{Lumens (lm)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} = \text{Iluminância (lx)} \quad (2)$$

Em que,

Lumens (lm) = fluxo luminoso de uma lâmpada.

Iluminância (lx) = luminosidade incidente.

Área (m²) = área de incidência da irradiação.

Para encontrar os lumens necessários, bastou utilizar a Equação 2 acima e passar para o outro lado multiplicando a área pela iluminância, encontrando assim os lumens necessários para a área de 5.500 m².

$$\text{Lumens (lm)} = 50 \text{ (lx)} \times 5500 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Lumens} = 275000 \text{ lm}$$

Após reconhecida a quantidade de lumens necessária para a área do estacionamento, foi preciso calcular a quantidade de luminárias necessárias para atender este valor. Levando em consideração que o melhor método para se encontrar o total necessário de luminárias, foi através da Equação 3 a seguir:

$$\text{Total necessário de luminarias} = \frac{\text{lumens da área}}{\text{lumens da luminária adotada}} \quad (3)$$

Em que,

Lumens da área = quantidade de lumens para a área de 5.500 m².

Lumens da luminária adotada = quantidade de lúmens da luminária.

Mas para a resolução da Equação 3 acima, faltou um dado que foi o da variável que quantifica os lumens da luminária adotada, como o estudo proposto não se estende a fabricação destas luminárias, para obter esse dado foi preciso fazer uma análise sobre os modelos de luminárias disponíveis para aquisição. Atualmente no mercado existem vários modelos de luminárias fotovoltaicas completas prontas para instalação e uso, que atendem as mais diversas aplicações, porém não incluso o poste.

A luminária que atendeu melhor ao projeto, foi o modelo CEZ – 80 fabricada pela EcoSoli uma empresa Brasileira. Veja a seguir a Tabela 1 que lista os materiais que compõem o modelo CEZ – 80.

Tabela 1 - Lista de materiais da luminária adotada.

Materiais
Lâmpada LED 80 W
Placa solar fotovoltaica
Bateria de lítio
Sensor fotoelétrico
Medidor de voltagem e consumo

Fonte: Catalogo EcoSoli – Soluções em Energia Solar e Eficiência Energética (2018).

O equipamento, segundo o fabricante, é resistente à água com grau de proteção IP65, o material da luminária é fabricado em alumínio, a bateria tem autonomia de 8 a 11 horas, o equipamento liga ao escurecer e desliga ao amanhecer, possui peso de 13,0 kg (sem o poste), com placa solar de 55 cm de comprimento x 53 cm de largura x 5 cm de altura, já a luminária possui 72 cm de comprimento x 30 cm de largura e estrutura para instalação (braço) de 70 cm. Veja a Figura 16 a seguir:



Figura 16 - Luminária CEZ – 80 adotada.

Fonte: Catalogo EcoSoli – Soluções em Energia Solar e Eficiência Energética (2018).

Conforme catalogo de produto do próprio fabricante, a luminária adotada possui lâmpada LED de 80 W que equivale a 7.200 lumens. Veja o Quadro 3, abaixo:

MODELO	CÓDIGO	QUANTO ILUMINA	INDICAÇÃO DE USO
Poste solar Modelo CEZ – 80	ECO – CEZ80	7200 Lumens (80W LED)	Rua, Lotes e condôminos.

Quadro 3 - Padrões da luminária adotada.

Fonte: Catalogo EcoSoli - Soluções em Energia Solar e Eficiência Energética, 2018.

Em posse da quantidade de lumens da luminária adotada, dado esse que faltava para dar seguimento ao calculo da Equação 3 citada anteriormente neste capítulo, substituímos então as variáveis pelos dados.

$$\text{Total necessário de luminarias} = \frac{275000}{7200}$$

$$\text{Total necessário de luminarias} = 39 \text{ luminárias}$$

Temos que distribuir aproximadamente 40 luminárias de 7200 lúmens cada (80 W LED) na área total do estacionamento da Faculdade Multivix São Mateus - ES. Foi adotado esse padrão com mais lúmens, porque existe uma depreciação do fluxo luminoso basicamente por dois motivos, a existência de um difusor que reduz a

emissão da luz para o ambiente e a depreciação do fluxo luminoso ao longo do tempo. Pois a única maneira de conseguir uma avaliação precisa do nível de iluminância é com a utilização de um luxímetro ou fotômetro.

Para demonstrar como ficou o redimensionamento do sistema de iluminação do local de estudo foi projetada a planta baixa com as 40 luminárias corretamente posicionadas na área do estacionamento multivix São Mateus-ES.

De acordo com o Catalogo EcoSoli (2018) a altura recomendada para a instalação das luminárias são de 6 a 8 metros de altura, com distancias recomendadas entre os postes de 15 a 20 metros. Veja a Figura 17 abaixo:

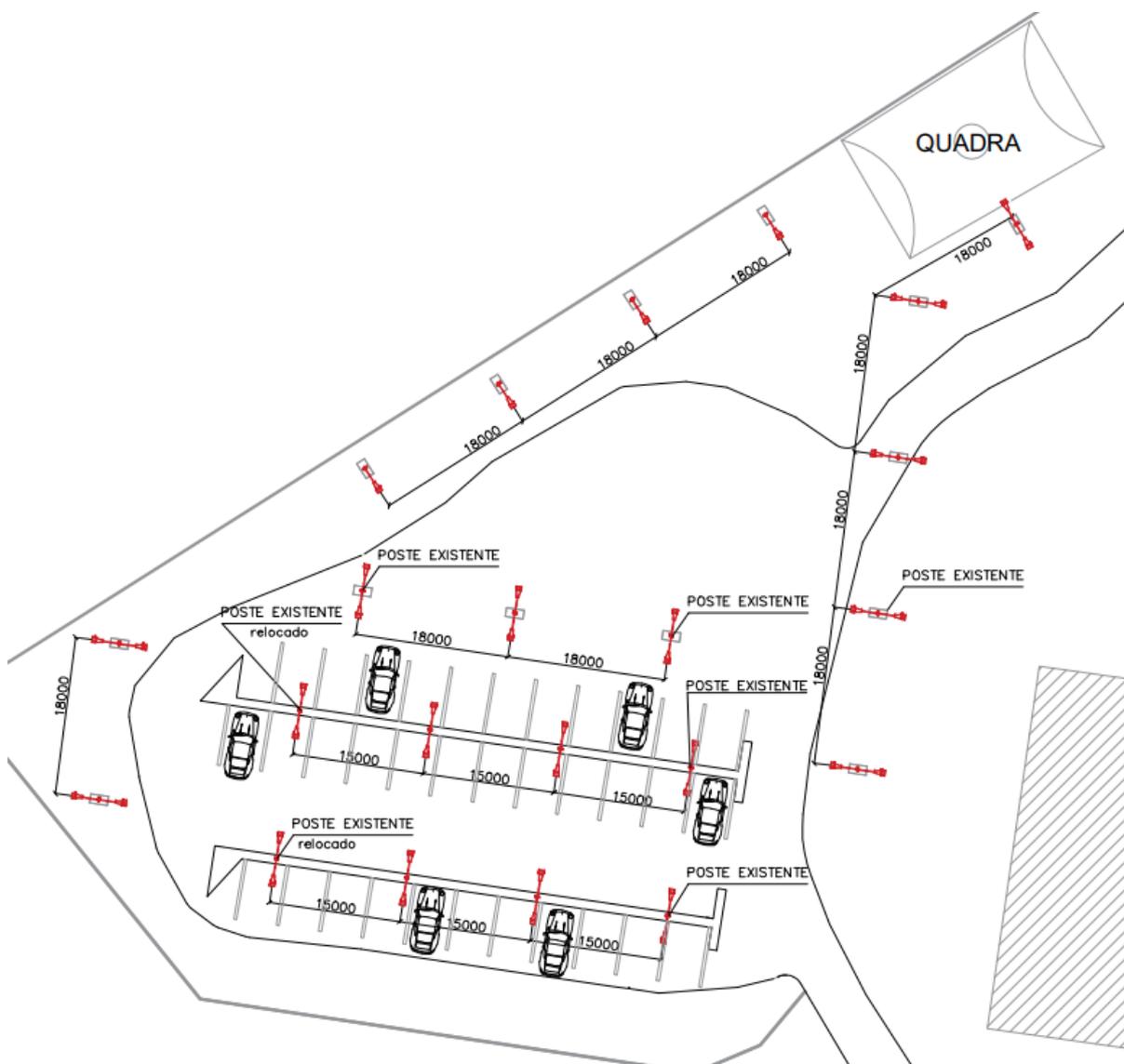


Figura 17 - Planta baixa do posicionamento dos novos postes redimensionados.

Fonte: Autores.

Depois de definir as luminárias e redimensionar as mesmas, vêm as considerações de custo do investimento, conforme anteriormente foram comentadas, as luminárias com placas fotovoltaicas adotadas vieram prontas para instalação e uso, o fabricante escolhido vende as luminárias para todo o país a um custo aquisitivo bom.

Mas no mercado também existem revendedores que oferecem o mesmo modelo adotado com preços distintos, na cidade de São Mateus no Espírito Santo local o qual o estudo é proposto há um fornecedor revendedor das luminárias com placas fotovoltaicas da marca EcoSoli, inclusive, é um fornecedor local que trabalha com mão de obra qualificada e especializada em instalações de geração de energia nas mais diversas categorias.

Para calcular o investimento foi realizado um orçamento do produto a ser adquirido, conforme foi citado acima temos um revendedor como fornecedor local, a própria fabricante que vende o produto pelo *site* e outro revendedor que também oferta o mesmo modelo do produto em um *site*, todos com preços distintos. Com base nessa pesquisa foi montada a Tabela 2 a seguir para facilitação de entendimento.

Tabela 2 - Orçamento das Luminárias Adotadas.

Fornecedor	Produto	Qtd.	Instalação (R\$)	Preço (R\$)	Frete (R\$)	Total (R\$)
Montec (fornecedor local)	Poste Solar LED CEZ-80	40	5.000,00 R\$	2.300,00	-	97.000,00
eCycle	Poste Solar LED CEZ-80	40	-	2.340,00	133,88	93.733,88
EcoSoli	Poste Solar LED CEZ-80	40	-	2.099,00	0,00	83.960,00

Fonte: Autores.

Nota-se acima, conforme destacado que apesar de não fornecer a instalação inclusa, a fabricante nacional EcoSoli se destacada com o menor custo orçado, com

descontos e frete grátis. A revendedora eCycle é a que possui o valor mais alto do produto em tabela, instalação não inclusa e frete cobrado ao consumidor.

Visto que o revendedor local Montec tem o segundo preço aquisitivo mais alto do produto em tabela, com valor de instalação cobrado, e fixo, para produtos adquiridos em loja quanto para produtos adquiridos por terceiros. Dada essa opção de contratação exclusiva da mão-de-obra especializada da empresa local, se somada com os valores totais dos fornecedores de *web sites* cotados acima, a EcoSoli fabrica do modelo CEZ – 80 ainda mantém o destaque de melhor custo benefício, vindo a ser o fornecedor escolhido para compra do produto e a Montec empresa responsável pela instalação do produto adotado.

Porém, de posse só destas cotações ainda não se poderia definir o preço final do estudo proposto, houve a necessidade de locar mais postes, pois os existentes na área não são suficientes para atender o local segundo a equação 3 realizada anteriormente.

Foi decidido manter os postes já existentes e o padrão dos mesmos, para definir a quantidade de postes que foram adquiridos é importante ressaltar os detalhes da Figura 17, que mostra acima que as luminárias do interior do estacionamento são duplas e as luminárias do perímetro do estacionamento são simples, levando em conta essa informação, junto com o que foi falado de já existir 7 postes, foi realizado orçamento para 15 postes retos. Veja a Tabela 3 a seguir:

Tabela 3: Orçamento dos Postes Adotados.

Fornecedor	Produto	Qtd.	Instalação (R\$)	Preço (R\$)	Frete (R\$)	Total (R\$)
Fornecedor Local	Poste Reto	15	-	400,00	-	6.000,00
EcoSoli	Poste Reto	15	-	590,00	0,00 R\$	8.850,00

Fonte: Autores.

Foram orçados os preços com apenas dois fornecedores, um local no qual se destacou com o melhor custo benefício e outro *web site* que apesar do frete grátis não conseguiu cobrir a oferta do fornecedor local, vindo então a ser o escolhido para realizar a compra.

Como todos os dados das variáveis foram reconhecidos, foi efetuada a soma que define o valor total do estudo proposto. Veja a Equação 4 a seguir:

$$\text{Valor Total} = \text{Poste} + \text{Luminarias} + \text{Mão de Obra} \quad (4)$$

$$\text{Valor Total} = 6.000,00 \text{ R\$} + 83.960,00 \text{ R\$} + 5.000,00 \text{ R\$}$$

$$\text{Valor Total} = 94.960,00 \text{ R\$}$$

De posse do valor total, para finalizar o demonstrativo de viabilidade do estudo, a seguir foi descrito os cálculos do consumo de energia elétrica, antes da implantação dos postes solares.

Considerando que anteriormente existiam no estacionamento apenas 7 postes, cada poste possuindo 4 luminárias de 250W, para calcular o total em kW de potência consumida por estes postes foi utilizada a Equação 5 a seguir:

$$\text{Potência Consumida} = \text{N}^{\circ} \text{ de postes} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ de luminarias} \cdot \text{Potência da luminaria} \quad (5)$$

Onde, foi multiplicado a sua quantidade, pela a sua potência, que também foi multiplicada pela quantidade de postes, dados esses que já foram fornecidos acima.

Substituindo os valores na Equação 5, obteve-se o valor da potência consumida.

$$\text{Potência Consumida} = 7 \cdot 4 \cdot 250 \text{ W}$$

$$\text{Potência Consumida} = 7 \text{ kW}$$

Os antigos postes funcionavam no máximo 6 horas por dia, em um total de 22 dias no mês a uma tarifa de energia elétrica (TUSD + TE) de R\$ 0,51242 por kWh segundo o Quadro 4.

SUBGRUPO	TUSD	TE	TUSD + TE
B1 – Residencial –	Tarifas do Uso de Sistema de	Tarifas de Energia	(R\$/kWh)

Baixa Renda	Distribuição (R\$/kWh)	(R\$/kWh)	
Consumo mensal até 30 kWh	0,07319	0,10616	0,17935
Consumo mensal entre 31kWh e 100kWh	0,12547	0,18199	0,30746
Consumo mensal entre 101 kWh e 220 kWh	0,18820	0,27298	0,46118
Consumo mensal superior 220 kWh	0,20911	0,30331	0,51242

Quadro 4: Tarifas EDP Adaptado.

Fonte: EDP Espírito Santo, 2018.

Para demonstrar o valor em reais que era pago todo fim de mês, foi utilizada a Equação 6 abaixo:

$$\text{Valor do consumo} = P_c \cdot H_f \cdot D \cdot T_e \quad (6)$$

Em que,

P_c = Potência consumida (kW).

H_f = Horas de funcionamento (h).

D = Dias de funcionamento no mês (dias).

T_e = Tarifa de energia (R\$/ kWh).

Onde foi multiplicada a potência consumida pelas horas de funcionamento, que também foi multiplicado pelos os dias do mês e tarifas de energia, dados esses que já foram citados acima.

$$\text{Valor do Consumo} = 7kW \cdot 6h \cdot 22 \text{ dias} \cdot R\$ 0,55/kWh$$

$$\text{Valor de Consumo} = R\$ 508,20/\text{mês}$$

Considerando que o projeto proposto é de um sistema *offgrid*, no qual tem independência total de companhias elétricas, também foi analisado a possibilidade do sistema ser híbrido ou *ongrid*, porém a potência fornecida pelo painel solar durante as 12 horas de irradiação que há em um dia é suficiente para recarregar a bateria de cada luminária adotada, descartando a possibilidade do sistema ser híbrido ou *ongrid*.

O estudo teve o valor total da implantação de R\$ 94.160,00. Para começar a demonstrar em quanto tempo o projeto se quitará foi efetuada a Equação 7 abaixo:

$$\text{Valor de consumo por ano} = \text{Valor de consumo por mês} \cdot \text{meses do ano} \quad (7)$$

Onde, o valor de consumo por ano é dado pela multiplicação do valor consumido por mês pela quantidade de meses de um ano.

$$\text{Valor de consumo por ano} = \text{R\$ } 508,20 \cdot 12 \text{ meses}$$

$$\text{Valor de consumo por ano} = \text{R\$ } 6.098,40/\text{ano}$$

Portanto, de posse do valor consumido por ano do antigo sistema de iluminação do estacionamento Multivix São Mateus – ES, para terminar de demonstrar o período de tempo que o projeto se quitará foi feita a Equação 8 a seguir:

$$\text{Tempo para o pagamento do projeto} = \frac{\text{Valor total da implantação}}{\text{Valor de consumo por ano}} \quad (8)$$

Onde, o tempo para o pagamento do projeto foi encontrado a partir da divisão do valor total da implantação pelo valor de consumo por ano.

$$\text{Tempo para o pagamento do projeto} = \frac{\text{R\$ } 94.960,00}{\text{R\$ } 6.098,40/\text{ano}}$$

$$\text{Tempo para o pagamento do projeto} = 15 \text{ anos}$$

De acordo com a Equação 8 acima o projeto implantado se pagará com 15 anos de funcionamento, e através de conhecimento adquiridos ao longo do curso é possível afirmar que a vida útil das placas solares gira entorno de 20 a 25 anos. Desta forma fica explícita a viabilidade da implantação desde projeto, visto que trás benefícios socioambientais, acadêmicos e econômicos.

Veja as Figuras 18, 19, 20, 21 e 22 que demonstram como ficou o sistema de iluminação do estacionamento da Faculdade MULTIVIX São Mateus – ES após a implantação do projeto.



Figura 18 – Vista noturna frontal do Estacionamento Multivix São Mateus – ES.

Fonte: Autores.



Figura 19 – Vista noturna Lateral do estacionamento Multivix São Mateus – ES.

Fonte: Autores.



Figura 20 – Vista noturna Lateral do estacionamento Multivix São Mateus – ES.

Fonte: Autores.



Figura 21 – Vista área do Estacionamento Multivix São Mateus – ES.

Fonte: Autores.



Figura 22 – Vista lateral do Estacionamento Multivix São Mateus – ES.

Fonte: Autores.

Os resultados alcançados ao longo deste estudo foram bastante positivos, pois conseguiram atender todos os parâmetros para um projeto ser considerado bom com excelência.

A partir destes resultados foi concluído que a implantação dos painéis fotovoltaicos nos postes do estacionamento da Faculdade do Norte Capixaba MULTIVIX São Mateus – ES atingiram os objetivos de economia, de sustentabilidade através de energia renovável, agregando ainda uma atração acadêmica para os graduandos da instituição e tornando-se projeto modelo no município.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo teve por finalidade uma análise da viabilidade técnica, para implantação de postes solares no estacionamento da Faculdade Multivix São Mateus – ES, uma reflexão quanto aos benefícios e as dificuldades ao se utilizar este tipo de tecnologia, além disso, nos permitiu um conhecimento mais aprofundado sobre os temas, painéis fotovoltaicos e energia solar.

No primeiro momento da pesquisa, foi feita uma visita ao estacionamento da instituição, para fins de conhecimento do local a ser estudado e também, para coleta de dados, que posteriormente foram usados junto ao estudo. Através dos resultados

obtidos, pôde-se perceber que o projeto implantado se pagará com 15 anos de funcionamento, onde através dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Mecânica, é possível estabelecer que a vida útil das placas solares gira entorno de 20 a 25 anos. Diante disso, podemos dizer que após o décimo quinto ano de operação do sistema, os anos seguintes serão todo com retorno financeiro direto, para a instituição.

Nesse sentido, pudemos comprovar por meio do estudo, que a implantação dos postes solares no estacionamento da faculdade, foi um investimento benéfico, que em longo prazo trará um lucro significativo, além do que, a faculdade será observada como um modelo a ser seguido e terá algo de muito valor a ser copiado, podendo receber visitantes de todas as partes para observação e estudo, através de visitas técnicas, obetendo assim, um grande diferencial perante outras instituições no quesito sustentabilidade.

Em relação a projetos futuros, e com base nos resultados obtidos, este estudo proporciona a faculdade, a oportunidade para avaliar a possibilidade de futuramente fazer a implantação do sistema de painéis fotovoltaicos para gerar energia, para toda a instituição e não somente em seu estacionamento, e assim diminuir os gastos com a compra de energia junto à concessionária distribuidora, além de buscar se tornar uma empresa sustentável.

No sentido de colaborar em artigos futuros, para possíveis interessados no tema de energia solar, podemos sugerir estudos mais aprofundados em relação a criação de projetos de utilização de energia solar térmica, para aquecimento da água residencial, em regiões de baixas temperaturas, podemos indicar também pesquisas referente a viabilidade técnica na instalação de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica em escolas que ficam situadas em regiões que ainda hoje possuem baixo acesso a energia elétrica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. **Energia Solar**. 2003. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso em: 05 de maio 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2ª ed. Brasília. ANEEL. 2005. p. 35.

ALMEIDA, E. *et al.*. **Energia solar fotovoltaica**: revisão bibliográfica. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: iluminância de interiores**. ABNT, 1992.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. BEN - **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro. Empresa de Pesquisa Energética. 2017. p. 16.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. BEN - **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro. Empresa de Pesquisa Energética. 2018. p. 14-16.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. BEN - **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro. Empresa de Pesquisa Energética. 2013. p.16.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

CABRAL, C. V. T.; NETO, L. V. B. M.; FILHO, D. O.; DINIZ, A. S. A. C. **Modelagem e simulação de gerador fotovoltaico**. In CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUIDA E ENERGIA NO MEIO RURAL 5. 2004, Campinas.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente**. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO, 2012.

CAMARGO, F. **Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil**: recomendações para políticas públicas. Brasília: WWW Brasil, 2015.

CATÃO, Luana. CARDOSO, Pedro Ricardo. **Desafios Do Desenvolvimento Sustentável: Estudo Sobre As Mudanças Na Matriz Energética Brasileira**. Vol. 1. Niterói. (Graduação em Engenharia Química) Universidade Federal Fluminense - Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia Química e de Petróleo. 2016. p. 38-39.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito**. Trabalho Acadêmico de Energia Solar. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos / Rio de Janeiro, CRESESB, 2004.

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de S. Brito – **CRESESB**. 2018. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=cse_sistema_fotovoltaico. Acesso em: 30 out. 2018.

CEPEL - CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO – Trabalho Acadêmico de Energia Solar –

GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Edição Especial.** PRC – PRODEEM. RIO DE JANEIRO. 2004.

COUTINHO, Mateus. **Perspectivas energéticas Brasileiras de 2005 a 2030.** Vol. 1. Florianópolis. (Graduação em Ciências Econômicas). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Centro Sócio Econômico - Departamento de Economia e Relações Internacionais. 2015. p. 30.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. RIO DE JANEIRO. 2008.

DE OLIVEIRA COUTINHO, Mateus. **Perspectivas energéticas Brasileiras de 2005 a 2030.** Vol. 1. Florianópolis. (Graduação em Ciências Econômicas). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC Centro Sócio Econômico - Departamento de Economia e Relações Internacionais. 2015. p. 30.

DIEHL, Astor Antônio; TATIM, Denise Carvalho. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas.** Pearson Brasil, 2004.

EcoSoli, **EcoSolis Soluções em Energia Solar e Eficiência Energética.** Disponível em: <https://www.ecosoli.com.br/lampada-solar/poste-solar/poste-led-energia-solar-iluminacao-luz-modelo-cez-80.html>. Acesso em: 03 23 out. 2018.

Energia Eólica: Princípios e Tecnologia. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-. Acesso em: 27 out. 2018.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica.** PEA –2420 PRODUÇÃO DE ENERGIA, GEPEA – Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo. S.D. 2008.

FARIAS, Leonel; SELLITTO, Miguel. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras.** Vol. 1. Novo Hamburgo. Revista Liberato. 2011. p. 8-9.

FELIX, Vagner. SANTOS, Joel. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade: Um Estudo casos Múltiplos no Setor Hoteleiro do João Pessoa.** Vol 10. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – UFSM. 2013. p. 2186.

FREITAS, Giovana; DATHEIN, Ricardo. **As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental.** Vol. 7. Salvador. Revista Nexos Econômicos – UFBA. 2013. p. 71-94.

GAZOLI, J. R. *et al.* **Energia solar fotovoltaica.** 2013. Disponível em: http://www.osestoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed81_fasc_. Acesso em: 06 de maio 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

Governo do Estado do Espírito Santo. **Energia Solar no Espírito Santo - Tecnologias, Aplicações e Oportunidades**. Espírito Santo. ASPE - Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo. 2017. p. 18.

GUERRINI, P.D. **Iluminação: Teoria e Projeto**. 2.ed. São Paulo, 2015. 87p.

KAUFMANN, G. V. **Avaliação do potencial de geração solar fotovoltaica e análise em tempo real da operação de um painel fotovoltaico instalado na cidade de Lajeado/RS**. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciência Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2012.

MARQUES, A. A. *et al.* **Energia solar fotovoltaica em unidades residenciais: estudo de caso**. 2014. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/view/1258/166>> Acesso em: 06 de maio 2018.

MORAES, Daniel. SANTOS, Marcelo. BALDISSERA, Luciano. **A Implantação da Geração de Energia Elétrica de Forma Distribuída como Vetor de Busca pelo Desenvolvimento Sustentável**. Edição 2013. Santa Maria – RS. 2º Congresso Internacional de Direito e Contemporaneidade – UFSM. 2013. p 614.

OLIVEIRA, K. C. **Avaliação da conversão da energia fotovoltaica em sistemas isolados**. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

OLIVEIRA, L. S. **Estimativa da radiação solar direta na incidência nas partições instantânea, horária e diária a partir da radiação solar global**. 2001. 61f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP. BOTUCATU, 2001.

PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, n.149, p.4-11, 2006.

PADMANABHAN, Balaji “**Modeling of Solar Cells**”, Dissertação de Mestrado, USA. State University, November 2008.

PEREIRA, K. C. *et al.* Uso de painéis solares e sua contribuição para a preservação do meio ambiente. **Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, v. 1, p. 411-415, 2010.

RODRIGUES, Raniere; SCHRAMM, Fernando; PEREIRA, Aline Fabiana; DUMKE, Denise; BERZAQUEN, Abraham. **O uso de energia oriunda de fontes renováveis nas indústrias brasileiras: uma questão de sustentabilidade**. Vol. 1. Bauru. XIII SIMPEP – UNESP. 2006. p. 03.

RODRÍGUEZ, Carlos Roberto Cervantes. **Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: O caso dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. Monografia (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia. Universidade Estadual De Campinas. Campinas, jul. 2002.

RSDezoito. **Energia Solar: Você sabe o que é Energia Limpa.** LGL Solar Treinamentos. fev. 2018. Disponível em: <http://lgl solar.com.br/blog/energia-solar/voce-sabe-o-que-e-energia-limpa/>. Acesso em: 30 out. 2018.

RUTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos.** UFSC, LABSOLAR Florianópolis, 2004.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Eстера Muszkat. A pesquisa e suas classificações. _____. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**, v. 3, p. 19-23, 2005.

TIRADENTES, A. A. R. **Uso da energia solar para geração de eletricidade e para aquecimento de água.** 2006. 54f. Monografia (Pós Graduação *Lato Sensu*). Lavras, 2006.

TREVELIN, Felipe Camargo. **Estudo comparativo entre métodos de rastreamento solar aplicados a sistemas fotovoltaicos.** Monografia (Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2014.

TROMBETTA, Jaqueline. **Emissões de Metano e de Óxido Nitroso em área de Arroz Irrigado Influenciadas por Sistemas de Preparo do Solo.** Vol.1. Pelotas. (Mestrando em Ciências). UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS - Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água. 2014. p. 14.

VIEIRA, Marta. **Falta de Chuvas vai deixar conta de Energia até 7% mais cara.** Set. 2017. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/09/16/internas_economia,901046/conta-de-luz-mais-cara-com-estiagem.shtml. Acesso em: 27 out. 2018.

VIEIRA, Marta. **Falta de Chuvas vai deixar conta de Energia até 7% mais cara.** Set. 2017. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/09/16/internas_economia,901046/conta-de-luz-mais-cara-com-estiagem.shtml. Acesso em: 27 out. 2018.

WORLD ENERGY OUTLOOK. **International Energy Agency.** Paris. 2012. p 8.

ZANIRATO, L. D. et al. **Técnicas De Bombeamento De Fluidos Aplicando Energia Solar Fotovoltaica.** Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Departamento Acadêmico De Eletrotécnica Curso De Engenharia Industrial Elétrica, Ênfase Eletrotécnico. CURITIBA. 2011.

Mundo Tecnológico

Apresentação

A revista Mundo Acadêmico publica trabalhos técnicos culturais, científicos e/ou acadêmicos, nas áreas ligadas aos cursos oferecidos de graduação, desde que atenda aos objetivos da Instituição. Admite-se, de preferência, autor pertencente à Faculdade, sem limitar, contudo, as contribuições e intercâmbios externos, julgados pelo Conselho Editorial, de valor para a Revista e, sobretudo, para a sociedade brasileira.

Normas de Publicação

Os originais entregues para publicação deverão ser assinados pelo autor e seguir as seguintes normas:

1 Texto

- 1.1 Os trabalhos devem ser inéditos e submetidos ao Conselho Editorial, para a avaliação e revista de pelo menos, dois de seus membros, cabendo-lhe o direito de publicá-lo ou não;
- 1.2 O texto deve ser apresentado em formato A4 (210x297mm);
- 1.3 Os trabalhos e artigos não devem ultrapassar o total de vinte laudas, em espaçamento normal; resumos de dissertação e monografia, duas laudas e resenhas e/ou relatos, não devem ultrapassar quatro laudas;
- 1.4 O texto deve ser entregue em CD e impresso, sendo composto no editor de texto Word for Windows, com fonte Time New Roman 12;
- 1.5 O trabalho deve apresentar obrigatoriamente:
 - Título;
 - Nome(s) do(s) autor(es)
 - Breve currículo do(s) autor(es), enfocando as atividades mais condizentes com o tema trabalhado;
 - Introdução;
 - Corpo do trabalho;
 - Resultado e/ou conclusões;
 - Referências bibliográficas.

2 Referências Bibliográficas

As referências bibliográficas deverão ser listadas imediatamente após texto, em ordem alfabética, obedecendo Normas Técnicas.

3 Citações

Qualquer citação no texto deverá ter obrigatoriamente identificação completa da fonte, acrescida da (s) página (s) de onde foi retirada a citação.

Pede-se aos autores

- Seguir rigorosamente o Manual de Normas Técnicas da Multivix, que se encontra a disposição de todos na Biblioteca e na intranet do site da Instituição;

- Linguagem condizente como produção científica, evitando abreviações, jargões e neologismos desnecessários;
- Objetividade quanto à construção do título do artigo;
- Apresentação do significado de cada sigla que conta do texto na primeira vez em que ocorre.

Considerações Finais

Os artigos são de inteira responsabilidade de seus autores e o Conselho de Editoração não se responsabilizará pelas opiniões expressadas nos artigos assinados.