



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ALANDSON DE LACERDA TAVARES

**PROJETO DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA
E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA
PARA A CENTRAL DE LABORATÓRIOS I NO UFCG/CDSA**

**SUMÉ-PB
2018**

ALANDSON DE LACERDA TAVARES

**PROJETO DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA
E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA
PARA A CENTRAL DE LABORATÓRIOS INO UFCG/CDSA**

**Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Produção do Centro de Desenvolvimento
Sustentável do Semiárido, da Universidade
Federal de Campina Grande, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. José Vanderlan Leite de Oliveira

**SUMÉ-PB
2018**

T231p Tavares, Alandson de Lacerda.

Projeto de efficientização energética e sua viabilidade econômica para a central de laboratórios I no UFCG/CDSA. / Alandson de Lacerda Tavares. - Sumé - PB: [s.n], 2018.
46 f.

Orientador: Prof. Dr. José Vanderlan Leite de Oliveira.
Monografia - Universidade Federal de Campina Grande;
Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção.

1. Engenharia de Produção. 2. Energias renováveis. 3. Energia solar. I. Título.

UFCG/BS

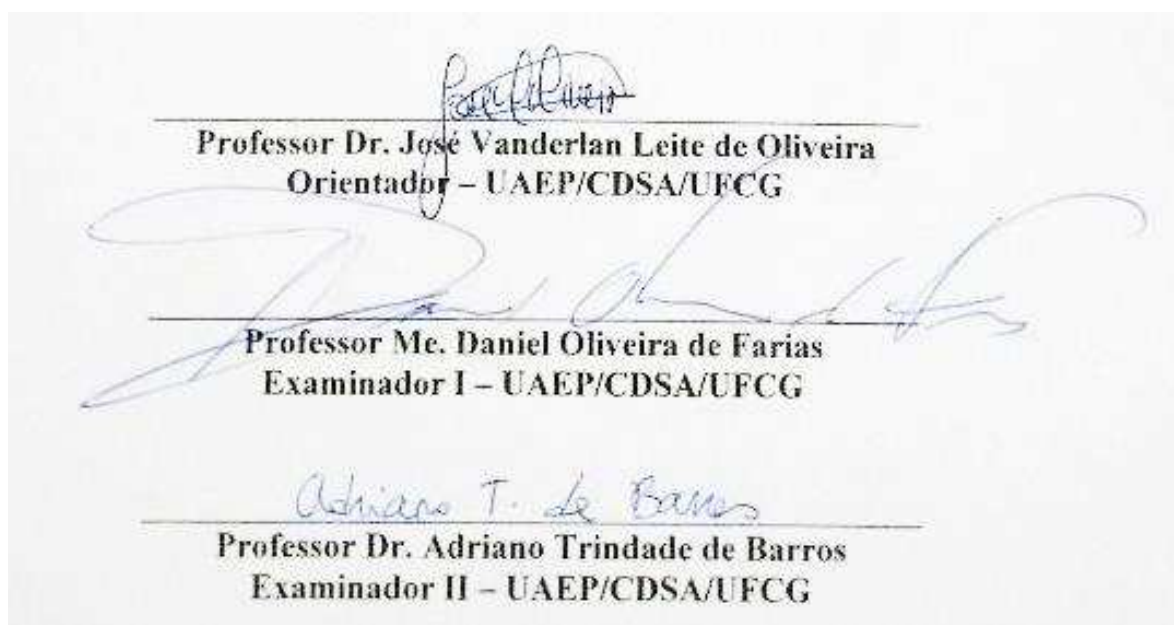
CDU: 620.92 (043.1)

ALANDSON DE LACERDA TAVARES

**PROJETO DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA
E SUA VIABILIDADE ECONÔMICA
PARA A CENTRAL DE LABORATÓRIOS I NO UFCG/CDSA**

**Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia de
Produção do Centro de Desenvolvimento
Sustentável do Semi árido, da Universidade
Federal de Campina Grande, como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.**

BANCA EXAMINADORA



Trabalho aprovado em: 15 de Março de 2018.

SUMÉ - PB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus por ter me dado força e coragem para concluir com mérito mais um ciclo em minha vida, a Ele toda honra e toda glória seja dada nos céus e na terra.

Em especial quero agradecer ao meu orientador prof. José Vanderlan Leite de Oliveira, o qual acreditou no meu potencial para realizar esse trabalho de conclusão de curso, meus sinceros agradecimentos a todo esforço a mim dedicado, serei eternamente grato.

Ao Coordenador do Curso, prof. Daniel Farias, pelo profissionalismo e dedicação ao curso de Engenharia de produção. E por todos os esforços a mim dedicado para realização do meu estágio supervisionado, aos demais professores que sem distinção contribuíram para o meu aprendizado como profissional.

A minha família a mais profunda gratidão, primeiramente a minha avó materna Bibiu, que sempre se preocupou com meu bem estar e orou ao Senhor para que me protegesse dos caminhos tortuosos da vida.

Ao meu Pai, meu herói, Aurino, onde sempre me ajudou e me apoiou e dedicou-se do possível ao impossível para que nada nunca faltasse na minha graduação. Obrigado meu pai, luto e batalho para ser pelo menos a metade do homem que és.

A minha rainha Núncia minha eterna gratidão, uma mãe que sempre se preocupou e dedicou-se para que concluísse com mérito a minha graduação, não medindo esforços para que seu filho pudesse se sentir bem e confortável se dedicando apenas aos estudos.

Ao meu irmão Alan, minha fonte de inspiração no qual foi a minha referência durante esses cinco anos de estudo, um ser humano fantástico de uma fé imensurável. Obrigado meu parceiro pelos ensinamentos de vida onde foram bem recebidos e levo comigo para sempre.

Agradeço a toda a minha família paterna e materna pelo apoio durante o curso.

Quero deixar meus sinceros agradecimentos aos amigos que deixei em Carnaubais minha cidade de criação localizada no Rio Grande do Norte.

A minha companheira de batalha e de estudos durante a graduação, Jaqueline, que sempre acreditou no meu potencial e se fazendo presente nos momentos difíceis da minha vida.

A uma grande amiga Aninha, foi uma grande companheira durante a graduação, me ajudou a entender muitos conteúdos que tinha dificuldade no início da graduação.

Aos amigos e irmãos que tive o privilégio de conhecer durante todo período de graduação, Mayk, Augusto, Simões, Diógenes, José Gomes, Ítalo, Daniel e Adriano. Meus sinceros agradecimentos por serem presentes nos momentos de estudo e de companheirismo nesses cinco anos.

A todos os colegas de graduação da turma 2013.1 meus sinceros agradecimentos sem distinção.

Ao Sr. Juarez, CEO de uma empresa de instalação de usinas fotovoltaicas a minha gratidão, pois, sempre me ajudou nas discussões e realização deste trabalho. Que tenha sempre esse espírito solidário.

Aos professores Daniel Farias e Adriano, que aceitaram convite para participar da banca examinadora, meu eterno agradecimento.

"Seja sempre inquieto e vez por outra paciente parece contraditório soa meio diferente às vezes pisar no freio também é andar pra frente."

Bráulio Bessa

RESUMO

As energias renováveis vêm sendo muito utilizadas nos últimos tempos já que consentem em um desenvolvimento mais sustentável, poluem menos e evitam o uso de energias fósseis esgotáveis. A energia solar vem ganhando bastante destaque nos dias de hoje, existem mais incentivos em relação a custos, mais praticidade em sua instalação e aquisição dos equipamentos que compõem o projeto de instalação. Com isso, o objetivo do trabalho é realizar um dimensionamento de um sistema solar interligado a rede (*On-Grid*) para uma Central de Laboratórios do CDSA/UFCG como forma de eficiência energética e reduzir os custos mensais na fatura de energia elétrica. Para a construção do projeto, foi feito o levantamento das cargas dos equipamentos, cálculo do consumo diário e mensal para estabelecer a escolha dos inversores e do gerador fotovoltaico. Foi aplicada a metodologia usada na Universidade Federal de Lavras para se calcular o número total de inversores e a quantidade de painéis. Para o valor do investimento total do projeto foi realizado uma pesquisa de preços pela internet, e para fazer uma análise do retorno utilizou-se uma metodologia simples aplicada, chamada *payback* simples, que usa o tempo necessário para que seja recuperado o valor do investimento. Pensando em melhorar a eficiência energética e, conseqüentemente, reduzir os custos no valor final do investimento foi realizado um novo cálculo com a proposta de fazer a substituição das lâmpadas fluorescentes de 40 W por lâmpadas de LED, e constatou-se que o consumo se reduziu pela metade, tornando assim o investimento viável, com 04 (quatro) anos para o seu pagamento total.

PALAVRAS-CHAVE: Energias renováveis. Eficiência energética. Energia solar.

ABSTRACT

Renewable energies are being widely used in recent times already that consent to a more sustainable development, pollute less and avoid the use of exhaustible fossil energy. Solar energy has been gaining quite prominently in the days of today, there are more incentives in relation to costs, more practicality in its installation and acquisition of equipments that compose the installation project. With this, the objective of this study is to perform a sizing a solar system interconnected network (On-Grid) to a Central Laboratory of the CDSA/UFCG as form of efficiency and reduce monthly costs on the invoice of electrical energy. For the construction of the project, it was done the lifting of loads of equipment, calculation of daily and monthly consumption to establish the choice of photovoltaic inverters and generator. It was applied the methodology used at the Federal University of Lavras to calculate the total number of inverters and the quantity of panels. For the value of the total investment in the project was conducted a survey of prices over the internet, and to make an analysis of return we used a simple methodology applied, called simple payback, which uses the time needed to recover the value of the investment. Thinking about improving the efficiency and, consequently, reduce costs in the final value of the investment was carried out a new calculation with the proposal to make the replacement of 40 W fluorescent lamps by LED lamps, and it was found that the consumption was reduced by half, and thereby making the investment viable, with 04 (four) years for your total payment.

KEYWORDS: Renewable energies. Efficiency. Solar Energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparativo entre a matriz energética do Brasil e do mundo	15
Figura 2 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte no ano de 2010	16
Figura 3 - Potencial Hidroelétrico Explorado e Potencial por Região	16
Figura 4 - Progressão do uso da energia renovável no mundo	17
Figura 5 - Distribuição da matriz energética brasileira em 2015	18
Figura 6 - Evolução da Utilização da Energia Solar no Mundo	19
Figura 7 - Nível de Insolação em alguns países do mundo	20
Figura 8 - Curva do comportamento da célula	21
Figura 9- Diagrama fotovoltaico sistema <i>on-grid</i>	22
Figura 10 - Área de estudo e implantação do projeto.....	26
Figura 11 – Gráfico de Pareto e curva ABC.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações dos aparelhos da Central de Laboratórios I.....	29
Tabela 2 – Custos da instalação do sistema com lâmpadas fluorescentes.....	32
Tabela 3 – Consumo de energia elétrica UFCG/CDSA	34
Tabela 4 – Custo de lâmpadas fluorescentes x LED	34
Tabela 5 - Consumo mensal das lâmpadas fluorescentes e de LED	35
Tabela 6 – Dados do fabricante dos dois tipos de lâmpadas	35
Tabela 7 - Custos da instalação do sistema com lâmpadas de LED.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL.....	15
3.2 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA	17
3.3 ENERGIA SOLAR	19
3.3.1 Efeito fotovoltaico	20
3.3.2 Paine solar fotovoltaico	22
3.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO	22
3.4.1 Sistemas Isolados	23
3.4.2 Sistemas Conectados à Rede (<i>On-Grid</i>)	23
3.5 SISTEMA FOTOVOLTAICO E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	24
3.6 GRÁFICO DE PARETO E CURVA ABC	24
4 METODOLOGIA	26
4.1 LOCAL DE ESTUDO.....	26
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PARA O SISTEMA FOTOVOLTAICO	27
5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	28
5.1 CÁLCULO DA POTÊNCIA TOTAL E CONSUMO MENSAL.....	28
5.2 CÁLCULO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	28
5.3 CÁLCULO DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA	31
5.4 CUSTO DO INVESTIMENTO	31
5.5 CURVA ABC E DIAGRAMA DE PARETO.....	32
5.6 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	33
5.6.1 Substituição das lâmpadas fluorescentes por LED	35
5.6.2 Dimensionamento do sistema Fotovoltaico	35
5.6.3 Inversor	36
5.6.4 Custo do investimento após a troca das lâmpadas	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38
APÊNDICE A – Ficha técnica do modulo fotovoltaico MAXPOWER CS6U-320	42
APÊNDICE B – Dados microinversor APsystems YC500A.....	44

APÊNDICE C – Microinversor APsystems YC500A.....	45
APÊNDICE D – Conta de energia da UFCG/CDSA	46

1 INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira ainda está muito concentrada nas fontes de usinas termelétricas, termonucleares, eolioelétricas, fotovoltaico (que representa menos que 1% do total) devido à grande abundância dos recursos naturais e falta de incentivo. Por esse motivo, a disseminação das fontes renováveis de energia vem crescendo de maneira lenta no país. Mas a importância de sua utilização é imensurável para o planeta, no qual, ajuda a reduzir uma série de impactos ambientais, segundo informações presentes na Agência Nacional de Energia Elétrica – (ANEEL, 2014).

Com isso, a energia solar, difere-se dentre as outras renováveis, por ser autônoma, por não causar impactos ao meio ambiente, por ser uma fonte de energia abundante, proporcionando eficiência na geração de energia e podendo oferecer uma redução de custos a longo prazo (DUTRA *et al.*, 2013). A energia solar, em 2012, como forma de proporcionar ao consumidor a opção de gerar sua própria energia elétrica, seja ela em: pontos comerciais, residências, hospitais, universidades, entre outros a ANEEL formulou uma normativa nº 482, de 17/07/2012. Nesta, que favoreceu diversas formas para a ascensão de geração de energia elétrica seja elas em diferentes proporcionalidades, onde, vise suprir as necessidades de consumo exigidas (ANEEL, 2014).

No estudo da eficiência energética percebe-se uma total ligação com a engenharia de produção, pois, reduzir consumos de energia e adaptar-se a um sistema de energia totalmente renovável é um dos principais desafios para profissionais que possuem a qualificação em engenharia de produção e compreendem que a energia é um dos principais fatores de impacto ambiental e econômico.

A Central de Laboratórios I da UFCG/CDSA tem uma demanda muito alta de energia elétrica, pois atende aos cursos de engenharia possuindo vários equipamentos com alta carga elétrica, e conseqüentemente, um alto consumo de energia.

Neste trabalho será proposto o dimensionamento de um sistema fotovoltaico *On-Grid* para a Central de Laboratórios I, e seus impactos econômicos com sua implantação, já que, a energia gerada pelas placas solares é totalmente convertida, pelos conversores, em energia elétrica e será transmitida integralmente para a rede da concessionária.

A estrutura organizacional do trabalho consta de uma contextualização do problema energético mundial e nacional, considerações teóricas a respeito das fontes alternativas de energia, e em particular, o uso de energia solar fotovoltaica. E finalmente, o dimensionamento do sistema a ser utilizado como alternativa de eficiência energética, servindo como um projeto piloto, que poderá ser estendido futuramente para todo o Campus.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Promover uma melhor efficientização energética através de um projeto de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (*On-Grid*) para a Central de Laboratórios I do CDSA/UFCG, assim como analisar a viabilidade econômica com ações alternativas de economia no consumo na conta de luz.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

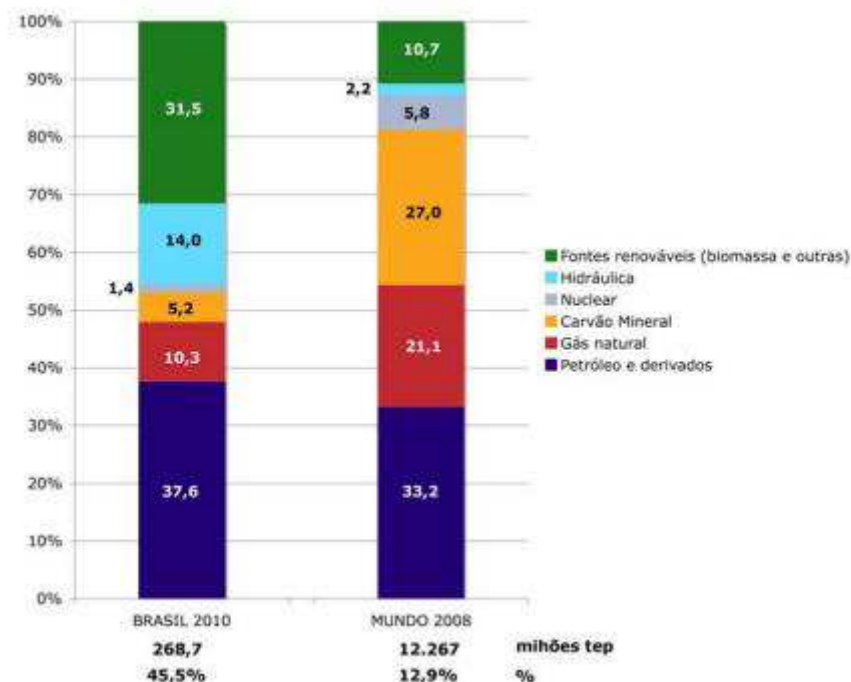
- Dimensionar o sistema de acordo com a tecnologia atual e normas vigentes;
- Reduzir os custos no consumo de energia elétrica, mostrando o uso de fontes de energia alternativas;
- Quantificar a energia mensal produzida pelo sistema;
- Avaliar os benefícios econômicos advindos da utilização do sistema solar implantado;
- Aplicação de práticas para melhorar a eficiência no uso racional da energia.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

A matriz energética é composta por cerca de 50% de fontes renováveis, enquanto a média mundial é de 12,9% (MME, 2011). A Figura 1 mostra a comparação entre a matriz energética do Brasil e do mundo.

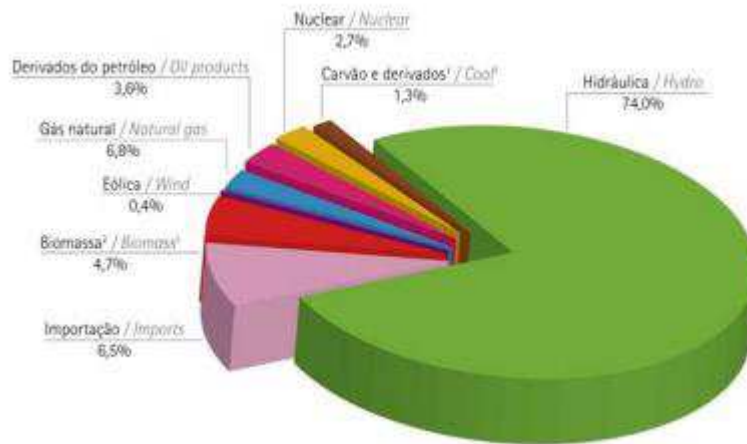
Figura 1 – Comparativo entre a matriz energética do Brasil e do mundo



Fonte: MME (2011).

O Brasil possui a maior bacia hidrográfica do mundo. Sendo assim, no ano de 2010 a geração interna hidráulica possuía 74% da oferta interna do país, como podemos observar na Figura 2. (ONS, 2010; MME, 2011).

Figura 2 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte no ano de 2010



Fonte: MME (2011)

No Brasil, existem um estudo para a ampliação da geração hidroelétrica por meio da melhor gestão do fluxo de água, repotenciação das usinas já existentes, e melhoramento tecnológico das turbinas (FURTADO, 2010). O país possui uma potencialidade de repotenciação de mais de 34 mil MW em hidrelétricas (BERMAN, 2007). De acordo com o MME, o maior potencial hidroelétrico nacional está concentrado na Amazônia, conforme mostra a Figura 3 (BEN, 2010).

Figura 3 - Potencial Hidroelétrico Explorado e Potencial por Região



Fonte: (BEN, 2010).

3.2 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

A maior parte da produção e consumo de energia no mundo é de fontes fósseis, que poluem e são esgotáveis. No Brasil as fontes de energias renováveis representam 41,3% do consumo total, porém o restante do mundo apenas 14,4%, sendo assim o Brasil possui uma condição favorável em relação ao restante do mundo. Esse consumo alto é pelo fato de que no Brasil a matriz energética é fundamentada em hidrelétricas, uma energia considerada limpa. A Figura 4 mostra o uso da energia renovável no mundo (GOLDEMBERG; LUCON, 2007; MME, 2011).

Figura 4 - Progressão do uso da energia renovável no mundo

	Uso global 1990 (%)	Uso global 2000 (%)	Uso global 2010 (%)	Uso global 2020 (%)
Estados Unidos	2,2	2,3	2,8	4,4
América Latina	2,9	3,8	4,6	6,0
Europa Ocidental	1,6	1,6	1,9	2,4
Europa Oriental e antiga URSS	1,1	1,1	1,2	1,7
Oriente Médio e África do Norte	0,3	0,4	0,5	0,7
África sub-Saharan	1,8	2,3	2,6	3,2
Pacífico e China	5,1	5,4	5,8	7,1
Ásia Central e do Sul	2,7	3,0	3,2	4,1
Total	17,7	19,9	22,7	29,6

Fonte: Marques, Haddad e Marins (2001).

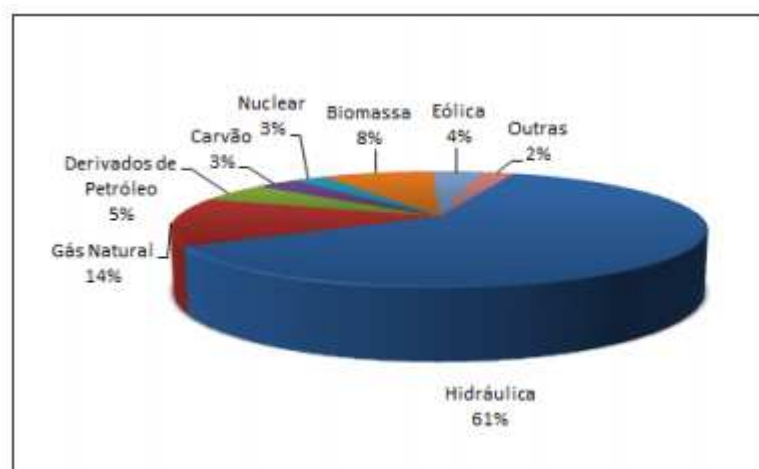
Grandes impactos vêm sendo gerado por meio da energia convencional, então veio à necessidade de produzir, armazenar e distribuir energia no Brasil por meio de fontes menos poluentes. Essa grande procura por outras fontes alternativas é devido os efeitos adversos resultantes do aumento excessivo dos preços de combustíveis fósseis, além de poluição e esgotamento (NOGUEIRA, 2011).

Sendo assim as fontes de energia limpas são consideradas excelentes para a substituição da energia convencional diminuindo os impactos ambientais e contribuindo para a segurança energética (LOPES, 2011).

Essas fontes de energia limpa ou renováveis são aquelas na qual, os recursos naturais utilizados podem se regenerar, ou seja, são inesgotáveis, e, o mais importante, é que não prejudica o planeta permitindo assim um maior controle do aquecimento global (PORTAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2018).

Contudo as energias renováveis vêm sendo muito utilizadas nos últimos tempos já que consentem em um desenvolvimento mais sustentável, poluem menos e evitam o uso de energéticos fósseis esgotáveis. A utilização de combustíveis fósseis além de aumentar o efeito estufa nos torna mais vulneráveis em relação ao maior reservatório mundial: o Oriente Médio (PALZ, 2002; BJORK *et al.*, 2011; GREENPEACE, 2013). A Figura 5 mostra a distribuição da matriz energética no Brasil no ano de 2015.

Figura 5 - Distribuição da matriz energética brasileira em 2015



Fonte: EPE (2016).

No final do ano de 2015, 84% da energia elétrica gerada no Brasil era derivada de fontes renováveis. Esse fato se dar por conta da energia hidroelétrica, eólica, solar e biodiesel. Essas fontes aumentaram 30% em 10 anos, passou de 2,8% em 2004 para 4,1% em 2014. Contudo, o Brasil dispõe de clima favorável, grandes extensões litorais, disponibilidade de mão de obra e amplo espaço territorial facilitando assim as fontes de energias renováveis (PORTAL BRASIL, 2016).

Segundo *World Energy Council* (WEC) (2007) para um desenvolvimento energético sustentável são necessários três objetivos:

- I. **Acessibilidade:** a energia moderna e com preços acessíveis para todos;
- II. **Disponibilidade:** é necessidade da continuidade da oferta a longo-prazo, assim como a qualidade do serviço no curto-prazo;
- III. **Aceitabilidade:** atitudes públicas e ao meio ambiente.

Alguns aspectos poderiam ser identificados numa política energética fundamentada no desenvolvimento sustentável (UDAETA, 1997):

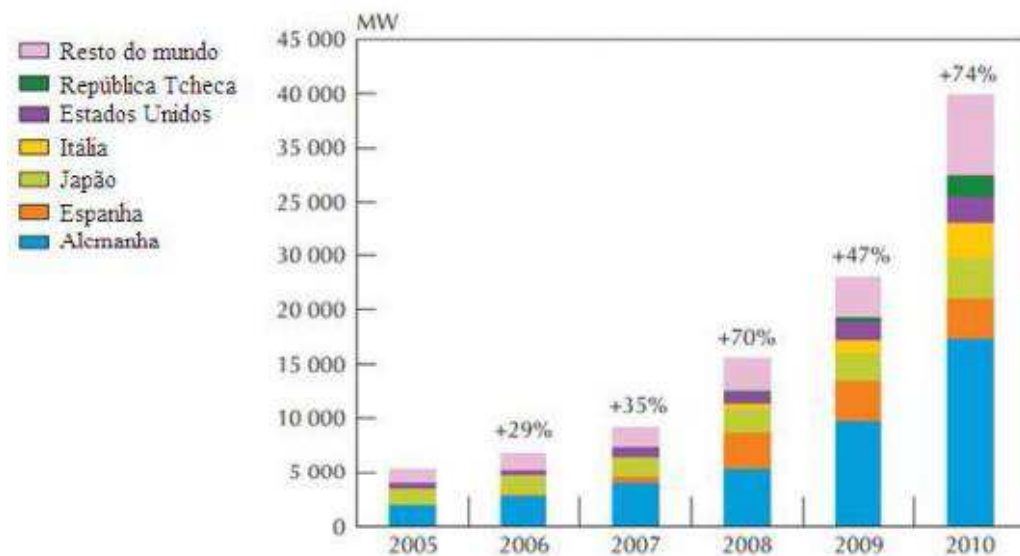
- Garantia de suprimento, por meio de diversas fontes;
- Uso, adaptação e desenvolvimento racional de recursos;
- Custo mínimo da energia;
- Valor agregado a partir dos usos, gerados pela otimização dos recursos;
- Custos reais na energia, contemplando impactos ambientais e sociais.

3.3 ENERGIA SOLAR

De acordo com os dados de *Statistical Review of World Energy 2011*, “um aproveitamento de 0,01% dos raios solares seria suficiente para abastecer toda a demanda energética mundial”.

Com isso as energias renováveis estão crescendo no decorrer dos anos, chegando a 3% do consumo global de energia no ano de 2014. A energia solar possui um crescimento de 38,2% quando comparadas às décadas anteriores (BP, 2015). A Figura 6 apresenta o desenvolvimento da energia solar nas suas diferentes formas de aplicação ao longo dos anos.

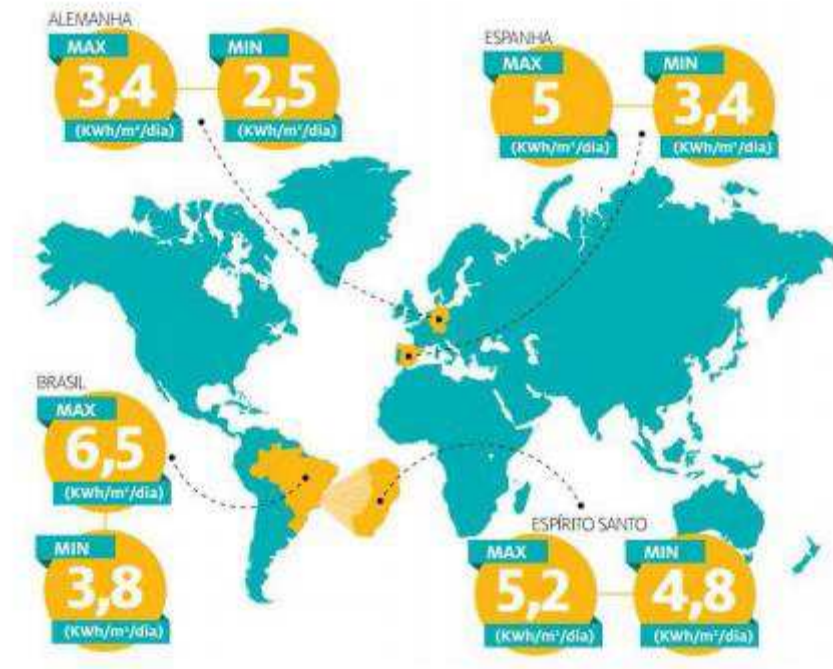
Figura 6 - Evolução da Utilização da Energia Solar no Mundo



Fonte: ASPE (2013).

Conforme a Fig. 7, o Brasil é excelente para aplicação de energia solar, quando comparado com a Alemanha, que é o maior produtor dessa energia: há excelentes níveis de insolação (ASPE, 2013).

Figura 7 - Nível de Insolação em alguns países do mundo

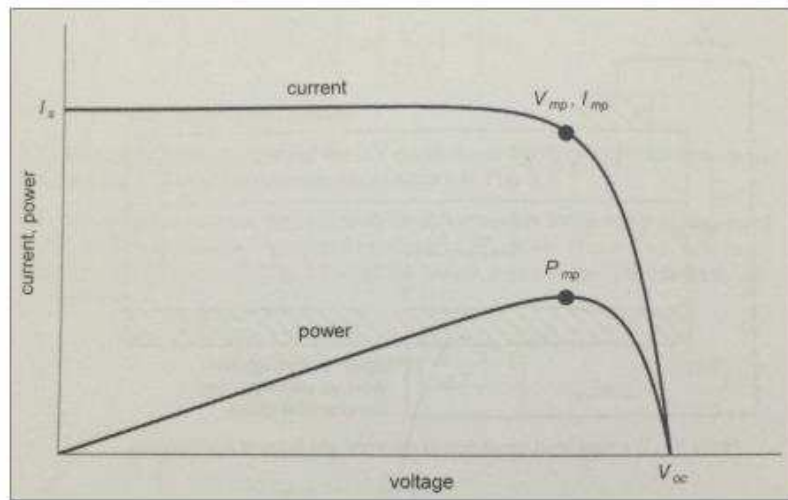


Fonte: ASPE (2013).

Segundo Jannuzzi (1997) e Oliveira (2015), existem barreiras que evitam a disseminação da utilização das fontes renováveis e projetos de eficiência energética. Entre elas, podemos destacar as faltas de informação dos agentes, de preparação e de incentivos por parte do governo. As companhias que fornecem energia são responsáveis legais pela oferta de energia elétrica, e todo investimento está direcionado em infraestrutura de geração de energia, limitando a possibilidade de estudos em outras fontes ou em programas de economia de energia (BAITELO, 2011). As representantes de eletricidade possuem seus lucros fundamentados na venda de energia e isso é um outro problema verificado, sendo assim quanto mais kWh forem vendidos, os lucros serão maiores. Desse modo os projetos de eficiência energética ficam comprometidos. O plano ERAM - *Electric Revenue Adjustment Mechanism* é uma alternativa a esse problema (JANNUZZI, 1997).

3.3.1 Efeito fotovoltaico

A energia solar fotovoltaica é gerada por meio da transformação dos raios solares em eletricidade. Essa transformação acontece por causada célula fotovoltaica que utiliza o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF,2007; SILVA, 2017). NaFig.8 tem-se a representação de uma curva de corrente-tensão:

Figura 8 - Curva do comportamento da célula

Fonte: Wenham *et al.* (2009).

O efeito fotovoltaico ocorre por meio da absorção da luz solar, que provoca uma diferença de potencial no material (SEVERINO; OLIVEIRA, 2010). Uma célula fotovoltaica não guarda energia, porém mantém um fluxo de elétrons em um circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela (NASCIMENTO, 2004; SILVA, 2017).

Conforme visto, os sistemas fotovoltaicos são tecnologias para o uso de energias renováveis e estão em crescente uso. Tendo em vista esse crescimento, os sistemas estão sendo cada vez mais explorados, tanto em materiais, quanto na realização de pesquisas (CEMIG, 2012).

O material fundamental na fabricação das células é o silício, sendo o segundo elemento químico mais abundante. O mesmo vem sendo explorado de várias formas: cristalino, policristalino e amorfo (CEMIG, 2012).

Para produção das células, os métodos aplicados são divididos em três gerações de acordo com o material e suas características. A primeira geração é formada por silício cristalino, que é dividido em silício monocristalino e silício policristalino, que representa 85% do mercado (CEPEL; CRESESB, 2014).

No entanto, a segunda geração é formada por: silício amorfo, disseleneto de cobre, índio e gálio e telureto de cádmio. E por fim a terceira geração que são células, elas são baseadas em um único *band-gap* eletrônico, permitindo o uso mais eficiente da luz solar (IEEE, 2014).

3.3.2 Pannel solar fotovoltaico

As placas solares são equipamentos fundamentais do sistema fotovoltaico. Essas placas são formadas por células unificadas, eletricamente, em série e/ou paralelo. O conjunto das placas é chamado de gerador fotovoltaico, sendo a primeira parte do sistema, e assim é responsável no processo de captação da irradiação solar e transformação em energia elétrica (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011). A Figura 9 mostra um sistema fotovoltaico *on-grid*.

Figura 9- Diagrama fotovoltaico sistema *on-grid*



Fonte: Solar Brasil (2018).

Muitos exemplares de módulos solares produzidos hoje em dia, podem ser rígidos ou flexíveis, isso depende da célula empregada (PINHO; GALDINO, 2014).

Segundo Pinho e Galdino (2014), a produção dos painéis solares vem sofrendo várias interferências devido a incentivos fiscais e ambientais. Sendo assim, vem aumentando a produção destes componentes e diminuindo os custos para a concretização do sistema.

3.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os sistemas fotovoltaicos são utilizados em escala mundial dependendo apenas da disponibilidade de radiação solar, como também pelas vantagens que são oferecidas, tais como: requer baixa manutenção, não possui ruído acústico ou eletromagnético, não possuem partes móveis, não utilizam combustíveis e podem ser instalados em ambientes de difícil acesso.

Esses sistemas são classificados em dois tipos: sistemas isolados e sistemas conectados à rede elétrica (*On-Grid*)

3.4.1 Sistemas Isolados

Esses tipos de sistemas não dependem da rede elétrica convencional, seu uso é muito indicado para locais carentes de rede elétrica. Os sistemas isolados podem ser divididos em: autônomo ou híbridos. Os sistemas autônomos podem ser com ou sem armazenamento elétrico. Devido o fato do sistema com armazenamento só gerar energia nas horas de sol é necessária a presença de acumuladores ou baterias para a disponibilização dessa energia nos períodos noturnos ou ensolarados. São muitos usados para o carregamento de baterias dos veículos, iluminação pública, residências domésticas e em pequenos aparelhos (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Já o sem armazenamento é usado para bombear água, tem uma maior viabilidade econômica, já que não usa instrumentos para guardar energia (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Schuch *et al.* (2010), uma placa fotovoltaica serve para carregar as baterias durante o dia por meio de um conversor. No entanto, durante a noite, as baterias fornecem energia para os equipamentos.

A junção dos sistemas fotovoltaicos com outras fontes de energia é chamada de sistema híbrido. Este tipo de sistema proporciona eletricidade, que é armazenada nas baterias, em dias que estejam nublados. Porém é um sistema complexo, pois precisa integrar várias formas de produção de energia elétrica (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

3.4.2 Sistemas Conectados à Rede (*On-Grid*)

Esse sistema está ligado diretamente à rede elétrica de distribuição de energia através da concessionária local, onde todo o potencial elétrico gerado é rapidamente escoado para a rede elétrica. Ao contrário dos sistemas isolados, que necessitam de baterias, o sistema *On-Grid* torna-se economicamente viável por não necessitar do uso de acumuladores de cargas, e no período de não geração por via solar, a concessionária supre a necessidade de energia elétrica. Esse aumento no custo final pode chegar ao valor de 30%. Os componentes que compõem o sistema *On-Grid* são: painel fotovoltaico, caixa de junção do painel, inversor *Grid-Tie*, cabeamento e medidor (es) de energia

3.5 SISTEMA FOTOVOLTAICO E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A questão energética é um dos grandes desafios para o cenário contemporâneo, tendo em vista que os recursos naturais são finitos, impondo fortes impactos ambientais, nesse sentido, a busca de fontes alternativas de energia contribui para o meio ambiente e para o desenvolvimento social e econômico (COELHO, 2014).

Portanto, a eficiência energética contribui para a redução de perdas e eliminação de desperdícios, e com isso, impõe uma agenda no desenvolvimento e ampliação de fontes alternativas de energia para suprir a demanda crescente de energia para os padrões e consumo dos dias atuais. Então, é importante tratar a questão energética e a forma eficiente no uso da energia, ou seja, fazer mais com menos, e aumentar a cota de fontes alternativas renováveis na matriz energética nacional, aumentando o potencial gerador de emprego e renda para a sociedade (TSURUDA, MENDES, VITOR E SILVEIRA, 2017).

Nesse contexto, a geração de energia através de um sistema fotovoltaico traz uma série de benefícios para o nosso planeta e para o desenvolvimento sustentável, já que é uma forma limpa de produção de energia, e atualmente, com o desenvolvimento de novas tecnologias de equipamentos e materiais, já são alcançados índices altos de produtividade comparados com os resultados de décadas passadas.

3.6 GRÁFICO DE PARETO E CURVA ABC

O diagrama de Pareto é um histograma feito com dados em ordem decrescente, para facilitar a identificação de padrões de acontecimento de um problema, É usado para quantificar os fatores mais impactantes e, principalmente, para decidir onde focar, e também, onde diminuir perspectivas (MARQUES, 2012).

Segundo Freundt (2010), Pareto relata que a priorização deve ser feita em cima das poucas causas, que são cerca de 20% correspondente a 80% das consequências, em detrimento das muitas triviais, cerca de 80% que geram 20% dos problemas.

A curva ABC, idealizado por Pareto, contudo houve uma adaptação baseada na teoria de Pareto, a companhia *General Electric* usou a técnica na administração de seus materiais, chamando-o de curva ABC. Esta representa uma ferramenta que permite identificar itens que justificam atenção e tratamento adequados em seu gerenciamento (VAGO *et.al*, 2013).

Segundo Viana (2010), posteriormente à identificação da importância relativa dos materiais, as classes da curva ABC podem ser classificadas em: classe A – representa 20% dos itens, que são os itens de maior relevância, que geram maior faturamento para as empresas; classe B – compreendem 50% dos itens, sendo eles considerados itens intermediários; e classe C – composta pelos 30% restantes que são itens de menor relevância.

4 METODOLOGIA

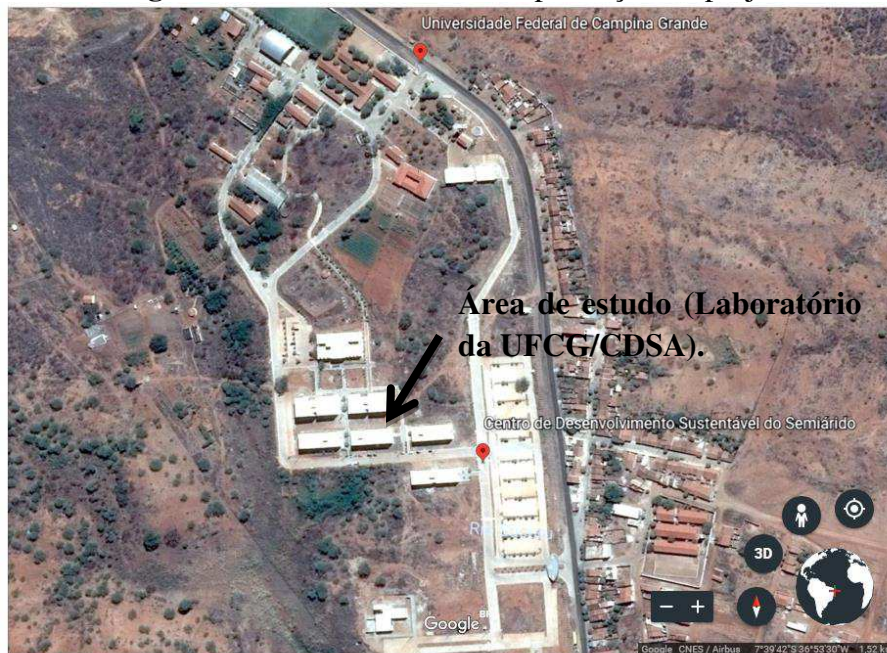
4.1 LOCAL DE ESTUDO

Essa pesquisa tem como uma base pesquisa exploratória, descritiva e aplicada, que utilizou de análises bibliográficas, quantitativas e qualitativas, baseando-se em um estudo de caso, cujo objetivo principal é a implantação de um sistema solar fotovoltaico para uma Central de Laboratório I (Fig. 10), do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Sendo assim, pesquisa exploratória é inserir para a aplicação e o debate uma forma de energia limpa e alternativa à energia elétrica convencional. No fim da pesquisa exploratória, você entenderá mais sobre tal assunto, e será capaz de construir hipóteses. Já que é uma pesquisa muito específica, na maioria das vezes se torna um estudo de caso (GIL, 2008).

Na Central de Laboratórios I estão localizados os laboratórios que atendem os alunos dos cursos de graduação de engenharia de produção, engenharia de biotecnologia e bioprocessos e engenharia de biosistemas, assim como um laboratório de informática que atende todos os cursos de graduação do CDSA, compreendendo uma alta carga elétrica.

Figura 10 - Área de estudo e implantação do projeto



Fonte: Google earth (2018).

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS PARA O SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para o dimensionamento do referido projeto é necessário fazer o levantamento dos seguintes dados básicos:

- i) Relação da quantidade de todos os equipamentos da Central de Laboratórios I que vão estar ligados ao sistema fotovoltaico;
- ii) Verificar o consumo individual de cada equipamento em Watts;
- iii) Fazer uma estimativa de horas que cada equipamento ficará ligado por dia;
- iv) Potência requerida pela carga. Multiplicando a potência por horas de utilização serão obtidos os Watts-horas requeridos pela carga ao final de um dia;
- v) Localização geográfica do local de implantação do sistema (latitude, longitude e altura de instalação em relação ao nível do mar). Esses dados são necessários para determinar o ângulo de inclinação para o módulo fotovoltaico e o nível de radiação médio mensal.
- vi) Escolha do inversor e do modelo de painel fotovoltaico e quantidade de placas solares que serão utilizados para atender a demanda do sistema em questão com base nos dados da Tabela 1.
- vii) Ação para a eficiência energética e redução do consumo de energia com a utilização das trocas das lâmpadas atuais do tipo fluorescente com potência de 40 W, sobre tudo o por serem poluentes ao meio ambiente. Foi escolhida a substituição por lâmpadas do tipo LED com potência de 18 W, sobretudo pela sua eficiência luminosa, além de maior durabilidade quanto a sua vida útil.
- viii) Foi elaborado um gráfico de Pareto com o auxílio do Excel para enfatizar o porquê fazer para trocas das lâmpadas do tipo LED, e o gráfico mostrou que só as lâmpadas representavam o terceiro maior consumo nos laboratórios;
- ix) Fazer a comparação dos dois cenários propostos: antes e depois da substituição das lâmpadas que representam um consumo significativo na carga total avaliada.

Na Tabela I encontram-se os dados de quantidade, potência nominal, potência total, tempo de uso, consumo diário e mensal dos aparelhos utilizados na Central de laboratórios I.

5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Em virtude de sua grande extensão, dificuldade de levantamento da potência instalada, regime de utilização de equipamentos do Campus, então optou-se em selecionar um dos blocos como um projeto pioneiro que servir-se de modelo, para posteriormente, ser implantado na totalidade do CDSA. A escolha da Central de Laboratório I deu-se pela análise de demanda e de maior consumo de energia no campus, por ser um dos blocos com maior número de laboratórios com uma alta potência instalada.

5.1 CÁLCULO DA POTÊNCIA TOTAL E CONSUMO MENSAL

Na Tabela 1 estão discriminados os equipamentos alocados em cada laboratório da Central I, assim como, as potências individual e total, tempo de uso, consumo diário e mensal. Esse levantamento de cargas nos fornece características imprescindíveis para o dimensionamento e escolha dos equipamentos do sistema fotovoltaico que se quer implantar.

Para se calcular o consumo elétrico em watt hora por dia (Wh/dia) multiplica-se a potência em watts do aparelho pelo tempo estimado de uso. É necessário determinar o consumo mensal em KWh/mês porque o medidor de energia elétrica da concessionária vai medir durante um determinado período, em média durante 30 (trinta) dias, o consumo de todos os aparelhos.

5.2 CÁLCULO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O primeiro dado para a concepção do sistema fotovoltaico é determinar o consumo de todos os aparelhos, e assim, teremos o potencial elétrico que o sistema deverá fornecer às cargas. Para isso, foi utilizado o consumo total do mês que é de 12.061,73kWh.

A partir dos dados da Tabela I, calculamos a potência do sistema (kWp), conforme a Equação 1 (OLIVEIRA; SANTOS; SILIDONIO JUNIOR, 2015; BITTENCOURT, 2011) para o cálculo o valor de consumo ao mês foi aproximado para 12.100 kWh.

Tabela 1 - Informações dos aparelhos da Central de Laboratórios I

Qte	Aparelhos	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de uso (h)	Consumo diário (Wh/dia)	Consumo mensal (kWh/mês)
15	Ar condicionado	2600	39000	8	312.000	5616
4	BOD	1000	4000	24	96.000	1.728
228	Lâmpadas	40	9120	8	72.960	1313,28
77	Computador	200	15400	4	61.600	1108,8
1	Ultrafreezer	1471	1471	24	35.304	635,472
10	Compressor	735,5	7.355	4	29.420	529,56
1	Autoclave vertical	4000	4000	5	20.000	360
3	Vaporímetro	2200	6600	2	13.200	237,6
4	Estufa	250	1000	8	8.000	144
1	Biorreator	2000	2000	3	6.000	108
1	Centrifuga	1650	1.650	2	3300	59,4
1	Termostato	1000	1000	3	3000	54
1	Geladeira	105	105	24	2520	45,36
4	Fluxo laminar	140	560	4	2240	40,32
1	Centrifuga refrigeradora	400	400	3	1200	21,6
3	Manta aquecedora	140	420	2	840	15,12
1	Mufla	400	400	2	800	14,4
1	Estufa Bacteriológica	120	120	4	480	8,64
1	Centrifuga Branca	220	220	2	440	7,92
1	HPLC	130	130	3	390	7,02
1	Gerador de Vandergraff	100	100	3	300	5,4
1	Espectrofotômetro	40	40	2	80	1,44
1	Contador de Colônia	22	22	1	22	0,396
Total		18.964	95.113	145	670.096,00	12.061,73

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

$$\text{Potência do sistema(kWp)} = \frac{\text{consumo kWh/mês}}{\text{horas de sol dia} \times 30 \text{ dias} \times \text{Fps}} \quad (1)$$

$$\text{Potência do sistema(kWp)} = \frac{12.100,00 \text{ kWh/mês}}{6 \times 30 \text{ dias} \times 0,8} = 84,02 \text{ kWp}$$

Onde:

Potência do sistema (kWp): é a potência mínima total do conjunto de módulos que será utilizado para produzir a energia solicitada pela carga.

Fator de perdas e segurança (Fps): Número no qual é preciso considerar a redução da geração do módulo diante da tolerância na fabricação, degradação, a temperatura de trabalho, possível poeira existente, sombras no local e, até mesmo, desalinhamentos no sistema. Foi considerado valor típico de 0,8 (BITTENCOURT, 2011).

Horas de sol/dia: são as horas de pleno sol, as quais dependem das condições climáticas do local onde se deve implantar o sistema, ou seja, latitude e longitude. Deve-se considerar o mínimo do mês mais crítico para dimensionar os módulos.

Os módulos escolhidos são da marca MAXPOWERCS6U-320 da empresa Canadian Solar. É a mais recente tecnologia inovadora de célula de cinco barras, aumentando a saída de potência do módulo e a confiabilidade do sistema, com eficiência da célula de até 18,8%, excepcional desempenho de baixa irradiação de 96%. No Apêndice A está a ficha técnica do produto do módulo fotovoltaico MAXPOWERCS6U-320.

Após calcular a potência do sistema fotovoltaico, cujo valor é de 84,02 kWp, foi dimensionada a quantidade de módulos de placas solares, de acordo com a Equação 2 (OLIVEIRA; SANTOS; SILIDONIO JUNIOR, 2015), que serão necessários para suprir a demanda do sistema.

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{Potência do sistema}}{\text{Potência dos módulos}} \quad (2)$$

$$\text{Número de módulos} = \frac{84,02\text{kWp}}{0,32\text{kW}} \cong 263 \text{ placas}$$

5.3 CÁLCULO DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Todos os aparelhos citados na Tabela I são de uso comum e funcionam em corrente alternada (CA), portanto, deverão ser conectados às baterias por intermédio de um Inversor de Corrente Autônomo com saída de 220 V. É um componente essencial do sistema de geração de energia fotovoltaica, pois é o responsável por transformar a corrente contínua captada pelas placas em corrente alternada. Para a escolha desse equipamento é necessário se verificar a potência instantânea que o inversor deverá controlar, somando todas as potências dos aparelhos ligados simultaneamente. Foi escolhido um microinversor, com tecnologia avançada para um sistema moderno, se destacando por ser: autônomo, modular, possuir alto rendimento, alta eficiência, trabalhando sobre sistema ao ar livre.

Dessa forma foi escolhido o APsystems YC500A, que será conectado à rede, com sistema de monitoramento inteligente que garante a máxima eficiência na extração de energia, sendo altamente confiável. No Apêndice B e C se encontram os dados do microinversor APsystems YC500A.

A quantidade de microinversores necessários ao funcionamento do sistema é dado pela Equação 3:

$$\text{Quantidade de inversores} = \frac{\text{número de placas}}{\text{Qtd.das placas que podem ser conectadas}} \quad (3)$$

$$\text{Quantidade de inversores} = \frac{263}{2} \cong 132 \text{ inversores}$$

5.4 CUSTO DO INVESTIMENTO

Após definição da potência do sistema e a quantidade da placas necessárias para produção de energia, serão definidos os demais equipamentos necessários para implantação da usina fotovoltaica. A Tabela 2 apresenta os equipamentos e investimento total para realização da instalação de um sistema de geração de energia solar.

Tabela 2 – Custos da instalação do sistema com lâmpadas fluorescentes

Quantidade	Equipamento	Valor unitário R\$	Valor total R\$
132	Micro inversor APsystems YC500A	1.397,50	184470,00
263	Placa MAXPOWER CS6U-320	795,00	209085,00
290m	Cabo espessura de 6mm modelo TCEsunpt+az	5,17	1499,30
Total R\$		395054,30	

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

A Tabela 2 mostra que o custo da implantação do sistema fotovoltaico será de R\$ 395.054,30. O valor é muito elevado, mas o retorno será imenso como, por exemplo, em 9 anos a economia será de R\$ 866.395,44 baseado-se nos dados de consumo atual.

A partir de uma projeção entre o período de análise e o investimento do sistema *on grid*, utilizando uma ferramenta técnica da engenharia econômica e financeira *payback* simples, projeta-se o retorno financeiro do investimento após a implantação da usina. Assim, foi considerado um sistema em plena operação na central de laboratórios I, ou seja, utilizando somente energia solar durante todo ano, com projeção financeira, conforme Equação 4 (KASSAI *et al.*, 1999).

$$\text{payback} = \frac{\text{Investimento da usina fotovoltaica}}{\text{valor da energia anual}} \quad (4)$$

$$\text{payback} = \frac{395.054,30}{96.266,16} \cong 4,1 \text{ anos}$$

Conforme visto na Figura 11 foi obtido um custo de investimento total para implantação do sistema antes da troca das lâmpadas no valor de R\$ 395.054,30. Assim a partir dos dados dispostos na Tabela 2, foi definido que levaria aproximadamente 4 anos e 1 mês para pagar a instalação das usinas. Provendo um abatimento na conta de energia elétrica de R\$8.022,18 tendo em vista que esse é o valor mensal da conta da central de laboratórios I.

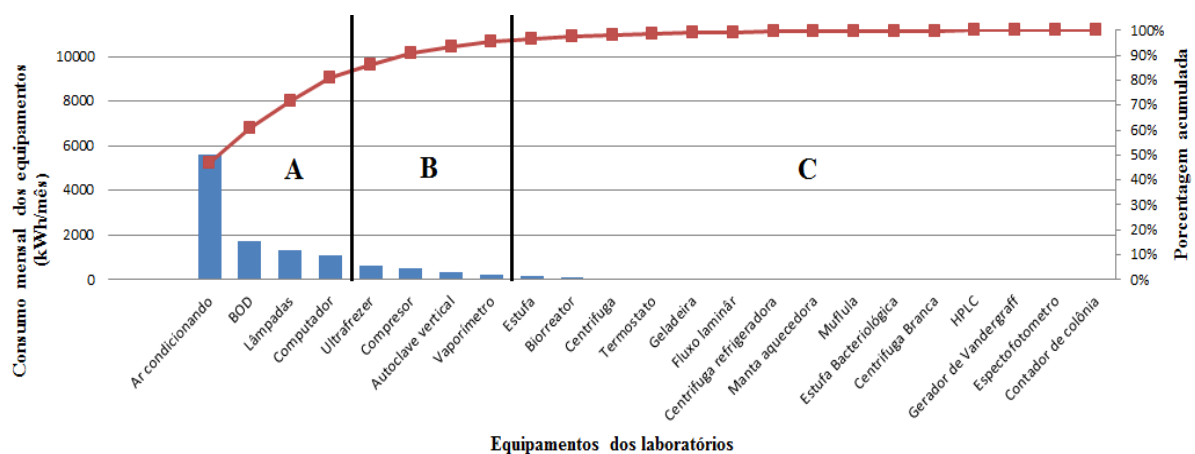
5.5 CURVA ABC E DIAGRAMA DE PARETO

A Figura 11 representa a curva ABC, onde lista todos os equipamentos e seus respectivos consumos em kwh/mês, em uma escala do maior consumo para o menor. Pode-se

observar que os que mais consomem energia são: Ar condicionado, B.O.D, lâmpadas fluorescentes e computadores.

A importância desse gráfico é apresentar em um plano emergencial os itens que deverão ser priorizados quando o assunto é economia de energia elétrica. A curva ABC mostra que 20% dos equipamentos presentes no laboratório, simbolizam 80% dos problemas em relação ao consumo de energia. Dessa forma, foram listadas sugestões para reduzir o consumo por parte desses equipamentos: a instalação de sensores para ar condicionado afim de torna-los mais eficientes e funcionar quando realmente detectar a presença humana, exceto, para a sala de laboratório que necessita de seu funcionamento 24 horas; evitar abrir o B.O.D sem que haja necessidade; troca das lâmpadas fluorescentes por LED, pois o consumo é bem menor, evitar ligar os computadores quando as aulas não necessitem de seu funcionamento.

Figura 11 – Gráfico de Pareto e curva ABC



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

5.6 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A Tabela 3 representa o consumo de energia do campus da UFCG/CDSA em um total de 13 meses, que vai desde janeiro de 2017 a janeiro 2018, na qual a média consumida nesse período representa 49.609,00kwh e os custo com esse consumo, levando em consideração o consumo na ponta e o consumo fora da ponta representa R\$ 36.666,00. O apêndice D mostra a conta de energia do mês de novembro no qual foi usado para os cálculos de consumo fora de ponta e na ponta para a central de laboratórios I.

Tabela 3 – Consumo de energia elétrica UFCG/CDSA

Mês	Consumo Ponta	Consumo Fora da Ponta	Total kWh	Valor Total R\$
jan/17	3570	31500	35070	23.467,80
fev/17	8190	53130	61320	41.575,35
mar/17	8610	58380	66990	46.440,15
abr/17	8400	54600	63000	40.710,02
mai/17	6720	46620	53340	37.409,57
jun/17	6510	40110	46620	33.518,37
jul/17	5250	32130	37380	27.823,99
ago/17	6510	39690	46200	33.981,53
set/17	5880	38010	43890	35.452,37
out/17	5460	38430	43890	37.856,68
nov/17	7350	49140	56490	47.576,50
dez/17	6720	45990	52710	42.610,31
jan/18	3360	34650	38010	28.226,13
			Média Consumo 49.609	Média R\$ R\$ 36.666,00

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Por tanto, de acordo com a Tabela 3, no qual representa o consumo de todo o campus, pode-se fazer um comparativo apenas com a central de laboratórios I, pois o consumo no laboratório é de 12.061,73kWh/mês onde representa aproximadamente 24,4% em relação ao de todo o campus, no qual simboliza uma redução de R\$ 8.022,18.

Tabela 4 – Custo de lâmpadas fluorescentes x LED

	Consumo Ponta	Consumo Fora da Ponta	Total kWh	Valor Total R\$
Central de Laboratórios I	1.809,26	10.252,47	12.061,73	8.022,18
Fluorescente	196,992	1.116,288	1.313,28	873,45
LED	88,646	502,33	590,976	393,051

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Após encontrar o consumo de energia em todo o campus, preocupou-se ao ambiente em estudo, a central de laboratórios I. Por meio de pesquisas in loco para encontrar o consumo total de cada sala e seus respectivos equipamentos obteve-se o valor de 12.061,73kWh/mês como mostra a Tabela 4. Com isso, foi proposto uma troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, pois as lâmpadas fluorescentes representam um consumo altíssimo de 1.313,28 kWh/mês, no qual, representa aproximadamente 10,89% do consumo total da central de laboratórios I.

Trocando as 228 lâmpadas de LED obteremos uma redução significativa no consumo da energia. De acordo com a Tabela 4, o consumo antes era de 1.313,28 kWh/mês e após a substituição passará para 590,976 kWh/mês. Isso implica afirmar que a redução será de 55% tanto para o consumo, quanto no valor a ser pago, que antes era de R\$ 873,45 e depois da substituição passará a ser de R\$ 393,051.

No entanto, a substituição será viável, visto que o campus irá economizar cerca de R\$ 5.764,788 em um ano só em relação a mudança das lâmpadas.

5.6.1 Substituição das lâmpadas fluorescentes por LED

Conforme visto na Tabela 5 a quantidade de lâmpadas usadas na central de laboratório I é de 228, sendo todas as lâmpadas fluorescentes com potência de 40W, porém essas lâmpadas serão trocadas por lâmpadas de LED com potência de 18W, conforme descrito na metodologia. A Tabela 6 mostra as diferenças entre as lâmpadas fluorescentes e de LED;

Tabela 5 - Consumo mensal das lâmpadas fluorescentes e de LED

Quantidade	Aparelhos	Potência (W)	Potência Total (W)	Tempo de uso (h)	Consumo diário (Wh/dia)	Consumo mensal (kWh/mês)
228	Lâmpadas fluorescentes	40	9.120	8	72.960	1.313,28
228	Lâmpadas de LED	18	4.104	8	32.832	590,976

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Tabela 6 – Dados do fabricante dos dois tipos de lâmpadas

Lâmpadas	Flourescentes	LED
Potência	40W	18W
Vida útil	7.500h	30.000h
Temperatura de cor	4.000K ou 6.500K	4000K ou 6500K
Fluxo luminoso	2.600lm	1600lm (4000K, 6500K)
Economia de energia		53% de economia
Aumento de vida		Dura 3 vezes mais

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

5.6.2 Dimensionamento do sistema Fotovoltaico

Após sugestão da troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, houve uma redução de consumo ao mês. Antes o valor era de 12.061,73kWh/mês, quando houver a troca o consumo ao mês passará a ser de 11.339,426kWh/mês, sendo assim foi novamente calculada a potência do sistema a partir da Equação 1. O valor do consumo mensal foi arredondado para 11.350kWh/mês.

$$\text{Potência do sistema (kWp)} = \frac{11.350 \text{ kWh/mês}}{6 \times 30 \text{ dias} \times 0,8} = 78,81 \text{ kWp}$$

Após calcular a potência do sistema, foi dimensionada a quantidade de módulos que serão necessárias para suprir a nova demanda da central de Laboratório I (Equação 2).

$$\text{Número de módulos} = \frac{78,81\text{kWp}}{0,32\text{kW}} \cong 247 \text{ placas}$$

5.6.3 Inversor

Feito os novos cálculos de potência do sistema e número de placas, foi calculada a quantidade de inversores (Equação 3).

$$\text{Quantidade de inversores} = \frac{247}{2} \cong 124 \text{ inversores}$$

5.6.4 Custo do investimento após a troca das lâmpadas

Em seguida após o cálculo da potência do sistema e a quantidade de placas necessárias para o dimensionamento da usina solar com a troca das lâmpadas, foram calculados quanto será gasto por meio dos equipamentos necessários com respectivos preços (Tabela 7).

Por outro, de acordo com a Tabela 4, foi visto que o consumo é de R\$ 8.022,18 mensal e R\$ 96.266,16 anual.

Tabela 7 - Custos da instalação do sistema com lâmpadas de LED

Quantidade	Equipamento	Valor unitário R\$	Valor total R\$
124	Micro inversor APsystems YC500A	1.397,50	173290
247	Placa MAXPOWER CS6U-320	795	196365,00
290m	Cabo espessura de 6mm modelo TCEsunpt+az	5,17	1499,30
228	Lâmpada Led Tubular 18W- Philips	35,00	7980,00
Total R\$		379134,30	

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

. Conforme os dados da Tabela 7 e do cálculo da Equação 4 conclui-se que levaria em torno de 3 anos e 10 meses para pagar a instalação do sistema e uma economia de R\$ 15.920,00 em relação ao investimento total da usina com as lâmpadas fluorescentes.

$$\text{payback} = \frac{379.134,30}{96.266,16} \cong 3,10 \text{ anos}$$

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificamos, sob a ótica da necessidade energética ser um tema em grande relevância, tanto no cenário global quanto no nacional, que aplicação desse projeto de dimensionamento de uma usina solar por meio do sistema *On Grid* é de grande importância para a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pois de acordo com dados coletados para a formulação do projeto, pôde-se observar que os gastos com a energia elétrica giram em média de R\$ 36.666,00 em um período de um ano, enquanto a central de laboratórios I, onde foi objeto de estudo representa um gasto mensal de R\$ 8.022,18.

A análise financeira baseada na ferramenta *payback* simples, constatou a quitação do investimento de implantação do sistema *On Grid* a partir de 4 anos e 1 mês, o que significa afirmar, que se desde a construção do campus em 2009 tivesse projetado esse sistema, a UFCG já teria quitado o investimento em meados de 2014. O tempo para a quitação ainda pode ser menor se houver a substituição das lâmpadas convencionais, de alto consumo, por lâmpadas de baixo consumo (LED).

Dos componentes que compõem o total de cargas, o item das lâmpadas para iluminação dos ambientes representa o terceiro maior consumo, o que, em um plano mais emergencial pode ser levado em consideração para redução do valor inicial do projeto.

O presente trabalho traz a ampliação no conhecimento geral de geração de energia através de fontes naturais e sustentáveis, assim como, o incentivo de trabalhos futuros, em detrimento ao grande potencial de geração de energia que o país dispõe.

A ampliação do estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação do sistema em todo o Campus, no qual, reduzira ao máximo os custos com energia, e vale ressaltar que estaria em um sistema eficiente tanto em valores econômicos quanto ambientais.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **NR 482/12**: Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Brasília-DF. 2012.
- ALTENERGY POWER SYSTEM. (2018). Disponível em: <www.APsystems.com>. Acesso em: 27 de Fev de 2018.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, **Banco de Informações de Geração – BIG 2010**. Disponível:<www.aneel.gov.br>. Acesso em: 22 de Fev de 2018.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Seminário Micro e Mini geração Distribuída - Impactos da Resolução Normativa n. 482/2012**. Brasília-DF, 2014. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/hotsite/mmgd/>. Acesso em: 03 de Mar de 2018.
- ASPE. **A ENERGIA SOLAR NO ESPÍRITO SANTO**. Tecnologia, Aplicações e Oportunidades: 120 p. 2013.
- BAITELO, R. L. **Modelo de Cômputo e Valoração de Potenciais Completos de Recursos Energéticos para o Planejamento Integrado de Recursos**. 2011. (Doutorado). Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN). EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas. Rio de Janeiro, 2010.
- BERMANN, C. **As Novas Energias no Brasil – Dilemas da Inclusão Social e Programas de Governo**, Capítulo 2: Pro infra: Da Proposta à Realidade”, Rio de Janeiro, 2007.
- BITTENCOURT, **Estudo comparativo do aproveitamento da energia solar fotovoltaica em relação a rede de distribuição na eletrificação rural do estado de Tocantins**, 2011. Dissertação (pós Graduação de Engenharia), Universidade Federal de Lavras.
- BJORK, I.; CONNORS, C.; WELCH, .T.; SHAW, D.; HEWITT, W. **Encouraging Renewable Energy Development: a handbook for international energy regulators**. 2011. USAID-NARUC.
- BP. **BP Statistical Review of World Energy**. BP Global. 2015.
- CANADIAN SOLAR. (2018). Disponível em: <https://www.canadiansolar.com/fileadmin/user_upload/downloads/datasheets/v5.5/Canadian_Solar-Datasheet-MaxPower-CS6U-P-1500V-v5.52en.pdf>. Acesso em: 28 de Fev de 2018.
- CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Alternativas Energéticas: uma visão Cemig**. Belo Horizonte: CEMIG, 2012.
- Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito**. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos - CRESESB. 2018. Disponível em:<<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 24 de Fev de 2018.
- CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA; CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ: Especial 2014.

DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L. V. Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 34, n. 124, p. 225-243, 2013.

EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2014. **Empresa de Pesquisa Energética**. Rio de Janeiro: 2016. Disponível: <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx>>. Acesso em: 18 de Fev de 2018.

FURTADO, M. C. **Avaliação das oportunidades de comercialização de novas fontes de energias renováveis no Brasil**. 2010. Dissertação de mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-05122011-163537/publico/DissertacaoMARCELOFURTADOversaorevisada2010.pdf>>. Acesso em: 04 de mar. 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDEMBERGER J., LUCON O. Energia e meio Ambiente no Brasil. **Revista Estudos avançados**. Vol. 21, n. 59, 2007.

GOOGLE EARTH. Disponível em:<www.earth.google.com>. Acesso em: 25 de Fev de 2018.

GREENPEACE.**Revolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo**. Cenário Brasileiro. 2013.

IEEE - INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS. **Energia solar fotovoltaica de terceira geração**. 2014. Disponível em :< <http://www.ieee.org.br/wpcontent/uploads/2014/05/energia-solar-fotovoltaica-terceira-geracao.pdf>>. Acesso em: 15 Mar de 2016.

FREUNDT, J. **Treinamento Seis Sigma para Green Belts**. São Paulo. Accenture (mimeo), 2010.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. (2007). Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

JANNUZZI, G. D. M. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos**. Campinas: Editora Autores Associados, 1997.

KASSAI, J. R.; KASAI, S.; SANTOS, A.; NETO, A. A.. **Retorno de Investimento: Abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. São Paulo: Atlas, 1999.

LOPES, V. L. **Políticas de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Brasil**.(2011). Monografia (Doutorado em Ciências da engenharia em energia) - UNIVPM – Università Politecnica delle Marche, Ancona, Itália, 2011.77 f.

MARQUES, J. C. **Ferramentas da Qualidade**. Universidade da Madeira, 2012.

MARQUES, M.; HADDAD, J.; MARINS, A. R. S. **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos**. Cenários 2001- ELETROBRAS/PROCEL. Itajubá: editorada EFEI, 2001.

MME. Ministério de Minas e Energia. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético nacional 2011: ano Base 2010**. Relatório Final. Rio de Janeiro: EPE, 2011.

NASCIMENTO, C. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. (2004). Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004. 23 f.

NOGUEIRA, L. G. **Políticas e Mecanismos de Incentivo às Fontes Renováveis Alternativas de Energia e o Caso Específico da Geração Solar Fotovoltaica no Brasil e no Chile**. (2011). Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos no Curso de Engenharia Mecânica) - UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ONS, 2010. Disponível em: <http://www.ons.org.br/historico/carga_propria_de_demanda_out.aspx>. Acesso em: 21 de Fev de 2018.

OLIVEIRA, I. P. (2015). **Eficiência energética em sistemas de energia elétrica: um estudo de caso em uma indústria de lubrificantes**. (Dissertação de Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2015.

PALZ, WOLFANG. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo. Ed. Hemus, 358 p. 2002.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

PORTAL BRASIL. **Energia Renovável mantém crescimento robusto**. 2016. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/09/energiarenovavel-mantem-crescimento-robusto>>. Acesso em: 18 de Fev de 2018.

PORTAL DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Energias Renováveis**. Disponível em: < <http://energiasrenovaveis.com/>>. Acesso em: 20 de Fev de 2018.

SCHUCH, L.; COSTA, M. A. D.; RECH, C.; MICHELS, L.; COSTA G. H.; SANTOS, A. S. **Sistemas Autônomo de Iluminação Pública de Alta Eficiência Baseado em Energia Solar e Leds**. Eletrôn Potên. Campinas, vol. 16, n. 1, p.17-27, fev. 2011.

SEVERINO, M.; OLIVEIRA, M. Fontes e Tecnologias de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas. **Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados**, Palmas, ano 1, p. 265-322, 2010.

SILVA, S. S. **Viabilidade econômica na implantação de energia fotovoltaica para bombeamento d'água de um poço artesanal**. (2017). Trabalho de conclusão de curso apresentada a Faculdade Independente do Nordeste para título em Bacharel em Eng. Elétrica, Vitória da Conquista. 2017. 53 f.

SOLAR BRASIL. **Veja como funciona o sistema de energia solar fotovoltaica**. Disponível em: < <http://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>> Acesso em: 24 de Fev de 2018.

- OLIVEIRA, D. M.; SANTOS, E. H.; SILIDONIO JUNIOR, L. C. **Implantação de um sistema de energia solar residencial grid tie.** (2015). Trabalho de conclusão de curso (obtenção do título de Bacharel pelo Curso de Engenharia de Produção) - FUNVIC – Fundação universitária vida cristã. Pindamonhangaba, 2015.
- TSURUDA, L. K.; MENDES, T. A.; VITOR, L. R. E SILVEIRA, M.B. A Importância da Energia Solar para o Desenvolvimento Sustentável e Social, 6th Internacional Workshop Advances in Cleanar Production, São Paulo, 2017.
- UDAETA, M. E. M. **Planejamento integrado de recursos energéticos para o setor elétrico.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997. Disponível em: <'http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-09082001-113018/publico-/Udaeta.pdf"> Acesso em: 14 de Fev de 2018.
- VAGO, F. R. M. et al. A importância do gerenciamento de estoque por meio da ferramenta curva ABC. **Revista Sociais e Humanas**, v. 26, n. 3, p. 638-655, 2013.
- VIANA, J. J. **Administração de materiais:** um enfoque prático. São Paulo: Atlas, 2010.
- VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica:** Conceitos e Aplicações. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2012.
- WENHAM, S. R.; GREEN, M. A. G.; WATT, M. E. W., CORKISH, R. **Applied photovoltaics.** 2 ed. Australia: Centre for Photovoltaic Engineering of UNSW, 2009.
- WORLD ENERGY COUNCIL (WEC). **Sour vey of energy resources.** 2007. Disponível em:< https://www.worldenergy.org/>. Acesso em: 15 de Fev de 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Ficha técnica do módulo fotovoltaico MAXPOWER CS6U-320

DADOS ELÉTRICOS/STC*

CS6U	320P
Potência nominal máx. (P _{máx})	320 W
Tensão operacional ideal (V _{mp})	36,8 V
Corrente operacional ideal (I _{mp})	8,69 A
Tensão de circuito aberto (V _{oc})	45,3 V
Corrente de curto-circuito (I _{sc})	9,26 A
Eficiência do módulo	16,46%
Temperatura operacional	-40 °C ~ +85 °C
Tensão máxima do sistema	1.000 V (IEC) ou 1.000 V (UL)
Desempenho do módulo contra incêndio	TIPO 1 (UL 1703) ou CLASSE C (IEC 61730)
Classificação máx. de fusíveis da série	15 A
Classificação da aplicação	Classe A
Tolerância de potência	0 ~ + 5 W

DADOS MECÂNICOS

Especificação	Dados
Tipo de célula	Policristalino, 6 polegadas
Organização das células	72 (6 × 12)
Dimensões	1.960 × 992 × 40 mm (77,2 × 39,1 × 1,57 pol.)
Peso	22,4 kg (49,4 lb)
Tampa dianteira	Vidro temperado de 3,2 mm
Material da estrutura	Liga de alumínio anodizado
Caixa de derivação	IP67, 3 diodos
Cabo	4 mm ² (IEC) ou 4 mm ² e 12 AWG 1.000 V (UL), 1.160 mm (45,7 pol.)
Conectores	T4 (IEC/UL)
Por palete	26 peças
Por contêiner (40' HQ)	572 peças

Fonte: Canadian Solar (2018).

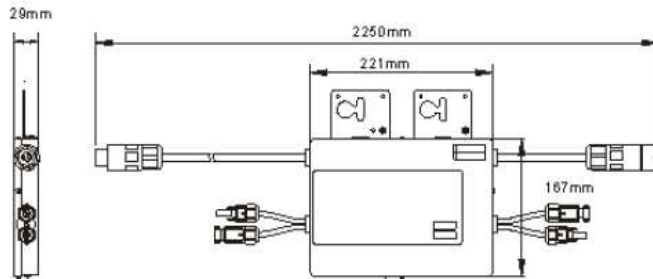
APÊNDICE B – Dados microinversor APsystems YC500A

Dados de Entrada (DC)	YC500A-BR
Faixa de Tensão MPPT	22V-45V
Faixa de Tensão de Operação	16V-52V
Tensão Máxima de Entrada	55V
Tensão de Partida	22V
Corrente Máxima de Entrada	12A x 2
Dados de Saída (AC)	
Potência Máxima de Saída	500W
Tensão Nominal de Saída	220V
Corrente Nominal de Saída	2.27A
Faixa Padrão de Tensão de Saída	176V-242V*
Faixa Estendida de Tensão de Saída	150V-298V
Frequência Nominal de Saída	60Hz
Faixa Padrão de Frequência de Saída	57.5Hz-62Hz*
Faixa Estendida de Frequência de Saída	55.1Hz -64.9Hz
Fator de Potência	>0.99
Distorção Harmônica Total	<3%

Fonte: Altenergy Power System (2018).

APÊNDICE C – Microinversor APsystems YC500A

DIMENSÕES





Nosso produto em destaque, o APsystems YC500A é um Microinversor conectado à rede, com sistema de monitoramento inteligente que garante a máxima eficiência na extração de energia. Altamente confiável e de baixo custo, o YC500A opera com MPPT duplo, injetando até 250W AC por painel fotovoltaico. A simplicidade do Microinversor e da instalação resultam numa economia de custo real para os clientes residenciais e comerciais.



Fonte: Altenergy Power System (2018).

APÊNDICE D – Conta de energia da UFCG/CDSA

Domicílio de Entrega: PREFEITURA UNIVERSITÁRIA/UFCG Av. Ayrton Senna, 802 BODOCÓNGO CEP: 51100-900 CAMPINA GRANDE PB (AG: 93)		Endereço da Unidade Consumidora: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CAMPUS SUMÉ RUA LUÍZ GRANDE, S/N - CEP: 51100-900 FRENTE DANÃO SUMÉ (AG: 93)		 ENERGISA PARAÍBA - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S.A. BR 230, Km 25 - Canto Redenção - João Pessoa / PB - CEP: 53071-600 CNPJ: 08.062.131/0001-40 Insc. Est.: 16.016.805-0																															
Classe/Subclasse: PPU MTVA-4-8030/PODER PÚBLICO-POD. PUB. FEDERAL Rotômetro: 037 - 0104 - 000 - 1051 Nº do Medidor: 00006038722 MATRÍCULA: 0001416195-2017-11-3 DOM. ENT.: 9999434007		LIGAÇÃO: TRIFÁSICO DOM. BANC.: CNPJ: 05.055.128/0008-42 Insc. Est.: IBENTO																																	
Atendimento ao Cliente ENERGISA Ao ligar, tenha sempre em mãos a conta.		 0800 083 0196 ligação gratuita		Acesse: www.energisa.com.br																															
SEGUNDA VIA		Emissão: 30/11/2017		Identificador para Débito Automático: 0001416195-4																															
CONTA REFERENTE A:	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PROXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA																																
Novembro/2017	06/12/2017	28/12/2017	5/1416195-4																																
DEMONSTRATIVO																																			
CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R\$)	Base Calc. ICMS(R\$)	Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Base Calc. PIS/COFINS (R\$)	PIS (R\$) (1,32%)	COFINS (R\$) (6,1218%)																								
0801	Consumo em kWh - Ponta	7.350,000	1,959710	2,457040	18.059,28	18.059,28	25	4.514,81	18.059,28	240,02	1.105,55																								
0801	Adc. B. Vermelha				4.059,30	4.059,30	25	1.014,82	4.059,30	53,95	248,50																								
0801	Consumo em kWh - Fora Ponta	49.140,000	0,248550	0,387950	18.081,28	18.081,28	25	4.520,32	18.081,28	240,33	1.108,91																								
0801	Energia Resilva Exced em kWh - F.ponta	830,000	0,229530	0,339730	214,07	214,07	25	53,53	214,07	2,84	13,10																								
0802	Demanda de Potência Média - Fora Ponta	226,800	17,700000	28,336380	5.973,09	5.973,09	25	1.493,27	5.973,09	79,30	385,88																								
0802	Demanda Potência Não Consumida - F Ponta	72,200	17,700000	18,222220	1.287,84	0,00	0	0,00	1.287,84	16,44	84,08																								
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS																																			
0807	CONTRIBUIÇÃO ILUM PÚBLICA				4.616,29	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																								
0904	COMPENSAÇÃO POR INDICADOR- FIC 09/2017				-1.754,83	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																								
0903	IMPOSTO RENDA (-) 11/2017				-836,29	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																								
0903	CONTRIBUIÇÃO SOCIAL (-) 11/2017				-477,74	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																								
0903	COFINS (-) 11/2017				-1.433,24	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																								
0903	PIS/PASEP (-) 11/2017				-310,53	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00																								
CCI: Código de Classificação do Item					Total:	47.576,50	48.387,00	11.596,75	47.774,84	834,97	2.924,84																								
COMPOSIÇÃO DO CONSUMO		VENCIMENTO		TOTAL A PAGAR																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DISCRIMINAÇÃO</th> <th>VALOR (R\$)</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO</td> <td>11.308,17</td> <td>23,64</td> </tr> <tr> <td>COMPRA DE ENERGIA</td> <td>16.400,55</td> <td>34,50</td> </tr> <tr> <td>SERVIÇO DE TRANSMISSÃO</td> <td>1.236,59</td> <td>2,62</td> </tr> <tr> <td>ENCARGOS SETORIAIS</td> <td>3.141,18</td> <td>6,60</td> </tr> <tr> <td>IMPOSTOS DIRETOS E ENCARGOS</td> <td>19.772,84</td> <td>41,74</td> </tr> <tr> <td>OUTROS SERVIÇOS</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>47.576,50</td> <td>100,00</td> </tr> </tbody> </table>		DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)	%	SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	11.308,17	23,64	COMPRA DE ENERGIA	16.400,55	34,50	SERVIÇO DE TRANSMISSÃO	1.236,59	2,62	ENCARGOS SETORIAIS	3.141,18	6,60	IMPOSTOS DIRETOS E ENCARGOS	19.772,84	41,74	OUTROS SERVIÇOS	0,00	0,00	TOTAL	47.576,50	100,00	30/12/2017		R\$ 47.576,50							
DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)	%																																	
SERVIÇO DISTRIBUIÇÃO	11.308,17	23,64																																	
COMPRA DE ENERGIA	16.400,55	34,50																																	
SERVIÇO DE TRANSMISSÃO	1.236,59	2,62																																	
ENCARGOS SETORIAIS	3.141,18	6,60																																	
IMPOSTOS DIRETOS E ENCARGOS	19.772,84	41,74																																	
OUTROS SERVIÇOS	0,00	0,00																																	
TOTAL	47.576,50	100,00																																	
- Valor Encargo Uso Sist. Dist. (Rvf 09/2017): R\$ 14.190,28		Reservado ao Fisco																																	
AUTENTICAÇÃO MECÂNICA		b7c0.709d.42e6.b980.10bf.a186.728d.5295																																	
				RECIBO DO PAGADOR																															

Fonte: Dados da pesquisa (2018).