

AGOSTINHO VIEIRA DE ALMEIDA JUNIOR  
MAILSON VINICIUS DE OLIVEIRA SILVA

GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DA  
VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO NA IGREJA MATRIZ DE  
SÃO JOÃO DO ORIENTE - MG

BACHARELADO  
EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA

**DOCTUM-MG**

2015

AGOSTINHO VIEIRA DE ALMEIDA JUNIOR  
MAILSON VINICIUS DE OLIVEIRA SILVA

GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: ANÁLISE DA  
VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO NA IGREJA MATRIZ DE  
SÃO JOÃO DO ORIENTE - MG

Monografia apresentada à banca examinadora do Instituto Tecnológico de Caratinga – ITC/ Doctum, com exigência parcial para obtenção do grau de bacharelado em Engenharia Elétrica, sob a orientação do Professor Joildo Fernandes Costa Junior.

**DOCTUM-CARATINGA**

2015

Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir!

(Augusto Cury)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, a Nossa Senhora Aparecida que nos deu saúde, perseverança e força para seguir nessa caminhada, iniciada bem antes de ser universitário e que continuará nos abençoando.

Aos professores que nos deram a direção para chegar ao fim do curso com sucesso.

Ao nosso orientador Joildo Fernandes, que nos concedeu o seu tempo e conhecimento, incentivos e informações cruciais.

Aos nossos Pais e familiares, que nos seguraram e deram força nos momentos difíceis.

Aos amigos e companheiros, que estavam juntos nos perrengues das provas.

E a todos aqueles que de forma direta ou indiretamente contribuiu para que estejamos aqui. O nosso muito obrigado.

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus que faz com que todo ideal seja alcançado pela fé, meus pais pelo incentivo e por me amparar nos momentos de dificuldades e que por sinal foram muitas, minha noiva Tamara Silva Martins pelo importante apoio e ajuda para que esse trabalho fosse finalizado, aos amigos e parentes que direta ou indiretamente me ajudaram para que essa meta fosse alcançada, fica aqui meu muito obrigado.

Agostinho Vieira

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, aos meus pais, irmãos e demais familiares, a minha madrinha Rosimar que me atura morando com ela, a minha namorada Maria Carolina que me ajudou muito nessa reta final e principalmente a Cida, senhora minha mãe, que se dedicou muito em educar não só a seus filhos, me incentivando e me cobrando a realizar esse sonho, o meu muito obrigado mãe essa vitória é nossa.

Mailson Vinícius.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
°C/Km	Graus Celsius por Quilometro
µm	Micro Metro
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Continua
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
CUT IN	Velocidade de Vento de Partida
CUT OUT	Velocidade de Vento de Parada
DPS	Dispositivo de Proteção de Surto
DSV	Dispositivo Seccionador Visível
ETAR	Estação de Tratamento de Agua Residual
EVA	Acetato de Vinil-Etila
GRID-TIE	Sistema Livre em Rede
KWh	Quilowatts-hora
KWp	Quilowatspico
M/S	Metros por Segundo
Make-up	Drilling Manutenção da Fonte
MWh	Megawatshora
MWp	Megawatspico
PROINFA	Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SFCRs	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas
W/m <sup>2</sup>	Wats por Metro Quadrado

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de uma célula fotovoltaica

Figura 2 - Estrutura de uma célula fotovoltaica de silício monocristalino

Figura 3 - Estrutura de uma célula fotovoltaica de silício policristalino

Figura 4 - Conexão das células fotovoltaicas em serie

Figura 5 - Componentes de um modulo fotovoltaico

Figura 6 - Inversor para conexão de módulos fotovoltaicos à rede elétrica

Figura 7 - Desenho de uma instalação típica de dispositivos de proteção para SFCR

Figura 8 - Conectores de engate rápido MC4

Figura 9 - Mapa da Região de São João do Oriente - MG

Figura 10 - Dados da radiação solar

Figura 12 - Dados gerais do projeto

Figura 13 - Dados da radiação solar

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Consumo médio mensal

Tabela 2 - Tabela do payback



## **ANEXOS**

Anexo I - Atlas Solarimétrico de Minas Gerais

Anexo II - Orçamento da empresa

Anexo III - Dados da radiação solar

Anexo IV – Dados gerais do projeto

## RESUMO

O presente trabalho de monografia tem como tema “Geração de Energia Fotovoltaica: Estudo da Viabilidade de Implementação na Igreja Matriz de São João do Oriente – MG”, e tem como objetivo apresentar sobre a energia fotovoltaica, voltando-a para o mercado brasileiro, as partes públicas, as limitações técnico financeiras e as regulamentações, com a crise hídrica, principalmente na região sudeste, e com a falta de chuvas no Brasil, ocasionando a diminuição na quantidade de produção de energia, já que em sua maior parte é fornecidas por hidrelétricas, com isso as termelétricas foram forçadas a entrar em funcionamento o que elevou o valor do KWh, assim fora pensado a possibilidade de utilização da geração de energia fotovoltaica em instituições públicas municipais, pois o sol se tornara uma fonte de energia elétrica inesgotável para a terra, então porque não utilizarmos esta inesgotável fonte de energia, não só para auxiliar as formas já existentes e sim para contribuir de tal forma a ser um conceito de geração de energia mais sustentável visando a menor utilização de recursos hídricos e poluentes, trazendo assim um novo conceito de geração, como fonte de energia limpa tendo em foco os principais conceitos de geração de energia fotovoltaica e sustentabilidade.

Palavras chave – Geração de energia fotovoltaica, sustentabilidade, fonte de energia limpa.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS.....</b>	<b>15</b>
<b>1 Tipos de Energia Renováveis.....</b>	<b>20</b>
1.1 Energia Eólica.....	21
1.2 Energia Geotérmica.....	22
1.3 Energia Hidrelétrica.....	23
1.4 Energia Solar.....	25
1.5 Energia do Biogás.....	26
1.6 Energia de Biomassa .....	26
1.7 Energia das Ondas e das Mares.....	27
<b>2 Conceitos de Energia Fotovoltaica.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 Características.....</b>	<b>29</b>
2.1.1 Células e Módulos Fotovoltaicos.....	29
2.1.2 Tipos de Células Fotovoltaicas.....	31
2.1.2.1 Silício monocristalino .....	31
2.1.2.2 Silício policristalino .....	31
2.1.2.3 Filmes finos de silício .....	32
2.1.3 Módulo Placa ou Painel Fotovoltaico.....	33
<b>2.2 Aplicações da Tecnologia Fotovoltaica.....</b>	<b>34</b>
2.2.1 Sistemas autônomos.....	34
2.2.2 Sistemas conectados a Rede.....	35
<b>3 Projeto Fotovoltaico conectado à rede e seu Aproveitamento.....</b>	<b>37</b>
3.1 Energia Produzida.....	37
3.2 Módulos .....	37
3.3 Inversor .....	38
3.4 Sistema de Proteção .....	39
3.5 Cabeamento e Conexões.....	40
3.6 Suporte Estrutural.....	42
3.7 Cálculo da Energia Produzida.....	42
3.8 Modelo de tomada de decisão Payback simples.....	46

3.8.1 Prazo para Retorno do Investimento.....	46
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>54</b>

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho fora pensado e desenvolvido para somar na formação acadêmica, não apenas pela conclusão do curso, mas sim na formação de um conceito de sustentabilidade enriquecedor para o nosso conhecimento, tendo em vista as pesquisas realizadas acerca do tema incorporando essa ideia de sustentabilidade, a fim de diminuir a dependência direta da geração de energia hidrelétrica.

O Trabalho será desenvolvido com a intenção de auxiliar na geração e fornecimento de energia elétrica para suprir a demanda de igrejas, escolas e outras instituições públicas, devida a atual crise energética no país, mais precisamente na região sudeste, como consequência pelo menor volume de chuvas e maior incidência do sol. Com uma possível sustentabilidade destas instituições, diminuindo os gastos com energia elétrica podendo ser desenvolvidos inúmeros projetos que beneficiariam a comunidade como creches, asilos e missões de evangelização.

A partir deste desenvolvimento a sociedade teria uma visão diferente da engenharia, chamando a atenção para nossa área demonstrando que somos capazes de gerar nossa própria energia com um recurso que temos à disposição, assim demonstrando que a fonte de vida da terra também pode vir a ser uma fonte inesgotável de energia elétrica.

Tendo visto isso, a proposta é um estudo da viabilidade de custo de instalação na Igreja Matriz de São João do Oriente - MG. Diante da necessidade de implantação de energia limpa e de menor custo para a Igreja Matriz de São João do Oriente, pergunta-se: que dimensão deve ter uma estrutura fotovoltaica de geração de energia que seja economicamente viável à Matriz?

Trabalho este com título, Geração de energia fotovoltaica: Análise da viabilidade de implementação na Igreja Matriz de São João do Oriente - MG.

O mesmo tende a analisar possibilidade de instalação no local, itens como a infra-estrutura, análise dos dados Solarimétrico e estudo técnico e orçamentário do equipamento no mercado, com sua conclusão a partir dos objetivos, revisar bibliografias, estudar o mapa Solarimétrico, analisar potencial solar da região, possibilidade de implementação, a viabilidade de implementação, o custo de implantação por valor orçamentário, se a instalação dispõe de local suficientemente adequado.

Isso devido ao elevado custo das tarifas de energia atualmente aplicadas, visando à redução das despesas com energia elétrica de instituições pública, como igrejas. O dimensionamento da geração de energia fotovoltaica seria uma opção pelo fato da Igreja Matriz de São João do Oriente - MG estar situada na região sudeste onde a incidência solar pode ser considerada ideal para a instalação do sistema, apresentando, assim, como uma alternativa para diminuição de utilização de recursos hídricos e combustíveis fósseis. Ao contrário do que se possa provar, a energia solar fotovoltaica é economicamente viável e muito competitiva diante do elevado custo da energia elétrica para o consumidor brasileiro e diante dos aumentos inflacionários esperados das tarifas de eletricidade, como sustenta o marco teórico dessa pesquisa.

A metodologia aplicada será iniciada com as atividades de revisão bibliográfica, selecionar conceitos básicos, reunir projetos afins ao tema, foram parte de um grupo de objetivos caracterizados como cognitivos ou de construção teórica da pesquisa, para detalhar os procedimentos adotados para o desenvolvimento tanto da realidade cognitiva optou-se pela seguinte caracterização metodológica.

Durante todo o processo a revisão bibliográfica terá como marca fundamental a proximidade com o marco teórico, isto feito para definir bibliografia básica e complementar, a análise e reunião dos projetos afins serão desenvolvidas no sentido de permitir sintetizar novos fundamentos de pesquisa e desenvolvimento, tendo como padrão material existente e bibliografias, porque foram estruturadas sob a seguinte pauta de interesse a crise hídrica enfrentada pelo Brasil nos anos de 2014 e princípio de 2015, o aumento das tarifas de energia, pretensão empresarial, conceito de energia renovável e sustentabilidade para a instituição acima mencionada, para o cumprimento de tais tarefas/metodologias, a escrita da monografia se dividirá entre 3 (três) capítulos. No primeiro abordaremos os seguintes aspectos do objeto observado principal Tipos de Energia Renováveis.

A idéia que direcionara o segundo capítulo terá como tema Características Físicas, Conceitos de Energia Fotovoltaica, Aplicações da Tecnologia Fotovoltaica.

E por fim, no terceiro capítulo trataremos especificamente sobre Projeto Fotovoltaico Conectado à Rede e Seu Aproveitamento.

## CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

Como já explorado nos textos anteriores o nosso país tem vivenciado uma das maiores crises hídricas de sua história, fato este que tem afetado diretamente o custo e a geração de energia elétrica, por isso nosso interesse numa outra matriz, a fotovoltaica.

Nesse sentido, leciona Lineu Belico dos Reis e Semida Silveira:

Na organização mundial atual, a energia pode ser considerada um bem básico para a integração do ser humano ao desenvolvimento. Isso por que a energia proporciona oportunidades e maior variedade de alternativas tanto para a comunidade como para o individuo. Sem uma fonte de energia de custo aceitável e de credibilidade garantida, a economia de uma região não pode se desenvolver plenamente. Também o individuo e a comunidade não pode ter acesso adequado a diversos serviços essenciais ao aumento da qualidade de vida como a educação, saneamento e saúde pessoal [...] A relação do consumo energético com a renda tem sido bastante trabalhada e estudada, levando à conclusão de que o acesso a uma determinada quantidade de energia é fundamental para resolver problemas de disparidade e permitir maior facilidade e segurança na busca do desenvolvimento sustentável.<sup>1</sup>

Com a crise hídrica enfrentada pelo país principalmente na região Sudeste, e com a falta de chuvas, pairam várias dúvidas como a questão da diminuição da quantidade da produção de energia, já que em sua maioria é fornecida por hidroelétricas. Contudo as termoelétricas foram forçadas a entrar em funcionamento, o que elevou o valor das tarifas e a implantação de bandeiras tarifária.

De acordo com os dados fornecidos pela CEMIG:

As bandeiras tarifárias são uma forma diferente de apresentar um custo que hoje já está na conta de energia, mas geralmente não é percebido pelo consumidor [...] O sistema de bandeiras tarifárias funciona, portanto, como um “semáforo” que indica a diferença de custo de geração de energia para os consumidores. A Cemig informou a seus consumidores, as bandeiras tarifárias em suas faturas de energia, durante todo o período de testes para aplicação. A medida pretende facilitar a compreensão dos clientes sobre o sistema energético. Com o início da aplicação das bandeiras tarifárias nas contas de energia das distribuidoras, em 1º de janeiro de 2015, houve um impacto também no valor das contas de energia, que poderão sofrer acréscimos gradativos, de acordo com o consumo.

- Na bandeira verde, que representa condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo.

---

<sup>1</sup> REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira(orgs.)**.-2. ed.1 .reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p.28 e 29

- Com a bandeira amarela, que representa a geração em condições menos favoráveis, a tarifa sofrerá acréscimo de R\$0,025 a cada kWh consumido. (Valor informado sem cálculo de impostos).
- Quando a bandeira sinalizar a cor vermelha, as condições de geração serão as mais caras. A tarifa sofrerá acréscimo de R\$0,055 a cada kWh consumido. (Valor informado sem cálculo de impostos)<sup>2</sup>

Muitos questionamentos surgem a partir de uma crise, assim sendo o porquê não utilizar a geração de energia fotovoltaica em instituições públicas municipais? E por que não utilizá-la em igrejas.

A resposta a essa e outras tantas questões podem estar bem ao nosso alcance no que diz respeito a novas tecnologias. O sol, por exemplo, é uma fonte de energia inesgotável na terra, conforme se observa o comentário de Manuel Rangel Borges Neto: “O sol, efetivamente, é a grande fonte primária de energia do planeta terra”.<sup>3</sup> Sendo assim, porque não utilizarmos esta inesgotável fonte de energia não só para auxiliar as formas já existentes de geração de energia, mas sim vir a contribuir de tal forma a ser um conceito de forma de geração mais sustentável, visando a menor utilização de recursos hídricos e poluentes, trazendo assim um novo conceito de geração de energia limpa.

Muitas outras perguntas e suposições podem ser feitas a partir dessas considerações, como: No que isso pode ajudar a comunidade? Qual seria sua vantagem na instalação? Já tem quem instale esse sistema em nossa região? Quanto custa e como é feita sua instalação? Para qual lado devem ser posicionados os painéis? Seria ou não viável sua instalação? Isso é ou não uma maneira sustentável de gerar energia? .

Vale ressaltar que o país tem entre outras possibilidades de formas de geração de energia, como: energia eólica, termoelétricas a gás, combustível e nuclear, destacando que eólica e solar deveriam ser mais bem vistas pelo governo como alternativas em tempo de crise, pois são formas de energia limpa.

Entre as formas de geração que o Brasil dispõe a fotovoltaica é empregada principalmente em pequenos sistemas isolados ou autônomos, instalados em locais não atendidos pela rede elétrica ou onde a instalação de linhas de transmissão não são economicamente viáveis, devido a alguns obstáculos como o custo da

<sup>2</sup> CEMIG. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: [http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras\\_tarif%C3%A1rias.aspx](http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Bandeiras_tarif%C3%A1rias.aspx). Acessado em: 24 de maio de 2015

<sup>3</sup> BORGES NETO, Manuel Rangel; CARVALHO, Cesar Marques de. **Geração de energia elétrica: Fundamentos**. 1. ed., São Paulo: Erica, 2012.p.119.



eletricidade gerado pelo sistema. Isso considerando um valor elevado em comparação com a energia hidrelétrica.

Segundo a doutrina de Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli, abaixo tomado como marco teórico dessa pesquisa temos que:

Ao contrario do que se pode afirmar, a energia solar fotovoltaica é economicamente viável e muito competitiva diante do elevado custo da energia elétrica para o consumidor brasileiro e diante dos aumentos inflacionários esperados das tarifas de eletricidade<sup>4</sup>.

A geração de energia solar fotovoltaica é considerada uma tecnologia promissora. Seu efeito permite que a conversão direta da luz, ou seja, a energia do sol seja transformada em eletricidade.

As células solares convertem diretamente a energia solar, a mais abundante fonte de energia renovável. O processo de geração, executado por dispositivos semicondutores, não tem partes moveis, não produz cinzas nem outros resíduos e, por não liberar calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera. Como não envolve queima de combustíveis, evita por completo o efeito estufa.

A energia fotovoltaica associada a aquecedores solar de água são meios para promover a sustentabilidade de qualquer instituição por assim dita, ambas utilizando o sol como fonte para seus trabalhos diminuindo assim o consumo com os recursos hídricos que por sua vez são tidos como inesgotáveis, mas em tempos de pouca chuva ficam escassos comprometendo a geração hidrelétrica.

O desenvolvimento sustentável segundo relatório de Brundtland, nosso futuro comum:

[...] tem, é claro, limites - não limites absolutos, mas limitações impostas pelo estágio atual da tecnologia e da organização social no tocante aos recursos ambientais e pela capacidade da biosfera de absorver os efeitos da atividade humana. Mas tanto a tecnologia quanto a organização social podem ser geridas e aprimoradas a fim de proporcionar uma nova era de crescimento econômico<sup>5</sup>.

Assim, para Lineu Belico dos Reis e Semida Silveira:

---

<sup>4</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella, GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012. p.36

<sup>5</sup> BRUNDTLAND, Gro Harlem, et al. **Nosso futuro comum/comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento**. -2.ed.,Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.p.9

Os impactos sociais ambientais apresentam-se como importantes motivadores e catalisadores na busca de um novo paradigma, em que o consumidor passe a ter um papel participativo e chave na busca de um sistema energético eficiente e condizente com os princípios de sustentabilidade<sup>6</sup>.

A energia solar é, portanto, uma das soluções sustentáveis para a crescente demanda de energia global.

As fontes limpas de energia são frequentemente associado às fontes renováveis, ou seja, são aquelas consideradas inesgotáveis para os padrões humanos de utilização. Podemos utilizá-las continuamente e nunca se acabam, pois sempre se renovam. Pois em comparação com os combustíveis fósseis apresentam reduzidos impactos ambientais e praticamente não originam resíduos ou emissões de poluentes.

Contudo como leciona Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli:

O aumento acelerado da demanda de energia em todo o mundo, a necessidade de diminuir a dependência de combustíveis fósseis e a preferência por fontes de energia que não poluem têm levado à busca de novas fontes de energia para a geração de eletricidade<sup>7</sup>.

Nos dizeres de Jose Valderi Cavalcante Silva:

As vantagens da energia solar ficam evidentes quando os custos ambientais de extração, geração, transmissão, distribuição e uso final de fontes fósseis de energia são comparados à geração por fontes renováveis, como elas são classificadas. O Brasil, por sua localização e extensão territorial, recebe energia solar da ordem de 1013 MWh (Mega Watt hora) anuais, o que corresponde acerca de 50 mil vezes o seu consumo anual de eletricidade. Apesar disso, possui poucos equipamentos de conversão de energia solar em outros tipos de energia, que poderiam estar operando e contribuindo para diminuir a pressão para construção de barragens para hidrelétricas, queima de combustíveis fósseis, desmatamentos para produção de lenha e construção de usinas atômicas<sup>8</sup>.

Por tudo exposto até o momento, segundo Lineu Belico dos Reis e Semida Silveira:

<sup>6</sup> REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira (orgs.)**. -2. ed.1 .reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p.40

<sup>7</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.18

<sup>8</sup> SILVA, José Valderi Cavalcante. **Pré-dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à rede Elétrica** para a universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga. Universidade Federal de Lavras, 2013.

[...] fica bem claro que é necessário que o planejamento dos sistemas energéticos passem por modificações conceituais e metodológicas para se adequar às novas necessidades [...] Para se obter no futuro uma matriz energética fortemente baseada em energia renovável é necessário o estabelecimento de incentivos financeiros que permitam uma maior penetração de novas tecnologias renováveis no mercado e de políticas que gradualmente contribuam para restringir o uso de combustíveis fósseis. Resta ao nosso país incorporar essa visão no seu planejamento energético.<sup>9</sup>

Com base nisso este trabalho tem como objetivo maior estudar a possível viabilidade na implementação do sistema de geração de energia fotovoltaica pondo em questão a viabilidade de sustentabilidade do sistema conceituando o como fonte de energia limpa.

---

<sup>9</sup> REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira (orgs.)**. -2. ed.1. reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.p.41

## 1 TIPOS DE ENERGIA RENOVÁVEIS

Quando falamos de fontes de energia renováveis o que fica subentendido é o fato de que nunca se acabam e que poderíamos utilizá-las para sempre, uma vez que sempre se renovam. Alguns exemplos são biomassa, energia solar, eólica, geotérmica, hídrica, ondas e mares e do biogás.

Segundo Lineu Belico dos Reis e Semida Silveira:

Fontes renováveis são aquelas cuja reposição pela natureza é bem mais rápida do que as utilização energética como no caso das águas dos rios, marés, sol e ventos, ou cujo manejo pode ser efetuado de forma compatível com as necessidades de sua utilização energética [...] <sup>10</sup>

De acordo com Clóvis Cavalcanti, “em relação a ciclos renováveis, os mais importantes são considerados “limpos”, ou seja, os que não causam poluição nem prejudicam o meio ambiente, sendo assim, serem também designadas por Energias Limpas”.<sup>11</sup>

Infelizmente essas energias ainda não são aproveitadas ao máximo, visto que as tecnologias utilizadas não permitem o seu máximo aproveitamento.

Assevera Lineu Belico dos Reis:

Pode-se afirmar que a geração elétrica no Brasil ainda terá um perfil fortemente hidrelétrico a médio prazo. Entretanto, o perfil renovável que hoje se verifica na matriz energética do país pode ficar comprometido a longo prazo, caso as políticas para o setor não visualizem um futuro de desenvolvimento sustentável, fomentando assim a atratividade das soluções renováveis. <sup>12</sup>

E por fim, veremos abaixo alguns conceitos sobre os tipos dessas energias renováveis.

<sup>10</sup> REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira (orgs.)**. -2. ed.1. reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.p.44

<sup>11</sup> CAVALCANTI, Clóvis. **Desenvolvimento e natureza: Estudos para uma Sociedade Sustentável**. INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisa Social, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, Recife, Brasil. Outubro, 1994

<sup>12</sup> REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira (orgs.)**. -2. ed.1. reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.p.46

## 1.1 ENERGIA EÓLICA

A energia eólica consiste nos movimentos de massas de ar, ou seja, o vento através do aquecimento diferenciado das camadas de ar pelo sol e através do movimento da rotação da terra sobre seu eixo.

Nos dizeres de Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli.

A energia eólica, ou a energia do vento, já é empregada pelo homem há muitos séculos no transporte e no acionamento de mecanismos. A energia do vento pode ser utilizada também na geração de eletricidade através de turbinas eólicas acopladas a geradores elétricos. Em regiões do planeta onde existem ventos constantes, a energia eólica é uma fonte inesgotável e muito importante de eletricidade.<sup>13</sup>

Existem dois tipos básicos de turbinas eólicas: as de eixo horizontal que são grandes geradores eólicos com potência de vários megawatts usadas em parques através de sistemas automatizados com ajustes da orientação das pás conforme a direção do vento e as de eixo vertical que são usadas em pequenos geradores eólicos que podem ser empregados para suprir necessidades locais de energia elétrica e tem como vantagem poder aproveitar qualquer direção do vento.

Segundo Ramos Seidler (2011):

Para que a energia eólica seja considerada aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a  $500 \text{ w/m}^2$ , a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade mínima de vento de 7 e 8 m/s. segundo a Organização Mundial de Meteorologia, o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m, em apenas 13% da superfície terrestre. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental.<sup>14</sup>

Assevera Lineu Belico Dos Reis:

O conhecimento da velocidade média do vento é fundamental para a estimativa da energia gerada. Primeiro, porque os aerogeradores começam a gerar numa determinada velocidade de vento de partida (cut-in) e param de gerar quando a velocidade ultrapassam determinado valor (cut-out),

<sup>13</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.22

<sup>14</sup> RAMOS, Filipe G; SEIDLER, Nelson. **Estudos da Energia Eólica para Aproveitamento em Pequenos Empreendimentos**. Rev. El. De Extensão da URI, out/2012

estabelecido por questões de segurança, sendo portanto importante registrar a frequência de duração das calmarias e ventos fortes.<sup>15</sup>

Em relação ao local a instalação pode ser feita tanto em terra firme ou no mar.

De acordo com Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli.

Desde o ano 2004 o Brasil vem explorando com sucesso a energia eólica para a geração de eletricidade. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), criado pelo Governo Federal para incentivar o uso de biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e energias eólicas, foi responsável pela criação do setor de energia eólica no País. A indústria de energia eólica consolidou-se no Brasil e vem crescendo muito. Diversos parques de geração eólica já foram instalados e encontram-se em construção no País, especialmente nas regiões Nordeste e Sul, onde há bons regimes de ventos.<sup>16</sup>

O único problema é a inconstância do vento, por melhor que seja o potencial eólico da região implantada, o vento nunca será constante e uniforme o tempo todo, afetando assim a geração de energia.

## 1.2 ENERGIA GEOTÉRMICA

A energia geotérmica consiste na geração de energia por meio de turbinas a vapor acionadas pelo calor oriundo da terra.

Segundo Manuel Rangel Borges Neto:

No interior do planeta, após um lento processo de resfriamento, a estrutura da Terra se apresenta dividida em três camadas principais, sendo um núcleo quente e denso (temperatura entre 4.000 e 4.700°C), um manto (temperaturas entre 1.000 e 1.500°C) e uma fina e rochosa crosta externa (temperatura inferior a 1.000°C). Em geral, a temperatura da crosta aumenta com a profundidade a uma taxa de aproximadamente 30°C/KM.<sup>17</sup>

<sup>15</sup> REIS, Lineu Belico dos. **Geração de Energia Elétrica** / Lineu Belico dos Reis. – 2. ed.rev. e atual. – Barueri, SP: Manole, 2011.p.243

<sup>16</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.23

<sup>17</sup> BORGES NETO, Manuel Rangel; CARVALHO, Cesar Marques de. **Geração de energia elétrica: Fundamentos**. 1. ed., São Paulo: Erica, 2012.p.76

Sendo assim, assevera Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli:

O calor interior da Terra pode ser usado como fonte para aquecimento ou para a geração de eletricidade. Em algumas regiões do planeta é possível encontrar temperaturas elevadas a apenas algumas centenas de metros de profundidade, especificamente em regiões vulcânicas e onde existe a presença de gêiseres, que são fontes de água quente que brota do solo.<sup>18</sup>

A energia geotérmica em forma de calor gera menos gases do que os combustíveis fósseis, sendo assim podemos considerá-la uma fonte de energia limpa e inesgotável.

De acordo com Lineu Bélico dos Reis. “Suas consequências ambientais podem ser subdividas em dois grupos: Temporários, relacionados à perfuração e exploração, e permanentes, resultantes da manutenção da fonte (make- up drilling) e da operação da planta de geração”.<sup>19</sup>

### 1.3 ENERGIA HIDRELÉTRICA

As usinas hidrelétricas utilizam a energia cinética e mecânica dos rios ou das barragens, dependendo do seu tipo de construção, as que possuem barragem são mais uniformes em sua geração por não depender da vazão do rio, porém inunda uma área muito grande, prejudicando a natureza e o eco sistema, já as usinas denominadas a fio d'água dependem mais da vazão do rio, operando em força máxima apenas em condições perfeitas, ou seja, no período chuvoso.

De acordo com Manuel Rangel Borges Neto:

A geração hidroelétrica é classificada como uma fonte renovável de energia em função do ciclo da água. Os principais benefícios, além da geração da energia elétrica, estão no armazenamento de água para o consumo humano, de animais e plantações, na possibilidade de criação de peixes e outras culturas aquáticas e na formação de áreas de lazer e desportos para as comunidades ribeirinhas ou próximas ao lago.<sup>20</sup>

<sup>18</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.25

<sup>19</sup> REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia Elétrica** / Lineu Belico dos Reis. – 2. ed.rev. e atual. – Barueri, SP: Manole, 2011.p.161

<sup>20</sup> BORGES NETO, Manuel Rangel; CARVALHO, Cesar Marques de. **Geração de energia elétrica: Fundamentos**. 1. ed., São Paulo: Erica, 2012.p.47

Sobre o funcionamento de uma usina hidrelétrica disserta Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli:

A água de um rio é represada e depois escoada por um duto. A energia potencial da água armazenada no reservatório é transformada em energia cinética durante o escoamento. O movimento da água faz girar as pás de uma turbina que, por sua vez, aciona um gerador elétrico. A eletricidade produzida é conduzida para um transformador elétrico e depois despachada para os centros de consumo através de linhas de transmissão. Como a água dos rios se renova devido ao ciclo de evaporação e das chuvas, a energia hidrelétrica é uma fonte inesgotável de eletricidade.<sup>21</sup>

Segundo Lineu Belico dos Reis e Semida Silveira:

Devido a suas grandes dimensões e potencial hídrico, o Brasil tem a maior parte de sua energia elétrica gerada por hidrelétricas. Em 1995, a energia hidrelétrica compreendia mais do que 90% da potência elétrica instalada nos países. A energia hidrelétrica no Brasil foi desenvolvida com base na execução de grandes usinas, o que demandou grande esforço de capitalização, mas resultou em custos baratos de energia do ponto de vista estritamente econômico.<sup>22</sup>

Considerando essas várias utilizações e quanto ao uso e os impactos causados em questão da água, faz com que esse seja um dos maiores problemas no mundo atual. As reservas de água potável alcançam níveis críticos. Isto causa problemas econômicos, sociais e políticos, dificultando as relações entre cidades, regiões e mesmo países. Há quem diga que a água será um dos principais motivos de disputas no futuro.

É importante ressaltar que parte dos problemas causados foram gerados por restrições ambientais que foram violadas ao longo do tempo em projetos. Como há projetos que inundaram grandes belezas naturais, desalojaram grandes populações, ou até mesmo tiveram a oportunidade de gerarem outros benefícios como lazer, a pesca etc. Por causa disso hoje, por exemplo, alguns aproveitamentos hidrelétricos não podem ser usados em sua plenitude.

---

<sup>21</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.19

<sup>22</sup> REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira (orgs.)**. -2. ed.1. reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.p.56



## 1.4 ENERGIA SOLAR

A energia solar pode compreender-se, de acordo com Claudio Homero Ferreira da Silva, “como uma energia bastante rentável, já que, todos os anos o sol fornece energia aproximadamente 10.000 vezes maior do que é consumido pela população mundial”.<sup>23</sup>

Segundo Lineu Belico dos Reis:

A transmissão da energia do sol para a terra se dá pela radiação eletromagnética de ondas curtas, pois 97% da radiação solar está contida entre comprimentos de onda que variam entre 0,3 e 3,0  $\mu\text{m}$ . Devido às flutuações climáticas, a radiação solar incide no limite superior da atmosfera sofre uma série de reflexões, dispersões e absorções durante o seu percurso até o solo.<sup>24</sup>

Em relação a energia solar ela pode ser dividida em duas maneiras, assevera Lineu Belico dos Reis e Semida Silveira:

O uso da energia solar para a geração de eletricidade pode se dar de duas formas: a) indiretamente, através do uso do calor para gerar vapor que, expandido em sua turbina a vapor, acionara um gerador elétrico em uma central termelétrica; e b) diretamente através do uso de painéis fotovoltaicos.<sup>25</sup>

De ambas as formas de geração de energia solar, indireta ou através de painéis fotovoltaicos, o conceito de energia limpa está evidente, colabora com a saúde do nosso planeta sem liberar gases contribuintes para com o efeito estufa e resíduos poluentes, e também não interfere no ecossistema da região implantada.

---

<sup>23</sup> SILVA, Claudio Homero Ferreira da. **ALTERNATIVAS ENERGETICAS: UMA VISÃO CEMIG.** BELO HORIZONTE: CEMIG, 2012

<sup>24</sup> REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia Elétrica** / Lineu Belico dos Reis. – 2. ed.rev. e atual. – Barueri, SP: Manole, 2011.p.212

<sup>25</sup> REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira (orgs.).** -2. ed.1. reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.p.60

## 1.5 ENERGIA DE BIOGÁS

De acordo com Rafael Deléo e Oliveira:

O biogás é um gás combustível constituído por cerca de 60% de metano e 40% de dióxido de carbono. Este é produzido através de resíduos orgânicos, ou seja, pela decomposição de resíduos que é feita por bactérias que são capazes de fazer na ausência de oxigênio. As áreas de agropecuária, a indústria agroalimentar, as ETAR e nos aterros sanitários são alguns dos locais onde o biogás pode ser facilmente aproveitado para produção de eletricidade, através da sua queima. Este é mesmo o processo mais viável para a sua aplicação, uma vez que através dele o metano, que contribui para o efeito de estufa, vai ser eliminado.<sup>26</sup>

É um recurso energético renovável, pois a degradação de matéria orgânica é inesgotável. Sendo assim gera uma energia ecologicamente correta, diminuindo a utilização de recursos fósseis.

É importante ressaltar que a liberação de gases nos lixões é um risco de saúde pública, pois são gases tóxicos que, além de terem odores desagradáveis, oferecem riscos de explosão, sem contar que o metano liberado na atmosfera é o principal causador do efeito estufa.

## 1.6 ENERGIA DE BIOMASSA

Segundo Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli.

A energia de biomassa é obtida a partir da queima de compostos orgânicos de origem vegetal ou animal. Os combustíveis fósseis são uma forma de biomassa não renovável. A biomassa renovável, por outro lado, é constituída de compostos orgânicos, sobretudo vegetais, que podem ser repostos pelo plantio e não se esgotam.<sup>27</sup>

Nos dias atuais pode se dizer que a biomassa tem sido muito utilizada na geração de eletricidade como em sistemas de co-geração em propriedade isoladas com difícil acesso a redes elétricas. Isso se torna vantajoso se for levada em

<sup>26</sup> OLIVEIRA, Rafael Deléo e. **Geração de Energia Elétrica Apartir do Biogás Produzido Pela Fermentação Anaeróbia de Dejetos em Abatedouro e as Possibilidade no Mercado de Carbono.** USP, 2009.

<sup>27</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações-1.** ed., São Paulo: Érica, 2012.p.25

consideração a diminuição no consumo de combustíveis fósseis e derivados que por sua vez não são considerados recursos renováveis.

Ainda nos dizeres de Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli:

A biomassa vegetal pode ser reconstituída pelo plantio, portanto é uma fonte renovável de energia. Desconsiderando aspectos negativos como a necessidade de grandes áreas de plantio e a exaustão dos solos, a biomassa é considerada uma fonte limpa de energia, pois o carbono emitido na sua queima é depois capturado da atmosfera pelas plantas na realização da fotossíntese dentro de um ciclo fechado de queima e replantio.<sup>28</sup>

Sendo assim, leciona Lineu Belico dos Reis sobre a importância da biomassa:

No Brasil, o uso mais importante da biomassa se relaciona com o desenvolvimento da frota de veículos a álcool (de cana-de-açúcar), que criou uma alternativa mais promissora e mais adequada ambientalmente que os derivados do petróleo. O uso da biomassa para produção de energia elétrica se apresenta mais promissor com os resíduos da cana-de-açúcar, a biomassa florestal e, mais recentemente, o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos (lixo).<sup>29</sup>

A energia de biomassa vem contribuindo para o desenvolvimento do país, pois vem auxiliando as outras formas de geração que possuímos, colaborando para evitar outro apagão e o racionamento de energia. Com uma matéria prima que pode ser plantada, ou até mesmo reaproveitada, como pedaços de madeira, cavacos e serragem, podemos vê-la com bons olhos, pelo motivo de ser renovável e com isso não agredir o meio ambiente.

## 1.7 ENERGIA DE ONDAS E MARES

Segundo Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli. “O movimento das marés é resultado da atração gravitacional do sol e da lua sobre a água dos oceanos. As ondas oceânicas têm origem indireta na energia solar e resultam da ação do vento sobre a água”.<sup>30</sup>

Nos dizeres de Lineu Belico dos Reis e Semida Silveira:

<sup>28</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.26

<sup>29</sup> REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia Elétrica** / Lineu Belico dos Reis. – 2. ed.rev. e atual. – Barueri, SP: Manole, 2011.p.142

<sup>30</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.24

As ondas, criadas pela interação dos ventos com a superfície do mar, contém energia cinética, que é descrita pela velocidade das partículas d'água, e energia potencial, que é uma função da quantidade de água deslocada do nível médio do mar. O aumento da altura e do período das ondas e, conseqüentemente, dos níveis de energia, depende essencialmente da faixa da superfície do mar sobre a qual o vento sopra e de sua duração e intensidade. [...] <sup>31</sup>

Ainda segundo Lineu Belico dos Reis e Semida Silveira sobre a energia das marés:

A energia das marés é proveniente do enchimento e esvaziamento alternado das baías e estuários, podendo ser eventualmente utilizadas para gerar energia elétrica quando ocorrem certas condições que fazem com que o nível das águas suba consideravelmente na maré cheia. Um esquema de aproveitamento das marés contém uma barragem, construída num estuário e equipado com uma série de comportas que permitem a entrada d'água para a baía. A eletricidade é gerada por turbinas axiais de diâmetro que podem atingir até nove metros. Como a vazão d'água varia continuamente, os ângulos do distribuidor, as pás das turbinas, ou ambas, são reguladas para a máxima eficiência. <sup>32</sup>

Por tudo exposto até o momento fica evidenciado alguns dos tipos mais conhecidos como fontes de energia renováveis, como fonte indispensável para o estudo proposto.

---

<sup>31</sup> REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira (orgs.)**. -2. ed.1. reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.p.118

<sup>32</sup> REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira (orgs.)**. -2. ed.1. reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.p.116

## 2 CONCEITOS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

A geração de energia fotovoltaica, só é possível graças a um painel, composto por materiais semicondutores com características de converter a luz e a radiação eletromagnética do sol em energia elétrica, são semicondutores sensíveis a luz.

A compreensão das características relacionadas às células e módulos fotovoltaicos são de grande importância. De tal modo os itens abaixo se dedicam a isto.

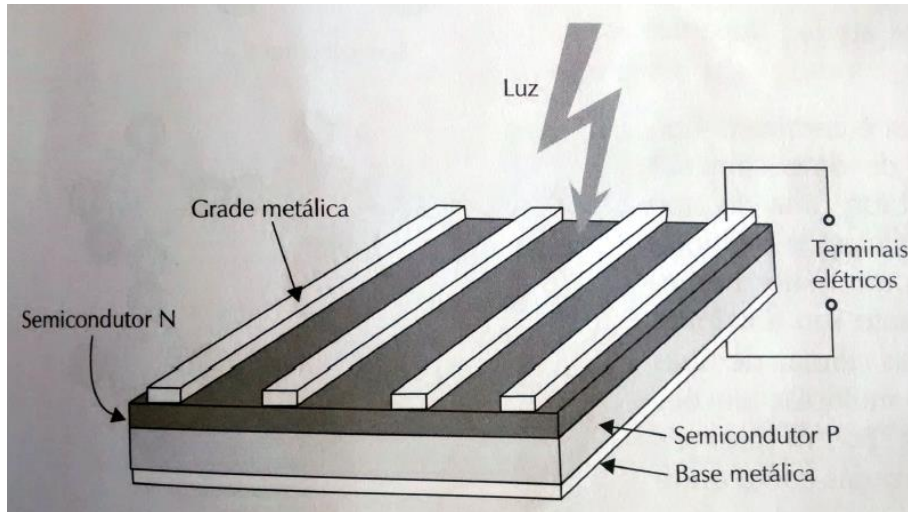
### 2.1 CARACTERÍSTICAS

#### 2.1.1 Células e módulos fotovoltaicos

As células fotovoltaicas são compostas por duas camadas de silício, uma dopada do tipo N e outra do tipo P, sobrepostas uma a outra, tornando assim possível a circulação de corrente, possui em sua base uma chapa metálica a superfície, como tem que ser transparente para receber a luz e a radiação solar tem uma grade metálica, fazendo com isso os terminais para a captação dessa corrente e tensão gerada.

A figura a seguir ilustra a estrutura de uma célula fotovoltaica composta por duas camadas de semicondutores P e N, uma grade metálica superior e uma base metálica inferior.

Figura 1: Estrutura de uma célula fotovoltaica.



Fonte: Villalva (2012)

A diferença entre células e módulos fotovoltaicos é bem simples, já que são as células que compõem o módulo.

Como leciona Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli.

Os painéis ou módulos fotovoltaicos são formados por um agrupamento de células conectadas eletricamente. Uma célula fotovoltaica consegue fornecer uma tensão elétrica de até aproximadamente 0,6 V. Para produzir módulos com tensão de saída maiores, os fabricantes conectam várias células em série. Tipicamente um módulo tem 36, 54 ou 60 células, dependendo de sua classe de potência.<sup>33</sup>

Atualmente existem diversas tecnologias para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos. Entre essas tecnologias as de células mais comuns encontradas são a do silício monocristalino, a do silício policristalino e a de filme fino de silício. A seguir serão apresentadas algumas dessas diferentes tecnologias.

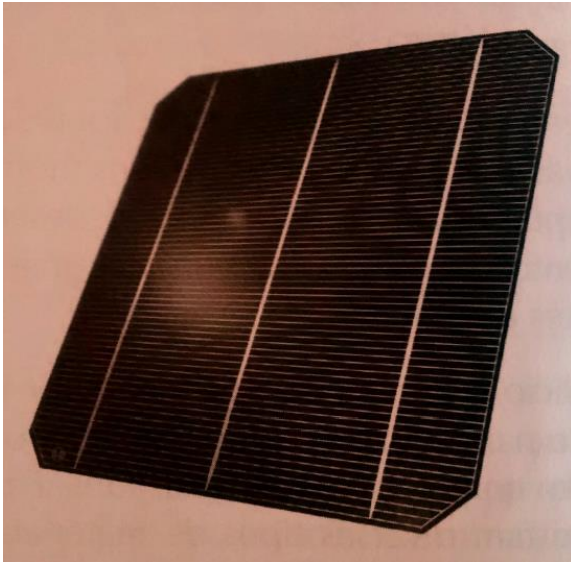
<sup>33</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.76

## 2.1.2 TIPOS DE CELULAS FOTOVOLTAICAS

### 2.1.2.1 Silício monocristalino

Tipo de material mais utilizado na fabricação das células pela sua eficiência de acordo com Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli: “as células de Silício monocristalino são as mais eficientes produzidas em larga escala e disponível comercialmente. Alcançam eficiências de 15 a 18%”.<sup>34</sup>

Figura 2: Estrutura de uma célula fotovoltaica de silício monocristalino



.Fonte: Villalva (2012)

Em contra partida é mais caro que os outros tipos de células devido ao alto custo na etapa de sua produção.

### 2.1.2.2 Silício policristalino

Este tipo de célula possui sua eficiência um pouco inferior em relação ao silício monocristalino entre outras palavras tipo de fabricação mais barato chegando

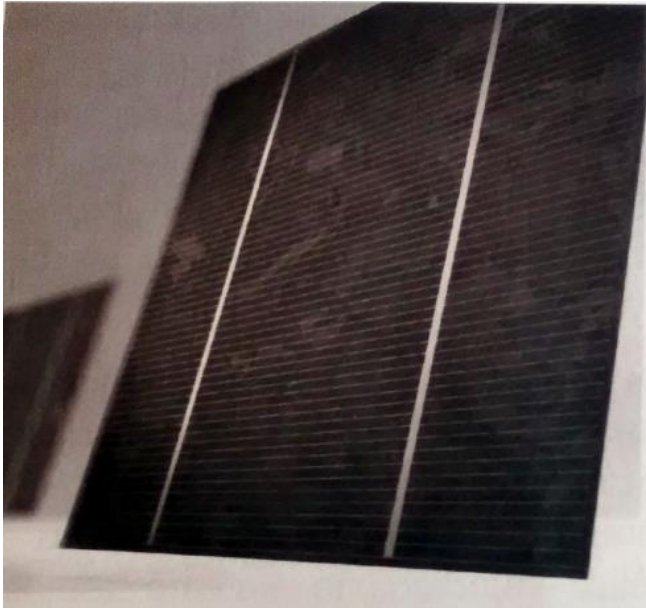
---

<sup>34</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.70

a ser compensatória sua comercialização mesmo com sua eficiência reduzida levemente.

O diferencial deste tipo de célula fica evidenciado nos dizeres de Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli: “Observa-se a presença de manchas em sua coloração devido ao tipo de silício empregado em sua fabricação”.<sup>35</sup>

Figura 3: Estrutura de uma célula fotovoltaica de silício policristalino



Fonte: Villalva (2012)

O próximo tipo de células a ser analisado são os de filmes finos de silício onde serão descritos suas características.

### 2.1.2.3 Filmes finos de silício

Um dos tipos de fabricação de células com custo menos elevado comparado com os demais uma vez que o gasto com matéria prima e energia para sua fabricação é menor.

Contudo leciona Roberto Zilles:

No caso da tecnologia de filmes finos, não há conexão entre células, uma vez que o gerador fotovoltaico é construído de maneira uniforme, em um

---

<sup>35</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.71



único substrato. Desse modo, os geradores fabricados com essa tecnologia não possuem subdivisões, e sua potencia nominal depende da área total utilizada para a conversão fotovoltaica.<sup>36</sup>

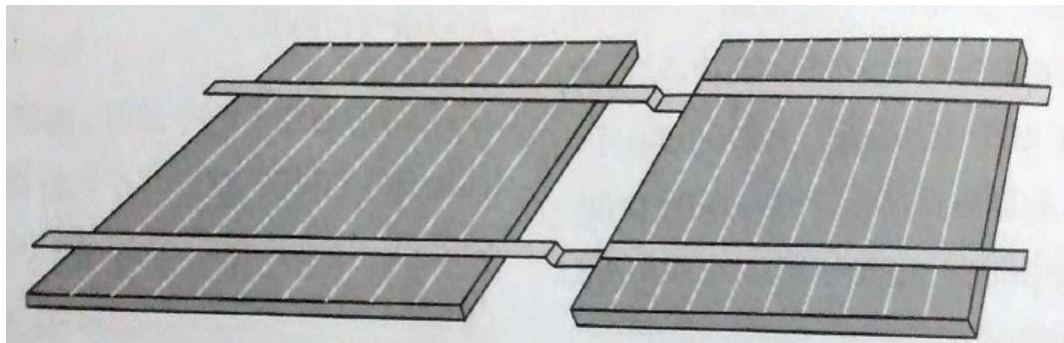
Após as definições realizadas sobre as células de silício segue se destacando os demais conceitos referentes a módulos, placas ou painéis fotovoltaicos.

### 2.1.3 Módulo, placa ou painel fotovoltaico

Os termos módulo, placa ou painel tem o mesmo significado, ou seja, são um conjunto de células interligadas entre si.

Segundo os dizeres de Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli: “Um módulo fotovoltaico é composto de um conjunto de células montadas sobre uma estrutura rígida e conectadas eletricamente. Normalmente as células são conectadas em série para produzir tensões maiores”.<sup>37</sup>

Figura 4: Conexão das células fotovoltaicas em serie.



Fonte: Villalva (2012)

Assim sendo, passa-se á demonstrar os demais conceitos necessário para a estrutura deste estudo.

<sup>36</sup> ZILLES, Roberto. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica/** Roberto Zilles...[et al.].-São Paulo:oficina de textos,2012.p.32

<sup>37</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.74

## 2.2 APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Quanto à aplicação da tecnologia de geração de energia fotovoltaica o sistema se divide em dois tipos de sistemas bem definidos, os sistemas autônomos e sistemas conectados a rede.

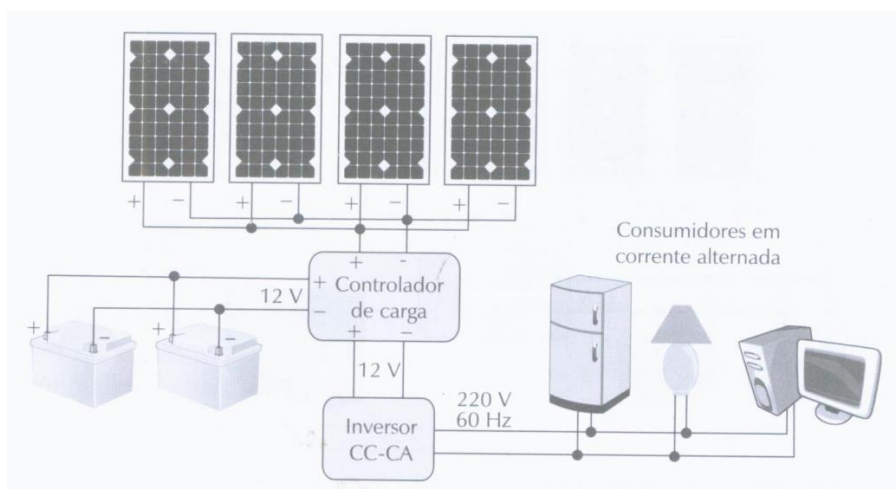
### 2.2.1 Sistemas autônomos

Os sistemas autônomos consistem em sistemas de geração de energia que utiliza um banco de baterias para suprir a demanda de algumas localidades distantes onde não seria viável a locação de linhas de transmissão ou para equipamentos que exijam pequenas quantidades de energia.

Nesse sentido Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli:

Os sistemas fotovoltaicos autônomos, também chamados sistemas isolados, são empregados em locais não atendidos por uma rede elétrica. Podem ser usados para fornecer eletricidade para residências em zonas rurais, na praia, no camping, em ilhas e em qualquer lugar onde a energia elétrica não esteja disponível.<sup>38</sup>

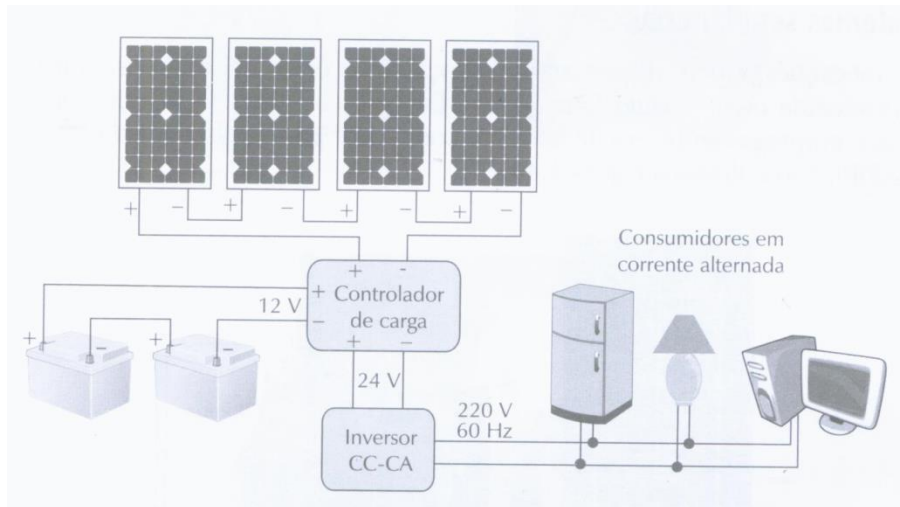
Figura 5: Organização de um sistema fotovoltaico autônomo em 12v para a alimentação de consumidores em corrente alternada



Fonte: Villalva (2012)

<sup>38</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.99

Figura 6: Organização de um sistema fotovoltaico autônomo em 24v para a alimentação de consumidores em corrente alternada



Fonte: Villalva (2012)

Além disso, os sistemas autônomos também podem ser usados por um número infinito de aplicações, desde pequenos aparelhos eletrônicos portáteis até grandes sistemas, fornecer eletricidade para veículos terrestres, ser aplicado em iluminação pública, na sinalização de estradas, entre outros. Podendo substituir geradores a diesel reduzindo assim ruídos e a poluição.

### 2.2.2 Sistemas conectados à rede

São sistemas de geração que não utilizam armazenamento de energia gerada, pois toda a energia gerada é entregue diretamente à rede elétrica da concessionária. Todo o arranjo é conectado em inversores, que fazem a interface com a rede elétrica. Estes inversores devem satisfazer as exigências de segurança e qualidade para que a rede não sofra alteração. Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão conectados.

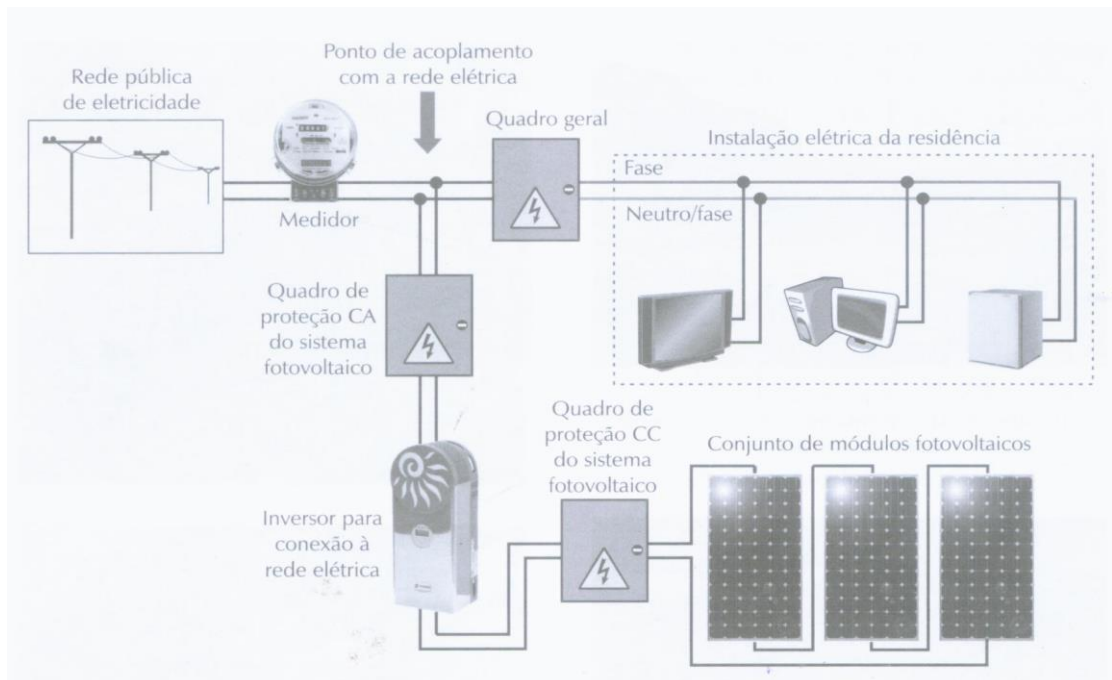
Os sistemas conectados à rede segundo Lineu Belico dos Reis:

São basicamente de um único tipo e são aqueles que o arranjo fotovoltaico representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual está conectado. São sistemas que não utilizam armazenamento de energia, pois toda a potência gerada é entregue à rede instantaneamente. As potências instaladas vão desde poucos KWp em instalações

residenciais, até alguns MWp em grandes sistemas operados por empresas. Esses sistemas se diferenciam quanto a forma de conexão à rede.<sup>39</sup>

Os sistemas solares fotovoltaicos há pouco tempo têm sido utilizados de forma interligada à rede elétrica. Podendo ser de duas configurações distintas: próxima ao local de consumo junto à edificação (no telhado ou fachada) e longe do local de consumo, em uma área centralizada como nas usinas geradoras convencionais. Além de contribuir para a redução do pico de consumo, de forma limpa colaborando com o meio ambiente.

Figura 7: Organização e componentes de um sistema fotovoltaico residencial conectado a rede elétrica



Fonte: Villalva (2012)

Por fim, tendo visto os conceitos fica visível a diferença em relação aos dois tipos de sistemas, trazendo o foco para os sistemas de geração conectados a rede que é a proposta deste estudo.

<sup>39</sup> REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia Elétrica** / Lineu Belico dos Reis. – 2. ed.rev. e atual. – Barueri, SP: Manole, 2011.p.218

### 3 PROJETO FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE E SEU APROVEITAMENTO

#### 3.1 ENERGIA PRODUZIDA

Segundo Marcelo Gradella Villalva e Jonas Rafael Gazoli o calculo da energia produzida:

A energia que se deseja produzir com o sistema fotovoltaico pode ser determinada com base no consumo médio mensal de eletricidade, a partir de dados obtidos da conta de eletricidade. Pode-se desejar suprir parcialmente ou integralmente a demanda de energia elétrica de um determinado consumidor.<sup>40</sup>

De tal modo daremos sequência fazendo uma breve apresentação dos componentes do sistema.

#### 3.2 MÓDULOS

Os módulos fotovoltaicos são um dos principais componentes do sistema de geração de energia fotovoltaica, pois neles é que ocorre a concentração da luz solar, que é captada e transformada em energia elétrica em forma de corrente continua.

Segundo Roberto Zilles:

O módulo fotovoltaico é composto, além das células, por pequenas tiras metálicas responsáveis por interligar as células e fornecer contatos externos de saída; por um metal encapsulante disposto diretamente sobre as células, normalmente um polímero transparente e isolante (EVA - acetato de vinil-etila); por um vidro temperado e anti-reflexo para a cobertura frontal; por uma cobertura posterior, normalmente feita de polifluoreto de vinila; por uma caixa de conexões localizada na parte posterior do módulo; e por uma estrutura metálica que sustenta todo o equipamento.<sup>41</sup>

---

<sup>40</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1. ed., São Paulo: Érica, 2012.p.214

<sup>41</sup> ZILLES, Roberto. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**/ Roberto Zilles...[et al.].- São Paulo:oficina de textos,2012.p.19

Figura 8: Componentes de um módulo fotovoltaico



Fonte: Villalva (2012)

Os módulos são a primeira peça para o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica, pois foi a partir de tal descoberta que as pesquisas levaram aos inversores para conversão da geração em corrente contínua, tornando assim possível ter a energia em casas e demais repartições em corrente alternada.

### 3.3 INVERSOR

De acordo Roberto Zilles “o inversor c.c./c.a. pode ser considerado como coração da SFCR.”<sup>42</sup>

Ainda nos dizeres de Roberto Zilles sobre o inversor:

Os inversores largamente utilizados em SFRs são circuitos estáticos ou seja, não possuem partes moveis, e têm por finalidade efetuar a conversão da potência c.c., fornecida pelo gerador fotovoltaico, em potencia c.a., que será injetada diretamente na rede elétrica, sincronizando com a tensão e a freqüência de operação no ponto de conexão do inversor com a rede elétrica. Além disso, esse dispositivo tem por função efetuar o seguimento do ponto de máxima potencia do gerador fotovoltaico, fazendo com que sempre esteja disponível, na entrada do inversor, a máxima potencia que o gerador pode suprir em determinado momento.<sup>43</sup>

<sup>42</sup> ZILLES, Roberto. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica/** Roberto Zilles...[et al.].-São Paulo:oficina de textos,2012.p.78

<sup>43</sup> ZILLES, Roberto. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica/** Roberto Zilles...[et al.].-São Paulo:oficina de textos,2012.p.78

Figura 9: Inversor para a conexão de módulos fotovoltaicos à rede elétrica



Fonte: Villalva (2012)

Contudo, visto sobre os componentes da geração fotovoltaica, torna-se indispensável e não poderia deixar de ser mencionado que todo o sistema deve ter sistemas que trabalhem em conjunto com a instalação para efetuar a proteção.

### 3.4 SISTEMAS DE PROTEÇÃO

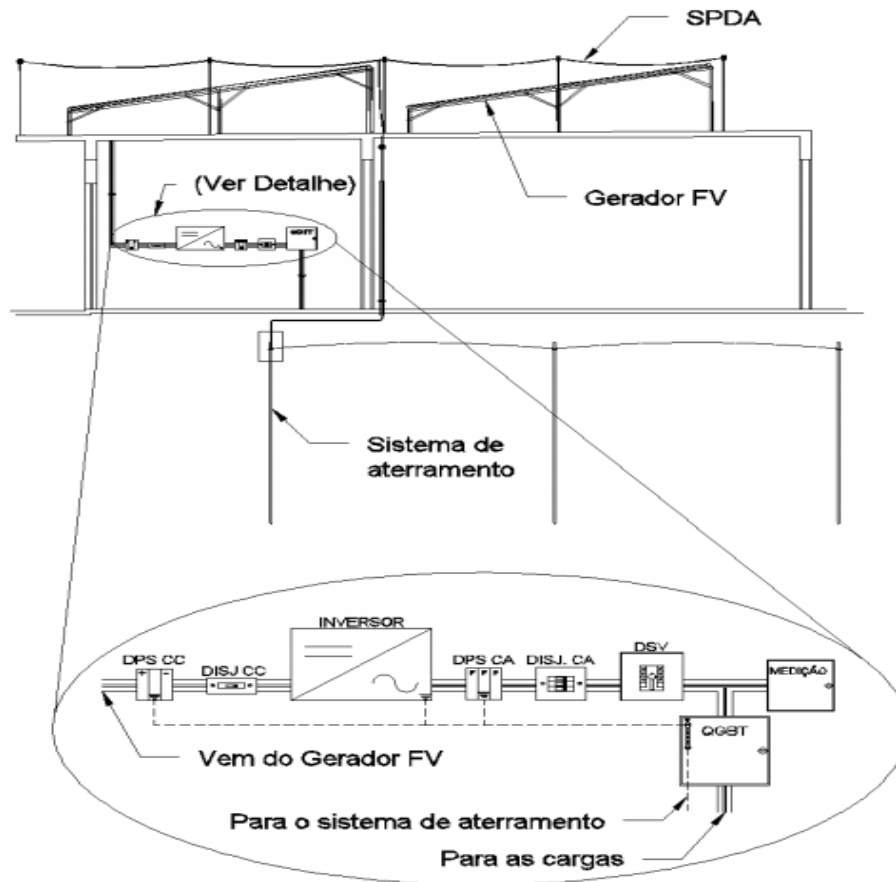
Os avanços tecnológicos do sistema fotovoltaico, fez com que eles possuíssem de forma integrada sistemas de proteção, que juntamente com um dimensionamento correto e utilizando os dispositivos de proteção garantem a minimização ou até a eliminação de falhas. Outros dispositivos de proteção que devem ser previstos, dispositivos de proteção contra surtos (DPS), sistema de aterramento, disjuntores e sistema de proteção contra descarga atmosférica (SPDA).

De acordo com o manual CRESESB:

Especificamente no caso de sistemas fotovoltaicos conectados a rede (SFCRs), A regulamentação ANEEL (Aneel, 2012c) exige, como padrão técnico, a instalação após o medidor, de uma chave seccionadora sob carga, denominada de dispositivo de seccionamento visível (DSV), utilizada para garantir a desconexão da geração fotovoltaica durante procedimento de manutenção de rede. [...] O SPDA deve proteger a área onde o gerador fotovoltaico esta instalado e a estrutura de abrigo dos dispositivos de condicionamento de potencia, e deve estar conectado a um sistema de aterramento adequado, assim como o inversor, DPS e barramento de aterramento do quadro geral da instalação.<sup>44</sup>

<sup>44</sup> CRESESB. **MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf) p. 246. Acessado em 04 de outubro de 2015

Figura 10: Desenho de uma instalação típica de dispositivo de proteção para SFCR.



Fonte: Manual CRESESB (2014)

### 3.5 CABEAMENTO E CONEXÕES

De acordo com Roberto Zilles, “Cabos muito finos diminuem o custo e o desempenho do sistema. Por tanto devem-se considerar quais as menores perdas térmicas que justifiquem um investimento adicional em cabos e fios mais grossos.”<sup>45</sup>

Ainda nos dizeres de Roberto Zilles:

Assim como no caso das estruturas metálicas, é importante que os cabos e fios utilizados nessas instalações estejam preparados para suportar as mais adversas condições climáticas, pois estarão expostas a intensa radiação, calor, frio e chuva por um longo período de tempo. Recomenda-se o

<sup>45</sup> ZILLES, Roberto. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**/ Roberto Zilles...[et al.].- São Paulo:oficina de textos,2012.p.120



dimensionamento de cabos e fios que garantem perdas térmicas de até 1.5% a uma temperatura do condutor de 40°C.<sup>46</sup>

O cabeamento é responsável por interligação de todo o sistema e para a proteção do mesmo deve ser bem dimensionado atendendo a norma vigente NR10, de acordo com sua utilização, características térmicas e capacidade de condução de corrente de acordo com a norma NBR 5410.

De acordo com o Manual CRESESB, “os conectores devem possuir grau de proteção IP 67 ou superior e não devem ser posicionados em canaletas ou dutos que possam acumular água.”<sup>47</sup>

Figura 11: Conectores de engate rápido MC4 para conexões série de módulos fotovoltaicos



Fonte: CRESESB (2014).

Sendo assim, os cabos e conectores devem ser fixados na estrutura metálica para não ficar a mercê dos ventos.

<sup>46</sup> ZILLES, Roberto. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**/ Roberto Zilles...[et al.].- São Paulo:oficina de textos,2012.p.120

<sup>47</sup> CRESESB. **MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf) p.156. Acessado em 04 de outubro de 2015

### 3.6 SUPORTE ESTRUTURAL

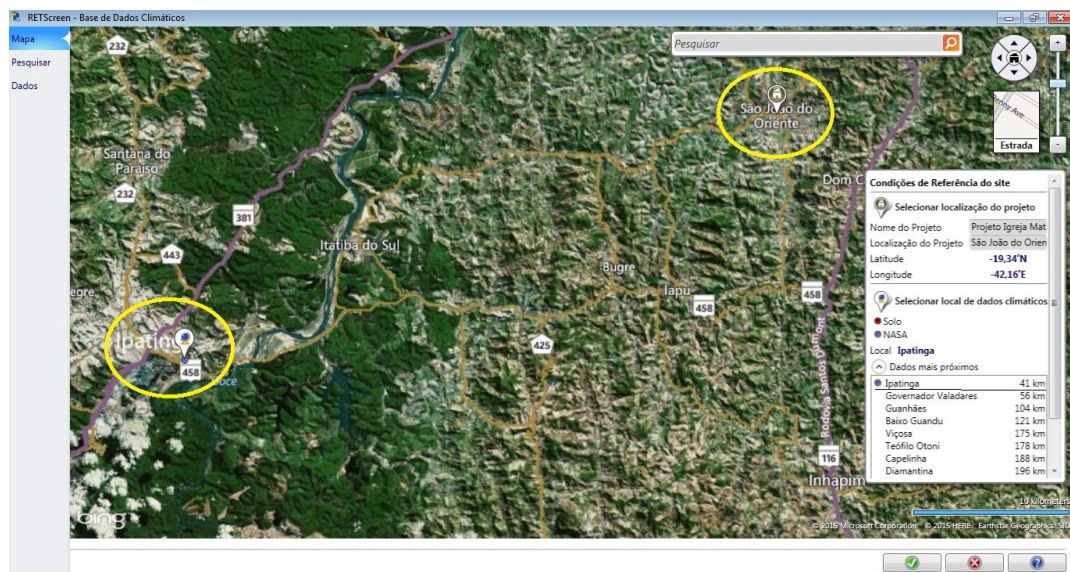
As estruturas de suporte dos módulos fotovoltaicos devem ser montadas de modo a facilitar a instalação e a manutenção. O que deve ser levado em conta será o local escolhido para a instalação que vai determinar o estilo de montagem. O recomendável é ser instalado próximo ao ponto de conexão com o inversor a fim de diminuir o comprimento dos cabos de conexão com o inversor.

### 3.7 CÁLCULO DA ENERGIA PRODUZIDA

Para que se possa calcular a energia produzida o primeiro passo é encontrar o local do projeto no mapa, para isso fora utilizado o software RETScreen Plus, um programa utilizado para o desenvolvimento de projetos na área de geração de eletricidade.

O software é de uma empresa canadense e utiliza os dados do banco de dados da NASA.

Figura 12: Mapa da região de São João do Oriente



Fonte: Software RETScreen Plus

Como os dados solarimétricos da cidade de São João do Oriente não constam no banco de dados do software serão utilizadas automaticamente pelo

próprio software os dados solarimétricos do local mais próximo, nesse caso da cidade de Ipatinga – MG.

Dados da radiação solar, imagem em anexo III.

Após ser determinada a localidade e ser confirmada a operação aparecerá a tela com toda a disposição das informações gerais do projeto como nome, local do projeto e o local de aproximação dos dados climáticos.

A imagem contendo os dados gerais do projeto consta no anexo IV.

De posse de todos os dados é necessário o cálculo da média de consumo mensal (período 12 meses) neste caso de novembro de 2014 a outubro de 2015.

Tabela 1: Consumo médio Mensal

Referencia	Consumo Kwh/mês	Sazonalidades
nov/14	387	Mês Quente
dez/14	438	Mês Quente
jan/15	637	Mês Quente
fev/15	645	Mês Quente
mar/15	601	Mês Quente
abr/15	680	Mês Quente
mai/15	836	Mês Frio
jun/15	695	Mês Frio
jul/15	584	Mês Frio
ago/15	541	Mês Frio
set/15	517	Mês Quente
out/15	736	Mês Quente
Media Anual	608,0833	Anos Base Final 2014 e 2015

608,0833 kwh/mês

Média diária  $608,0833/30$  dias = 20,27 kwh/dia

Utilizando o método de arredondamento 20,3 kwh/dia

Para que se possa calcular a potência necessária por dia é necessário a radiação solar diária – horizontal.

Figura 14: Dados da radiação solar

Mês	Temperatura do Ar	Humidade relativa	Radiação solar diária - horizontal	Pressão Atmosférica	Velocidade do Vento	Temperatura do Solo	Graus-dia para aquecimento 18 °C	Refrigeração graus-dias 10 °C
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Janeiro	24,1	70,6%	5,39	94,3	3,1	25,2	0	438
Fevereiro	24,4	66,7%	5,67	94,4	3,2	25,7	0	403
Março	23,6	70,8%	4,97	94,4	3,1	24,7	0	421
Abril	22,5	70,3%	4,49	94,5	3,2	23,5	0	374
Mai	20,6	67,4%	4,03	94,7	3,2	21,5	0	330
Junho	19,3	64,7%	3,95	94,9	3,2	20,1	0	279
Julho	19,3	64,3%	4,05	95,0	3,5	20,8	0	288
Agosto	20,4	61,0%	4,58	94,9	3,1	22,7	0	322
Setembro	22,2	60,6%	4,73	94,7	3,2	25,0	0	365
Outubro	23,1	64,0%	4,96	94,5	3,5	25,6	0	406
Novembro	23,0	71,5%	4,84	94,3	3,6	24,6	0	389
Dezembro	23,2	75,4%	4,85	94,3	3,5	24,2	0	409
<b>Anual</b>	<b>22,1</b>	<b>67,3%</b>	<b>4,70</b>	<b>94,6</b>	<b>3,3</b>	<b>23,6</b>	<b>0</b>	<b>4.423</b>
<b>Fonte</b>	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA

Fonte: Software RETScreen Plus

4,70 kWh/m<sup>2</sup>/dia

Assim calculamos a potência necessária por dia.

$$20,3 \text{ k} / (4,7 \times 0,9) = 4,799 \text{ kW}$$

Considerando uma eficiência do sistema de 0,9, pois esse valor está embutido nas perdas de geração e transmissão, para as placas que serão utilizadas de silício policristalino de 250 W.

Para o cálculo da quantidade de painéis fotovoltaicos que serão utilizadas.

$$4,799 \text{ kW} / 250 \text{ W} = 19,20$$

Utilizando novamente o método de arredondamento significa que iremos utilizar 20 painéis. Cada um tem 1,70 m<sup>2</sup>.

$$1,70 \text{ m}^2 \times 20 = 34 \text{ m}^2$$

Totalizando uma área quadrada de 34 m<sup>2</sup>.

Recalculando:

$$\text{Potência diária} = 4,799 \text{ kWh}$$

$$\text{Potência gerada} = P_d \cdot \eta \cdot \text{Insolação} \cdot T$$

$$4,799 \times 0,9 \times 4,70 \times 30 = 609 \text{ kWh/mês}$$

Pd: potência diária

$\eta$ : eficiência em %

Insolação: referente a media anual

T: Numero de dias referente a 30 dias

Dados do projeto:

20 placas

250w por placa

Insolação mensal 4,70 kwh/m<sup>2</sup>/dia

Dias 30 (Mês)

Eficiência do sistema 0,9%

O cálculo da potência do inversor e feito a partir da quantidade de painéis e a potência de geração de cada painel.

$20 \times 250 \text{ w} = 5 \text{ kW}$

O inversor será de: 5 kW

Os cálculos executados acima são feitos a partir do modo de cálculos da empresa AtomRA Engenharia em Energia Renovável, Calculo do Dimensionamento Projeto Solar Fotovoltaico. Dimensionamento de Sistema Grid-Tie<sup>48</sup>.

Caso haja a necessidade de comparação dos dados, vide Atlas Solarimétrico fornecido pela CEMIG. <sup>49</sup>

Conforme anexo I.

---

<sup>48</sup> ATOMRA. **Calculo do Dimensionamento de Projeto Solar Fotovoltaico Sistema Grid-Tie**. Disponível em: <http://www.atomra.com.br/dimensionamento-projeto-solar-fotovoltaico>. Acessado em 10 de outubro de 2015

<sup>49</sup> CEMIG. **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Disponível em: [http://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/inovacao/Alternativas\\_Energeticas/Documents/Atlas\\_Solarimetrico\\_CEMIG\\_12\\_09\\_menor.pdf](http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/Atlas_Solarimetrico_CEMIG_12_09_menor.pdf). Acessado em 8 de outubro de 2015

### 3.8 MODELO DE TOMADA DE DECISÃO PAYBACK SIMPLES

Para sabermos se existe a possibilidade de viabilidade de qualquer projeto sempre são confrontadas algumas vantagens e desvantagens para isso existem alguns critérios que nos ajudam a tomar tais decisões.

Como assevera Ricardo Bordeaux-Rêgo. “A tomada de decisão sobre um projeto requer critérios técnicos. A maneira mais eficaz é simular o investimento segundo algum modelo. Dessa forma, confronta-se os fluxos de caixa gerados com o investimento realizado”.<sup>50</sup>

Ainda segundo Ricardo Bordeaux-Rêgo:

O método do payback simples leva em conta o tempo de retorno do capital investido. O investidor estabelece um prazo máximo para a recuperação do investimento, que servirá de padrão para a análise da viabilidade do projeto. O valor aplicado é adicionado, período a período (geralmente anual ou mensal), aos fluxos de caixa líquido gerados, para que se obtenha o tempo de recuperação do investimento inicial. Isso ocorre no período em que a soma dos fluxos de caixa futuros for igual ao investimento inicial.<sup>51</sup>

Conforme os conceito apresentados acima apresentaremos o orçamento efetuado pela empresa escolhida.

#### 3.8.1 Prazo para o retorno do investimento

O prazo de retorno do investimento do projeto pode ser visto a partir do orçamento enviado pela empresa escolhida, neste caso fora escolhida a empresa SELTEC Soluções Elétricas e Tecnologia.

Conforme anexo II as informações do prazo para retorno do investimento de forma simples, feita pela própria empresa de venda e instalação do sistema de geração de energia fotovoltaica, que calcula o retorno do investimento de 5 anos e 8

---

<sup>50</sup> BORDEAUX-RÊGO, Ricardo. **Viabilidade econômico-financeira de projetos** / Ricardo Bordeaux-Rêgo...[et al.].-Rio de Janeiro: Editora FGV,2010.p.41

<sup>51</sup> BORDEAUX-RÊGO, Ricardo. **Viabilidade econômico-financeira de projetos** / Ricardo Bordeaux-Rêgo...[et al.].-Rio de Janeiro: Editora FGV,2010.p.41

meses, apenas com a economia de energia elétrica paga à concessionária ao longo dos anos.

O prazo para retorno do investimento do projeto que calculamos, pode ser visto na tabela 2, onde utilizamos os dados de reajuste anual da tarifa de energia de 7.07% ao ano retirado do site da CEMIG<sup>52</sup>.

O reajuste anual da caderneta de poupança de 6.8% ao ano<sup>53</sup>.

A tabela a seguir pode ser considerada como tabela de payback.

Tabela 2: Tabela do payback

Investimento Aplicação/Poupança			
Período	Investimento	Economia de Energia	Juros Poupança
2015	R\$ 46.100,00	R\$ 5.421,35	R\$ 2.766,15
2016	R\$ 43.444,80	R\$ 5.804,64	R\$ 2.559,53
2017	R\$ 40.199,69	R\$ 6.215,03	R\$ 2.310,96
2018	R\$ 36.295,62	R\$ 6.654,43	R\$ 2.015,60
2019	R\$ 31.656,79	R\$ 7.124,90	R\$ 1.668,17
2020	R\$ 26.200,06	R\$ 7.628,63	R\$ 1.262,86
2021	R\$ 19.834,29	R\$ 8.167,97	R\$ 793,31
2022	R\$ 12.459,63	R\$ 8.745,45	R\$ 252,56
2023	R\$ 3.966,74	R\$ 9.363,75	R\$ -
2024	R\$ -	R\$ 10.025,77	R\$ -
2025	R\$ -	R\$ 10.734,59	R\$ -
2026	R\$ -	R\$ 11.493,53	R\$ -
2027	R\$ -	R\$ 12.306,12	R\$ -
2028	R\$ -	R\$ 13.176,16	R\$ -
2029	R\$ -	R\$ 14.107,72	R\$ -
2030	R\$ -	R\$ 15.105,13	R\$ -
2031	R\$ -	R\$ 16.173,06	R\$ -
2032	R\$ -	R\$ 17.316,50	R\$ -
2033	R\$ -	R\$ 18.540,78	R\$ -
2034	R\$ -	R\$ 19.851,61	R\$ -
2035	R\$ -	R\$ 21.255,12	R\$ -
2036	R\$ -	R\$ 22.757,85	R\$ -
2037	R\$ -	R\$ 24.366,83	R\$ -
2038	R\$ -	R\$ 26.089,57	R\$ -
2039	R\$ -	R\$ 27.934,10	R\$ -

<sup>52</sup> CEMIG, **Reajustes Tarifários CEMIG 2015**. Disponível em: [https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Reajustes\\_tarifarios\\_Cemig\\_2015.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Reajustes_tarifarios_Cemig_2015.aspx). Acessado em 04 de outubro de 2015.

<sup>53</sup> MODALMAIS, **Tarifa Poupança Anual**. Disponível em: <http://www.investiremlici.com.br/>. Acessado em 04 de outubro de 2015.

A tabela acima demonstra o prazo para retorno do investimento que é de 8 anos e 5 meses. Isso significa que entre investir na caderneta de poupança ou no sistema de geração fotovoltaica conectado à rede, o rendimento em valores será o mesmo nesse período, porém a partir desse tempo o SFCR dará um retorno em economia de energia maior do que a taxa de lucro da caderneta de poupança. Na tabela esta descrito apenas em anos, e como os cálculos foram feitos relacionado a taxa de reajustes de energia anual, então dividimos o valor economizado, no ano onde a economia foi maior que o valor de investimento por 12 meses, em seguida dividimos o valor de investimento pelo quociente da equação anterior, cravando assim o prazo de retorno do investimento.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Igreja Matriz de São João do Oriente - MG foi escolhida com a intenção de se aplicar esse tipo de geração de energia em instituições públicas municipais, trazendo o foco do maior número de pessoas para que se possa ser semeada essa idéia de energia limpa e sustentável, pois o sistema tem um ótimo retorno do investimento apenas com a economia no valor pago pela energia consumida, uma vez que isso aconteça, o valor economizado após o sistema ser pago poderá vir a custear projetos sociais que beneficiem a comunidade.

Tudo se deu com um estudo das fontes de energia renovável para que se pudesse perceber esse conceito de energia limpa e renovável juntamente com um estudo direcionado para os componentes do sistema de geração fotovoltaico, também foi feito o cálculo da demanda energética que a Igreja Matriz consome mensalmente durante o período de 12 meses a partir de novembro de 2014 até outubro de 2015, que nos leva a uma média de consumo de 608,083 Kwh/mês.

O fato da diminuição das chuvas, o aumento significativo de dias ensolarados e das tarifas de energia elétrica sofrerem tamanho aumento nos anos de 2014 e 2015 contribuíram de forma importante para que essa decisão fosse tomada.

O índice Solarimétrico ou (Radiação solar diária – horizontal) da cidade fora assimilados por aproximação da cidade de Ipatinga - MG de 4,70 KWh/m<sup>2</sup>/dia por um software de projetos elétricos canadense (RETScreen Plus) que utiliza as informações do banco de dados da NASA, isso automaticamente pois os dados climáticos de precisão não constam nesse banco de dados. Embora isso possa ser comparado com o auxílio do Mapa Solarimétrico criado pela CEMIG que consta em anexo I.

De posse desses dados, foi possível dimensionar o tamanho desse projeto que deve conter 20 painéis com a produção de 250Wp, com isso o inversor deverá ser de 5KWp, gerando assim 609 KWh/mês suprimindo a demanda mensal da igreja conforme citado a cima.

O estudo do prazo de retorno do investimento, o payback, foi realizado levando em consideração o reajuste anual da tarifa de energia e a correção do valor investido com a caderneta de poupança, com a economia anual descontando sobre o valor do investimento a cada ano, comprovamos que o prazo para recuperar o

valor investido é de 8 anos e 5 meses, devido a vida útil do sistema de geração ser de 25 anos torna-se viável sua implementação.

A partir deste desenvolvimento que ainda podemos prosseguir com estudos para realizar mais melhorias, a sociedade terá uma visão diferente da engenharia, chamando a atenção para nossa área demonstrando que somos capazes de gerar nossa própria energia com um recurso que temos à disposição, demonstrando que a fonte de vida da terra também pode vir a ser uma fonte inesgotável de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATOMRA. **Calculo do Dimensionamento de Projeto Solar Fotovoltaico Sistema Grid-Tie**. Disponível em: <http://www.atomra.com.br/dimensionamento-projeto-solar-fotovoltaico>. Acessado em 10 de outubro de 2015

BORDEAUX-RÊGO, Ricardo. **Viabilidade econômico-financeira de projetos / Ricardo Bordeaux-Rêgo...**[et al.].-Rio de Janeiro: Editora FGV,2010.p.41

BORGES NETO,Manuel Rangel; CARVALHO, Cesar Marques de. **Geração de energia elétrica: Fundamentos**. 1. ed.,São Paulo: Erica, 2012. p.119.

BRUDTLAND,Gro Harlem,et al. **Nosso futuro comum/comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento**.-2.ed., Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas,1991. p.9

CAVALCANTI, Clóvis. **Desenvolvimento e natureza: Estudos para uma Sociedade Sustentável**. INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisa Social, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, Recife, Brasil. Outubro, 1994

CEMIG. **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Disponível em: [http://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/inovacao/Alternativas\\_Energeticas/Documents/Atlas\\_Solarimetrico\\_CEMIG\\_12\\_09\\_menor.pdf](http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/Atlas_Solarimetrico_CEMIG_12_09_menor.pdf). Acessado em 8 de outubro de 2015

CRESESSEB. **MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf) p. 246. Acessado em 04 de outubro de 2015

OLIVEIRA, Rafael Deléo e. **Geração de Energia Elétrica Apartir do Biogás Produzido Pela Fermentação Anaeróbia de Dejetos em Abatedouro e as Possibilidade no Mercado de Carbono**. USP, 2009.

RAMOS, Filipe G; SEIDLER, Nelson. **Estudos da Energia Eólica para Aproveitamento em Pequenos Empreendimentos**. Rev. Elt. De Extensão da URI, out/2012.

REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira(orgs.)**.-2. ed.1 .reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p.28 e 29

SILVA, Claudio Homero Ferreira da. **ALTERNATIVAS ENERGETICAS: UMA VISÃO CEMIG**. BELO HORIZONTE: CEMIG, 2012

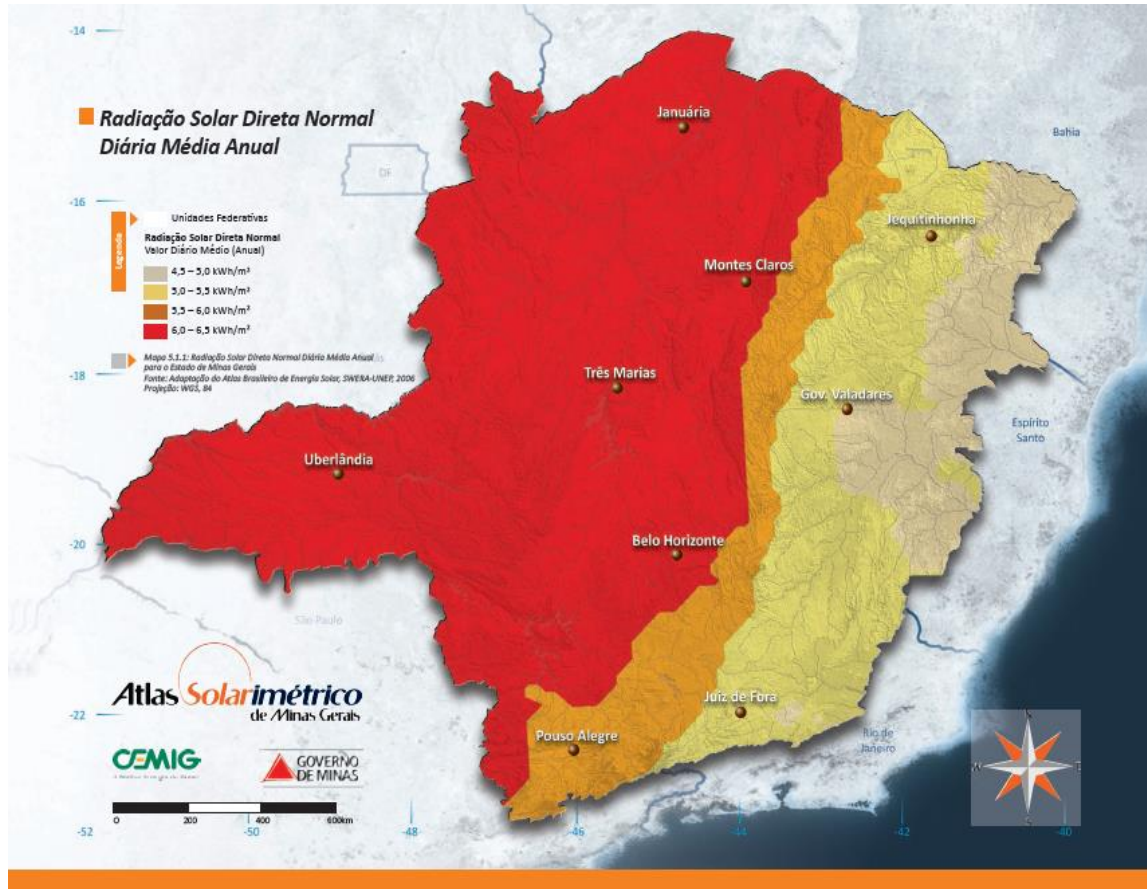
SILVA, José Valderi Cavalcante. **Pré-dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à rede Elétrica** para a universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga. Universidade Federal de Lavras, 2013.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**-1.ed., São Paulo: Érica, 2012. p.18

ZILLES, Roberto. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica/ Roberto Zilles...**[et al.]-São Paulo: oficina de textos, 2012. p.32

## **ANEXOS**

## ANEXO I - Atlas Solarimétrico de Minas

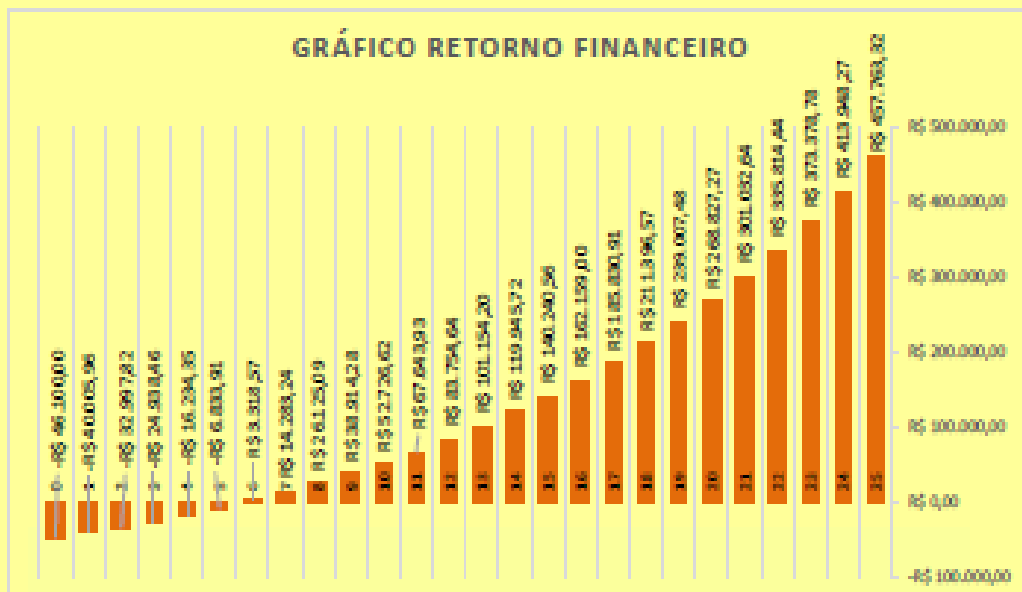


Fonte: CEMIG

## ANEXO II - Orçamento da empresa

**Resumo da Proposta**

Valor a Contratar	<b>R\$ 46.100,00</b>
Tamanho da Usina	<b>5 Kw<sub>p</sub></b>
Tamanho da Usina M <sup>2</sup>	<b>34 M<sup>2</sup></b>
Preço da Eletricidade	<b>0,7318</b>
Reajuste do custo de energia	<b>8,00%</b>
Geração de Kwh/Mês	<b>603</b>
Geração de Kwh/Ano	<b>7.241</b>
Economia Mensal	<b>R\$ 441,60</b>
Economia Anual	<b>R\$ 5.299,16</b>
Retorno do Investimento	<b>5 Anos 8 meses</b>
Retorno Financeiro 10 anos	<b>R\$ 52.726,62</b>
Retorno Financeiro 15 anos	<b>R\$ 140.240,56</b>
Retorno Financeiro 25 anos	<b>R\$ 457.763,32</b>



Data da proposta  
Validade da Proposta

10/11/2015

10/12/2015

Fonte: SELTEC Soluções Elétricas e Tecnologia

ANEXO III - Dados da radiação solar

Mapa

Pesquisar

Dados

RETScreen - Base de Dados Climáticos

Pais - região:

Prov./Estado:

Localização dos dados climáticos:

[Veja mapa](#)

Latitude:

Longitude:

Elevação:

Fonte:

Temperatura para projeto de aquecimento:

Temperatura para projeto de refrigeração:

Amplitude da Temperatura do Solo:

Fonte:


Mês	Temperatura do Ar	Humidade relativa	Radiação solar diária - horizontal	Pressão Atmosférica	Velocidade do Vento	Temperatura do Solo	Temperatura para aquecimento	Temperatura para refrigeração
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	18 °C	10 °C
Janeiro	24,1	70,6%	5,39	94,3	3,1	25,2	0	438
Fevereiro	24,4	66,7%	5,67	94,4	3,2	25,7	0	403
Março	23,6	70,8%	4,97	94,4	3,1	24,7	0	421
Abril	22,5	70,3%	4,49	94,5	3,2	23,5	0	374
Mai	20,6	67,4%	4,03	94,7	3,2	21,5	0	330
Junho	19,3	64,7%	3,95	94,9	3,2	20,1	0	279
Julho	19,3	64,3%	4,05	95,0	3,5	20,8	0	288
Agosto	20,4	61,0%	4,58	94,9	3,1	22,7	0	322
Setembro	22,2	60,6%	4,73	94,7	3,2	25,0	0	365
Outubro	23,1	64,0%	4,86	94,5	3,5	25,6	0	406
Novembro	23,0	71,5%	4,84	94,3	3,6	24,6	0	389
Dezembro	23,2	75,4%	4,85	94,3	3,5	24,2	0	409
<b>Anual</b>	22,1	67,3%	4,70	94,6	3,3	23,6	0	4423
<b>Fonte</b>	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medido a				m		0		

Fonte: Software RETScreen Plus



ANEXO IV – Dados gerais do projeto

**Canadá**



**Novidades**

458154 assinários em 222 países

Financial Incentives from Union Gas for RETScreen-Monitored Projects  
Canadian gas utility highlights numerous advantages of RETScreen software for its customers

RETScreen Modelling for Combined Energy Systems: Fertilizer Plant Case Study  
Hybrid electricity supply system is optimal, as analyzed by RETScreen

Major New Greenhouse Gas Mitigation Innovation Coming Soon  
Decision intelligence software platform will be a key weapon in the fight against climate change

RETScreen as a Comprehensive Clean Energy Toolbox  
Extensive integrated resources make RETScreen an "encyclopedia of clean energy"

**Informação sobre o projeto**

Nome do Projeto: Projeto Igreja Matriz de São João do Oriente - MG

Localização do Projeto: São João do Oriente, Brasil

Preparado para: Geração Fotovoltaica

Preparado por: Agostinho Vieira de Almeida Junior

Descrição: Análise da Viabilidade Econômica

Ver parâmetros

Idioma: Portuguese - Português, English - Inglês

Manual do usuário: [Selecionar local de dados climáticos](#)

Localização dos dados climáticos: [Ipatinga](#)

Mostrar dado

Unidade	Localização dos dados climáticos	Localização do Projeto	Fonte
Latitude	-19,5	-19,5	
Longitude	-42,5	-42,5	
Elevação	534	534	NASA
Temperatura para projeto de aquecimento	13,6		NASA
Temperatura para projeto de refrigeração	30,8		NASA
Amplitude da Temperatura do Solo	12,3		NASA

**Condições de Referência do site**

Mês	Temperatura do Ar °C	Humidade relativa %	Radiação solar diária - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	Pressão Atmosférica kPa	Velocidade do Vento m/s	Temperatura do Solo °C	Graus-dia para aquecimento 18 °C °C-d	Graus-dia para refrigeração 10 °C °C-d
Janerio	24,1	70,6%	5,39	94,3	3,1	25,2	0	438
Fevereiro	24,4	66,7%	5,67	94,4	3,2	25,7	0	403
Março	23,6	70,8%	4,97	94,4	3,1	24,7	0	421
Abril	22,5	70,3%	4,49	94,5	3,2	23,5	0	374
Mai	20,6	67,4%	4,03	94,7	3,2	21,5	0	330
Junho	19,3	64,7%	3,95	94,9	3,2	20,1	0	279
Julho	19,3	64,3%	4,05	95,0	3,5	20,8	0	288
Agosto	20,4	61,0%	4,58	94,9	3,1	22,7	0	322
Setembro	22,2	60,6%	4,73	94,7	3,2	25,0	0	385
Outubro	23,1	64,0%	4,96	94,5	3,5	25,6	0	406
Novembro	23,0	71,5%	4,84	94,3	3,6	24,6	0	389
Dezembro	23,2	75,4%	4,85	94,3	3,5	24,2	0	409
<b>Anual</b>	<b>22,1</b>	<b>67,3%</b>	<b>4,70</b>	<b>94,6</b>	<b>3,3</b>	<b>23,6</b>	<b>0</b>	<b>4,423</b>
Fonte	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medido a					10 m	0		

Fonte: Software RETScreen Plus