FAACZ - FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
ENGENHERIA MECÂNICA

LUCAS PAULO MARGOTTO
RAFAEL MOTTA BOA MORTE
RODOLFO PIANCA DE CASTRO ALVES
VINICIUS LOZER CARARA

CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DA RADIAÇÃO LUMINOSA EMITIDA PELO PROCESSO DE SOLDAGEM

ARACRUZ
2018

LUCAS PAULO MARGOTTO
RAFAEL MOTTA BOA MORTE
RODOLFO PIANCA DE CASTRO ALVES
VINICIUS LOZER CARARA

CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DA RADIAÇÃO LUMINOSA EMITIDA PELO PROCESSO DE SOLDAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da FAACZ – Faculdades Integradas de Aracruz, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Vital Pereira Batista Junior

ARACRUZ
2018

RESUMO

A presente pesquisa tem como finalidade o estudo sobre a captação e armazenamento da radiação luminosa emitida por processos de soldagem e posterior utilização da mesma, tendo como objetivo principal o estudo da viabilidade da implantação de um sistema capaz de captar a radiação luminosa emitida por três tipos específicos de processos de soldagem, que são FCAW, GTAW e SMAW, convertendo e armazenando em forma de energia elétrica. Tal sistema foi desenvolvido e testado visando simular o posicionamento do mesmo em relação ao foco do arco, a fim de definir qual tipo de processo e a que distancia o sistema é mais eficiente. Fora realizado um teste de campo para mensurar a luminosidade destes processos, ambos foram realizados a 1 m de distancia com auxilio de um luxímetro, este teste foi realizado 10 vezes para cada processo de soldagem, e os resultados obtidos foram comparados com os valores encontrados para a luminosidade solar mensurada em dias distintos. Através destes dados foi possível verificar qual processo produzia luminosidade mais próxima ao sol, sendo o processo FCAW; determinado o método de soldagem ideal para atingir os objetivos do estudo, fora projetado e confeccionado um protótipo compacto que facilitasse o transporte e acondicionamento em diversos ambientes industriais, inclusive de difícil acesso; o protótipo é constituído por uma placa fotovoltaica capaz de captar e converter a luminosidade em energia elétrica, uma bateria responsável por armazenar a energia captada, um interruptor e uma lâmpada de LED, todos esses componentes foram dimensionados para atender a demanda exigida pela fonte energética do protótipo. Após 4 horas de soldagem FCAW a bateria atingiu carga de 11.8 v no protótipo, representando 98,3% da carga total da bateria, carga suficiente para manter o funcionamento do protótipo por 36 horas. O perfeito funcionamento do protótipo na situação proposta levanta a necessidade de estudos de maior magnitude, com capacidade maior de captação de luminosidade e utilização da energia produzida em sistemas maiores e mais complexos.

Palavras-chave: Soldagem. FCAW. Placas Fotovoltaicas. Energia Renovável. LED’s.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Escala de potencias especificas 13
Figura 2 - Representação esquemática da relação entre o espectro eletromagnético e suas respectivas fontes de emissão 14
Figura 3 - Representação do mecanismo de formação e manutenção do arco elétrico durante a soldagem 15
Figura 4 - Desenho esquemático de uma soldagem com eletrodo revestido 16
Figura 5 - Esquema de um Circuito Elétrico Completo 19
Figura 6 - Placa de circuito eletrônico 20
Figura 7 - Classificação dos LED's 21
Figura 7 A – Indicativo 21
Figura 7 B - Auto Brilho 21
Figura 7 C – Potência 21
Figura 8 - Utilização de LED's em decorações e sinais luminosos 22
Figura 9 - Vista em corte de uma bateria de chumbo-ácido 25
Figura 10 - Modelo de junta a ser soldada 31
Figura 11 - Perspectiva do Protótipo finalizado 35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 35
TABELA 2 36
TABELA 3 36
TABELA 4.....37
TABELA 5.....38
TABELA 6.....39
TABELA 7.....39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UV	Radiação Ultra Violeta
PCI	Placa de Circuito Interno
LED	Diodo Emissor de Luz
Lm	Lúmen
E	Iluminância
CC	Corrente Contínua
SMAW	Processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido;
GTAW	Processo de soldagem que utiliza um eletrodo sólido de tungstênio não consumível;
FCAW	Processo de soldagem com arame tubular de núcleo fluxado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 09
2 OBJETIVOS 11
2.1 OBJETIVO GERAL 11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 12
3.1 SOLDAGEM 12
3.2 ARCO VOLTAICO 13
3.3 ELETRODO REVESTIDO 16
3.4 GTAW 17
3.5 FCAW 18
3.6 CIRCUITO ELÉTRICO 19
3.6.1 Placa de circuito impresso 19
3.7 DIODO 21
3.8 ENERGIA FOTOVOLTAICA 22
3.8.1 Células fotovoltaicas 23
3.9 DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO 24
3.10 EFICIÊNCIA 26
4 METODOLOGIA 29
4.1 PARÂMETROS CONSTRUTIVOS E ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES 29
4.2 FORMULAÇÃO DO PROJETO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM 30
4.3 FABRICAÇÃO E MONTAGEM DO PROTÓTIPO 30
4.4 TESTE EM CAMPO 31
4.5 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS 31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 33
5.1 ANÁLISE DOS PARAMETROS CONSTRUTIVOS E DAS ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES DO PROTÓTIPO 33
5.2 ORÇAMENTO 34
5.3 PROJETO 35
5.4 COLETA DE DADOS 35
5.5 DURABILIDADE DO SISTEMA 40

5.6 ANÁLISES FINAIS 41
6 CONCLUSAO 43
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 44
REFERÊNCIAS 45
APÊNDICE A 48
APÊNDICE B 49
APÊNDICE C 50
APÊNDICE D 51
APÊNDICE E 52
APÊNDICE F 53
APÊNDICE G 54
APÊNDICE H 55
APÊNDICE I 56
APÊNDICE J 57
APÊNDICE K 58

1 INTRODUÇÃO

Os custos de uma empresa podem ser classificados como qualquer valor investido para que a empresa possa realizar qualquer atividade, tendo esse mesmo custo uma relevância muito importante na hora de precificar suas atividades. Quanto mais uma empresa produzir ou oferecer serviços, maior será o custo desse empreendimento, que deve ser aliado a uma eficiência não só energética, mas no geral dos custos, pois quanto menor o custo operacional, maior será seu lucro (PINTO JUNIOR, 2017).

A energia elétrica é o insumo que representa mais de 40% do custo final de produção nas empresas brasileiras, sendo principal insumo de 79% das companhias de nosso país (FIRJAN, 2016, p.01).

Segundo um recente estudo da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), o consumo de energia elétrica alcançou 40,6 mil GWh em Abril de 2018, progredindo com um aumento de 1,7% nos últimos meses. Esse aumento ocorreu por conta da expansão crescente da necessidade de energia por parte das indústrias, tendo como os principais setores o automobilístico, com um aumento de 9,8%; o de papel e celulose, com 5,2% e o metalúrgico com 4,7%, destacando-se as regiões Sudeste com um aumento de 4,9% e Sul com 3,4% nos últimos tempos.

MARQUES (2011) relata que a demanda de energia aumentou drasticamente, em especial a elétrica, tornando-se importante considerar também os impactos ambientais causados pela produção da mesma, onde uma possibilidade de redução deste dano é a utilização de fontes alternativas de energia.

Sabe-se também que existem inúmeros estudos voltados à redução do uso deste valioso recurso energético, que consistem em reduzir o consumo desta fonte energética; neste cenário qualquer perspectiva de projeto que possa ser implementado de forma eficaz e objetiva na redução, no aproveitamento ou até na geração de energia, tornam-se atrativos para empresas que busquem retorno financeiro a médio e longo prazo perante os investimentos necessários a compras, criação, etc. desses equipamentos.

Visando a possibilidade de aproveitamento de uma potência energética desperdiçada em forma de energia luminosa, oriunda do processo de soldagem a eletrodo revestido, MIG/MAG e TIG, processos esses que segundo MARQUES (2011), são de maior relevância no que se diz respeito à junção de metais, sendo

aplicados nos mais diversos seguimentos industriais; este trabalho busca a implementação de um sistema de reaproveitamento desta radiação emitida durante o processo de soldagem, assim como a viabilidade da aplicação do equipamento, que pode ser difundido em empresas de pequeno, médio e grande porte, sobretudo em empresas com foco em metal mecânica.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade da captação e armazenamento da radiação luminosa emitida pelo processo de soldagem.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Propor um protótipo para testar o conceito;
Testar a eficiência do sistema nas diversas situações definidas;
Determinar o ponto de utilização mais eficiente para os processos de soldagem estudados;
Comprovar aplicabilidade do protótipo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SOLDAGEM

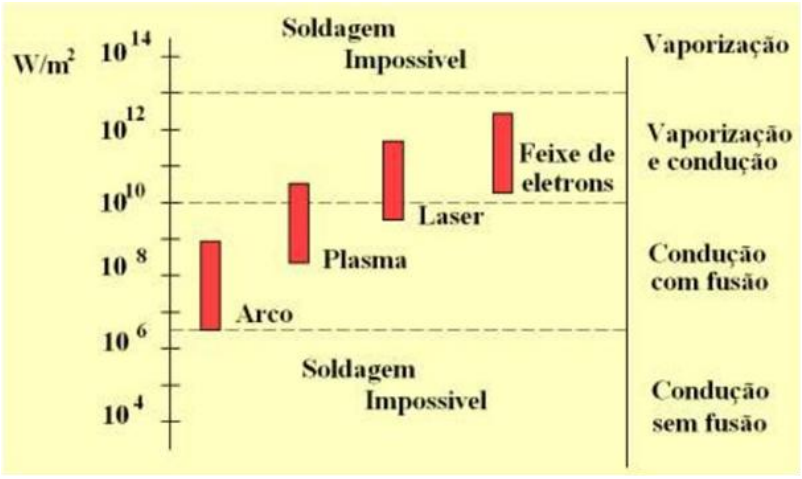
Por definição, a soldagem consiste em um processo de união, mas existem outras atribuições para o termo, como “processo de união de metais por fusão”, “operação que visa obter a união de duas ou mais peças, assegurando na junta a continuidade das propriedades físicas e químicas”, dentre outras definições. Existem vários processos utilizados na indústria que são abrangidos pelo termo soldagem, como na fabricação e recuperação de peças e estruturas, como o uso da solda para cortes em peças, a deposição de material em peças desgastadas para a recuperação da mesma e/ou criar a formação de um revestimento com características especiais e etc. (MARQUES; MODENESI E BRACARENSE, 2011).

Ainda segundo MARQUES *et al*. 2011, no processo de soldagem, a união dos materiais é obtida por meio da aproximação dos átomos ou moléculas das peças que vão ser unidas, e, na maioria das vezes, um material intermediário é adicionado à junta, até que as distâncias sejam pequenas o suficiente para que haja a formação de ligações químicas entre os materiais.

O autor segue relatando que existem dois grupos que dividem os métodos de soldagem; os de soldagem por pressão e os de soldagem por fusão. Um dos processos de soldagem que está inserido no grupo de soldagem por fusão é o processo a arco elétrico, atualmente o de maior importância e de maior uso industrial. O arco elétrico é o mais utilizado, pois apresenta uma interessante combinação de características, como por exemplo, adequada concentração de energia para a fusão localizada do metal de base, facilidade no controle, baixo custo e sobretudo risco aceitável à saúde dos operadores.

Conforme MODENESI (2012), de uma forma geral, para ser útil na soldagem por fusão, uma fonte precisa ter uma potência específica entre cerca de 10^6 e 10^{13}W/m2 conforme a figura 1.

Figura 1 – Escala de potências especificas.



Fonte: MODENESI, (2012).

A figura 1 apresenta as potências e os tipos de radiação apresentadas pelos processos de soldagem e as faixas de soldagem ditas como impossíveis (vaporização e condução sem fusão). No limite inferior desta faixa, a densidade de energia é insuficiente para aquecer a região próxima da área de contato até a sua fusão antes que o calor se difunda para o restante da peça.

3.2 ARCO VOLTAICO

MARQUES et al. 2011 afirma que o arco elétrico consiste em uma descarga elétrica, sustentada por um gás ionizado em alta temperatura conhecido como plasma, capaz de produzir energia térmica suficiente para ser usada na soldagem, através da fusão localizada das peças que vão ser unidas de forma detalhada o arco elétrico utilizado no processo de soldagem é formado através da ionização dos gases que estão entre o polo positivo e negativo do arranjo, gerando elevadas temperaturas, a ponto de emitir radiação eletromagnética intensa na forma de infravermelho, luz visível e ultravioleta, sendo capaz de mudar o estado do eletrodo condutor e fundir materiais metálicos envolvidos no processo de soldagem a arco elétrico, denominados materiais de base e adição que são respectivamente, a peça que irá ser fundida e o material que efetuará essa união metalúrgica. (WAINER; BRANDI e MELLO, 2004).
Em termos conceituais, a radiação eletromagnética pode ser definida como um conjunto de ondas elétricas e magnéticas emitidas pelo processo de soldagem à arco elétrico, onde as mesmas estão entre as faixas de radiação infravermelha, luz visível e, uma grande parte, na região da radiação ultravioleta (UV). Adotando o

esquema fotobiológico para explicar o fenômeno, mostra-se que as fronteiras que separam as regiões da radiação não são bem definidas, podendo variar de acordo com a aplicação como é ilustrado na figura 2 (WAINER; BRANDI e MELLO, 2004).

Figura 2 – Representação esquemática da relação entre o espectro eletromagnético e suas respectivas fontes de emissão.

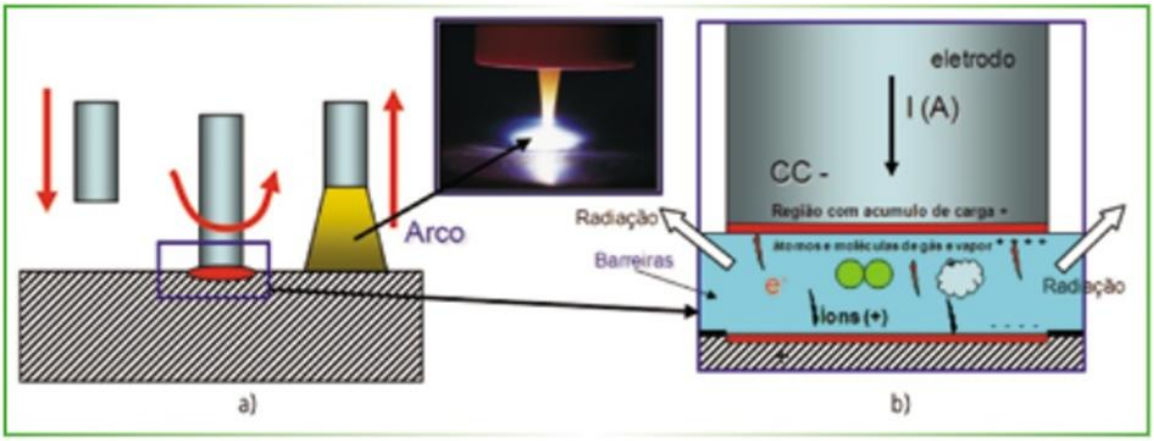
Fonte: SOUSA; BARRA, (2012).

O espectro eletromagnético apresenta algumas fontes de radiação com suas respectivas formas de radiação emitidas, onde destaca-se o arco elétrico proveniente da solda; possui faixa de radiação classificada como não ionizável, inserida na radiação infravermelha e ultravioleta e em grande parte luz visível.

No arco elétrico (FIGURA 3), considerado uma região eletricamente “neutra”, WAINER *et al*. (2004) observa-se a presença conjunta de cargas negativas em constante movimento (elétrons livres – e-), cargas positivas (prótons), vapores metálicos e moléculas do gás de proteção. Ao realizar-se a abertura do arco (colisão de cargas elétricas e efeito Joule), ocorre a geração de energia térmica e energia luminosa. Em complemento, como mostrado no lado (b) da figura, o arco elétrico caracteriza-se ainda pela formação de três distintas regiões: a região anódica (com caráter positivo decorrente do acumulo de carga +), a região catódica (acumulo de carga -) e a coluna do arco (região eletricamente neutra). Nesta linha, a região anódica adquire o caráter “-” pela localização/acúmulo dos elétrons que foram

emitidos da região catódica; em contrapartida, a região catódica adquire o caráter “+” pelo deslocamento e o ancoramento de cargas positivas. Por fim, observa-se a coluna localizada entre as regiões anódicas e catódicas, denominada coluna do arco ou coluna de plasma, com característica de neutralidade elétrica (igualdade entre as cargas + e -).

Figura 3 - Representação do mecanismo de formação e manutenção do arco elétrico durante a soldagem.



Fonte: WAINER; BRANDI e MELLO, 2004.

A figura 3 apresenta um esquema de manutenção do arco elétrico para que a tocha continue acessa durante o processo de soldagem, este fenômeno esta correlacionado aos íons, elétrons , a radiação, as moléculas de gás a vapor, a região de acúmulo de carga e ao arco em si.

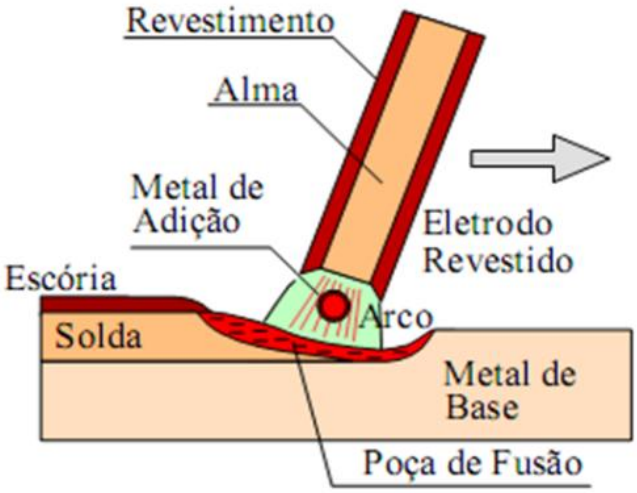
No processo de soldagem a arco elétrico, uma parte da energia que não se transforma em calor gera radiações eletromagnéticas, que são dissipadas para o meio exterior ao arco (FIGURA 3), (WAINER; BRANDI e MELLO, 2004).

A radiação luminosa pode ser conceituada como um agregado de ondas elétricas e magnéticas difundidas. Como intuito de alusão do fenômeno, a figura 2 mostra que as radiações emitidas pelo processo de soldagem a arco elétrico encontram-se nas faixas de radiação infravermelha, luz visível e, uma ampla parte, na seção da radiação ultravioleta (UV). Avaliando o espectro eletromagnético, averígua-se que a faixa de luz visível é muito estreita em relação às demais províncias espectrais (SOUSA; BARRA, 2012).

3.3 ELETRODO REVESTIDO

O processo de soldagem a arco mais utilizado atualmente é o que usa eletrodos revestidos, processo esse que estabelece a aderência entre os metais a serem ligados e um eletrodo revestido (MARQUES; MODENESI E BRACARENSE, 2011).
MARQUES *et al.* 2011 completa dizendo que o eletrodo revestido é constituído de uma vareta metálica, também conhecida como alma, trefilada ou fundida, que conduz a corrente elétrica e fornece o metal de adição que irá fazer o enchimento da junta. A alma é revestida de uma variedade de materiais que formam uma camada que a envolvem, dando características especiais ao eletrodo, como estabilizar o arco elétrico; ajustar a composição química do cordão através da adição de elementos de liga e eliminação de impurezas; proteger a poça de fusão e o metal da solda contra contaminação através da escória e garantir características de operação, mecânicas e metalúrgicas à solda. O processo é ilustrado na figura 4.

Figura 4: Desenho esquemático de uma soldagem com eletrodo revestido.



Fonte: MARQUES, (2011, p.181).

Figura 4 apresenta um esquema detalhado do processo de soldagem a eletrodo revestido.
Assim como ocorre na maioria dos outros países, no Brasil, o processo de soldagem com eletrodo revestido é um dos mais utilizados, apesar de não apresentar a maior taxa de deposição e rendimento, destaca-se pela simplicidade e custos módicos, uma vez que o processo é constituído apenas por uma máquina de solda e o eletrodo consumível, diferente dos outros processos também comumente utilizados

como MIG/MAG e TIG onde se faz necessário a utilização de gases ativos ou passivos na soldagem, o processo de união por soldagem a eletrodo revestido faz a proteção e adição de material através da queima do próprio revestimento do eletrodo, tornando o aparato necessário para soldagem mais portátil e de fácil acesso (WAINER; BRANDI e MELLO, 2004).

Se tratando de eletrodo revestido, além de ser um processo de custo relativamente baixo e ter uma simplicidade do equipamento utilizado, existem incontáveis tipos de formulações para revestimento, explicando assim a sua enorme versatilidade na soldagem (MARQUES; MODENESI E BRACARENSE, 2011).

3.4 GTAW

A soldagem a arco com eletrodo de tungstênio e proteção gasosa (Gas Tungsten Arc Welding – GTAW) pode também ser denominada por TIG (Tungstein Inert Gas), processo esse que faz a união de peças metálicas pelo aquecimento e fusão das mesmas através de um arco elétrico estabelecido entre as peças a serem unidas e um eletrodo de tungstênio não consumível, sendo comumente utilizado na soldagem de metais não ferrosos, aços inoxidáveis, peças de espessura pequena e passe de raiz na soldagem em tubulações. A soldagem nesse processo pode ou não ser executada utilizando metal de adição, e quando usado, o mesmo deve ser utilizado diretamente no poço de fusão. A proteção da poça de fusão e do arco contra contaminação pela atmosfera é feita através de uma nuvem de gás inerte ou uma mistura de gases inertes (MARQUES; MODENESI E BRACARENSE, 2011).

MARQUES *et al*. 2011 ressalva que uma das principais e mais importantes características deste processo é o excelente controle de energia transferida para a peça, controle esse conquistado através de sua independente fonte de calor e da adição do metal de enchimento, sendo similar ao que ocorre na soldagem oxiacetilênica, o que torna o processo apropriado para a soldagem de peças de pequena espessura, e em conjunto com uma eficiente proteção contra a contaminação e não conter reações metal-gás e metal-escória, não promovendo grande geração de fumos e vapores, possibilitando ótima visibilidade ao soldador, permitem a união de metais de difícil soldabilidade com excelentes resultados.

O procedimento é mais comumente executado manualmente, podendo ser feito em qualquer posição, tendo um arco elétrico bastante estável e suave, produzindo

soldas de bom acabamento, que necessitam de pouca ou nenhuma limpeza (MARQUES; MODENESI E BRACARENSE, 2011).

3.5 FCAW

MARQUES *et al*. 2011 descreve a soldagem a arco com proteção gasosa (Flux-cored arc Welding - FCAW) como um processo no qual a união de peças metálicas é dada pelo aquecimento das mesmas com um eletrodo metálico nu e consumível; onde a proteção do arco e da região da solda contra a contaminação pela atmosfera é feita por um gás, ou um conjunto de gases, podendo estes serem inertes ou ativos. No Brasil, esse procedimento pode ser conhecido por MIG (Metal Inert Gas) ou MAG (Metal Active Gás). No processo denominado MIG, a proteção do arco é inerte ou rica em gases inertes. Já no procedimento MAG, o gás de proteção é ativo ou contém misturas ricas em gases ativos.

Esse processo de soldagem é normalmente semiautomático, no qual a alimentação de arame eletrodo é realizada mecanicamente através de um alimentador motorizado, e o arco é garantido pela alimentação ininterrupta do arame eletrodo e o soldador é o responsável por mover a tocha, além de iniciar e interromper a soldagem. O calor gerado pelo arco de soldagem é utilizado para fundir os metais e o arame eletrodo que é transferido durante o processo para a junta, constituindo o metal de adição (MARQUES; MODENESI E BRACARENSE, 2011).

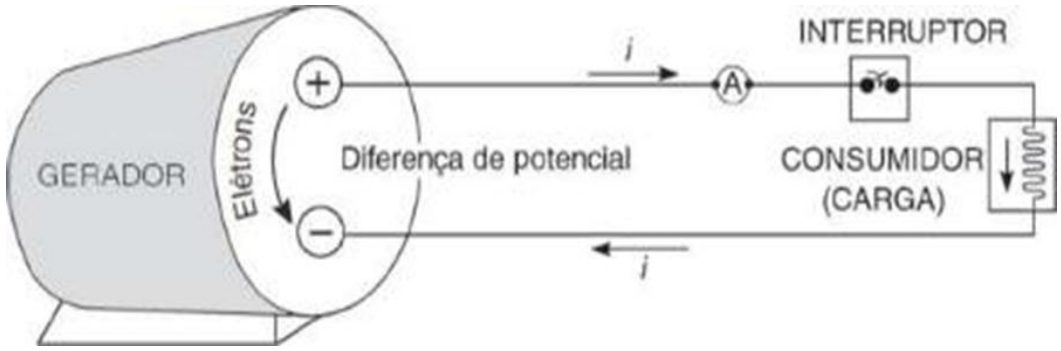
O processo que utiliza o método MAG, é utilizado apenas na soldagem de materiais ferrosos, tendo por gás de proteção o CO2 ou misturas ricas deste gás. Já a MIG pode ser utilizada na soldagem de materiais ferrosos e não ferrosos, como magnésio, cobre, alumínio, níquel e suas ligas. O processo MIG/MAG é mais comumente utilizado na recuperação de peças desgastadas, no recobrimento de superfícies metálicas e na fabricação e manutenção de equipamentos (MARQUES; MODENESI E BRACARENSE, 2011).

Finalizando MARQUES *et al* compara o procedimento MIG/MAG com o processo de eletrodos revestidos, o primeiro possui uma alta taxa de deposição, uma grande versatilidade referente ao tipo de material a ser soldado e ausência da precisão de remoção de escória e limpeza e menor habilidade do soldador.

3.6 CIRCUITO ELÉTRICO

COTRIM (2009) define circuito de uma instalação elétrica como um conjunto de peças da própria instalação, abrangendo condutores e demais equipamentos a ele inclusos, os dispositivos de proteção, os dispositivos de comando, tomadas, correntes, etc., alimentados pela mesma fonte de tensão e ligados em um mesmo dispositivo de proteção. O circuito elétrico é ilustrado na figura 5.

Figura 5 – Esquema de um Circuito Elétrico Completo



Fonte: CREDER (2007, p.17)

A figura 5 ilustra o esquema de um circuito elétrico completo apresentando os componentes: gerador, interruptor, consumidor de carga.

A proteção é a característica que mais se destaca nos circuitos elétricos, pois protege os condutores de sobrecorrentes, podendo ser garantida por dois ou apenas um dispositivo, os resguardando de correntes de sobrecarga e de curto-circuito (COTRIM, 2009).

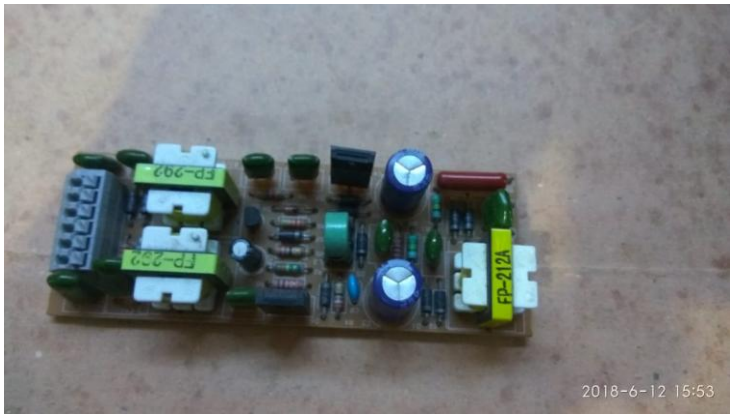
COTRIM (2009) diz que em uma instalação podem existir dois tipos de circuitos elétricos, os de distribuição e os terminais. Os circuitos terminais são os que saem do quadro de distribuição e são ligados diretamente até as lâmpadas e tomadas, dentre outros. Já os circuitos elétricos de distribuição são os circuitos que alimentam os quadros de distribuição com energia elétrica.

3.6.1 Placa de circuito impresso

A placa de circuito impresso (PCI) ilustrada na figura 6 é um componente básico e altamente difundido em toda a indústria eletro eletrônica, sendo constituída por uma placa de suporte geralmente de material plástico, como fenolite ou epóxi, com

espessuras na ordem de 1,5mm a 2,0 mm, contendo um material condutor geralmente cobre em sua superfície, onde são impressas ou depositadas trilhas de cobre.

Figura 6: Placa de circuito eletrônico



Fonte: Autores.

A figura 6 apresenta uma paca de circuito eletrônico, composta por vários componentes como resistores capacitores a fim de atender a função determinada a ela.

Enquanto a placa se comporta como um dielétrico, as trilhas têm a função de conduzir e interligar os diversos componentes, sinais e as funções e suas funções especificas (MELO; RIOS E GUTIERREZ, 2001).

MELO *et al.* (2001) diz que a PCI tem a função de substrato mecânico para os componentes que compõem o circuito, podendo ser resistores, capacitores, circuitos integrados, transistores, diodos e componentes magnéticos. Esta também proporciona através das suas trilhas de material condutor o contato entre esses elementos. Convém observar que as propriedades elétricas do circuito estão intimamente ligadas ao layout dessas trilhas, mais especificamente à sua largura, espessura e espaçamento.

Pode-se destacar PCI's de simples face, em que as trilhas de cobre ficam localizadas sobre apenas um dos lados da placa, onde os componentes são montados sobre ela a fim de estabelecer o contato da trilha com componente. Os terminais dos componentes passam por furos efetuados nas placas, sendo a seguir realizada a soldagem, que faz a junção elétrica entre as duas partes (MELO; RIOS E GUTIERREZ, 2001).

Devido a grande variedade de modelos e tecnologias com que os componentes eletrônicos são fabricados, eles adquirem uma imensa diversidade de formatos, tamanhos e embalagens. Por outro lado, componentes eletrônicos fisicamente idênticos quanto aos seus aspectos externos, podem ser diferentes eletricamente, como resistores de valor ôhmico diferente, ou transistores de mesmo encapsulamento, mas com características elétricas diferentes, por exemplo. Essa variedade torna a montagem dessas placas uma operação complexa. Certas tecnologias de componentes tornam a montagem manual praticamente impossível, enquanto outros tipos de componentes somente podem ser montados manualmente a custos toleráveis pela indústria no presente estado da tecnologia (Rabak, 2001).

3.7 DIODO

Os diodos apresentam diversas configurações construtivas para suprir as necessidades de projetos e aplicações, podendo ser emissores de luz (LED) ou não. Estes são dispositivos semicondutores surgidos por volta da década de 60 (Pinto, 2008).

PINTO (2008) destaca a generalidade deste componente que é a passagem de corrente elétrica, que só se conclui em um sentido de seus polos. A esta alimentação denomina-se polarização direta, que pode no caso do LED resultar em um efeito de luminescência. Pode-se classificá-los em indicativos (FIGURA 7.A), auto brilho (FIGURA 7.B) e de potência (FIGURA 7.C).

Figura 7: Classificação dos LED's

(7.A) Indicativos
Fonte: Radio Point[1]

(7.B) Auto Brilho
Fonte: Superbrightleds.com[2]

(7.C) Potência
Fonte: Betlux[3]

[1] Disponível em: <http://www.radiopoint.com.br/leds.htm>.
[2] Disponível em: <https://www.superbrightleds.com/moreinfo/through-hole/rgb-fast-color-changing-led-2/1041/>.
[3] Disponível em: <http://www.betlux.com/pt/1W-Emitter-HIGH-POWER-LED-Lamertian-Type-BL-HP20EXXXL.htm>.

Esta diferenciação se deu devido à evolução do LED em relação a sua área de aplicação. A priori, este componente como sua classificação aponta, foi utilizado para indicação em determinados equipamentos e componentes eletroeletrônicos, revelando na maioria das vezes se estava ativo ou não. Esta aplicação não se findou e ainda proporcionou expansão da sua utilização para iluminação de painéis mostradores e diversas outras utilizações.

Visando a praticidade e eficiência deste componente, foram realizados estudos a fim de melhorar a luminosidade e a eficiência do mesmo, resultando em um LED mais potente, e posteriormente, aplicando este em iluminação decorativa e sinais luminosos, como semáforos, veículos automotores, jardins, iluminações de emergências e lanternas.

Devido à flexibilidade e constante fluxo luminoso aliado com a descoberta da tecnologia para emissão de luz, o LED não demorou em ser utilizado como iluminação artificial como mostra a figura 8 (PINTO, 2008).

Figura 8: Utilização de LED’s em decorações e sinais luminosos

Fonte: PINTO, (2008).

A figura 8 mostra a evolução dos LED’s ao longo dos anos, bem como a diversidade da utilização dos mesmos, variando desde lanternas a painéis de automóveis e iluminação artificial.

3.8 ENERGIA FOTOVOLTAICA

FADIGAS (2012) descreve energias renováveis como fontes de energias ilimitadas, ou seja, estão em constante renovação, possibilitando assim a produção de energia elétrica de forma mais sustentável, a fim de reduzir a degradação do planeta utilizando cada vez mais métodos renováveis e cada vez menos os métodos convencionais. Um desses métodos de produção sustentável é a energia solar, que

é viabilizada através do aquecimento de um fluido para produção de vapor que toca turbinas, ou da conversão da radiação solar em eletricidade por meio de placas que contém materiais semicondutores (painéis fotovoltaicos), fenômeno esse conhecido por efeito voltaico, que será o método a ser estudado nesse trabalho.

Na atualidade, existem vários materiais semicondutores apropriados para a conversão fotovoltaica, mas dentre eles se encontram o silício cristalino e o silício amorfo hidrogenado, que são os mais utilizados na atualidade. Esse método de geração de energia é considerado uma tecnologia promissora na atualidade por vários motivos, como não ter partes móveis, não produz cinzas nem qualquer resíduo, não libera calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera, não queima combustíveis, etc. (FADIGAS, 2012).

Se tratando de radiação solar FADIGAS (2012) salienta que o Brasil possui um excelente indicador de radiação solar, sendo um dos países de maior índice de radiação solar do mundo, radiação essa localizada principalmente na região do semiárido, onde estão os melhores níveis.

Com os baixos rendimentos das tecnologias em relação à conversão da radiação em calor ou eletricidade e investimentos elevados para a implantação deste meio de geração, empecilhos estes importantes para sua utilização no nosso país. Entretanto, em alguns casos, pode se mostrar viável economicamente no meio rural, para secagem de produtos agrícolas, bombeamento de água, geração de energia em pequena escala, etc. (FADIGAS, 2012).

3.8.1 Células fotovoltaicas

Existem três tipos principais de materiais usados na fabricação de células fotovoltaicas: O silício monocristalino, silício policristalino e o silício amorfo. Sendo o primeiro de longe o material mais utilizado na composição destas células, compreendendo cerca de 60% do mercado especializado. A homogeneidade da estrutura molecular resulta da utilização de um cristal único que é ideal para potencializar o efeito fotovoltaico. Em laboratório seu rendimento máximo chega aos 24%, e quando posto em prática se reduz para cerca de 15%. Ainda existe o fato que a produção de silício cristalino é bastante onerosa (CASTRO, 2002).

O silício policristalino, ainda segundo CASTRO (2002) é constituído por uma grande quantidade de minúsculos cristais que possuem a espessura de um fio de cabelo

humano, este material dispõe de uma quota de mercado entorno de 30%. As descontinuidades da estrutura molecular dificultam a passagem da corrente elétrica e força a recombinação com as lacunas, o que reduz a potência de saída, obviamente, pois num meio menos homogêneo fica comprometida a fluidez da corrente. Com isso os rendimentos em laboratório e em utilização prática não passam os 18% e 12%, respectivamente. Por outro lado, o processo produtivo é mais em conta levando a comparação com o material anterior, silício cristalino.

O silício amorfo não tem estrutura cristalina definida, apresentando descontinuidades em sua estrutura que, em princípio, impossibilitaram a sua utilização em células fotovoltaicas, devido a estes defeitos, que propiciam a recombinação dos pares elétrons lacuna. Neste caso, se ao silício amorfo for combinado a uma pequena quantidade de hidrogênio, pelo processo de hidrogenização, os átomos de hidrogênio se combinam quimicamente de forma a diminuir os pontos fracos dos defeitos estruturais. O silício amorfo consegue absorver a radiação solar (luminosa) muito mais eficiente do que o silício cristalino, pois é possível posicionar uma fina película de silício amorfo sobre um substrato (metal, vidro, plástico). Este processo de fabricação de certa é ainda mais barato do que o do silício policristalino. Os equipamentos solares domésticos (calculadoras, relógios) são geralmente feitos com células de silício amorfo, que representa cerca de 4% do mercado. Em laboratório obtêm rendimentos por volta de 13%, mas as propriedades de conversão deste material deterioram-se na prática, ocasionando um rendimento máximo por volta de 6% (CASTRO, 2002).

3.9 DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO

Segundo KRITSKI (2016), baterias são elementos que possuem características eletroquímicas que, combinando um circuito externo e reações químicas internas as tornam capaz de fornecer ou armazenar energia.

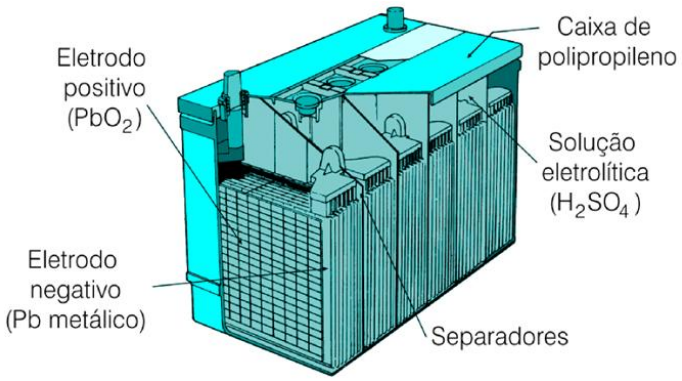
Num sistema fotovoltaico, existe o inconveniente da geração de energia não ser continua, devido à fonte luminosa não ser constante durante todo período do dia. Para solução deste problema, faz-se necessário o uso de baterias, a fim de armazenar a energia gerada ou excedente para utilizá-la num momento necessário (CRESESB, 2014).

Este dispositivo de armazenamento de energia deve possuir algumas características cruciais para que possua custo benefício adequado ao sistema. Podemos destaca-las como, baixo custo, baixa descarga, alta eficiência energética, longa vida útil, baixa manutenção e uma simples operação. As baterias mais utilizadas nos sistemas fotovoltaicos isolados são as de chumbo-ácido. Mesmo existindo baterias com melhores propriedades, as de chumbo-ácido se destacam pelo melhor custo benefício, onde baterias com melhores propriedades na maioria das vezes não são viáveis nos sistemas. Embora seja o melhor custo benefício e tenha uma alta capacidade de reciclagem, as baterias de chumbo-ácido possuem o inconveniente de ter uma baixa densidade de energia (VERA, 2009).

Apesar desta deficiência, este é tipo de bateira que mais se adequa aos requisitos que o sistema necessita; sobretudo no baixo custo, vasta utilização em várias aplicações e fácil manutenção (CREDER, 2013).

CREDER (2013) prossegue relatando que para o carregamento dessas baterias onde é apresentado um modelo na figura 9, basicamente três métodos: O método de Duplo Nível de Tensão, o Método de Duplo Nível de Corrente e o Método de Corrente Pulsada, o carregamento das baterias dos sistemas fotovoltaicos é feito por uma mescla dessas três técnicas a fim de garantir uma maior vida útil às mesmas (CREDER, 2013).

Figura 9: Vista em corte de uma bateria de chumbo-ácido.



Fonte: BOCCHI, FERRACIN (2000).

O método de carga de bateria escolhido para este trabalho, foi o “Método do Duplo Nível de Tensão”, a técnica foi escolhida por ser a mais utilizada atualmente em carregadores modernos de bateria (CRESESB, 2014).

Segundo CARVALHO (2013), o cálculo do módulo de armazenamento a ser utilizado no sistema levará em consideração o consumo diário de energia, os dias de armazenamento, e a profundidade de descarga máxima.

A lei de Ohm estabelece a inter-relação da diferença de potencial entre corrente elétrica e resistência. Através da formula "$V = R.I$". Sabendo também que para qualquer movimento, produção de luz, calor, radiação e outros se faze necessário o uso de energia, a energia aplicada por instante de tempo (s) em qualquer destas atividades é chamado de potência. A potência é o produto da tensão pela corrente. Isto pode ser descrito como "$P = V.I$" Para expressar o consumo de energia utiliza-se a unidade de KWh "$W = P\,.t$" (CREDER, 2013).

3.10 EFICIÊNCIA

Eficiência é o fruto da relação dos resultados obtidos sobre os recursos empregados, no entanto existem vários tipos de eficiência, onde as mesmas se aplicam a uma gama de situações (MEGGINSON, 1998).

Então eficiência nada mais é que a capacidade de conseguir um resultado com a menor relação de capital para se obter um produto final. No caso estudado a eficiência do sistema será analisada na possiblidade de acender uma lâmpada de LED, alimentada pela carga da bateria que foi gerada no processo de captura da irradiação luminosa provida do processo de soldagem e convertida pelo sistema de placa fotovoltaica, no caso em questão estamos falando de eficiência de um sistema elétrico com a finalidade de reaproveitar uma energia provida de uma fonte de soldagem, ou seja, conforme foi falado acima o "capital" a ser usado no projeto é relativamente baixo devido à fonte de energia estar liberando essa irradiação luminosa que seria perdida no processo, com a captação dessa mesma energia pode ser possível reutilizar a mesma para outra finalidade, gerando assim um produto final com baixo custo (FLANDOLI, 2017).

Outros fatores externos influenciam na eficiência desse processo, eles são capazes de elevar ou diminuir a o rendimento do mesmo, dentre eles estão: Fator luminoso (f): Que é e a quantidade de energia luminosa emitida por um foco luminoso em diversas direções em uma unidade de tempo(s), em que a mesma tem sua unidade em lúmen (lm). Outro fator externo que influência no processo, e depende do fator luminoso é o rendimento luminoso, em que nele é medido o quociente ente o fluxo

de luminosidade e a potência elétrica necessária para gera-lo. Para que se possa medir a rentabilidade dessa fonte é necessário analisar qual a proporção da potência elétrica se converte em potência luminosa devido ao fato de que nem toda essa energia se transforma em luz, parte se divide em calor e a outra em energia radiante não visível (FLANDOLI, 2017).

Projetos de sistemas de captação de energia luminosa são constituídos por algumas etapas para que possam ser eficientes e funcionais, essas etapas são: geração, transmissão e utilização. Geração é a etapa que se inicia pela obtenção e transformação da energia oriunda de fontes primárias, a transmissão é o passo em que a energia e conduzida de onde foi produzida para os centros de consumo, onde também dentro dessa etapa está a parte de interligação dos sistemas por meio de linhas de transmissão e por fim a utilização que é o último passo em que a energia transformada é utilizada para os mais diversos fins (Tecnogera, 2014).

Outro aspecto de extrema importância a ser avaliado é a eficiência das células fotovoltaicas, que em condições de laboratório com CTP (radiação solar padrão de 1000W/m², e temperatura padrão de 25º Celsius e espectro solar AM=1,5), é possível a produção de células individuais com cristal de silícios como matéria prima, já que o mesmo tem uma eficiência superior a 24%. Mesmo assim devido a pesquisas constantes na área o valor de eficiência pode chegar a 30%, mas no entanto, a eficiência comercial cai para apenas 12 a 19% podendo chegar a 24% nos próximos anos (BELUSSO; CAINELLI, 2015).

VARELA *et al.* (2006) afirma que alguns fatores, como as definições das condições padrões, medição da curva corrente-tensão, fonte de iluminação, medida de área e sensor de referência, influenciam na determinação da eficiência. Adicionalmente, tem-se que:

> O rendimento das células depende de diversos fatores e a operação em módulo possui eficiência global inferior à eficiência das células individuais devido ao fator de empacotamento, à eficiência ótica de cobertura do módulo e, à perda nas interconexões elétricas das células e ao descaso nas características das células (REIS10 apud SEVERINO & OLIVEIRA, 2010, p.299).

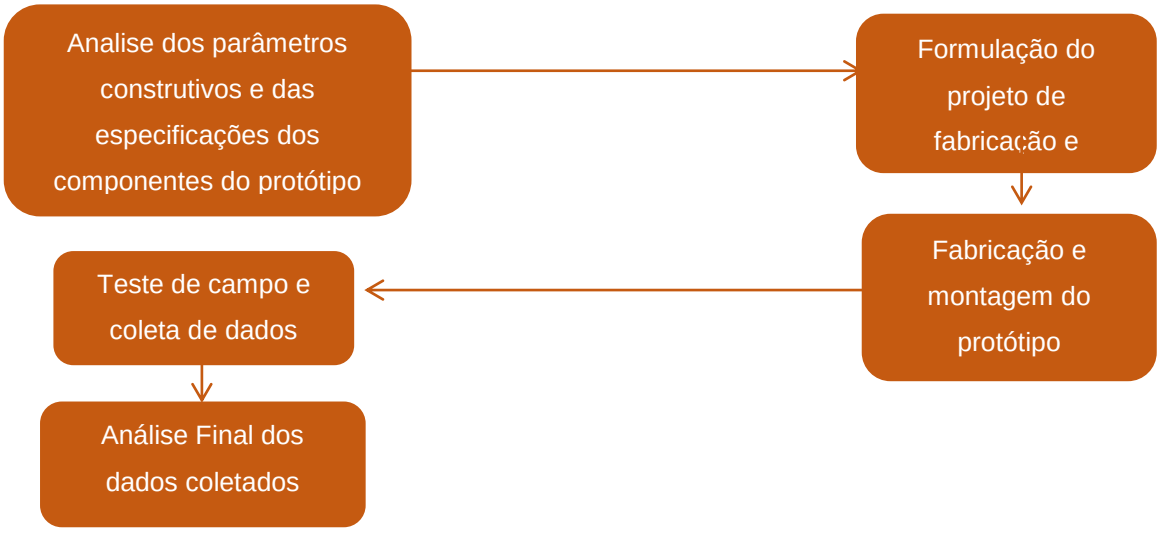
Os valores do rendimento dos módulos fotovoltaicos são fornecidos pelos seus fabricantes. Projetos providos de energias de fontes renováveis vêm evoluindo com o passar dos tempos. Propostas que tem foco em eficiência energética em sistemas de iluminação possibilitaram a substituição das antigas lâmpadas por lâmpadas de

LED, que são mecanismos optoeletrônicos que quando diretamente polarizados fazem com que os elétrons cruzem a barreira de potência e se recombinem com as lacunas, ocasionando a emissão de luz visível. Esse tipo de processo apresenta inúmeras vantagens em relações às lâmpadas convencionais, sendo assim, o sistema deve ser dimensionado de forma a atender as expectativas do projeto (VARELA, TAVARES, ARAUJO, & LEONI, 2006).

4. METODOLOGIA

O Fluxograma 1 apesenta a sequência dos procedimentos usados para atingir o objetivo do trabalho e analisar a viabilidade do estudo da captação da energia luminosa dissipada no processo de soldagem a eletrodo revestido.

Fluxograma 1: Etapas para execução do estudo



4.1 PARÂMETROS CONSTRUTIVOS E ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES

Para especificar a bateria é necessário primeiramente saber a demanda de consumo. Como proposto, o projeto prevê o armazenamento de energia para posterior aplicação em diversos sistemas e equipamentos elétricos, adotando que a demanda é proveniente do cálculo do consumo do equipamento que será interligado ao sistema. Podemos citar como exemplo para este estudo de caso, uma lâmpada.

Para o cálculo de consumo da lâmpada, faz-se necessário ter ciência da potência útil (P) da mesma, uma vez sabendo disto a fórmula de consumo de energia elétrica dada por:

$$W = P \,.\, t \qquad (1)$$

Sabe-se que o consumo é dado em Quilo watts hora (Kwh), decorrerá a especificação da bateria que utilizaremos no sistema. Uma vez que a especificação da bateria é dada em Ampere hora (Ah), utiliza-se a relação do produto do consumo

da luminária por instante de tempo, dividido pela tensão da mesma. Este cálculo fornece a compatibilidade com a bateria em Ampere hora (Ah).

$$Ah = \frac{w \,.\, t}{v} \quad (2)$$

Na especificação da placa, deve ficar claro que a célula é o menor elemento do sistema fotovoltaico, produzindo tipicamente potências eléctricas da ordem de 1,5 W (correspondentes a uma tensão de 0,5 V e uma corrente de 3 A).

Para obter potências maiores, as células foram ligadas em série e ou em paralelo, formando módulos (tipicamente com potências da ordem de 50 a 100 W).

Sabendo isto, foi feita a medição da intensidade luminosa do arco voltaico com auxílio de um luxímetro, a fim de ter parâmetros para especificar a relação entre quantidade e tipo de placas e a tensão gerada mais eficiente para o arranjo.

4.2 FORMULAÇÃO DO PROJETO DE FABRICAÇÃO E MONTAGEM

Após a especificação de todos os componentes utilizados no projeto, foi elaborado um projeto base para construção do protótipo, a fim de padronizar e registrar as especificidades encontradas em todas as etapas até o momento e posteriores as *built* do projeto.

4.3 FABRICAÇÃO E MONTAGEM DO PROTÓTIPO.

A fabricação foi executada conforme projeto, seguindo os seguintes passos abaixo descritos:

1. Foram separados e identificados todos os componentes do projeto.
2. Todos os componentes foram interligados através de juntas sodadas para melhorar a condução e contatos entre as partes.
3. Os componentes seguiram instalados em uma caixa suporte de material plástico para sua proteção.
4. A placa de captação fora instalada na lateral externa da caixa para possibilitar a captação da luminosidade emitida.

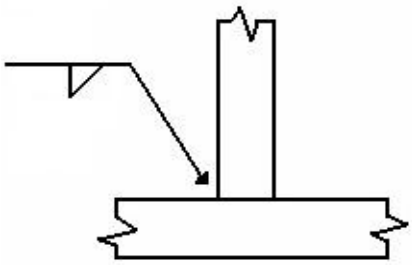
Os componentes prosseguiram monitorados através do uso de um voltímetro indicador de carga.

4.4 TESTE EM CAMPO

Esta etapa foi executada através do procedimento descrito abaixo, os resultados foram registrados após o término de cada etapa.

1. Para execução dos testes é necessário um corpo de prova, com a dimensões de 400mm de comprimento e 200mm largura. A configuração da junta consiste em uma solda de ângulo com 3 passes (Figura 10).
2. Com o auxílio de um multímetro foi verificada a carga existente na bateria;
3. A placa fora posicionada próxima à estação de soldagem, onde se encontra o corpo de prova devidamente preparado para a soldagem (Figura 10);
4. A solda foi feita no corpo de prova com passes na sequência de 1+2;
5. Após o término do procedimento de soldagem selecionado, verificou-se a carga da bateria novamente;
6. Após todo o processo descrito acima, a bateria foi utilizada para alimentar uma lâmpada de LED e, posteriormente, efetuar a medição do tempo que o mesmo ficará aceso;

FIGURA 10: Modelo de junta a ser soldada



Fonte: Autoria própria.

4.5 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Com base no estudo apresentado e os dados por ele coletados, foram elaboradas as seguintes relações:

- Para o cálculo do ganho do sistema em relação à energia fotovoltaica comumente utilizada, se fará uso de uma unidade conhecida como lux. Esta unidade relaciona o fluxo luminoso por unidade de área. Ao efetuar as

medições das taxas iluminação de um dia normal de sol, pode-se relaciona-las com as emissões luminosas proveniente dos processos de soldagem nos parâmetros determinados nos quadros de 1 a 9 desta metodologia. Com posse destes dados se iniciará a analise com uso da equação:

$$G = {Lux\ Sl}/{Lux\ Sd} \quad (3)$$

(Lux Sd – Lux da solda), (Lux Sl – Lux Solar)

O intuído desta relação consistirá em um número percentual de ganho de um método em relação ao outro.

- Tensão (V) x corrente (i), através desta relação será possível elucidar qual processo e faixa de teste do protótipo oferecera maior rendimento no estudo. Para analisar o comportamento da potência do sistema faz-se uso da equação:

$$W = V.i \quad (4)$$

Será possível também calcular a potência do protótipo, para tal feito se faz necessário à execução das medições nos diversos cenários que o protótipo será exposto, conforme quadros de 01 a 09 deste procedimento.

- Também será calculada a eficiência do sistema em estudo. Para tanto empregará os dados a acima calculados e auxilio da equação abaixo descrita.

$$\eta = {W\ solar}/{W\ solda} \quad (5)$$

Neste passo poderá se identificar a curva de eficiência do sistema em relação à distância e tipos de processos aplicados no teste de campo como visto nos quadros de 01 a 09 deste estudo. Esta análise ilustrará se o ponto de maior aproveitamento de potência se mantem o mesmo para a eficiência.

Em posse de todas estas constatações, também em posse dos dados coletados anteriormente e fornecidos pelos fabricantes dos componentes utilizados, pode se gerar um gráfico W (potência do sistema) x Wsol (potência do sistema convencional), analisar a curva de potência dos dois métodos de aproveitamento energia luminosa e com isto definir sua viabilidade.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS CONSTRUTIVOS E DAS ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES DO PROTÓTIPO

A lâmpada especificada para o projeto é uma lâmpada de LED, devido a combinação de economia de energia e iluminação ofertada pela mesma, proporcionando ao estudo um excelente custo benefício, sendo a bulbo de LED um exemplo de lâmpada comercial que se encaixa nessas especificações, possuindo uma potência de 9W, tensão de 12V e padrão de encaixe do tipo E27. Outro ponto a ser avaliado é a capacidade de iluminação fornecida pela lâmpada, onde esta possui uma temperatura em branco frio com 6500k, com capacidade de luminosidade de 900 lumens e um ângulo de iluminação de 360 graus, com especificações mecânicas de proteção IP20 contra impacto a objetos sólidos, contato acidental com água de acordo com a norma IEC 60529, dimensões físicas de 11cm de comprimento e 6cm de diâmetro de bulbo.

Conforme mencionado na metodologia para o cálculo do consumo da luminária, deve-se ter conhecimento da potência útil da mesma com base na equação de potência abaixo:

$$W = P \,.\, t \tag{1}$$

Na aplicação do projeto, a especificação da bateria é dada em Ampere hora (ih), sendo esta a divisão consumo da tensão da lâmpada de LED pela tensão da bateria, encontrando assim a compatibilidade da bateria em Ampere hora vide metodologia, logo:

$$ih = \frac{W}{V} \tag{6}$$

Então,

$$ih = \frac{12\ (tensão\ da\ lampada)}{9\ V\ (lampada\ )} \tag{7}$$

$$ih = 1.34$$

Sendo assim, para atender a necessidade do projeto foi cotada uma bateria de 12V de tensão e uma amperagem de 7A selada do tipo com placas em ligas de chumbo ácida, regulada por válvula e contendo uma alta taxa de descarga, tornando possível

operar a qualquer posição. A bateria tem um peso médio de 2,5Kg e dimensões de 150x65x95,5x100cm.

Com relação ao painel solar, é importante especificar todo e qualquer detalhe para o dimensionamento do mesmo, tanto características técnicas da parte elétrica como a parte mecânica. Estimando um tempo indeterminado de funcionamento do sistema, foi fornecido pelo fabricante uma média de carga do sistema de 1,6Ah. O respectivo sistema foi dimensionado utilizando um painel solar fotovoltaico poli cristalino de 5W, da marca Komaes Solar modelo KM(P)5 certificado pelo INMETRO, onde as células são protegidas por uma camada de vidro temperado, com uma dimensão de 250x250x18mm, sendo as mesmas montadas no protótipo em questão, cuja sua tensão e corrente especificadas pelo fabricante são respectivamente 17,56V e 0,286A, com uma eficiência comercial de 12,63% já estimada pelo fabricante em um somatório de 36 células do tipo silício poli cristalino, tendo seus parâmetros de características elétricas testadas nas condições de CTP: 1000W/m², AM 1.5, 25˚C.

Com as medições efetuadas através do multímetro, e com seus respectivos valores, podemos gerar o resultado do dimensionamento do sistema, como é descrito abaixo:

Inversor: Não se vê necessário a utilização do mesmo, pelo fato que os LED's funcionam em corrente continua e com tensão de 12V.

Essa agregação de equipamento suprirá a necessidade da lâmpada cotada em questão, que possui um potência de 3W, para ser alimentada e uma frequência estimada em 50/60Hz.

Com o auxílio de uma bancada de teste para solda, será possível o estudo do sistema, dos componentes a serem utilizados e dimensionamento que possa garantir o rendimento do protótipo. Para tal será utilizada uma bateria de 12V; que mantenha o funcionamento após o ensaio, e através de um multímetro serão avaliados os valores de grande importância como corrente e tensão do sistema.

5.2 ORÇAMENTO

O custo para a elaboração da bancada com a lâmpada de LED, é descrito na Tabela 1, na qual constam todos os equipamentos com potências próximas as necessárias para a utilização na bancada.

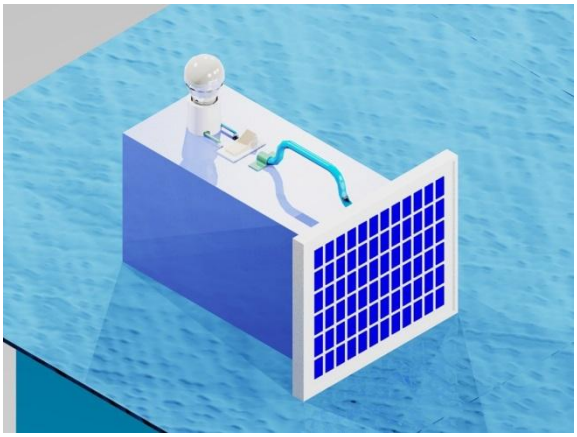
Tabela 1 - Orçamento do Protótipo.

Componente	Valor
Painel Solar 5w Fotovoltaica Komaes 12V	R$ 60,00
Bateria Rontek 12 V - 7Ah	R$ 60,00
Lâmpada Led Bulbo 3W	R$ 9,40
TOTAL	**R$ 129,40**

5.3 PROJETO

A figura 11 ilustra a projeção do protótipo finalizado. Fora elaborado um esquema detalhado do projeto finalizado (Apêndice J).

Figura 11: Perspectiva do Protótipo finalizado.



Fonte: Autores.

5.4 COLETA DE DADOS

Fora elaborada uma pesquisa quantitativa a fim de referenciar todas as informações que possam ser classificadas para a análise do protótipo, com a finalidade de apresentar os dados coletados em campo para a comparação da emissão de Lux dos tipos de processo de soldagem abordados no trabalho, com a faixa de Lux emitida pela luz solar natural (Tabela 2).

Tabela 2: Mensuração de luz emitida pelos processos MIG, TIG, ER e o Sol.

	FCAW	GTAW	SMAW	SOLAR	DATA
TESTE 1	55500	10400	29100	64100	29/05/2018
TESTE 2	67800	10300	24600	67800	30/05/2018
TESTE 3	64100	12200	19400	63700	31/05/2018
TESTE 4	59500	16000	26400	63900	01/06/2018
TESTE 5	65100	39600	28000	63500	04/06/2018
TESTE 6	65400	21900	33900	66700	05/06/2018
TESTE 7	64600	10200	34300	67200	06/06/2018
TESTE 8	65400	12700	29000	67800	07/06/2018
TESTE 9	54600	13700	35300	66300	08/06/2018
TESTE 10	66000	13200	30200	67400	11/06/2018
MÉDIA	**62800**	**16020**	**29020**	**65840**	**-**

A mensuração da luz emitida pelos processos FCAW, GTAW e SMAW foram realizadas a 1 metro de distância.

Após a primeira coleta foi possível analisar a relação de ganho na emissão de luminosidade oriunda dos dois métodos de geração, o solar; mais comumente utilizado e o objetivo de estudo deste processo (Tabela 3).

Tabela 3: Ganho de luz solar em relação aos processos FCAW, GTAW e SMAW.

LUMINOSIDADE DO PROCESSO		LUMINOSIDADE SOLAR	G
FCAW	62800	65840	5%
GTAW	16020	65840	26%
SMAW	29020	65840	55%

Observa-se que o processo que apresenta menor diferença em relação a luminosidade solar aferida foi o processo de soldagem FCAW, apresentando 5% de ganho, o que nos permite dizer que o mesmo possui 95% de eficiência em relação ao sol**.**

Conforme proposto na metodologia, foram executados os testes seguindo os parâmetros dos apêndices A ao I, onde foram observados e coletados os dados demonstrados abaixo (Tabela 4), que elucidam a média dos dados coletados em volt

e os relacionam com a distância em metros entre o foco e emissor e o posicionamento do protótipo deste projeto.

Tabela 4: Comparação entre as médias das tensões aferidas nos processos de soldagem FCAW, GTAW e SMAW em relação à distância do foco.

MÉTODO	**DISTÂNCIA (M)**		
	1 M	**2 M**	**4M**
FCAW	14,9 V	10,7 V	6,9 V
GTAW	14,8 V	10,0 V	6,5 V
SMAW	13.0 V	7,5 V	6,2 V

Para o teste executado a 1 metro de distância, o processo FCAW demonstrou melhor desempenho, gerando no protótipo uma tensão de 14,9 v, o processo GTAW gerou 14,8 v em média, ou seja, 0,7% menos tensão em relação ao processo FCAW, não configurando significativa diferença entre os processos. Já o processo SMAW gerou em média 13 v, o que sinaliza um desempenho em torno de 12,71% menor que o FCAW e 12% menor que GTAW.

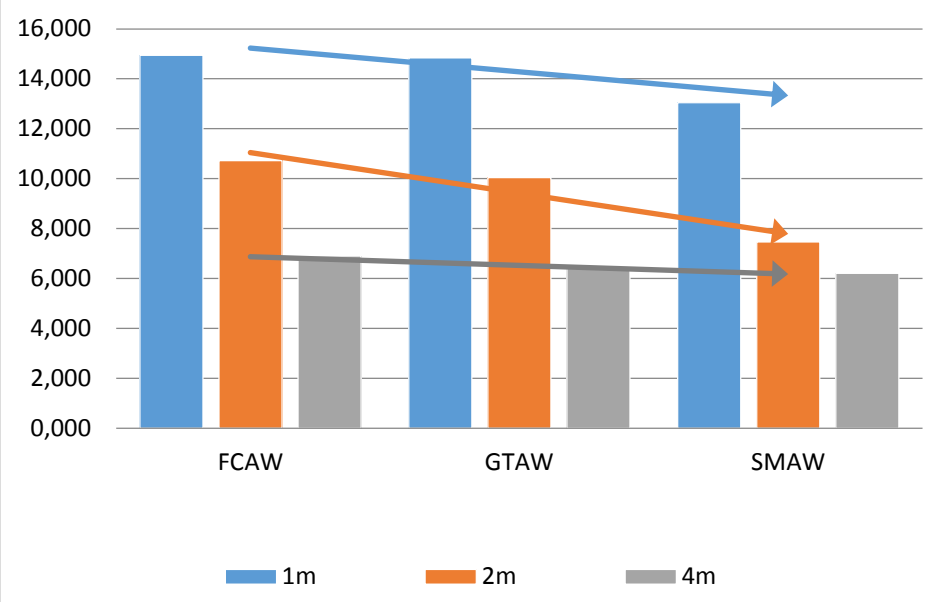
Executado o teste a 2 metros de distância, o processo FCAW em relação ao primeiro teste apresentou 28,24% menos geração de tensão, gerando 10,72 v, mostrando o quanto a variação da posição pode influenciar no desempenho do sistema. O processo GTAW em relação ao FCAW nesta posição gerou 6,38 % menos tensão, marcando no mostrador 10 v. Para o processo SMAW em relação ao processo FCAW, marca a maior diferença de geração de tensão, cerca de 30,35% menos que o primeiro processo, gerando 7,47 v.

Partindo para a posição de 4 metros, como esperado todos os processos apresentaram queda em relação à posição 1 metro, para o mesmo processo FCAW a diferença é de 53,83% menos geração de tensão, marcando 6,9 v no mostrador. Para a posição 4 metros, a variação dos processo não apresentou diferença significativa para o sistema, o processo GTAW em relação o FCAW gera cerca de 6,45% menos tensão, cravando coincidentemente 6,45 v, para o processo SMAW diferença chega a 10%, maçando no visor 6,22 v.

Para melhor ilustração deste dados, fora elaborado um gráfico (gráfico 1) onde observa-se que dentre os processos de soldagem previamente determinados, o que

apresentou melhor desempenho dentro dos parâmetros analisados, foi FCAW seguido pelo GTAW e SMAW respectivamente (gráfico 1).

Gráfico 1: Gráfico analítico da geração de tensão dos processos de soldagem em relação a distância do foco.



Fonte: Autores.

Através da análise do gráfico 1, podemos observar uma tendência de queda na tensão conforme o dispositivo de captação se afastava do foco, tendendo a se igualar na distância 4 metros.

De posse destes dados, foram executadas as análises.

O protótipo utilizado para avalizar este método dispõe de uma bateria de 7ª, como anteriormente descrito no dimensionamento. Utilizando a relação de potência descrita pela Equação 4 e aplicando os valores de tensão coletados em cada processo conforme tabela 5.

Tabela 5: Potência do sistema proposto.

	POTÊNCIA DO SISTEMA		
Processo	**Tensão (V)**	**Corrente (A)**	**Potencia calculada (W)**
FCAW	14,9	7	104,3
GTAW	14,8	7	103,6
SMAW	13	7	91,0

Através do resultado apresentado optou-se por continuar a analise com o processo FCAW que em todos os testes anteriores apresentou uma possibilidade maior de sucesso. Para formulação de uma curva de eficiência a fim de determinar qual dos processos se fez mais adequado neste esboço, empregamos a equação 5, relacionando a potência do sistema solar com a potência calculada do sistema (Tabela 5).

A tabela 6 mostra a potência atingida pelo protótipo em relação à distância a que o projeto foi exposto.

Tabela 6: Relação de potência por distância do processo FCAW

POTÊNCIA DO SISTEMA FCAW X DISTÂNCIA			
Distância do foco	**Tensão (v)**	**Corrente (A)**	**Potencia Calculada (W)**
1 (m)	14,9	7	104,3
2 (m)	10,7	7	74,9
4 (m)	6	7	42

Conforme apresentado na tabela 6 o processo de soldagem FCAW que apresentou maior eficiência nos processos estudados tende a perder potencia progressivamente conforme o dispositivo de captação se afasta do foco da solda, evidenciando que para maior eficiência na captação e posterior produção de energia o mesmo deve estar próximo ao foco.

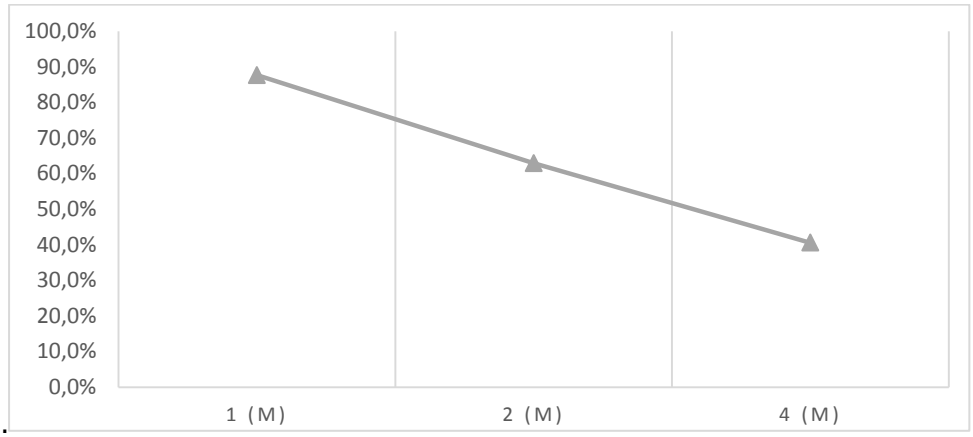
A tabela 7 relaciona a eficiência do sistema utilizando o processo FCAW em relação a captação do projeto captando energia solar.

Tabela 7: Relação de eficiência do processo FCAW

EFICIÊNCIA DO SISTEMA			
PROCESSO	**POTÊNCIA SOLAR**	**POTÊNCIA CALCULADA (W)**	**EFICIÊNCIA**
1 (m)	119	104,3	87,6%
2 (m)	119	74,9	62,9%
4 (m)	119	48,3	40,6%

Durante todo o teste, o processo que apresentou melhores resultados foi o processo FCAW. Após utiliza-lo durante 4 horas de atividade, obtivemos uma carga de 11.8 v no protótipo, o que representa 98,3% da carga total da bateria. Esta carga foi suficiente para manter em pleno funcionamento o protótipo por 36 horas ininterruptas, atestando assim a funcionalidade do sistema proposto.

Gráfico 2: Curva de eficiência dos sistemas no processo FCAW.



Fonte: Autores

O gráfico dois ilustra o que foi abordado nas tabelas 6 e 7, onde a captação da luminosidade se mostra mais eficiente na geração de energia em curtas distâncias tendendo a queda conforme se afasta o dispositivo de captação do foco.

5.5 DURABILIDADE DO SISTEMA

Sabe-se que por mais que os painéis fotovoltaicos sejam projetados por seus fabricantes a fim de garantir uma alta confiabilidade de seus equipamentos, é quase impossível evitar que o material sofra desgastes ao longo do tempo, já que é de se esperar que tudo tenha uma vida útil.

No entanto, é possível um estudo que busque a melhoria contínua nesse aspecto, fornecedores afirmam que desgastes iniciais não afetam em praticamente nada na eficiência dos painéis, sendo que os mesmos são projetados a fim de evitar esse acontecimento. A vida útil desse tipo de equipamento é de aproximadamente 25 anos. Fornecedores garantem 90% de potências nos 12 primeiros anos, e 80% em 25 anos (Guimarães, 2018).

Com relação a bateria que é outro componente essencial para o funcionamento do sistema, é de grande importância o estudo de sua vida útil, sendo que dos itens do protótipo, é o que tem a menor vida útil, com cerca de 4 a 5 anos de uso. Tempo esse estimado na utilização, ou seja, no número de vezes que a bateria passa para o modo de alimentação e entre outras condições ambientais que o mesmo e exposto (Guimarães, 2018).

Os LEDS possuem um tempo de vida útil de em média de 50 mil horas. Se ligado durante 8 horas por dia alcança até 17 anos de uso. Comparado, por exemplo, com uma lâmpada fluorescente, esse tempo chega no máximo a 10 mil horas (INMETRO).

5.6 ANÁLISES FINAIS

Após a execução de todos os testes e análises sobre a captação da luminosidade oriunda da radiação gerada pelos processos de soldagem citados, a maior questão ainda não foi discutida e a dúvida aflora subitamente, se o protótipo foi projetado com um painel fotovoltaico dimensionado para luz solar e sua eficiência é superior usando luz solar como fonte luminosa, porque não é usado o sol como fonte de luminosidade ao invés da radiação luminosa de um processo de soldagem qualquer? O questionamento é natural e se faz necessário, mas afim de esclarecer esse questionamento precisa-se ir na concepção do projeto, que surgiu da necessidade de usar-se energia elétrica em locais desprovidos de raios solares e que são de difícil acesso, como, porões de navios, tanques e outras áreas e torna-se complicada a transferência de equipamentos, bem como, cabos de alimentação de um lugar para o outro, como por exemplo: holofotes e ou luminárias industriais ou até mesmo uma ferramenta elétrica de baixo consumo, chegamos aqui a uma outra questão que levanta a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a captação, conversão e armazenamento da radiação luminosa em energia elétrica para alimentar equipamentos um pouco mais robustos como uma lixadeira ou uma retifica, quais as possibilidades e as possíveis configurações dos componentes do sistema seria necessário para que isso se já possível.

Outra justificativa para sustentar o projeto seria aplica-lo numa área onde existem processos de soldagem geradores de luminosidade abundantemente, consegue-se exemplificar, uma fábrica de automóveis, aplicando uma adaptação do projeto

proposto neste trabalho acoplando-o aos inúmeros braços robóticos existentes no processo, captando a radiação emitida no ato da soldagem das peças dos automóveis, fazendo o uso posteriormente, citando um exemplo, usando essa energia elétrica nas luminárias dos galpões.

Todas essas justificativas são plausíveis, mas algumas ainda se faz necessário um estudo um pouco mais a fundo, afim de melhorar a eficiência e aplicabilidade do projeto ao máximo

6. CONCLUSÃO

Após todos os testes executados no protótipo ao decorrer desta metodologia, foi averiguado que o modelo atendeu a todos os objetivos anteriormente especificados e citados no estudo, obtendo uma perda em relação a energia solar de apenas 5%, provando que esta fonte de energia possui um potencial energético bem próximo da energia solar já consolidada, firmando com isso a valência deste estudo de caso para esta afirmação. O modelo prototipado foi estressado em diversas situações, variando-se a distância do foco emissor e o processo de soldagem utilizado. Dentre os escolhidos, GTAW, SMAW e FCAW, o processo que apresentou maior eficiência em relação à captação solar foi o processo FCAW, com 87,6% localizado a 1 metro do operador de soldagem,

Este processo como já esperado, apresentou os maiores valores durante todo o processo. Estas conclusões demostram que existe viabilidade para continuação do processo de investigação e estudo desta modalidade de captação, dada suas inúmeras possibilidades de aplicação e portabilidade de seu sistema. Em um cenário fabril onde nem sempre está disponível a utilização de iluminação natural, o protótipo seria de grande legitimidade. Neste teste ele foi utilizado por 4 horas e com apenas uma bateria, foi capaz de alimentar um ponto de luz por 36 horas, o que nos faz acreditar que poderíamos dobrar o consumo sem afetar a utilização do mesmo em campo, e ou mesmo aumentar a quantidade de baterias a fim de captar as outras horas restantes de um dia normal de trabalho, fazendo assim possível alimentar sistemas maiores através de um banco de baterias.

7. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Redimensionamento a fim de aumentar a quantidade de energia captada e armazenada através de adição de mais placas e baterias.

Testar outras tecnologias de placas, a fim de verificar qual modelo apresenta melhor rendimento.

Utilização do aparelho para alimentação de um sistema de porte maior.

REFERÊNCIAS

BOCCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz; Baggio, Sônia. Pilhas e baterias: **Funcionamento e Impacto ambienta**l. Química e Sociedade, São Carlos, n°11, p.1-7, Mai. 2000.

BELUSSO, Aline; CAINELLI, Gustavo. Análise do espectro de radiação solar e sua importância no correto dimensionamento de tecnologias para conversão fotovoltaica de energia. In: CONIC SEMESP 15º CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, 2015, Caxias do Sul: Semesp, 2015, 15º ed, p. 1 – 11.

CASTRO, R. M. G. *Energias Renováveis e Produção Descentralizada - Introdução à energia fotovoltaica*. **DEEC*/* Secção de Energia.** Lisboa. n.0, Nov. 2002. Disponível em:<http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf >. Acesso em: 15/11/2017.

CARVALHO, Paulo; JUCÁ, Sandro. **Métodos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos: Aplicações em dessalinização.** 1° ed. Duque de Caxias: Espaço científico livre projetos editoriais, 2013.

COTRIM, Amaro. **Instalações Elétricas.** 5° ed. São Paulo: Pearson Pretice Hall, 2009. 485 p.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas.** 15° ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 452 p.

CRESESB, **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2014. 207 p.

EPE. **Consumo de Energia elétrica subiu 3,5% em Abril:** Crescimento em todas as principais classes. Rio de Janeiro: EPE, Empresa de Pesquisa Energética, Mai. 2018. 7 p.

FADIGAS, Eliane. **Energia Solar Fotovoltaica : Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica.** São Paulo. GEPEA, 2012. 71p.

FLANDOLI, Fabio. Eficiência Energética em Sistemas Elétricos. **Programa Eletricista Consciente.** p. 1-27, 1 Mai. 2017.

FIRJAN. **Ambiente de negócios:** Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil?. Rio de Janeiro: Publicações Sistema Firjan, Jul. 2016. 7 p.

GUIMARÃES. *Vida útil dos equipamentos.* Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/kit-de-energia-solar-vida-util/>. Acesso em: 29. Set. 2018.

INMETRO. **Lâmpada LED.** Ministério do Desenvolvimento, Indústria e comercio exterior. 10 p.

KRITSKI, Pedro. **Desenvolvimento de carregador de bateria para sistema fotovoltaico isolado para aplicação em estações de telecomunicação e de medição meteorológica.** 2016. 137f. Monografia (Bacharel em Engenharia Industrial Elétrica ênfase Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

MELO, Paulo; RIOS, Evaristo; GUTIERREZ, Regina. Placas de circuito impresso: Mercado atual e perspectivas. **BNDS Setorial**, Rio de janeiro, n. 14, p. 111-136, set. 2001.

MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem e fundamentos de tecnologia**. 3°ed., Belo Horizonte: UFMG, 2011. 363 p.

MEGGINSON, Leon; MOSLEY, Donald; PIETRI, Paul. **Administração - Conceitos e Aplicações.** 4° ed. Rio de Janeiro: Harbra, 1998, p. 614.

MODENESI, Prof. Paulo J. **Introdução à Física do Arco Elétrico E sua Aplicação na Soldagem dos Metais.** 2012. 172f. Monografia (Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PINTO JUNIOR, Luiz Alberto Wagner. *Energia Elétrica: Quais são os principais gastos de uma empresa.* Disponível em: <http://hccengenharia.com.br/quais-sao-os-principais-gastos-de-uma-empresa/>. Acesso em: 27. Mai. 2018.

PINTO, R. A. **Projeto e implementação de lâmpadas para iluminação de interiores empregando diodos emissores de luz(LEDS)**. 2008. 138f. Monografia (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Univerdidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PUBLICAÇÕES SISTEMA FIRJAN. **Ambiente de negocios:** Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil?. Rio de Janeiro, 2016. 7p.

RABAK, Cesar. **Otimização do processo de inserção automática de componentes eletrônicos empregando a técnica de times assíncronos .** 2001. 125f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Escola politecnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUSA, João; BARRA, Sérgio. Exposição à radiação em processos a arco elétrico: Consequências à saúde e formas de controle. **Corte e conformação de Metais**, São José do Rio Preto, p.108 – 123, Jul. 2012.

TECNOGERA. *O que é sep - sistema elétrico de potência?.* Disponível em: < http://www.tecnogera.com/blog/o-que-e-sep---sistema-eletrico-de-potencia>. Acesso em: 10. Abr. 2018.

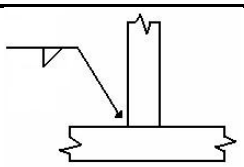
VARELA, Gustavo et al. Dimensionamento e instalação de um sistema de iluminação com LED's utilizando sistema fotovoltaico. In: SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PRODUÇÃO ACADÊMICA, v. 10, n. 1 2006, Salvador. Curitiba: UNIFACS, 2006. p. 1-11.

VERA, Luís Horácio. **Análise do impacto do comportamento de baterias em sistemas fotovoltaicos autônomos**. Tese. 2009. PROMEC. UFRGS

WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio Duarte; MELLO, Fabio Décourt Homem. **Soldagem, processos e metalurgia**. 2° ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004. p 504.

APÊNDICE A

Quadro 1 – Ensaio 1 TIG

PROCESSO DE SOLDAGEM:	TIG (GTAW)	DATA:	29.05.2018	TIPO:	MANUAL
JUNTA			**DETALHES**		
TIPO DE JUNTA: Ângulo					
METAL DE ADIÇÃO 70S 3					
OBSERVAÇÕES: A soldagem deve durar 5 minutos.					

METAL BASE			
FAIXA DE ESPESSURA DO METAL BASE: CHANFRO: 4,8 a 19,08mm		ESPECIFICAÇÃO: ASTM A36	
METAL DEPOSITADO			
ETAPAS	RAIZ	ENCHIMETO	ACABAMENTO
CLASSIFICAÇÃO AWS:	N.A.	ER 70S 3	ER 70S 3
DIMENSÕES:	N.A.	3,25 mm	3,25 mm
MARCA COMERCIAL:	N.A.	GERDAU ER 70S 3	GERDAU ER 70S 3

PRÉ-AQUECIMENTO		**GAS**	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (ºC) (MIN.):	N.A.	GÁS DE PROTEÇÃO:	ARGÔNIO
TEMPERATURA INTERPASSE (ºC) (MAX.):	N.A.	COMPOSIÇÃO:	99,95 %
MÉTODO DE PRÉ-AQUECIMENTO:	N.A.	GAS DE BACKING:	ARGÔNIO
PÓS –AQUECIMENTO:	N.A.	VAZÀO (l/min): TOCHA:	10 a 12 PURGA N/A

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	
TIPO DE CORRENTE: CONTÍNUA	POLARIDADE: GTAW: DIRETA
TIPO E Ø DO ELETRODO DE TUNGSTÊNIO:	AWS EWTh-2 Ø2,4mm
LIMPEZA INICIAL E INTERPASSE:	ESCOVA E ESMERIL
PASSE SIMPLES OU MÚLTIPLO:	MÚLTIPLO

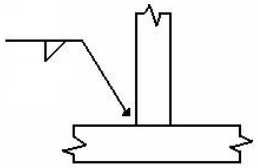
PARÂMETROS DE SOLDAGEM

PASSE	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOCIDADE. DE AVANÇO (cm/min)	Distancia da captação luminosa (m).
		CLASSE	DIÂMETRO (mm)	TIPO E POL	AMPERAGEM (A)			
ENCHIMENTO	GTAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 12	N.A.	1
ACABAMENTO	GTAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 12	N.A.	1

APÊNDICE B

Quadro 2 – Ensaio 2 TIG

PROCESSO DE SOLDAGEM:	TIG (GTAW)	DATA:	29.05.2018	TIPO:	MANUAL

JUNTA	**DETALHES**
TIPO DE JUNTA: Ângulo	
METAL DE ADIÇÃO 70S 3	
OBSERVAÇÕES: A soldagem deve durar 5 minutos.	

METAL BASE

FAIXA DE ESPESSURA DO METAL BASE: CHANFRO: 4,8 a 19,08mm ESPECIFICAÇÃO: ASTM A36

METAL DEPOSITADO

ETAPAS	RAIZ	ENCHIMETO	ACABAMENTO
CLASSIFICAÇÃO AWS:	N.A.	ER 70S 3	ER 70S 3
DIMENSÕES:	N.A.	3,25 mm	3,25 mm
MARCA COMERCIAL:	N.A.	GERDAU ER 70S 3	GERDAU ER 70S 3

PRÉ-AQUECIMENTO		**GAS**	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (ºC) (MIN.):	N.A.	GÁS DE PROTEÇÃO:	ARGÔNIO
TEMPERATURA INTERPASSE (ºC) (MAX.):	N.A.	COMPOSIÇÃO:	99,95 %
MÉTODO DE PRÉ-AQUECIMENTO:	N.A.	GAS DE BACKING:	ARGÔNIO
PÓS –AQUECIMENTO:	N.A.	VAZÀO (l/min): TOCHA:	10 a 12 PURGA N/A

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

TIPO DE CORRENTE: CONTÍNUA POLARIDADE: GTAW: DIRETA

TIPO E Ø DO ELETRODO DE TUNGSTÊNIO: AWS EWTh-2 Ø2,4mm

LIMPEZA INICIAL E INTERPASSE: ESCOVA E ESMERIL

PASSE SIMPLES OU MÚLTIPLO: MÚLTIPLO

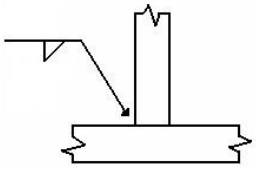
PARÂMETROS DE SOLDAGEM

PASSE	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOCIDADE. DE AVANÇO (cm/min)	Distancia da captação luminosa (m).
		CLASSE	DIÂMETRO (mm)	TIPO E POL	AMPERAGEM (A)			
ENCHIMENTO	GTAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 12	N.A.	2
ACABAMENTO	GTAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 12	N.A.	2

APÊNDICE C

Quadro 3 – Ensaio 3 TIG

PROCESSO DE SOLDAGEM:	TIG (GTAW)	DATA:	29.05.2018	TIPO:	MANUAL

JUNTA	**DETALHES**
TIPO DE JUNTA: Ângulo	
METAL DE ADIÇÃO 70S 3	
OBSERVAÇÕES: A soldagem deve durar 5 minutos.	

METAL BASE

FAIXA DE ESPESSURA DO METAL BASE: CHANFRO: 4,8 a 19,08mm ESPECIFICAÇÃO: ASTM A36

METAL DEPOSITADO

ETAPAS	RAIZ	ENCHIMETO	ACABAMENTO
CLASSIFICAÇÃO AWS:	N.A.	ER 70S 3	ER 70S 3
DIMENSÕES:	N.A.	3,25 mm	3,25 mm
MARCA COMERCIAL:	N.A.	GERDAU ER 70S 3	GERDAU ER 70S 3

PRÉ-AQUECIMENTO		**GAS**	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (ºC) (MIN.):	N.A.	GÁS DE PROTEÇÃO:	ARGÔNIO
TEMPERATURA INTERPASSE (ºC) (MAX.):	N.A.	COMPOSIÇÃO:	99,95 %
MÉTODO DE PRÉ-AQUECIMENTO:	N.A.	GAS DE BACKING:	ARGÔNIO
PÓS –AQUECIMENTO:	N.A.	VAZÀO (l/min): TOCHA:	10 a 12 PURGA N/A

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

TIPO DE CORRENTE: CONTÍNUA POLARIDADE: GTAW: DIRETA

TIPO E Ø DO ELETRODO DE TUNGSTÊNIO: AWS EWTh-2 Ø2,4mm

LIMPEZA INICIAL E INTERPASSE: ESCOVA E ESMERIL

PASSE SIMPLES OU MÚLTIPLO: MÚLTIPLO

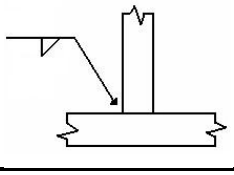
PARÂMETROS DE SOLDAGEM

PASSE	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOCIDADE. DE AVANÇO (cm/min)	Distancia da captação luminosa (m).
		CLASSE	DIÂMETRO (mm)	TIPO E POL	AMPERAGEM (A)			
ENCHIMENTO	GTAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 12	N.A.	4
ACABAMENTO	GTAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 12	N.A.	4

APÊNDICE D

Quadro 4 – Ensaio 1 Eletrodo

PROCESSO DE SOLDAGEM:	ELETRODO (SMAW)	DATA:	29.05.2018	TIPO:	MANUAL

JUNTA	**DETALHES**
TIPO DE JUNTA: Ângulo	
METAL DE ADIÇÃO 6013	
OBSERVAÇÕES: A soldagem deve durar 5 minutos.	

METAL BASE

FAIXA DE ESPESSURA DO METAL BASE: CHANFRO: 4,8 a 19,08mm ESPECIFICAÇÃO: ASTM A36

METAL DEPOSITADO

ETAPAS	RAIZ	ENCHIMETO	ACABAMENTO
CLASSIFICAÇÃO AWS:	N.A.	ER 6013	ER 6013
DIMENSÕES:	N.A.	3,25 mm	3,25 mm
MARCA COMERCIAL:	N.A.	ESAB E 6013	ESAB E 6013

PRÉ-AQUECIMENTO		**GAS**	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (ºC) (MIN.):	N.A.	GÁS DE PROTEÇÃO:	N.A.
TEMPERATURA INTERPASSE (ºC) (MAX.):	N.A.	COMPOSIÇÃO:	N.A.
MÉTODO DE PRÉ-AQUECIMENTO:	N.A.	GAS DE BACKING:	N.A.
PÓS –AQUECIMENTO:	N.A.	VAZÀO (l/min): TOCHA:	N/A PURGA N/A

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

TIPO DE CORRENTE: CONTÍNUA POLARIDADE: SMAW Inversa

TÉCNICA

PASSE ESTREITO OU OSCILANTE	FILETES (OSCILAÇÃO MÁXIMA 3 x Ø DA ALMA DO ELETRODO)
LIMPEZA INICIAL E INTERPASSE:	ESCOVA E ESMERIL
PASSE SIMPLES OU MÚLTIPLO:	MÚLTIPLO

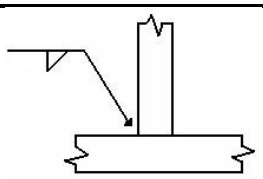
PARÂMETROS DE SOLDAGEM

PASSE	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOCIDADE. DE AVANÇO (cm/min)	Distancia da captação luminosa (m).
		CLASSE	DIÂMETRO (mm)	TIPO E POL	AMPERAGEM (A)			
ENCHIMENTO	SMAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	80 a 120	10 a 12	N.A.	1
ACABAMENTO	SMAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	80 a 120	10 a 12	N.A.	1

APÊNDICE E

Quadro 5 – Ensaio 2 Eletrodo

PROCESSO DE SOLDAGEM:	ELETRODO (SMAW)	DATA	29.05.2018	TIPO:	MANUAL

JUNTA	**DETALHES**
TIPO DE JUNTA: Ângulo	
METAL DE ADIÇÃO 6013	
OBSERVAÇÕES: A soldagem deve durar 5 minutos.	

METAL BASE

FAIXA DE ESPESSURA DO METAL BASE: CHANFRO: 4,8 a 19,08mm ESPECIFICAÇÃO: ASTM A36

METAL DEPOSITADO

ETAPAS	RAIZ	ENCHIMETO	ACABAMENTO
PROCESSO	N.A.	ELETRODO REVESTIDO (SMAW)	ELETRODO REVESTIDO (SMAW)
CLASSIFICAÇÃO AWS:	N.A.	ER 6013	ER 6013
DIMENSÕES:	N.A.	3,25 mm	3,25 mm
MARCA COMERCIAL:	N.A.	ESAB E 6013	ESAB E 6013

PRÉ-AQUECIMENTO		**GAS**	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (ºC) (MIN.):	N.A.	GÁS DE PROTEÇÃO:	N.A.
TEMPERATURA INTERPASSE (ºC) (MAX.):	N.A.	COMPOSIÇÃO:	N.A.
MÉTODO DE PRÉ-AQUECIMENTO:	N.A.	GAS DE BACKING:	N.A.
PÓS –AQUECIMENTO:	N.A.	VAZÀO (l/min): TOCHA:	N/A PURGA N/A

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

TIPO DE CORRENTE: CONTÍNUA POLARIDADE: SMAW Inversa

TÉCNICA

PASSE ESTREITO OU OSCILANTE	FILETES (OSCILAÇÃO MÁXIMA 3 x Ø DA ALMA DO ELETRODO)
LIMPEZA INICIAL E INTERPASSE:	ESCOVA E ESMERIL
PASSE SIMPLES OU MÚLTIPLO:	MÚLTIPLO

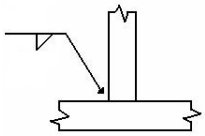
PARÂMETROS DE SOLDAGEM

PASSE	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOCIDADE. DE AVANÇO (cm/min)	Distancia da captação luminosa (m).
		CLASSE	DIÂMETRO (mm)	TIPO E POL	AMPERAGEM (A)			
ENCHIMENTO	SMAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	80 a 120	10 a 120	N.A.	2
ACABAMENTO	SMAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	80 a 120	10 a 120	N.A.	2

APÊNDICE F

Quadro 6 – Ensaio 3 Eletrodo

PROCESSO DE SOLDAGEM:	ELETRODO (SMAW)	DATA:	29.05.2018	TIPO:	MANUAL

JUNTA	**DETALHES**
TIPO DE JUNTA: Ângulo	
METAL DE ADIÇÃO 6013	
OBSERVAÇÕES: A soldagem deve durar 5 minutos.	

METAL BASE

FAIXA DE ESPESSURA DO METAL BASE: CHANFRO: 4,8 a 19,08mm ESPECIFICAÇÃO: ASTM A36

METAL DEPOSITADO

ETAPAS	RAIZ	ENCHIMETO	ACABAMENTO
CLASSIFICAÇÃO AWS:	N.A.	ER 6013	ER 6013
DIMENSÕES:	N.A.	3,25 mm	3,25 mm
MARCA COMERCIAL:	N.A.	ESAB E 6013	ESAB E 6013

PRÉ-AQUECIMENTO		**GAS**	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (ºC) (MIN.):	N.A.	GÁS DE PROTEÇÃO:	N.A.
TEMPERATURA INTERPASSE (ºC) (MAX.):	N.A.	COMPOSIÇÃO:	N.A.
MÉTODO DE PRÉ-AQUECIMENTO:	N.A.	GAS DE BACKING:	N.A.
PÓS –AQUECIMENTO:	N.A.	VAZÀO (l/min): TOCHA:	N/A PURGA N/A

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

TIPO DE CORRENTE: CONTÍNUA POLARIDADE: SMAW Inversa

TÉCNICA

PASSE ESTREITO OU OSCILANTE	FILETES (OSCILAÇÃO MÁXIMA 3 x Ø DA ALMA DO ELETRODO)
DIMENSÕES DO BOCAL DA TOCHA:	10 a 15 mm
LIMPEZA INICIAL E INTERPASSE:	ESCOVA E ESMERIL
PASSE SIMPLES OU MÚLTIPLO:	MÚLTIPLO

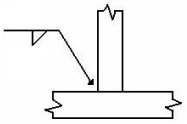
PARÂMETROS DE SOLDAGEM

PASSE	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOCIDADE. DE AVANÇO (cm/min)	Distancia da captação luminosa (m).
		CLASSE	DIÂMETRO (mm)	TIPO E POL	AMPERAGEM (A)			
ENCHIMENTO	SMAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 120	N.A.	4
ACABAMENTO	SMAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 120	N.A.	4

APÊNDICE G

Quadro 7 – Ensaio 1 Arame Tubular

PROCESSO DE SOLDAGEM:	ARAME TUBULAR (FCAW)	DATA:	29.05.2018	TIPO:	MANUAL

JUNTA	**DETALHES**
TIPO DE JUNTA: Ângulo	
METAL DE ADIÇÃO 71T1	
OBSERVAÇÕES: A soldagem deve durar 5 minutos.	

METAL BASE

FAIXA DE ESPESSURA DO METAL BASE: CHANFRO: 4,8 a 19,08mm ESPECIFICAÇÃO: ASTM A36

METAL DEPOSITADO

ETAPAS	RAIZ	ENCHIMETO	ACABAMENTO
CLASSIFICAÇÃO AWS:	N.A.	E 71T1	E 71T1
DIMENSÕES:	N.A.	4 mm	4 mm
MARCA COMERCIAL:	N.A.	ESAB E 71T1	ESAB E 71T1

PRÉ-AQUECIMENTO		**GAS**	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (ºC) (MIN.):	N.A.	GÁS DE PROTEÇÃO:	CO^2
TEMPERATURA INTERPASSE (ºC) (MAX.):	N.A.	COMPOSIÇÃO:	N.A.
MÉTODO DE PRÉ-AQUECIMENTO:	N.A.	GAS DE BACKING:	N.A.
PÓS –AQUECIMENTO:	N.A.	VAZÃO (l/min): TOCHA:	N/A PURGA N/A

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

TIPO DE CORRENTE: CONTÍNUA POLARID SMAW Inversa

TÉCNICA

PASSE ESTREITO OU OSCILANTE	FILETES (OSCILAÇÃO MÁXIMA 3 x Ø DA ALMA DO ELETRODO)
DIMENSÕES DO BOCAL DA TOCHA:	10 a 15 mm
LIMPEZA INICIAL E INTERPASSE:	ESCOVA E ESMERIL
PASSE SIMPLES OU MÚLTIPLO:	MÚLTIPLO

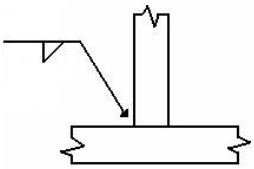
PARÂMETROS DE SOLDAGEM

PASSE	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOCIDADE. DE AVANÇO (cm/min)	Distancia da captação luminosa (m).
		CLASSE	DIÂMETRO (mm)	TIPO E POL	AMPERAGEM (A)			
ENCHIMENTO	FCAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 120	N.A.	1
ACABAMENTO	FCAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 120	N.A.	1

APÊNDICE H

Quadro 8 – Ensaio 2 Arame Tubular

PROCESSO DE SOLDAGEM:	ARAME TUBULAR (FCAW)	DATA:	29.05.2018	TIPO:	MANUAL

JUNTA	**DETALHES**
TIPO DE JUNTA: Ângulo	
METAL DE ADIÇÃO 71T1	
OBSERVAÇÕES: A soldagem deve durar 5 minutos.	

METAL BASE

FAIXA DE ESPESSURA DO METAL BASE: CHANFRO: 4,8 a 19,08mm ESPECIFICAÇÃO: ASTM A36

METAL DEPOSITADO

ETAPAS	RAIZ	ENCHIMETO	ACABAMENTO
CLASSIFICAÇÃO AWS:	N.A.	E 71T1	E 71T1
DIMENSÕES:	N.A.	4 mm	4 mm
MARCA COMERCIAL:	N.A.	ESAB E 71T1	ESAB E 71T1

PRÉ-AQUECIMENTO		**GAS**	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (ºC) (MIN.):	N.A.	GÁS DE PROTEÇÃO:	CO^2
TEMPERATURA INTERPASSE (ºC) (MAX.):	N.A.	COMPOSIÇÃO:	N.A.
MÉTODO DE PRÉ-AQUECIMENTO:	N.A.	GAS DE BACKING:	N.A.
PÓS –AQUECIMENTO:	N.A.	VAZÀO (l/min): TOCHA:	N/A PURGA N/A

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

TIPO DE CORRENTE: CONTÍNUA POLARIDADE: SMAW Inversa

TÉCNICA

PASSE ESTREITO OU OSCILANTE	FILETES (OSCILAÇÃO MÁXIMA 3 x Ø DA ALMA DO ELETRODO)
DIMENSÕES DO BOCAL DA TOCHA:	10 a 15 mm
LIMPEZA INICIAL E INTERPASSE:	ESCOVA E ESMERIL
PASSE SIMPLES OU MÚLTIPLO:	MÚLTIPLO

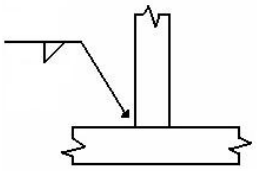
PARÂMETROS DE SOLDAGEM

PASSE	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOCIDADE. DE AVANÇO (cm/min)	Distancia da captação luminosa (m).
		CLASSE	DIÂMETRO (mm)	TIPO E POL	AMPERAGEM (A)			
ENCHIMENTO	FCAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 120	N.A.	2
ACABAMENTO	FCAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 120	N.A.	2

APÊNDICE I

Quadro 9 – Ensaio 3 Arame Tubular

PROCESSO DE SOLDAGEM:	ARAME TUBULAR (FCAW)	DATA:	29.05.2018	TIPO:	MANUAL

JUNTA	**DETALHES**
TIPO DE JUNTA: Ângulo	
METAL DE ADIÇÃO 71T1	
OBSERVAÇÕES: A soldagem deve durar 5 minutos.	

METAL BASE

FAIXA DE ESPESSURA DO METAL BASE: CHANFRO: 4,8 a 19,08mm ESPECIFICAÇÃO: ASTM A36

METAL DEPOSITADO

ETAPAS	RAIZ	ENCHIMETO	ACABAMENTO
CLASSIFICAÇÃO AWS:	N.A.	E 71T1	E 71T1
DIMENSÕES:	N.A.	4 mm	4 mm
MARCA COMERCIAL:	N.A.	ESAB E 71T1	ESAB E 71T1

PRÉ-AQUECIMENTO		**GAS**	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (ºC) (MIN.):	N.A.	GÁS DE PROTEÇÃO:	CO ²
TEMPERATURA INTERPASSE (ºC) (MAX.):	N.A.	COMPOSIÇÃO:	N.A.
MÉTODO DE PRÉ-AQUECIMENTO:	N.A.	GAS DE BACKING:	N.A.
PÓS –AQUECIMENTO:	N.A.	VAZÀO (l/min): TOCHA:	N/A PURGA N/A

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

TIPO DE CORRENTE: CONTÍNUA POLARIDADE: SMAW Inversa

TÉCNICA

PASSE ESTREITO OU OSCILANTE	FILETES (OSCILAÇÃO MÁXIMA 3 x Ø DA ALMA DO ELETRODO)
DIMENSÕES DO BOCAL DA TOCHA:	10 a 15 mm
LIMPEZA INICIAL E INTERPASSE:	ESCOVA E ESMERIL
PASSE SIMPLES OU MÚLTIPLO:	MÚLTIPLO

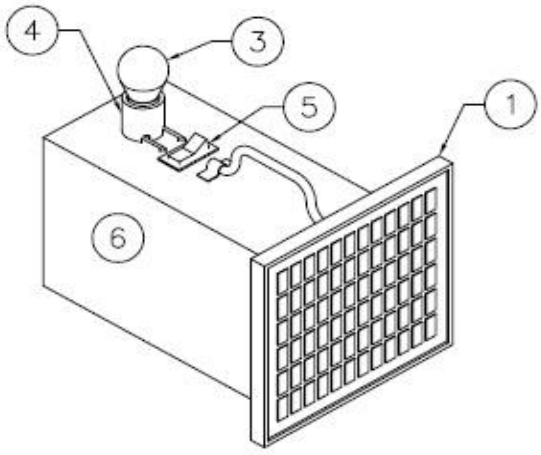
PARÂMETROS DE SOLDAGEM

PASSE	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOCIDADE. DE AVANÇO (cm/min)	Distancia da captação luminosa (m).
		CLASSE	DIÂMETRO (mm)	TIPO E POL	AMPERAGEM (A)			
ENCHIMENTO	FCAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 120	N.A.	4
ACABAMENTO	FCAW	ER70S 3	3,18	$CC^{(-)}$	115 a 121	10 a 120	N.A.	4

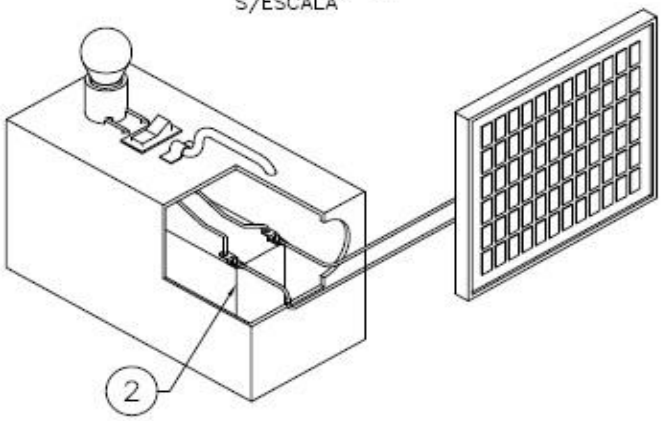
APÊNDICE J

ESQUEMA DETALHADO DO PROTÓTIPO

ENGENHARIA MECÂNICA	Nr: I-FAACZ.DWG-TCC-002	REV: 1
INSTITUIÇÃO: FAACZ - FACULDADES DE ARACRUZ		FOLHA: 1 of 1
TÍTULO: PROJETO TCC- PROTÓTIPO		



PROTÓTIPO
S/ESCALA



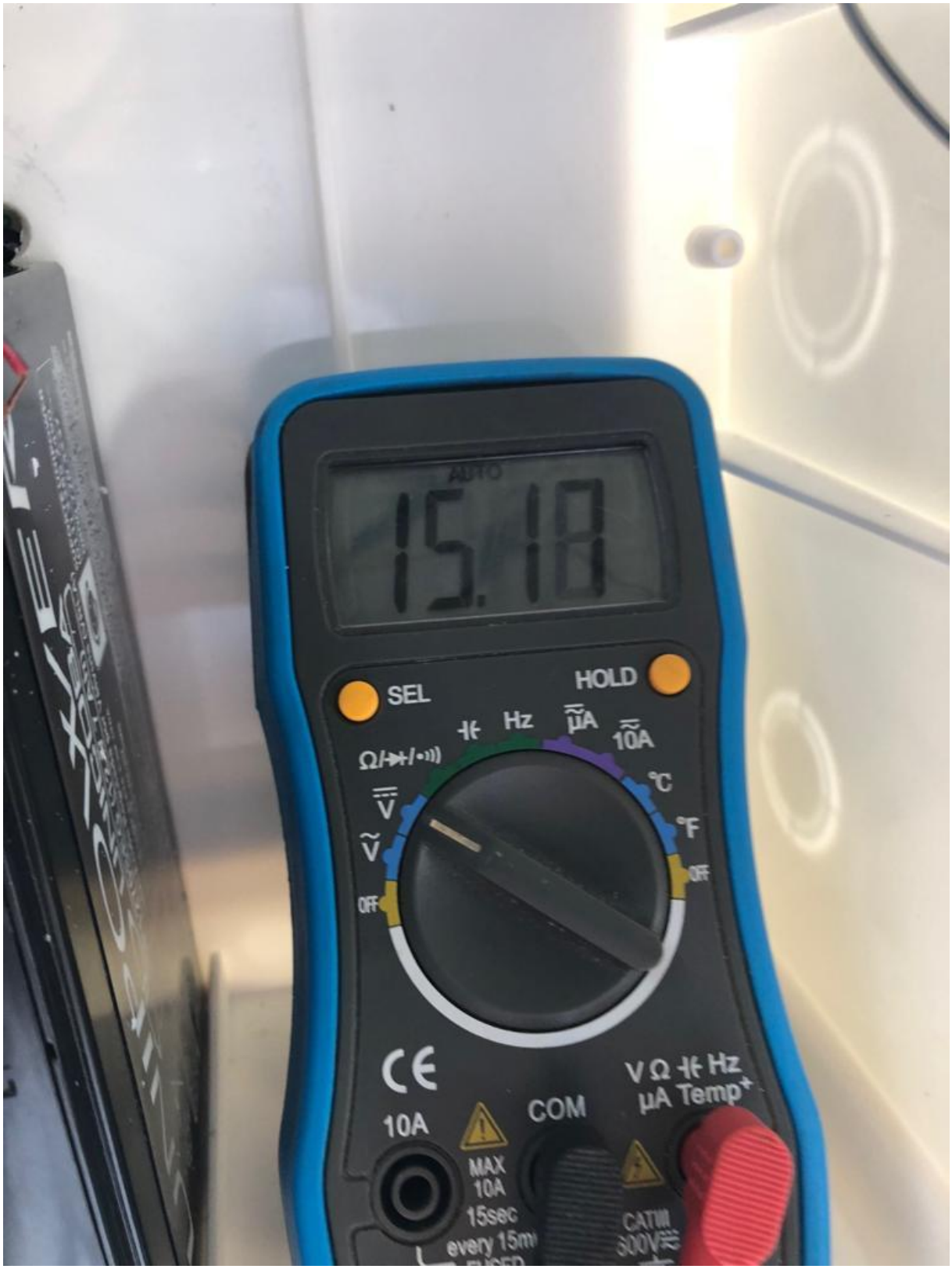
DETALHE
S/ESCALA

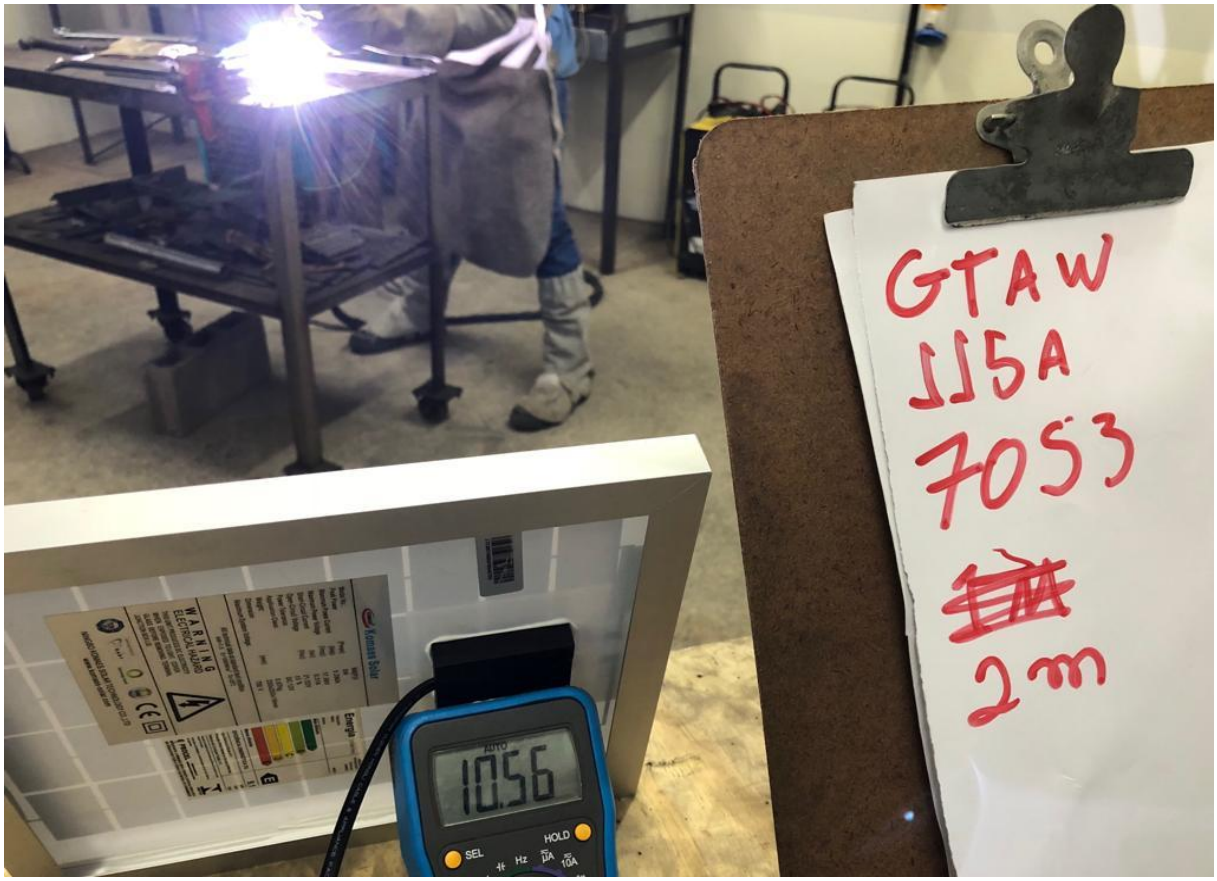
LISTA DE COMPONENTES		
	DESCRIÇÃO	QTD
1	PAINEL FOTOVOLTAICO COM PLACA INTEGRADA	1
2	BATERIA	1
3	LÂMPADA	1
4	BOCAL	1
5	INTERRUPTOR	1
6	CAIXA SUPORTE	1

APÊNDICE K

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

12.12
SEL
HOLD
10A
COM


AUTO
15.18
SEL
HOLD
Hz
10A
°C
°F
OFF
OFF
10A
COM
MAX
10A
15sec
V Ω Hz
µA Temp+


GTAW
115A
7053
2m
10.56
SEL
HOLD

LUCAS PAULO MARGOTTO
RAFAEL MOTTA BOA MORTE
RODOLFO PIANCA DE CASTRO ALVES
VINICIUS LOZER CARARA

CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DA RADIAÇÃO LUMINOSA EMITIDA PELO PROCESSO DE SOLDAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da FAACZ – Faculdades Integradas de Aracruz, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica

Aprovado em 08 de Novembro de 2018

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Me. Vital Pereira Batista Junior
Faculdades Integradas de Aracruz
Orientador

Prof. Me. João Paulo Calixto da Silva
Faculdades Integradas de Aracruz
Examinador interno

Prof. Esp. Ernandes Marcos Scopel
Instituto Federal do Espirito Santo
Examinador externo