

**ASSOCIAÇÃO CARUARUENSE DE ENSINO SUPERIOR  
CENTRO UNIVERSITÁRIO TABOSA DE ALMEIDA (ASCES-UNITA)  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**EDUARDO FELIPE QUIXABEIRA ALVES**

**EDUARDO FREUD FERREIRA BEZERRA**

**MARIA GRACIELLY ALVES LEITE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E APLICAÇÃO  
DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁICA: ESTUDO EM UMA  
INDÚSTRIA METALÚRGICA EM CARUARU**

**CARUARU**

**2018**

**EDUARDO FELIPE QUIXABEIRA ALVES**

**EDUARDO FREUD FERREIRA BEZERRA**

**MARIA GRACIELLY ALVES LEITE**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E  
APLICAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA:  
ESTUDO EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA EM  
CARUARU**

Projeto de Pesquisa do tipo TCC da graduação do Centro Universitário Tabosa de Almeida (ASCES-UNITA), em requisito parcial para a aquisição de grau de Engenharia de Produção.

**Orientador:** Professor Dr. Miguel Otávio B. C. de Melo.

**CARUARU**

**2018**

Dedicamos a nossos pais, familiares e amigos mais próximos, que sem eles não teríamos chegado tão longe. A nossos professores, que durante toda a trajetória acadêmica contribuíram para a nossa conclusão, nos capacitando, encorajando e acreditando no nosso potencial.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus, por ter nos dado força e saúde para superar todos os obstáculos que apareceram durante a nossa jornada acadêmica.

Ao nosso amigo e professor: Luiz Gonzaga de Souza Cabral, que durante a trajetória, nos incentivou e nos apoiou, acreditando e não desistindo de nós.

Ao nosso orientador Miguel Otávio B. C. de Melo pela orientação, apoio e paciência com cada um de nós.

Aos professores que passaram em nossa vida acadêmica proporcionando-nos aprendizado.

Portanto, a todos o nosso muito obrigado!

## **RESUMO**

Este projeto visa avaliar a eficiência energética de um empreendimento, estudando as oportunidades de cada meio para melhorar o uso da energia elétrica. Melhorar a eficiência significa fazer o consumo de energia primária necessária para produzir um determinado serviço de energia, os processos podem acontecer em qualquer etapa da cadeia das transformações. O objetivo principal foi avaliar a eficiência energética na indústria metalúrgica. Por meio de análises e visitas de campo, foi possível propor medidas a serem tomadas para aumentar a eficiência, a instalação de energia renovável pode atingir uma economia de até 30%. O campo de estudo abrangeu uma unidade de iluminação solar através de telhas, troca de motores e instalação de energia solar fotovoltaica, de modo a suprir a demanda por energia elétrica limpa, renovável e economicamente viável e reduzir desperdícios. Através dos resultados obtidos puderam-se fazer levantamentos de consumo de energia de determinados setores da fábrica, podendo assim tomar iniciativas para evitar o desperdício elevando a eficiência energética da indústria, obtendo altos retornos financeiros, aplicando os três métodos juntos levantados nos trabalhos pode-se obter um retorno financeiro em alguns anos, tornando assim o projeto viável e eficiente, salientando que a aplicação atingiu uma economia inicial de 12%.

Palavras-chaves: Energia Elétrica. Motores Elétricos. Placas Solares. Telhas translúcida.

## **ABSTRACT**

This project aims to evaluate the energy efficiency of an enterprise, studying the opportunities of each medium to improve the use of electric energy. Improving efficiency means making the primary energy consumption needed to produce a given energy service, processes can take place at any stage of the transformation chain. The main objective was to evaluate the energy efficiency in the metallurgical industry. Through analysis and field visits, it was possible to propose measures to be taken to increase efficiency, the installation of renewable energy can achieve savings of up to 30%. The field of study encompassed a solar illumination unit through roofing tiles, engine exchange and photovoltaic solar energy installation, to meet the demand for clean, renewable and economically viable electricity and reduce waste. Through the results obtained, it was possible to carry out surveys of the energy consumption of certain sectors of the plant, thus taking initiatives to avoid waste by raising the energy efficiency of the industry, obtaining high financial returns, applying the three methods together raised in the works can be to obtain a financial return in a few years, thus making the project feasible and efficient, pointing out that the application achieved an initial economy of 12%.

**Keywords:** Electric Power. Electric motors. Solar boards. Translucent tiles.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1. OBJETIVOS GERAIS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>12</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 A NORMA ISO 50000 GESTÃO ENERGÉTICA.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 A APLICAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3.1 PLACAS SOLARES .....</b>	<b>27</b>
<b>3.3.2 TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.3 PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.4.1 SISTEMAS AUTÔNOMOS OU ISOLADO (OFF GRID) .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.4.2 SISTEMAS LIGADOS À REDE (ON GRID) .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.4.3 SISTEMAS HÍBRIDOS.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.4.4 EQUIPAMENTOS AUXILIARES.....</b>	<b>31</b>
<b>4. MÉTODOS E MATERIAIS.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 POPULAÇÃO E AMOSTRA .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 ILUMINAÇÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 MOTORES .....</b>	<b>34</b>
<b>4.4 PLACAS SOLARES .....</b>	<b>36</b>
<b>5. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
<b>5.1 TELHAS.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2 MOTORES .....</b>	<b>40</b>
<b>5.3 PLACA SOLAR .....</b>	<b>41</b>
<b>5.4 RESULTADOS TOTAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - A cadeia do uso da Energia .....	14
<b>Figura 2</b> - A cadeia do uso da Energia (2012).....	14
<b>Figura 3</b> - A Cadeia do uso da Energia e ações possíveis de melhorias.....	15
<b>Figura 4</b> - Ações de EE para conservação e de redução de custos (2012) .....	17
<b>Figura 5</b> - Modelo de sistema de gestão de energia. (2011).....	19
<b>Figura 6</b> – Representação conceitual do desempenho energético (2011).....	19
<b>Figura 7</b> – Fases da Gestão Energética nas Empresas (2012) .....	20
<b>Figura 8</b> - Irradiação solar no Brasil e o custo de produção de fotovoltaica (2016) .....	22
<b>Figura 10</b> – Projeção: Mercado fotovoltaico interno em MW.(2011).....	24
<b>Figura 11</b> - Sistema de placas residencial (2009).....	24
<b>Figura 12</b> - Sistema FV ON – GRID .....	25
<b>Figura 13</b> - Instalação no Solo e Instalação em Poste .....	26
<b>Figura 14</b> - Instalação em Telhado e Fachada .....	26
<b>Figura 15</b> - Instalação em Toldo.....	27
<b>Figura 16</b> – Lâmpada fluorescentes.....	33
<b>Figura 17</b> - Luxímetro .....	33
<b>Figura 18</b> - Consumo diário.....	38



## ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica**

**CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono**

**EE - Eficiência energética**

**ISO - International Organization for Standardization**

**SGE – Sistema de gestão Energética**

**PDCA – Plan, Do, Check , Act**

**FV ON- GRID - Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On Grid)**

**GW – Gigawatts**

**FV – Fotovoltaico**

**EVA – Acetado de Vinil Etileno**

**Si – Silício**

**a – si - Silício amorfo**

**CIGS - Seleneto de cobre , índio e gálio**

**CdTe – Telureto de cádmio**

**c-Si – Silício cristalino**

**p- Si – Silício policristalino**

**IEEE – Instituto de Engenheiro Eletricistas e Eletrônicos**

**PV – Painel fotovoltaico**

**CC- CC – conversores**

**CC – Corrente contínua**

**CA – Corrente alternada**

**NR – 17 – Norma reguladora Ergonomia**

**W – Potência**

**KWh - Quilowatt-hora**

**RPM – Rotação por minuto**

**ROI – Retorno Financeiro**

**CV- Cavalo vapor**

**IR – Índice de rendimento**

**NBR 17094-1 - Máquinas elétricas girantes**

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Definições de EE (2012) .....	16
<b>Tabela 2-</b> Desenvolvimento e instalação de energia solar em vários países .....	22
<b>Tabela 3 -</b> Consumo de energia mensal.....	37
<b>Tabela 4-</b> Planilha de motores .....	40
<b>Tabela 5-</b> Economia total.....	44

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão industrial focada em redução de custos procura atender prontamente aos requisitos da competitividade através da colocação de novos produtos e serviços, necessidade de oferecer produtos e serviços com alta qualidade a custos relativamente baixos que os tornem competitivos, capacidade rápida de inovação, dentre outros. A redução na fonte, a reciclagem no processo e a eficiência na utilização de energia elétrica podem reduzir a quantidade de insumos necessários para os processos industriais, o que, por sua vez, resultará na redução de custos da indústria. Com isso, para conseguir manter-se competitivo, é preciso que não apenas seja economicamente lucrativa, mas que também seja ecologicamente correta e que se preocupe com a sociedade na qual está inserida. É evidente que as organizações que possuem esse viés da sustentabilidade estarão à frente das demais e poderão adquirir importante vantagem competitiva. (BRAGA, 2005).

A redução de custos industriais, no mundo corporativo é um objetivo comum em todas as indústrias afim de garantir competitividade do seu produto no mercado. A disputa industrial tem grande correlação com a qualidade e custo dos seus principais insumos. A eficiência energética demanda na redução considerável do custo do produto final associado a um desenvolvimento sustentável e um processo de transformação que busca a harmonização da exploração dos recursos naturais com a mudança institucional, a fim de reforçar o potencial do meio ambiente como suporte das atividades econômicas, Refere-se ao uso eficiente de energia, a importância do uso consciente, utilizando ferramentas que auxiliam a redução de gastos desnecessários, substituição de fontes geradoras de energia.

Ressalta-se que existem vários setores da economia que já tenham obtido oportunidades para melhorar a eficiência energética em sistemas térmicos, motores eficientes, edifícios com isolamento térmico, refrigeração, automatizado eficiente, ar comprimido e água gelada e caldeiras mais eficientes (LAURIJSEN *et al.* 2010, HASANBEIGI *et al.* 2010, KIRSCHEN *et al.* 2009, HAMMOND, 2007, SEIFFERT, 2009).

A gestão de energia não deve ser limitada às preocupações sobre a assistência na procura da adoção de medidas de eficiência; ela também deve sustentar a ideia de saber políticas e regras de composto de energia, certificados de qualidade, bem como certificados ambientais e de CO<sub>2</sub> (CULLEN *et al.*, 2010; MELO *et al.*, 2012).

Do âmbito das cadeias de produção, a eficiência energética está preocupada com a produtividade, que por sua vez está ligado a resultados econômicos e de gestão. Os aspectos de gestão são aqueles relacionados ao projeto de implantação e de concretização, contratação, treinamento e reciclagem de pessoal, bem como a avaliação do sistema em geral (JOCHEN *et al.*, 2007).

Os mais importantes fatores de avaliação de eficiência energética em termos econômicos são dados de consistência, comportamento do consumidor e incentivo à participação, bem como a implementação de programas de eficiência energética (VINE *et al.*, 2010).

A implantação das recomendações dos estudos de Eficiência Energética (EE) em empresas podem gerar uma economia de até 30% na conta de energia elétrica, contribuindo desta forma na redução significativa nos seus custos operacionais (MELO *et al.*, 2012).

A finalidade desta pesquisa é realizar uma pesquisa de melhoria de eficiência energética industrial vislumbrando as áreas internas da indústria que teriam oportunidades de se reduzir custos e melhorar a produtividade. Diante do exposto têm-se a seguinte indagação: Quais as ações e variáveis que contribuem para uma melhoria da eficiência energética em uma indústria Metalúrgica na cidade de Caruaru-PE.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1- OBJETIVOS GERAIS**

- ✓ Realizar um estudo de melhoria de eficiência energética em uma indústria Metalúrgica, situada em Caruaru-PE, realizando um estudo de viabilidade econômico-financeira para a implementação de melhorias.

### **2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Realizar um levantamento do consumo de energia elétrica no processo produtivo e seu gasto;
- ✓ Avaliar o consumo energético da indústria por setores apresentando as medidas mitigadoras para a sua redução.
- ✓ Aplicação de placas solares, motores com maior eficiência energética e telhas transparentes para obter maior eficiência na fábrica.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

O mundo hoje vive uma etapa onde a sustentabilidade e a ecoeficiência energética assumem um papel cada vez mais importante, com programas e políticas públicas de conservação da energia e de redução dos consumos energéticos. O crescente aumento no consumo de energia elétrica tem exigido uma considerável ampliação na capacidade de geração com a finalidade de atender a demanda de uma determinada região. E uma das funções da ecoeficiência energética é contribuir para que haja uma otimização da gestão da energia com destaque para os grandes centros urbanos onde se concentra a maior parte da população (OLIVEIRA, 2004).

Ressalta-se que o efeito estufa dentro de uma determinada faixa é de vital importância, pois sem ele, a vida não poderia existir. Serve para manter o planeta aquecido, e assim, garantir a manutenção da vida. Mas, se por um lado o efeito de estufa mantém a superfície da Terra aquecida e com uma temperatura amena, por outro a excessiva concentração de dióxido de carbono e outros gases na atmosfera terrestre, reduzem a liberação de calor para o espaço, provocando um aumento médio da temperatura e um aquecimento do Planeta.

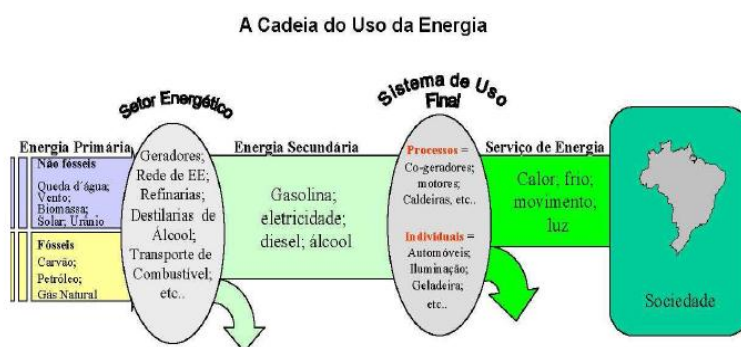
As consequências deste aquecimento tornam-se também cada vez mais evidentes ao nível das alterações climáticas globais e regionais, verificadas ao longo das últimas décadas, pois, a humanidade vive um momento de realizar novas escolhas para garantir o nosso futuro. E, dessas escolhas, surge o desenvolvimento sustentável, ganhando cada vez mais força, entre as diversas correntes da sociedade, passando a ser sinônimo de equilíbrio e bem-estar para a vida do planeta (OLIVEIRA, 2004).

Ou seja, as atitudes e ações devem ser concretas, principalmente os referentes à conservação e eficiência da energia. Essa mudança de paradigma contribuirá substancialmente para as futuras gerações do planeta. Em vista disso, sustenta-se então, cada vez mais, a ideia de se conhecer políticas integradas agregando certificados de qualidade, de gestão ambiental e de emissão gases poluentes equivalente de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (CULLEN, 2010).

O uso da energia nas sociedades geralmente passa por uma série de etapas de transformação desde o estágio em que ela é encontrada na natureza (a energia primária) até os serviços energéticos que interessam como a luz, movimento ou calor. A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático do caminho percorrido pela energia entre a energia

primária e o momento em que é usada para os serviços energéticos. Neste percurso a energia primária sofre transformações e se apresenta de diversas formas que podem ser medidas com uma mesma unidade como se a energia fosse uma espécie de fluido percorrendo todos os setores da economia (OLIVEIRA, 2004). As diversas formas como a energia se apresentam estão representadas neste diagrama, para cada grupo: energia primária (Queda D'água, Ventos, Solar, Urânio, Petróleo, Carvão, Gas); energia secundária (Gasolina, Diesel, Eletricidade, Álcool) e serviço de energia (Calor, Frio, Movimentos, Luz).

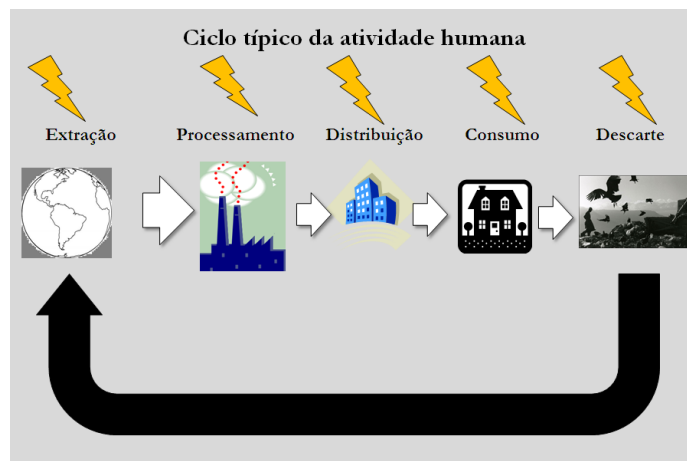
**Figura 1 - A cadeia do uso da Energia**



**Fonte:** OLIVEIRA, 2004

A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático do caminho percorrido pela energia entre a extração até o descarte, seguindo as etapas de processamento, distribuição e consumo. Neste percurso a energia primária, representada pela amplitude da representação por um raio, sofre transformações e se apresenta de diversas formas que podem ser medidas com uma mesma unidade como se a energia fosse uma espécie de fluido percorrendo todos os setores da economia.

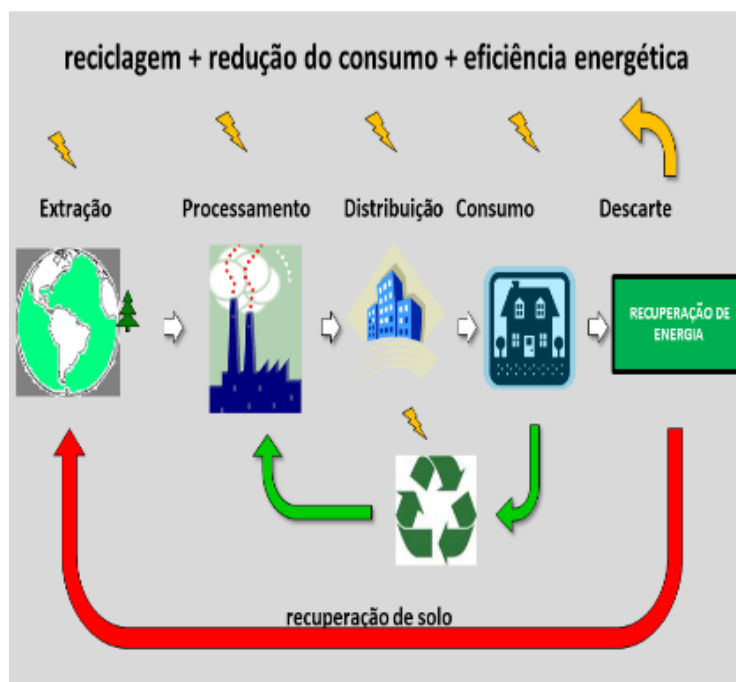
**Figura 2 - A cadeia do uso da Energia (2012)**



**Fonte:** Melo (2012)

A Figura 3 refere-se ao mesmo diagrama, entretanto com melhorias por meio da implantação de medidas como reciclagem dos materiais, redução do consumo e eficiência energética. Neste diagrama verifica-se uma redução substancial na energia representado pela amplitude do raio.

**Figura 3-** A Cadeia do uso da Energia e ações possíveis de melhorias



**Fonte:** Melo (2012)

### 3.1 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Melhorar a eficiência significa reduzir o consumo de energia primária necessária para produzir determinado serviço de energia. A redução pode acontecer em qualquer etapa da cadeia das transformações. Pode também ocorrer devido à substituição de uma forma de energia por outra no uso final (BRAGA, 2005).

Grande parte dos autores define a EE como uma relação quantitativa entre a entrada e a saída de energia, onde o sistema mais eficiente é aquele em que ocorrem as menores perdas possíveis e nota-se que o conceito de EE está sempre adjunto a relações de redução das perdas nos variados sistemas, A EE pode ser definida como uma relação entre a energia de entrada e a saída, de tal forma o sistema poderá ser considerado mais eficiente à medida que a energia de entrada for aproximada a de saída, pois assim as



perdas e desperdícios no sistema estarão sendo reduzidos. (OIKONOMOU, 2009).

A “International Organization for Standardization” (ISO) também se refere à EE como uma relação como a razão entre uma saída de desempenho e uma entrada de energia. A norma ressalta a importância que a aplicação da mesma trará ao meio ambiente, através da redução das emissões dos gases de efeito estufa e a conservação de energia.

Outros autores definem a EE como uma forma de adoção de tecnologias para redução do consumo, esta é uma definição muito prática a cerca do tema estudado facilitando a visualização do que o mesmo representa, pois indica a aplicação do conceito (GARDNER E STERN, 2002). Já Sola, (2006) trata a EE como a minimização das perdas de energia, bem como Geller e Garcia (2003) que usam como palavra chave eliminação de desperdício.

No quadro abaixo são apresentadas algumas definições sobre EE no quadro 1 a seguir:

**Tabela 1-Definições de EE (2012)**

<b>Autor</b>	<b>Definição de EE</b>	<b>Entendimento</b>
ABESCO, (2001)	Trata-se de uma atividade técnico-econômica que objetiva proporcionar o melhor consumo de energia e água com redução de custos operacionais correlatos; minimizar contingenciamentos no suprimento desses insumos, introduzir elementos e instrumentos necessários para o gerenciamento energético e hídrico da empresa ou empreendimento.	Melhoria do consumo de energia com redução de custos.
NEPDG (2001)	A eficiência energética refere-se à relação entre a entrada de energia consumida e a saída de um serviço energético.	Relação entre entrada e saída de energia.
Gardner e Stern (2002)	Refere-se a adoção de uma tecnologia específica que reduz mais de toda a energia de consumo sem alterar o comportamento em causa.	Adoção de tecnologias para redução do consumo.
Geller e Garcia (2003)	Consiste em reduzir perdas e eliminar desperdícios.	Redução de desperdícios
Menkes, (2004)	Capacidade de utilizar menos energia para produzir a mesma quantidade de iluminação, aquecimento, transporte e outros serviços baseados na energia	Utilizar menos recurso para produzir mais.

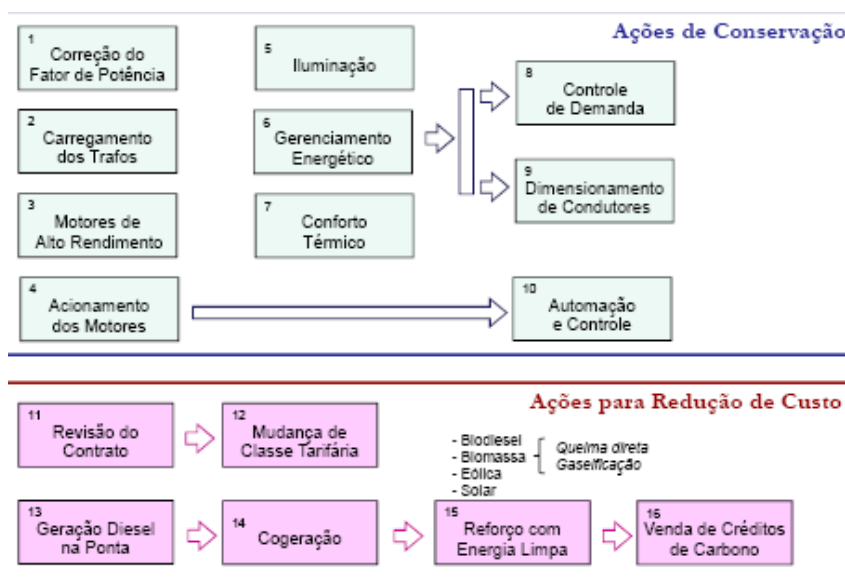
Sola (2006)	O conceito de EE está ligado a minimização de perdas na conversão de energia primária em energia útil que realiza trabalho.	Minimização de perdas de energia
MME (2007)	É a aplicação de serviços de energia proporcionadas com menor gasto de energia com repercussões econômicas, ambientais e culturais.	Aplicação de serviços com menor gasto de energia
Oikonomou e Becchis (2009)	Diz respeito à relação técnica entre a quantidade de energia primária ou energia final consumida e a quantidade máxima de energia e serviços suscetíveis de aquisição iluminação, aquecimento, refrigeração, mobilidade e outros.	Relação entre energia de entrada e energia final
ISO 50001 (2011)	EE como a razão ou outra relação quantitativa entre uma saída de desempenho, serviços, mercadorias ou energia e uma entrada de energia.	Razão entre uma saída de desempenho e uma entrada de energia

Fonte: (Menezes, 2012)

Conclui-se que a EE está fundamentada sob três áreas com relação à utilização da energia, são eles: Diminuição dos custos, redução de perdas e sustentabilidade ambiental.

Na Figura 4 é apresentado um diagrama dos principais subsistemas industriais que devem ser analisados num estudo de EE dentro das ações denominadas de conservação e outras de redução de custos (MELO *et al.*, 2012).

**Figura 4** - Ações de EE para conservação e de redução de custos (2012)



Fonte: (MELO *et al.*, 2012).

### 3.2 A NORMA ISO 50000 GESTÃO ENERGÉTICA

A implantação de um Sistema de Gestão Energética (SGE) é especificada pela ISO 50001 (2011), a norma indica ser necessário o estabelecimento de objetivos, metas e planos de ação que consideram requisitos legais e informações relativas ao uso significativo da energia. Partindo desse pressuposto, o sistema consiste no levantamento e acompanhamento das informações referentes a este recurso. Dessa forma um SGE eficiente viabiliza o conhecimento das oportunidades de melhorias do desempenho energético (ISO 50001).

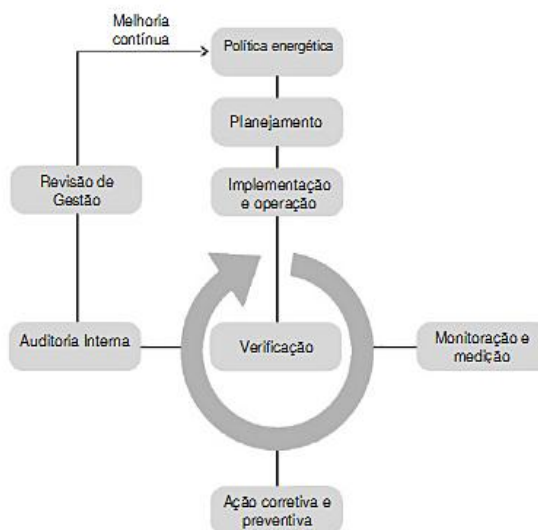
A ISO 50001 surgiu através da premissa de que a energia é um recurso de extrema importância à sociedade e que deve ser gerenciado. Ela tem como propósitos permitir o estabelecimento de sistemas e processos para melhoria contínua do desempenho energético nas organizações e ser aplicável a todos os tipos de organizações. (ISO 50001).

O modelo de SGE sugerido pela norma é baseado no ciclo do PDCA (PLAN, DO, CHECK, ACT), consiste em um ciclo de melhoria contínua que permite ao sistema a reavaliação constante. Dessa forma a norma sugere um sistema de gerenciamento baseado em elaboração de política energética interna, planejamento do uso dos recursos energéticos, seguido da adoção das medidas idealizadas no planejamento. (ISO 50001).

A verificação da atuação do SGE é realizada através de medições e monitorações dos sistemas energéticos, ao serem encontradas desconformidades são adotadas ações corretivas e para os casos onde haja indícios de pontos potenciais de perdas são aplicadas ações preventivas, através das auditorias internas são verificados a forma de atuação do SGE e a partir de então, se necessário, são adotadas novas medidas. (ISO 50001).

Desse modo a gestão energética de uma organização é realizada em um ciclo contínuo, conforme apresenta a Figura 5.

**Figura 5 -** Modelo de sistema de gestão de energia. (2011)



**Fonte:** ISO 50001 (2011)

A ISO 50001 propõe um modelo para que se obtenham melhorias no desempenho energético. Deixando, a organização livre para definir quais os pontos potenciais de perdas em seu processo produtivo e desse modo planejar e adotar medidas que melhorem o seu desempenho.

Na Figura 6 é mostrada a representação das ações que consistem no desempenho energético, são elas: Intensidade energética; uso da energia; consumo de energia e EE. Estes pilares devem ser priorizados pelo SGE para a obtenção de melhorias no desempenho energético dos processos.

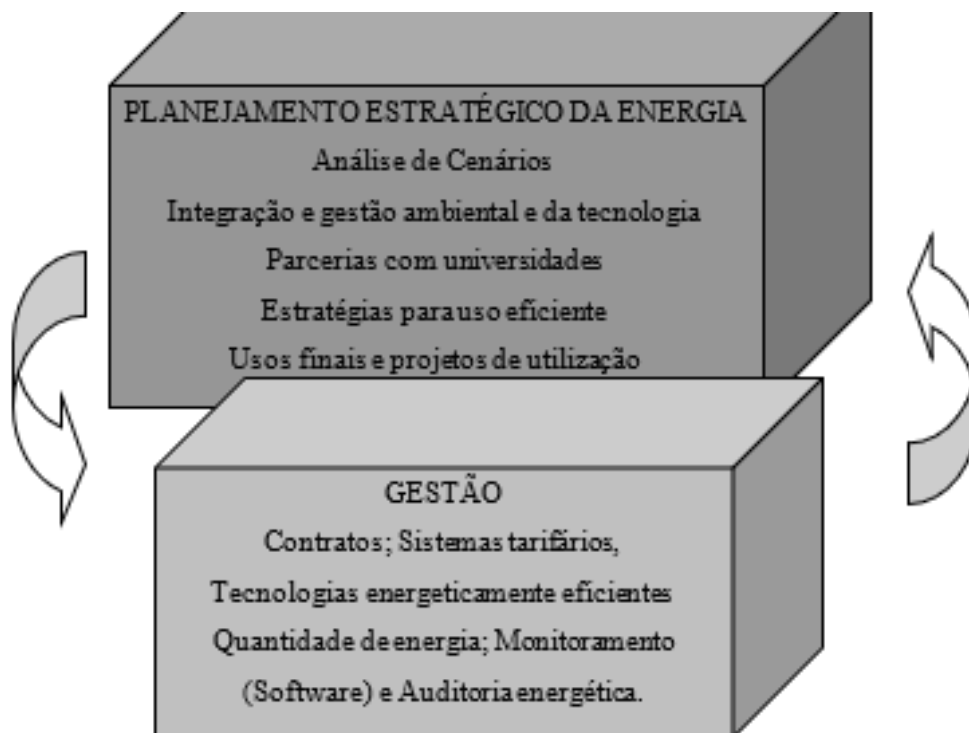
**Figura 6 –** Representação conceitual do desempenho energético (2011)



**Fonte:** ISO 50001 (2011)

Além do desempenho energético, Sola (2006, p. 40), indica que o processo de gestão energética deve contemplar além de aspectos voltados a gestão, os aspectos voltados à estratégia, conforme indica a Figura 7.

**Figura 7** – Fases da Gestão Energética nas Empresas (2012)



**Fonte:** Adaptação de (SOLA, 2006, Figura 10 – p. 40 apud PEREIRA, VANESSA, 2012)

Logo o gerenciamento energético de uma indústria é uma ferramenta estratégica que estabelece os caminhos, os cursos, os programas de ação que devem ser seguidos para serem alcançados os objetivos e desafios estabelecidos (OLIVEIRA, 2004, p.190).

### 3.3 A APLICAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁICA

Numa época onde cresce a preocupação com o meio ambiente, a energia solar ganha notoriedade haja vista que reconhecidamente faz parte das energias limpas e renováveis e as preocupações ambientais fizeram com que as suas procuras fossem ampliadas. (MENEZES, 2012)

Este tipo de energia reduz o consumo das linhas de transmissão de redes elétricas tradicionais, não emite gases tóxicos na atmosfera, não esgota os recursos naturais,

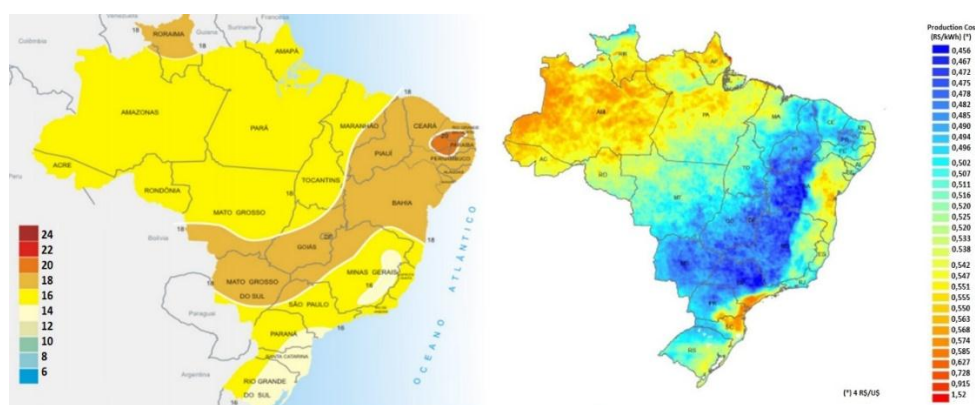
aumenta a independência energética nacional/regional, além de diversificar e assegurar o abastecimento energético. Portanto, a energia solar tem se mostrado ambientalmente vantajosa a qualquer outra fonte de energia, tornando-se assim, a peça fundamental a qualquer programa de desenvolvimento sustentável 12

De acordo com MELO *et al.*, (2012), a energia solar é uma das fontes de energia mais limpas e que não faz comprometer ou adicionar o aquecimento global. O sol é a fonte de energia renovável e o aproveitamento dessa energia tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentar os desafios do novo milênio.

O programa solar brasileiro na matriz energia elétrica tende a crescer porque há continuidade na redução dos custos do dispositivo, crescente interesse de investidores, surgimento de novas tecnologias e a tendência de solidificação de incentivos da política, que já são aplicadas em todo o mundo (OLIVEIRA, 2004).

O Brasil é potência mundial em termos de radiação solar, podendo ser considerado quase autossuficiente em termos energéticos devido a uma enorme potencialidade da exploração das várias formas de energia, provenientes dos recursos naturais. (MELO, 2012)

Para se ter uma ideia do grande potencial, a radiação solar na Alemanha, que compreende o país com maior capacidade instalada de energia solar no mundo, é 40% menor do que na região menos ensolarada do Brasil que é a região Sul. Comparado com outros países a região do agreste e sertão do Nordeste do Brasil (PE, PB, RN e CE) apresenta dos maiores valores de irradiação solar do Brasil e um dos maiores do mundo (Fig 8). Logo cabe ao Estado em sua função de planejador e elaborador de políticas públicas, e reconhecendo as suas vantagens e desafios encontrar os meios de incentivar a tecnologia solar para que esta possa contribuir para o objetivo nacional de desenvolvimento econômico e de sustentabilidade da matriz energética (KIRSCHEN *et al.* 2009). A Figura 8 mostra a irradiação solar no Brasil e no custo de produção de fotovoltaica e a figura o diagrama da Geração Distribuída e o Sistema FV ON- GRID.

**Figura 8 - Irradiação solar no Brasil e o custo de produção de fotovoltaica (2016)**

**Fonte:** EPE (2016)

Os mapas apresentados ilustram as regiões onde a radiação solar é mais elevada no Brasil, indicando-se, inicialmente, as melhores áreas para exploração solar. Analisar este fator exclusivamente, observa-se que a região do nordeste do Brasil é dos lugares mais favoráveis. As figuras descrevem os custos de produção relativamente aos níveis de radiação solar. Quanto mais fria a cor, menor os custos de produção.

A implementação deste tipo de tecnologia em empresas trará rentabilidade financeira, além da indústria aderir para os novos formatos de produção sustentável, tema extremamente importante para empresas que querem expandir e inovar no novo, competitivo e globalizado mercado (Nascimento, 2015). Várias estratégias para o uso eficiente de energia têm sido utilizadas no setor industrial em vários países (Sola, 2015).

Um grande aumento em seu desenvolvimento e instalações é mostrado na tabela 2 do ano 2000 até 2030.

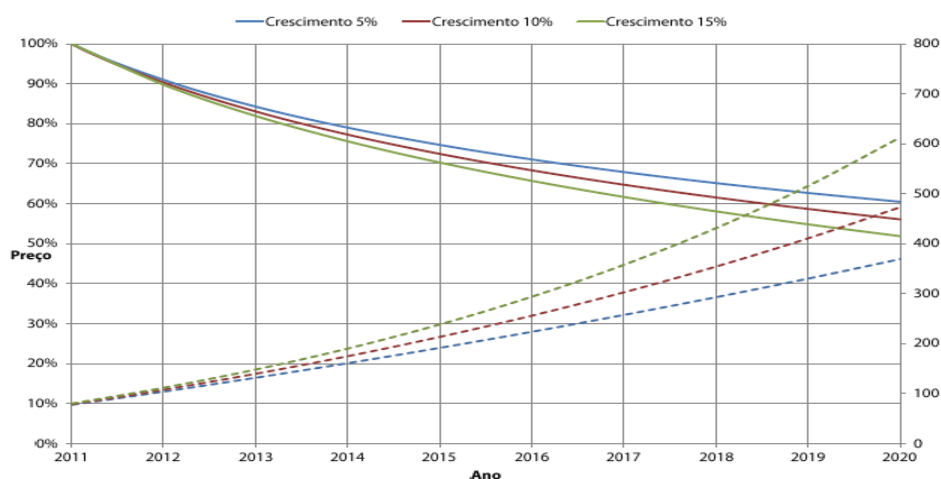
**Tabela 2-** Desenvolvimento e instalação de energia solar fotovoltaica em vários países (2011)

ANO	EUA	EUROPA	Japão	MUNDO
2000	140	150	250	1000
2010	3000	3000	5000	14000
2020	15000	15000	30000	70000
2030	25000	30000	72000	140000

**Fonte:** Solangiet *al.* (2011)

Com grande potencial futuro, a produção de energia solar por meio das células fotovoltaicas pode gerar uma parte da oferta total de eletricidade, e vem experimentando um forte progresso tecnológico no mundo nos últimos anos. Esse desenvolvimento é reflexo do crescimento exponencial dos volumes de produção e de instalação fotovoltaica e na redução do custo dessa fonte, ocasionada pelos programas de incentivos para a geração fotovoltaica no mundo (A CARTA DO SOL, 2011).

Ressalta-se que nos últimos 20 anos, os preços dos módulos vêm diminuindo a uma taxa média de 8% ao ano o que se espera que em 2020 o consumo anual dos módulos variará entre 39 GW/ano e 97 GW/ano e em 2020 o consumo acumulado variará entre 369 GW e 612 GW, uma diferença de 66% entre o cenário de maior e menor crescimento, como mostra na Figura 9. **Figura 9** - Curva de aprendizado tecnológico para módulos FV



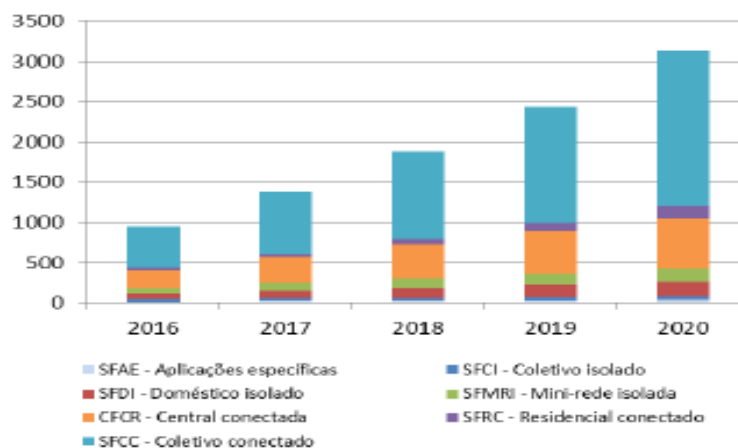
(2012).

**Fonte:** COGEN, 2012.

Nesse contexto, o recente desenvolvimento da indústria de energia solar no Brasil pode ser também explicado por determinados fatores importantes com destaque para a capacidade instalada mundial que vem crescendo de forma exponencial, conforme apresentado na Figura 10.

Documentos internacionais reportam para o ano de 2050 que 50% da geração de energia no mundo virão de fontes renováveis. Dessa demanda 25% serão supridos pela energia solar fotovoltaica. Populações do fim do século dependerão em até 90% das renováveis, dos quais 70% serão de fotovoltaica (CARTA DO SOL, 2011).



**Figura 10** – Projeção: Mercado fotovoltaico interno em MW.(2011)

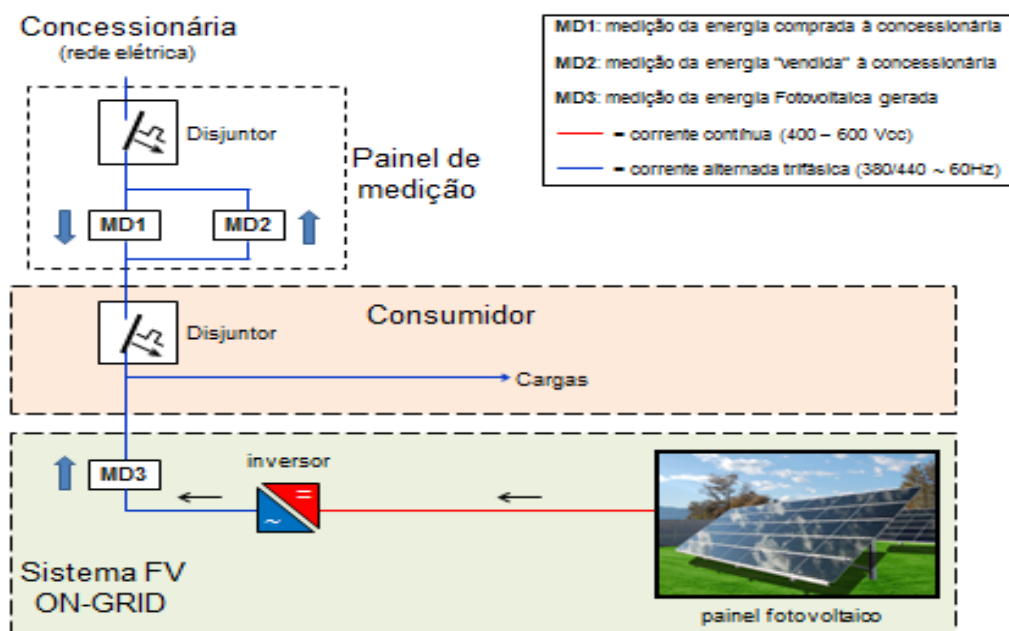
Fonte: Projeto CARTA DO SOL, 2011.

Uma vez que a energia gerada não trafega através de longas linhas de transmissão, um efeito indireto de conservação de energia deve ser considerado, já que sua perda por unidade de energia gerada e transportada diminui consideravelmente, assim como eventuais problemas de congestionamento da rede. Esta modalidade permite ainda que pequenos investidores atuem no setor, assim como, aproxima o consumidor de políticas de eficiência energética (LAURIJSEN *et al.* 2010).

**Figura 11-** Sistema de placas residencial (2009)

Fonte: CARNEIRO, 2009.

**Figura 12 - Sistema FV ON – GRID**



**Fonte:** CARNEIRO, 2009.

Assim, para que essa nova concepção de rede opere de forma satisfatória, como exposto na figuras; Atendendo critérios de segurança, qualidade, confiabilidade, assim como às premissas ambientais, regulatórias e econômicas, se faz necessária a adoção de políticas de otimização e automação da rede elétrica, suportadas pelos avanços tecnológicos da digitalização, da tecnologia da informação e telecomunicações, onde o GRID será responsável por integrar e operacionalizar todas essas tecnologias (NASCIMENTO, 2015).

De maneira geral, um módulo fotovoltaico de Silício consiste na junção de vidro temperado, camada antirreflexo de alta transparência, alumínio e soldagens. As células fotovoltaicas de Silício são encapsuladas em Acetado de Vinil Etileno (EVA) através de etapas de pressurização e elevação de temperatura (NASCIMENTO, 2015)

Observa-se, portanto, que vá se tornando cada vez mais clara a oportunidade de explorar a energia fotovoltaica no agreste e sertão do Estado de Pernambuco, não apenas pela alta incidência de irradiação, que é sem dúvida um fator relevante, mas também pela firme trajetória de aumento de eficiência e queda dos custos de implantação de módulos e sistemas fotovoltaicos em nível internacional e nacional (A CARTA DO SOL, 2011).

Logo, foram destacados como pontos positivos da geração distribuída de pequeno porte:

A implantação rápida dos sistemas;

Menores perdas, visto que a energia é gerada próxima ao consumo, não necessitando ser transmitida a longas distâncias;

- ✓ Menor impacto ambiental;
- ✓ Diversificação da matriz elétrica;
- ✓ Melhoria dos níveis de tensão no período de pico;
- ✓ E postergação no investimento de expansão dos sistemas de distribuição.

Abaixo, alguns tipos de instalação já existentes:

**Figura 13 - Instalação no Solo e Instalação em Poste**



Fonte: CAMPELLO, 2013. .

**Figura 14 - Instalação em Telhado e Fachada**



Fonte: CAMPELLO, 2013

**Figura 15** - Instalação em Toldo.



**Fonte:** CAMPELLO, 2013.

### 3.3.1 PLACAS SOLARES

Por muito tempo a humanidade utilizou recursos naturais como fontes para suprir as necessidades, sem grandes preocupações em relação aos efeitos que causariam ao meio ambiente. De acordo com CAMPELLO (2013), “a civilização humana e o ecossistema terrestre estão entrando em choque, e a crise climática é a manifestação mais proeminente, destrutiva e ameaçadora desse embate”. Concomitante ao cenário de busca por melhorias, as pesquisas e investimentos em tecnologias que utilizam recursos naturais renováveis, para a diversificação da matriz energética, têm aumentado. Com isso, a energia solar fotovoltaica tornou-se mais conhecida e ampliou seu mercado econômico e acadêmico. Considerando o apresentado e o grande potencial solar energético do Brasil, o presente artigo vem abordar as questões técnicas relacionadas à utilização desta energia, e apresentar um panorama geral da evolução desta tecnologia. Por consequência, propor o estudo sobre a utilização pontual da mesma em sistemas de iluminação pública.

Segundo (CAMPELLO, 2013), o efeito fotovoltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor. Complementando esta informação, Nascimento (2014, p.14) afirma que “Uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é denominado “Efeito Fotovoltaico””

O Brasil, por sua grande diversidade de recursos e por sua respeitável extensão territorial, apresenta diversas oportunidades na diversificação de sua matriz energética. Tal fato é afirmado pela Resolução Normativa N° 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012, a qual regulamenta a geração de energia através de placas solares fotovoltaicas. A grande

incidência de radiação solar atuante no território brasileiro, é o motivo pelo qual a tecnologia avança e os incentivos aumentam.

Segundo a empresa alemã German Solar Industry Association (2015), o cenário mundial de produção de energia através dos módulos solares fotovoltaicos, mostra que, anualmente, permite-se alcançar uma capacidade instalada de 100 GW, e ainda evitar a emissão de 70 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Estes, demonstram a ordem de grandeza que os projetos solares fotovoltaicos podem alcançar de acordo com a tecnologia disponível atualmente.

Desde abril de 2012 o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da mini geração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autos sustentabilidade. (ANEEL,2018)

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles, estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética, com o intuito de reduzir custos e tempo para a micro geração de energia, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687/2015 revisando a Resolução Normativa nº 482/2012.

Segundo o site da ANEEL (2018) as novas regras, que começaram a valer em 1º de março de 2016, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (ANEEL,2018)

Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local. Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras).

Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em

porcentagens definidas pelos próprios consumidores. (ANELL,2018)

A ANEEL criou ainda a figura da “geração compartilhada”, possibilitando que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem um micro ou mini geração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados. (ANELL,2018)

Com relação aos procedimentos necessários para se conectar a micro ou mini geração distribuída à rede da distribuidora, a ANEEL estabeleceu regras que simplificam o processo: foram instituídos formulários padrão para realização da solicitação de acesso pelo consumidor e o prazo total para a distribuidora conectar usinas de até 75 kW, que era de 82 dias, foi reduzido para 34 dias. Adicionalmente, a partir de janeiro de 2017, os consumidores poderão fazer a solicitação e acompanhar o andamento de seu pedido junto à distribuidora pela internet. (ANELL,2018)

### 3.3.2 TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS

Em busca de novas tecnologias para o uso de energias renováveis, os sistemas fotovoltaicos encontram-se em crescente utilização. Com isso, tem-se explorado novos materiais e realizado pesquisas para o avanço da tecnologia fotovoltaica. (NASCIMENTO, 2015).

O silício (Si) é o principal material na fabricação das células fotovoltaicas (FV), e se constitui como o segundo elemento químico mais abundante na terra. O mesmo tem sido explorado sob diversas formas: cristalino, policristalino e amorfo (CEMIG, 2012).

Existem três tecnologias aplicadas para a produção de células FV, classificadas em três gerações de acordo com seu material e suas características. A primeira geração é composta por silício cristalino (c-Si), que se subdivide em silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), representando 85% do mercado, por ser uma tecnologia de melhor eficiência, consolidação e confiança. A energia que melhor se aplica para as indústrias é a de sistema ON GRID, por depender do sistema da concessionária de energia e pelo fato de armazenar energia (NASCIMENTO, 2015).

A segunda geração, também chamada de filmes finos, é dividida em três cadeias: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe).

A terceira geração, é definida pelo IEEE - Instituto de Engenheiros Eletricistas e

Eletrônicos como: Células que permitem uma utilização mais eficiente da luz solar que as células baseadas em um único band-gap eletrônico. De forma geral, a terceira geração deve ser altamente eficiente, possuir baixo custo/watt e utilizar materiais abundantes e de baixa toxicidade. (IEEE, 2014)

### 3.3.3 PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO

Os painéis solares, ou módulos, são os principais componentes do sistema fotovoltaico de geração de energia. Estes são formados por um conjunto de células fotovoltaicas associadas, eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto. O conjunto destes módulos é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema, ou seja, são os responsáveis no processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica (NASCIMENTO, 2015).

Atualmente são vários os exemplares de módulos solares produzidos, podendo ser rígidos ou flexíveis, de acordo com o tipo de célula empregada (NASCIMENTO, 2015). Em relação à fabricação dos painéis, torna-se importante ressaltar que, a produção dos módulos solares tem sofrido grande interferência governamental a partir de incentivos fiscais e ambientais. Com isso, o aumento da produção destes componentes tem reduzido os custos para a efetivação do sistema.

### 3.3.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO

#### 3.3.4.1 SISTEMAS AUTÔNOMOS OU ISOLADO (OFF GRID)

São sistemas que não dependem da rede elétrica convencional para funcionar, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição elétrica. Existem dois tipos de autônomos: com armazenamento e sem armazenamento. O primeiro pode ser utilizado em carregamento de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e, até mesmo, em pequenos aparelhos portáteis (MELO *et al.*, 2012). Enquanto o segundo, além de ser frequentemente utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade econômica, já que não utiliza instrumentos para o armazenamento de energia (A CARTA DO SOL, 2011). A composição e funcionamento do sistema

autônomo para a iluminação pública, por exemplo, poderia ser feita, segundo Schuch *et al.* (2010, p.18), por: “Um painel fotovoltaico (PV), responsável por carregar as baterias durante o período diurno através de um conversor CC-CC. (...). Durante a noite, as baterias fornecem energia para (...)” os equipamentos que fornecem intensidade luminosa.

#### 3.3.4.2 SISTEMAS LIGADOS À REDE (ON GRID)

São aqueles que trabalham concomitantemente à rede elétrica da distribuidora de energia. De forma sucinta, o painel fotovoltaico gera energia elétrica em corrente contínua e, após convertê-la para corrente alternada, é injetada na rede de energia elétrica. Tal conversão se dá pela utilização do inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel e a rede elétrica. (MELO *et al.*, 2012).

#### 3.3.4.3 SISTEMAS HÍBRIDOS

A associação de sistemas fotovoltaicos com demais fontes de energia fundamenta-se no sistema híbrido. O seu maior benefício é proporcionar eletricidade (armazenada nas baterias), na privação de sol, ou seja, em dias de baixa, ou nenhuma, geração. No entanto, é apontado como um sistema complexo, já que necessita integrar diversas formas de produção de energia elétrica, como motores à diesel ou gás, ou por geradores eólicos (MELO *et al.*, 2012).

#### 3.3.4.4 EQUIPAMENTOS AUXILIARES

Para o funcionamento de um sistema fotovoltaico é necessário a instalação de equipamentos auxiliares em conjunto com os módulos. Esses componentes atuarão principalmente no processo de armazenamento e distribuição da energia elétrica gerada, sendo diferenciados de acordo com o tipo de sistema implantado, se on grid ou off grid.

**Controladores De Carga:** Também chamado de regulador de carga, este componente é, geralmente, utilizado em sistemas off grid, ou seja, que empregam o uso de baterias para o armazenamento de energia.

**Baterias:** As baterias, ou acumuladores, entre os diversos sistemas, são mais utilizadas naqueles isolados da rede elétrica, ou seja, off grid. Segundo MELO (2012),



são dispositivos responsáveis por fazer o armazenamento da energia elétrica gerada pelos módulos, com o intuito de suprir a demanda da mesma na ausência da radiação solar. Com isso, podem ser consideradas de extrema importância, já que a radiação solar não ocorre nos períodos noturnos, e é reduzida em dias nublados.

**Inversores:** Os inversores são dispositivos eletrônicos que fornecem energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (MELO *et al.*, 2012).

De acordo com Pereira & Oliveira (2011), a energia elétrica na saída dos módulos fotovoltaicos é em corrente contínua (CC). Isto inviabiliza a sua aplicação direta na maioria dos equipamentos que trabalham, somente, em corrente alternada (CA). Para a solução deste problema, empregam-se os inversores, capazes de realizar a conversão desta tensão contínua para um valor de tensão em CA. Além disso, este equipamento é capaz de ajustar a frequência e nível de tensão gerada, para que o sistema possa ser conectado à rede pública, on grid, de acordo com as normas vigentes estabelecidas pela Aneel.

## **4. MÉTODOS E MATERIAIS**

### **4.1 POPULAÇÃO E AMOSTRA**

A empresa selecionada é uma empresa metalúrgica situada em Caruaru-PE. Principais produtos de fabricação são: Móveis de aço para exposição, Balcões de aço para exposição de produtos, Araras e cabides de aço para indústrias de confecções, Estantes e Prateleiras.

A seleção de amostras já dada por meio acessibilidade ou por conveniência, onde foram selecionados os seguintes elementos:

- ✓ Consumo energético da indústria em estudo;
- ✓ Intensidade luminosa interna e externa;
- ✓ Planta do terreno em estudo;
- ✓ Instalações fabris de cada setor da indústria em estudo;
- ✓ Dados Gerais de consumo por unidade de fabricação.

Todos os fornecedores, de placas, solares, motores e placas solares são reais, e os valores de orçamentos e foram estabelecidos pelos mesmos.

## 4.2 ILUMINAÇÃO

De acordo com NR-17 o local de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, apropriada a cada atividade. Deve ser uniformemente distribuída e difusa. Iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos.

Ao abordar o conceito de iluminação, é imprescindível tratarmos inicialmente o conceito de luz.

**Figura 16** – Lâmpada fluorescentes



**Fonte:** (Google, 2018)

A medição a iluminação foi realizada em cada setor de trabalho utilizando um luxímetro, mostrando a intensidade da luz em cada ambiente. A indústria é dividida por setores de fabricação: ferramentaria, tela, guilhotina, dobradeira, prensa, galvanoplastia, retificador, setor de pintura, armazenamento, escritório e expedição. O uso adequado da iluminação natural é de fundamental importância, tendo em vista os custos com iluminação artificial de uma indústria.

**Figura 17** - Luxímetro



**Fonte:** (Google, 2018)

### 4.3 MOTORES

Os motores são subdimensionados de acordo com a necessidade da tarefa no posto de trabalho referente ao polimento das peças. Analisando a diversidade das peças, em relação ao tamanho, peso e geometria, foi constatado que para obter o resultado esperado e para alcançar o polimento correto da peça (acabamento) é preciso que o motor tenha uma rotação (RPM) compatível, e que não esteja relacionada a potência em cavalo vapor (CV). Todos os três motores encontrados no setor de acabamento (polimento), encontram-se com uma potência instalada muito superior à qual se refere o tipo de peça que precisasse trabalhar, sendo elas na maioria das vezes de pequeno porte e algumas com porte elevado.

Observou-se que existe necessidade de manter tais motores devido a demanda da grande variação dos produtos demandados, com isso constatamos que através da instalação de inversores de frequência poderíamos ter um ganho em relação ao desperdícios de energia, por se tratar de equipamentos instalado em qualquer motor com propriedades e funções com autonomia de alterar a rotação dos motores conforme a necessidade, tendo em vista que é primordial a rotação do motor em relação ao polimento da peça e resultado obtido.

A busca por formas alternativas de se conseguir um melhor aproveitamento dos nossos recursos, as indústrias procuram se manter mais competitiva no mercado frente ao atual cenário econômico onde o país se encontra. A tecnologia vem sendo o maior aliado no processo para reduzir o consumo de energia elétrica, essa é a forma na qual muitas empresas estão encontrando para diminuir o consumo elétrico e evitar desperdícios que podem ser reduzidos e até sanados com a implantação de novos procedimentos e equipamento automatizados e mais atualizados.

Entre as principais ações em busca de um melhor aproveitamento de nossos recursos elétricos estão:

- ✓ Substituição de motores antigos por modelos de alta eficiência;
- ✓ Dimensionamento dos motores elétricos.

O setor industrial consome em média de 40% de energia elétrica do país e 70% deste consumo vem através das indústrias que tem motor elétrico consumido energia para desempenhar suas atribuições.

Para tentar reverter esse quadro, em 2009 entrou em vigor a portaria n° 553 que

visa estabelecer níveis mínimos que ajudem no rendimento das máquinas e equipamentos.

O índice de rendimento 02 IR2 Foi estabelecido para que motores elétricos tivessem um nível mínimo de rendimento, que por sua vez, os fabricantes de máquinas e consumidores finais deveriam utilizar produtos que atendessem os valores pré-estabelecidos ao IR2.

Em 2013, a lei foi complementada através da revisão da norma NBR 17094-1 que especifica os valores mínimos de rendimento para duas classes de produto: IR2 e IR3.

Contudo, após a análise e a comprovação do ganho que se tem ao seguir esses novos parâmetros, a exigência não leva em conta os motores e equipamentos já instalados, e como de costume sem previsão de substituição, devido a uma prática rotineira utilizadas em várias indústrias que é a manutenção corretiva e preventiva, que se dá tanto no ato de lubrificar, trocar rolamento mecânico e realizar substituição do enrolamento dos motores quando os mesmos são danificados ou queimados (troca do cobre do induzido que tem como função a criação do fenômeno eletromagnético), que desta forma inviabiliza a substituição dos equipamentos na concepção da maioria dos responsáveis pelas indústrias. Associado ao fato do parque industrial nacional ter em média 17 anos, a modernização de sistemas industriais permite até 60% de redução de consumo com ações de rápida implementação.

Além dos índices mínimos exigidos pela norma NBR 17094-1 que são o IR2 E IR3 alguns fabricantes de motores elétricos disponibilizam o IR4 e o IR5 que excedem os valores mínimos estabelecidos por norma, com isso a possibilidade de se obter resultados ainda mais expressivos em relação à economia de energia elétrica.

- ✓ IR1: Utilizando apenas motores exclusivos ao escopo portaria 553. Linhas disponíveis: W22 IR!1 (motor de indução – inferior a 1 cv). W21XD IR1 e motores duplos velocidade IR1;
- ✓ IR2: Motor que atende ao índice de rendimento IR2 na norma NBR 17094- 1:2013 e à portaria 553. Linhas disponíveis: W22 IR2 (motor de indução), W22 WELL IR2, W22 Mining IR2, W22 Wash IR2, W22 Motofreio IR2, W22 Bomba Monobloco IR2;
- ✓ IR3: Motor que excede em um nível os rendimentos mínimos exigidos pela legislação vigente. Linhas Disponíveis: W22 IR3 Premium (motor de indução), W22 WELL IR3 Premium, W22 Mining IR3 Premium, W22 Wash IR3 Premium, W22 Motofreio IR3 Premium;

- ✓ IR4: Motor que excede em dois níveis os rendimentos mínimos exigidos pela legislação vigente. Linhas Disponíveis: W22 IR4 Super Premium (motor de indução). WW22 Magnet IR4 Super Premium (ímãs permanentes);
- ✓ IR5: Motor que excede em três níveis os rendimentos mínimos exigidos pela legislação vigente. Linha Disponível: W22 Magnet IR5 Ultra Premium (ímãs permanentes).

#### 4.4 PLACAS SOLARES

Para se realizar a implementação das placas solares na empresa, foram analisados os consumos citados no trabalho de iluminação e motores, com base nisso, foi calculado um valor estimado de energia que seria gasto nesses setores.

Feito isso, foi realizado um cálculo, para saber quanto de placas seriam necessários para suprir a necessidade da fábrica e quanto, economicamente falando, foram feitos orçamentos com fornecedores, com isso chegamos a um valor. Ficamos preocupados com a área do teto da fábrica, e a preocupação foi grande para não atrapalhar o sistema de telhas, levando isso, foi feito um cálculo para saber quanto de espaço seria ocupado.

O sistema de telhas instalado deveria ser do tipo ON GRID, pois precisaria de uma rede auxiliar para suprir a necessidade da fábrica quando estivesse com pouca incidência e a eficiência do sistema fotovoltaico não tivesse no esperado, e foi analisado que não seria preciso a utilização de baterias, pois a fábrica só funcionaria durante a noite e o gasto com as mesmas seriam desnecessárias.

### 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 5.1 TELHAS

A finalidade é dimensionar corretamente a luminância adequada e posteriormente apresentar um projeto que consiga suprir a eficiência de uma iluminação artificial, que é a que se encontra no local e substituir por iluminação natural através de telhados com propriedades de transmitir e toda luz natural externa para o ambiente de trabalho, onde se realiza atividades industriais.

O ambiente possui 105 lâmpadas distribuídas uniformemente, que todas não se

encontram em estado de uso, na altura de aproximadamente 7 metros, luminárias do tipo comercial, lâmpadas fluorescentes de 40 w, fluxo luminoso de 2700 lux.

Segue abaixo a tabela comparativa com a quantidade de lâmpadas, tipo e potência e a quantidade necessária de telhas com iluminação natural necessárias para suprir a necessidade do ambiente e o quanto setores em ganho real.

**Tabela 3** - Consumo de energia mensal

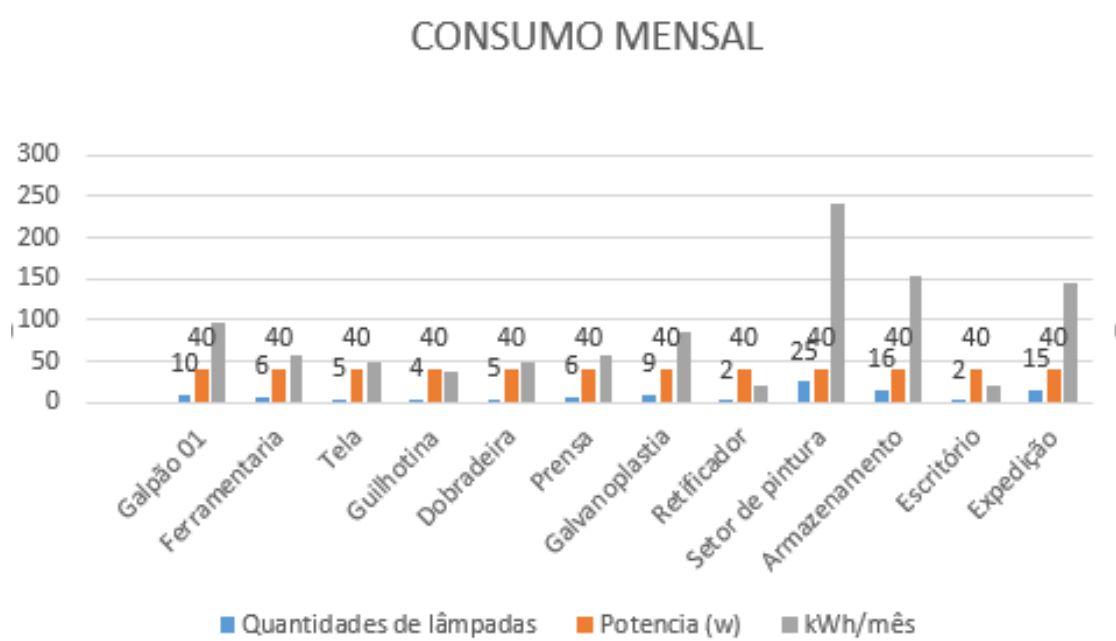
SETOR DE TRABALHO	QUANTIDADES DE LÂMPADAS	POTÊNCIA (W)	KWH/MÊS
GALPÃO 01	10	40	88,00
FERRAMENTARIA	6	40	52,80
TELA	5	40	44,00
GUILHOTINA	4	40	32,20
DOBRADEIRA	5	40	44,00
PRENSA	6	40	52,80
GALVANOPLASTIA	9	40	79,20
RETIFICADOR	2	40	17,60
SETOR DE PINTURA	25	40	220,00
ARMAZENAMENTO	16	40	140,80
ESCRITÓRIO	2	40	17,60
EXPEDIÇÃO	15	40	132,00
<b>TOTAL</b>	<b>105</b>		<b>924,00 kWh/mês</b>

**Fonte:** Autor (2018)

Conforme a tabela analisou-se o consumo mensal de posto de trabalho, que conta com o levantamento das quantidades de lâmpadas em cada setor e horário de utilização.

Com a potência média das lâmpadas foi possível estimar o uso de kWh/mês. Como citado na tabela, mostrando a quantidade de lâmpadas e utilizando a potência da lâmpada fluorescente de 40 W, calculando conseguiu-se obter um resultando do consumo mensal:

Figura 18 - Consumo diário



**Fonte:** Autor (2018)

Como ilustrado no gráfico, a representatividade do consumo de energia é bem elevada no setor de pintura, armazenamento, expedição e galpão 01, considerando a implantação das telhas, terá uma redução de energia positiva, reduzindo o custo da empresa. Esse processo tenta otimizar o uso das fontes de energia, utilizando menos recursos porem oferecendo a mesma quantidade de valor energético, trazendo vários benefícios, buscando a sustentabilidade, o conforto térmico, economia, o custo benefício, diminuindo a utilização da rede elétrica, economizando na conta de luz através do uso de telhas translúcidas.

Através do levantamento de carga da empresa, foi constatado que o sistema de iluminação consome uma quantidade elevada de energia elétrica, sendo que todo o ambiente da empresa utiliza luminarias com lâmpadas fluorescentes, tendo outro recurso proposto como iluminação natural.

A telha translúcida é feita de policarbonato, um termoplástico de alto desempenho amplamente utilizado em produtos de construção civil, como cúpulas de telhado e elementos externos para iluminação LED. O policarbonato tem uma série de qualidades que o torna útil para essas aplicações. É leve, resistente e possui alta clareza ótica, além de possuir excelente resistência ao calor.

A luz natural torna o ambiente mais agradável e propício para tal atividade no ambiente de trabalho, promovendo o conforto e aumento da produtividade, pois estimula a mente e visão regulando os batimentos cardíacos. Deve ser estrategicamente posicionada em relação às dimensões totais da cobertura, considerando a necessidade de vedação.

Tem alta resistência ao impacto, praticamente inquebrável, 250 vezes mais resistente que o vidro, policarbonato também tem uma baixa taxa de inflamabilidade, é resistente às mudanças de temperatura.

A telha translúcida é um material de construção que se destaca entre essas inovações, considerando o uso inteligente da luz natural como um dos aspectos que dão diferenciação a um projeto, com ganhos em sustentabilidade e, principalmente, economia.

Os seguintes dados do material foram considerados:

- ✓ Passagem de 70% da luz natural;
- ✓ Contem isolante térmico e acústico;
- ✓ Aditivo anti-UV;
- ✓ Preço unitário: R\$100,00;
- ✓ Área de uma telha  $3,66 \times 1,10\text{m} = 4,03\text{m}^2$ .

Em consideração a área da telha e a área do galpão foi calculado e conclui-se que é necessárias 36 telhas, sendo assim alocadas no telhado.

- ✓  $T = q * \text{preço}$ ;
- ✓  $T = 36 * 100 = 3.600,00$

Observou-se se em relação ao preço da telha e o preço unitário, tendo um custo de 3.600,00 como investimento inicial.

Substituir telhas por iluminação natural proporciona benefícios, gerando economia para a empresa.

Podemos descrever:

Custo mensal de energia:  $(40 * 105 * 10 * 22 * 0,45) / 1000 = \text{R\$ } 415,80$

O cálculo foi baseado em dados reais, encontrando o valor de R\$ 453,00 transformado em reais, multiplicou-se a potência das lâmpadas (40W), multiplicado pela quantidade de lâmpadas (105 unidades), multiplicando pela quantidade de dias e horas



(11hrs \*22 dias ) vezes a tarifa (0,45 reais). Esse valor se refere ao gasto mensal com lâmpadas fluorescentes do salão de produção. O valor gasto em kw/mês é de 924 kW.

Custo de energia:  $40 * 105 * 1,5 * 22 * 0,45) / 1000 = R\$ 62,37$

Com o sistema de telhas translúcida seriam necessários utilizar 1,5 h de lâmpadas, que teria um gasto mensal de R\$ 62,37 reais.

Comparando-se o valor obtido nos resultados, pode-se concluir que podemos ter uma redução de R\$ 352,63 mensais com a utilização de telhas. Este estudo tem viabilidade de retorno econômico satisfatório, teoricamente o retorno viria em 10 meses.

## 5.2 MOTORES

Quando o motor é utilizado de forma coerente, pode evitar o desperdício de energia elétrica. Certificando-se de que os equipamentos principalmente os que operam por muitas horas em sua indústria, estejam bem dimensionados. O caso ocorre pelo uso desnecessário de motores com alta potência para a fabricação ou reparo de peças pequenas, contudo foram feitas sugestões para a economia de energia nesses casos específicos, sendo além da troca de motores novos, a instalação de inversores de frequência para diminuir a rotação e economizar energia.

**Tabela 4-** Planilha de motores

SETOR DO EQUIPAMENTO	QUANT. DE MOTORES	POTÊNCIA MEDIA EM WATTS	DIAS ESTIMADOS	MÉDIA UTILIZADA POR DIA	CONSUMO MÉDIO MENSAL	CONSUMO COM MOTORES NOVOS
MÁQUINA DE CORTE	1 Unidade	3cv/ 2206,5 w	22 dias	5 vezes	242,715K WH/ mês	213,58 KWH
PRENSA	1 Unidade	1cv/ 735,499 w	22 dias	4 vezes	64,72 KWH/ mês	56,95KWH
GUILHOTINA	1 Unidade	7.5cv/ 5516,24 w	22 dias	4 vezes	485,429K WH/mês	427,17KWH
DOBRADEIRA	1 Unidade	10cv/ 7354,99	22 dias	5 vezes	809,048 KWH/ mês	711,96KWH

**Fonte:** Autor (2018)

Com esses dados pode-se analisar o consumo mensal antes e depois da instalação de novos motores, a seguir nos próximos tópicos será explicado a tabela 4 junto com os resultados obtidos.

Abaixo estão os valores dos motores de acordo com o orçamento realizado em

determinados fornecedores

- ✓ R\$ 780,00 motor de 3cv;
- ✓ R\$ 400,00 motor de 1cv;
- ✓ R\$ 1.500,00 motor de 7.5cv;
- ✓ R\$ 3.500,00 motor de 10cv.

Na troca dos motores de 3, 1, 7.5 e 10 cv existentes na referida empresa, obtivemos um custo total de R\$ 6.180,00 (Investimento)

O gasto anterior com motores era de R\$ 720,86 mensais, de acordo com os valores de consumo por motores citados na tabela 4. Com isso R\$ 720,86 subtraindo pelo novo valor R\$ 634,34, obteve-se um valor de economia de R\$ 86,52 reais mensais.

Conforme análise e utilizando o cálculo matemático ROI, obtivemos os respectivos resultados:

$$\text{CÁLCULO MATEMÁTICO ROI} = 86,52 * 12 - 6.180,00 / 6.180,00 = 0,8\%$$

O gasto com os motores antigos era de R\$ 720,86 reais e com os novos motores passou a ser gasto R\$ 634,34. Tendo uma redução na conta de energia de R\$ 86,52, tendo um retorno financeiro em 6 anos. Os valores obtidos se tornariam inviáveis se não fosse visto o contexto geral, um retorno financeiro de 6 anos se tornaria algo a se pensar, mas esses valores combinados com a iluminação e placas solares, tornariam a implementação eficaz.

### 5.3 PLACA SOLAR

A energia solar é uma fonte de energia limpa, renovável, não possui nenhum tipo de ruído e é inesgotável, o que faz dela uma fonte de energia do futuro e que vem crescendo cada vez mais. É um investimento lucrativo a longo prazo e por não prejudicar o meio ambiente vem sendo adotado nas residências, indústrias e estabelecimentos comerciais.

O sistema de placas é ON-GRID, misto e não precisa de baterias para armazenar energia, o sistema converte a energia alternada em energia contínua e joga no sistema Celpe, não chega a ser um sistema autônomo e serve de suporte ao sistema elétrico da Celpe dentro da empresa

Foi realizado um estudo na fábrica, de acordo com os dados obtidos, foi feito um levantamento de quanto seria gasto mensalmente de energia. Foram apurados dados como o de contas de energia. Apurou quanto de energia cada lâmpada, cada motor e cada equipamento consumia. Com esses dados soube-se quanto de energia era consumido pela empresa e foi realizado um cálculo para implementação de placas solares, onde com o sistema fotovoltaico seriam economizados R\$ 9147,60 reais mensais, com um retorno de investimento em quatro anos.

Tomou-se base nos dados citados na tabela, onde a tarifa da conta de energia seria de 0,45 kW/h, com placas solares com potência de 240 W. as placas teriam aproximadamente 2,0 X 1.0 metros ocupando no telhado dois metros quadrados.

Foi feito um orçamento com os dados obtidos, onde seriam necessárias 350 placas solares aplicadas no sistema elétrico da empresa, onde o investimento total para a realização de compra e instalação de placas seria de R\$ 443000,00 (quatrocentos e quarenta e três mil reais).

O orçamento total de 350 placas de 240 W de potência, custaria em média R\$ 443000,00 mil reais.

Foi realizado um cálculo para saber teoricamente quando de energia em reais as placas iriam gerar durante todo o dia:  $(350 * 240 * (11 * 22) * 0,45) / 1000 =$  R\$ 9147,60 reais .

A economia mensal de energia em reais seria de R\$ 9147,60 reais, aproximadamente de 109.771,20 reais anuais.

Com esses dados teóricos e com um investimento de 443000 e com uma redução média anual de 109,771,2 o retorno financeiro viria em 4 anos. O estudo da eficiência energética da empresa e com a aplicação das placas a solares se torna viável a longo prazo, pois é um investimento alto, que pode ter um retorno financeiro tardio pois existe uma redução considerável na conta de energia. Vale lembrar que a vida útil de placas solares são de 15 a 20 anos, sabendo disso, tudo que viria após os 4 anos de retorno seriam lucro para a empresa

## 5.4 RESULTADOS TOTAIS

Todos os valores obtidos, eles relacionados com os retornos financeiros anuais, tornariam viáveis a implementação do projeto na indústria.

O investimento de telhas, motores e placas seriam de R\$452.780,00 reais, um valor considerado alto para uma empresa. Contudo vale lembrar que investir em economia nunca é demais, ainda mais quando falamos em energias renováveis e que trarão um retorno financeiro consideravelmente alto em menos de 4 anos

A economia anual seria de R\$115.041,10 trazendo um retorno financeiro de em até 3 anos. Vale ressaltar que o sistema deve ser realizado em conjunto para, que os valores levantados sejam atingidos. Valores citados na tabela 5

**Tabela 5-** Economia total

	<b>TELHAS</b>	<b>MOTORES</b>	<b>PLACAS SOLARES</b>	<b>SOMA</b>
<b>INVESTIMENTO TOTAL</b>	R\$3.600,00	R\$6.180,00	R\$443.000,00	R\$452.780,00
<b>ECONOMIA TOTAL ANUAL</b>	R\$4.231,56	R\$1038,24	R\$109.771,30	R\$115.041,10

**Fonte:** Autor (2018)

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos estudos realizados e dos dados coletados neste estudo sobre eficiência energética, tema esse que se encontra cada vez mais em alta, por se tratar de práticas sustentáveis, não só em relação ao ponto de vista econômico, mas sim de forma a causar o mínimo impacto possível ao meio ambiente.

O trabalho tem o foco em utilizar as melhores práticas em conjunto com as novas tecnologias que se encontram disponíveis no mercado e algumas delas muito acessíveis a qualquer área e com retornos garantidos. Ao concluir o trabalho, foi constatado que atingimos os objetivos traçados, sendo o primeiro deles realizar um diagnóstico energético, levantando números para aumentar a eficiência da indústria através do método escolhido, foi avaliado todo o consumo através da coleta de dados da indústria, levantando o consumo de cada setor através de dados concretos que existe a possibilidade de alcançar uma redução no custo de energia elétrica em determinados pontos da empresa onde realizamos o estudo, pontos esses que são:

Na análise em que se refere à iluminação, foi verificado que a empresa trabalha em turno diurno e que através da substituição das lâmpadas fluorescentes por telhas, com características de captar a luminosidade natural do sol, existiria uma redução muito expressiva no uso da iluminação elétrica e essa seria uma boa ação, pois atualmente são poucas as tecnologias que proporcionam um custo benefício tão expressivo e com um retorno de menos de cinco anos, ficando bem sucinto que essa prática terá um retorno em pouco tempo.

No tocante aos motores elétricos, chegamos à conclusão que a troca dos usados por novos, não seria uma solução eficiente se fosse realizado individualmente, pois traria um retorno financeiro a longo prazo e a redução na conta de energia seria irrisória. Configurando assim um mal investimento embora não tenha um valor expressivo, não compensa a longo prazo. Entretanto, na troca por novos motores, a economia chegaria em média a 12% e com a combinação com os outros meios de economia citados no trabalho, a aplicação de motores se tornaria viável,

Complementando os dados referentes a instalação de placas solares para o fornecimento de energia elétrica da empresa, teríamos um custo elevado e com retorno a longo prazo, mas ao analisar a situação das fontes geradoras de energia elétrica, chegamos ao consenso que a mesma está cada vez mais escassa e que tudo leva a crer que o aumento

das tarifas do setor elétrico seja uma crescente, fazendo com que o custo elevado da implantação das placas solares venha a trazer um enorme retorno a logo prazo e levando em consideração que a fábrica funciona em turno diurno como já mencionado anteriormente, não existiria custos adicionais para armazenamento de energia.

Os autores do trabalho, abrem sugestões para trabalhos futuros, por meios de enriquecer a área estudada, pois se torna uma crescente devido à crise energética que possa nos atingir nos anos decorrente

## 7. REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** ABNT NBR ISO 50001: Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2011.
- BRAGA, B. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável.** 2. ed. São Paulo: Pearson Pretice Hall, 2005.
- BS ISO 50001:2011 – **Energy management systems** - Requirements with guidance for use- Uk, 2011.
- CULLEN, J. M.; ALLWOOD, J. M. (2010). Theoretical efficiency limits for energy conversion devices, **Energy Review**, v. 35, Issue 5, May, pp. 2059-2069.
- GARCIA, A.G.P. . **Impacto da Lei de EE para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria.** Tese apresentada a Coordenação dos programas de Pós-graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ, 2003. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/agpgarcia.pdf>> Acesso em: 11. Out. 2018.
- Gardner, G., & Stern, P. (2002). **Environmental Problems and Human Behavior.** Boston, MA: Person Custom.
- GELLER, H. S. **Energy Revolution: Policies for a Sustainable Future.** Washington: Island Press, 2003.
- Hammond, G. P. (2007). **Industrial energy analysis, thermodynamics and sustainability, Applied Energy.** V. 84, Issues 7-8, July-August, pp 675-700.
- INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. **A eficiência Energética e o Novo Modelo do Setor Energético,** Rio de Janeiro, 2001.
- (ISO 50001 – **Energy management,** Sistemas de gestão de energia (2011) – Requisitos com orientações para uso).
- JOICHEM, E.; Gruber, E. Local learning-networks on energy efficiency in industry – Successful initiative in Germany, **Applied Energy,** v. 84, Issues 7-8, July-August, pp 806-816. 2007.
- Kirschen, M.; Risonarta, V.; Pfeifer, H. (2009). Energy efficiency and the influence of gas burners to the energy related carbon dioxide emissions of electric arc furnaces in steel industry, **Energy Review,** v. 34, September, pp 1065-1072.
- LAURIJSSSEN, J.; DE GRAM, F. J.; WORRELL, E.; FAAIJ, A. Optimizing the energy efficiency of conventional multi-cylinder dryers in the paper industry, **Energy Review,** v. 35, Issue 9, p. 3738-3750. 2010.
- MELO, Miguel, CAMPELLO, S.; SILVA L. B. Industry Energy Efficiency Analysis In Northeast Brazil: Proposal Of Methodology And Case Studies. **International Journal Of Industrial Engineering: Theory Application And Practice,** v. 19, no 11. 2012.
- MELO, Miguel, SILVA, G., TIMOTEO, M.; MOREIRA, R.; CABRAL, L. Analyses of Energy Efficiency and Photovoltaic **Solar Energy: Application in Installations in Brazil,** International Joint Conference ICIEOM, San Sebastián, Spain, July 13-15, 2016.

Nascimento, Adriana. **Solar Energy Photovoltaic: Cases Studies in Northeast Brazil**. Master Dissertation (in Portuguese) in Production Engineering, Federal university of Paraíba, João Pessoa, Brasil, 2015.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. ISO 14001 **Sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Hasanbeigi, A.; Price, L.; Lu, H.; Lan, W. (2010). Analysis of energy-efficiency opportunities for the cement industry in Shandong Province, China: A case study of 16 cement plants. **Energy Review**, v. 35, Issue 8, August, pp 3461-3473.

OIKONOMOU V., BECCHIS F., STEG L., RUSSOLILLO D. Energy saving and energy efficiency concepts for policy making . **Energy Policy** 37, 4787–4796. 2009.

OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento Estratégico** – Conceitos, Metodologia e Práticas. 20ª Edição. Editora Atlas. São Paulo, 2004

ROVERE, Emílio. **Carta do sol** - Subsídios para o planejamento da promoção da energia solar fotovoltaica no Brasil. Rio de Janeiro, 2011.

SOLA, A. V. H. **Fatores Humanos como Barreiras para EE em indústrias**. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPr, 2006, 118 p.

VINE,E; PRAHL, R; MEYERS, S; TURIELL, I. An Approach for evaluating the market effects of energy efficiency programs, **Energy Efficiency Review**.





**CENTRO UNIVERSITÁRIO TABOSA DE ALMEIDA**  
Av Portugal 584 – Caruaru –PE – CEP 55016-400  
Fone: 81 2103 2000

Caruaru, de 2018

Assunto: SOLICITAÇÃO DE CARTA DE ANUÊNCIA

Prezado Sr  
Diretor da Empresa

Os alunos a seguir do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Tabosa de Almeida UNITA esta realizando a pesquisa acadêmica:

\_\_\_\_\_

—

\_\_\_\_\_

—

cujo projeto segue em anexo, solicita a Va. Sa. autorização para coleta de dados em sua instituição.

Ressalta-se que não haverá custos para a sua instituição e não haverá interferência nas atividades operacionais da empresa durante a coleta. e os dados coletados serão antecipadamente apresentados a Va. Sa. para a aprovação.

Certos de sua contribuição para o desenvolvimento científico e tecnológico da nossa região

Atenciosamente

\_\_\_\_\_Aluno 1 \_\_\_\_\_Aluno 2

\_\_\_\_\_Aluno 3

Orientador da pesquisa: \_\_\_\_\_

Coordenador do curso de Enga de Produção: \_\_\_\_\_