

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA  
DIRETORIA DE ENSINO  
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR  
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

**RODRIGO GHISOLFI DA SILVA**

**UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ALIMENTAR AS  
REPETIDORAS DE RÁDIO DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA  
CATARINA**

**FLORIANÓPOLIS  
MAIO 2012**

**Rodrigo Ghisolfi da Silva**

**Utilização de energia solar fotovoltaica para alimentar as repetidoras de rádio do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

**Orientador(a): Capitão BM Eduardo Antonio da Rocha**

**Florianópolis  
Maio 2012**

CIP – Dados Internacionais de Catalogação na fonte

---

S586u Silva, Rodrigo Ghisolfi da  
Utilização de energia solar fotovoltaica para  
alimentar as repetidoras de rádio do Corpo de  
Bombeiros Militar de Santa Catarina. / Rodrigo  
Ghisolfi da Silva. – Florianópolis : CEBM, 2012.  
71 p. : il.

1. Energia Solar Fotovoltaica. 2. Radiorrepetidora.  
3. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. II.  
Título.

CDD 621.47

---

Ficha catalográfica elaborada pelas Bibliotecárias Marchelly Porto CRB 14/1177 e Natalí  
Vicente CRB 14/1105

Rodrigo Ghisolfi da Silva

Utilização de energia solar fotovoltaica para alimentar as repetidoras de rádio do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Florianópolis (SC), 2 de Maio de 2012.

---

Capitão BM Eduardo Antonio da Rocha - Especialista  
Professor Orientador

---

1º Tenente BM Ana Paula Guilherme  
Membro da Banca Examinadora

---

1º Tenente BM Diego Felipe Mazarotto  
Membro da Banca Examinadora

Dedico este trabalho à minha família, pelo incentivo e apoio incondicional dado a mim durante toda a minha formação acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por iluminar meus caminhos para que eu pudesse atingir meus objetivos.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional na realização desta conquista.

Ao meu irmão, pela amizade que sempre compartilhamos.

Aos meus colegas e amigos, pelos bons momentos proporcionados durante estes anos de convivência.

Ao Cap. BM Rocha, pelo conhecimento e experiência transmitidos durante a elaboração deste trabalho.

Às bibliotecárias, Natali e Marchelly, pelo auxílio na formatação e construção deste trabalho.

E à todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a construção deste trabalho.

“Quando uma criatura humana desperta para um grande sonho e sobre ele lança toda a força de sua alma, todo o universo conspira a seu favor.”  
(Johann Goethe)

## RESUMO

O presente trabalho faz um estudo sobre o sistema de radiocomunicação do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina sob o aspecto do seu suprimento de energia elétrica e apresenta a energia solar fotovoltaica como uma fonte alternativa de energia que pode aumentar a confiabilidade do sistema de comunicações caso ocorram desastres naturais que, de outra forma, inviabilizariam a comunicação via rádio pela corporação. Para obtenção dos dados foram consultados relatórios de descrição técnica da rede de comunicação do CBMSC, bombeiros militares que atuam na área de tecnologia da informação, profissionais da área de engenharia e bibliografia acerca das fontes alternativas de energia. Tal pesquisa visa apresentar energia solar como uma solução confiável e robusta para suprir a demanda energética de repetidoras de rádio, cuja disponibilidade a qualquer tempo é de fundamental importância na atividade de bombeiro. Na conclusão, corrobora a hipótese da pesquisa, indicando a energia solar fotovoltaica como opção viável e desejável para alimentação das repetidoras de rádio do CBMSC tanto para locais isolados como para locais que já possuam energia proveniente da concessionária. Finalmente, apresenta ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina especificações de como dimensionar uma estação repetidora de rádio utilizando energia solar fotovoltaica.

**Palavras-chave:** Repetidora de rádio. Energia solar. Disponibilidade.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Esquema de uma repetidora de rádio.....	19
Figura 2:	Mapa de distribuição das repetidoras do CBMSC em Santa Catarina.....	22
Figura 3:	Digrama de uma estação repetidora.....	22
Figura 4:	Duplexador de 6 cavidades para aplicação em repetidoras fixas ou móveis.....	24
Figura 5:	Filtro de cavidades para repetidoras.....	25
Figura 6:	Antena omnidirecional para rádio.....	26
Figura 7:	Fotografia de uma repetidora de rádio utilizando energia solar e eólica.....	31
Figura 8:	Repetidora com energia solar nas montanhas de Baviaanskloof na África do Sul.....	33
Figura 9:	Componentes da radiação solar.....	35
Figura 10:	Órbita da Terra em torno do sol, inclinação de 23,5° no eixo Norte-Sul.....	36
Figura 11:	Mapa Solar – Irradiação média anual no Brasil.....	37
Figura 12:	Junção pn e camada de depleção de uma célula fotovoltaica, campo elétrico gera diferença de potencial entre os substratos p e n.....	38
Figura 13:	Espectro eletromagnético de ocorrência do efeito fotovoltaico.....	39
Figura 14:	Célula Fotovoltaica, corte transversal.....	40
Figura 15:	Diferença entre célula, módulo e arranjo.....	40
Figura 16:	Módulos conectados em série.....	42
Figura 17:	Módulos conectados em paralelo.....	43
Figura 18:	Sistema isolado com armazenamento e carga CC.....	50
Figura 19	Simulador de Consumo da Celesc, fornece o consumo e custo da energia.....	63

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1:	Relação das repetidoras do CBMSC.....	20
Tabela 1:	Relação entre latitude e ângulo de inclinação.....	51
Tabela 2:	Consumo das cargas.....	59
Tabela 3:	Especificações do módulo fotovoltaico.....	60
Tabela 4:	Especificação da bateria a ser empregada.....	61
Tabela 5:	Preço do conjunto com módulo fotovoltaico e controlador de carga.....	63
Tabela 6:	Preço de bateria estacionária.....	64
Tabela 7:	Custo total do sistema de geração fotovoltaico.....	64

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

CC – Corrente Contínua

DiTI – Divisão de Tecnologia da Informação

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

LABSOLAR – Laboratório de Energia Solar

RF – Radiofrequência

RX – Receptor

TX – Transmissor

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UHF – Ultra High Frequency

VHF – Very High Frequency

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	-	Ampére
Ah	-	Ampére-hora
CC	-	Corrente Contínua
Db	-	Decibel
Hz	-	Hertz
kW	-	Quilowatt
kWh	-	Quilowatt-hora
m <sup>2</sup>	-	metro quadrado
Nº	-	número
N <sub>max</sub>	-	número máximo de baterias
°C	-	Graus Celsius
V	-	Volt
V <sub>carga</sub>	-	tensão de carga da bateria escolhida em Volts
V <sub>cc</sub>	-	Volt Corrente Contínua
N <sub>conj</sub>	-	Número de conjuntos de baterias em paralelo
V <sub>max</sub>	-	tensão máxima da faixa de operação do sistema em Volts
W	-	Watt
Wh	-	Watt-hora

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Justificativa.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Problema.....</b>	<b>14</b>
1.2.1 Hipótese.....	14
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>15</b>
1.3.1 Objetivo Geral.....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
<b>1.4 Metodologia de trabalho.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5 Apresentação Geral do Trabalho.....</b>	<b>16</b>
<b>2. COMUNICAÇÕES VIA RÁDIO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Componentes do sistema de radiocomunicação do CBMSC.....</b>	<b>18</b>
2.1.1 Estação Repetidora.....	18
2.1.1.1 <i>Localização da repetidoras do CBMSC.....</i>	<i>19</i>
2.1.1.2 <i>Componentes básicos de uma repetidora.....</i>	<i>22</i>
2.1.1.3 <i>Configuração das repetidoras do CBMSC.....</i>	<i>27</i>
<b>3 FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Energia Eólica.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Biomassa.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3 Energia Solar.....</b>	<b>32</b>
<b>4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Radiação Solar e Efeito Fotovoltaico.....</b>	<b>34</b>
4.1.1 Radiação Solar.....	34
4.1.2 Efeito Fotovoltaico.....	37
<b>4.2 Componentes do Sistema Solar Fotovoltaico.....</b>	<b>39</b>
4.2.1 Gerador Fotovoltaico.....	39
4.2.1.1 <i>Distinção entre célula, módulo e arranjo fotovoltaico.....</i>	<i>39</i>
4.2.1.2 <i>Materiais da Célula.....</i>	<i>41</i>
4.2.1.3 <i>Formas de ligação dos módulos.....</i>	<i>41</i>
4.2.2 Acumuladores.....	43
4.2.2.1 <i>Baterias Chumbo-Ácido.....</i>	<i>44</i>
4.2.2.2 <i>Baterias Níquel-Cádmio.....</i>	<i>44</i>

4.2.2.3 Baterias De Íons De Lítio.....	44
4.2.3 Controladores De Carga.....	45
<b>4.3 Tipos De Sistemas Fotovoltaicos.....</b>	<b>45</b>
4.3.1 Isolado.....	45
4.3.2 Híbrido.....	46
4.3.3 Conectados À Rede Elétrica.....	46
<b>4.4 Sistemas Fotovoltaicos aplicados às telecomunicações.....</b>	<b>47</b>
4.4.1 Características construtivas de um sistema fotovoltaico para telecomunicações.....	47
4.4.2 Vantagens da utilização de energia solar em telecomunicações.....	48
4.4.2.1 Confiabilidade.....	48
4.4.2.2 Conveniência e Flexibilidade.....	48
4.4.2.3 Montagem Modular.....	48
4.4.2.4 Economia.....	49
4.4.2.5 Sistemas Híbridos.....	49
4.4.3 Configuração Básica.....	49
<b>5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>51</b>
<b>5.1 Dados necessários para dimensionar o sistema fotovoltaico.....</b>	<b>51</b>
5.1.1 Localização geográfica da estação repetidora.....	51
5.1.2 Especificações da carga empregada.....	52
5.1.2.1 Tensão nominal do sistema.....	52
5.1.2.2 Potência exigida pela carga.....	52
5.1.2.3 Perfil de carga – Horas de utilização das cargas.....	52
5.1.2.4 Autonomia.....	52
<b>5.2 Cálculo do Consumo das Cargas.....</b>	<b>52</b>
<b>5.3 Dimensionamento do Arranjo Fotovoltaico.....</b>	<b>53</b>
<b>5.4 Dimensionamento do Banco de Baterias (Acumuladores).....</b>	<b>54</b>
<b>6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E PROJETO.....</b>	<b>57</b>
<b>6.1 Metodologia.....</b>	<b>57</b>
<b>6.2 Dimensionamento de Repetidora do Tipo 1.....</b>	<b>58</b>
6.2.1 Localização da estação repetidora.....	58
6.2.2 Cálculo do Consumo das Cargas.....	59
6.2.3 Dimensionamento do arranjo fotovoltaico.....	59
6.2.4 Dimensionamento do Banco de Baterias.....	60

<b>6.3 Viabilidade Econômica.....</b>	<b>62</b>
<b>6.4 Custo Ambiental.....</b>	<b>65</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina tem sofrido grandes prejuízos nos últimos anos devido à ocorrência de eventos climáticos extremos. Sendo que, a maior parte dos desastres são provenientes de desastres atmosféricos, como explica Marcelino, Nunes e Kobiyama (2006, p. 73): “a maioria desses eventos teve como gênese instabilidades atmosféricas severas que podem causar danos socioeconômicos, em virtude dos episódios pluviais intensos, vendavais, granizo e tornados”.

De acordo com Herrmann et al (2009, p. 01):

O Estado de Santa Catarina é severamente castigado pelas adversidades atmosféricas caracterizadas: a) pelos elevados totais pluviométricos, que resultam em grandes áreas afetadas por escorregamentos, inundações e quedas de blocos, deixando, comumente, um grande número de desabrigados e mortos; b) pelos prolongados meses de estiagens, que prejudicam a agricultura e a pecuária, afetando a renda dos agricultores e pecuaristas; c) e pelas tempestades severas que frequentemente geram vendavais, granizos, tornados e marés de tempestades, deixando inúmeras residências totalmente destruídas ou destelhadas, além de prejudicar significativamente as plantações e a infra-estrutura pública dos municípios. Além disso, em março de 2004, Santa Catarina também foi surpreendida pelo Furacão Catarina, fenômeno mais atípico registrado no Estado até hoje.

Eventualmente, ocorrências dessa magnitude acabam destruindo a infraestrutura das cidades atingidas, sendo que a rede de energia elétrica é uma das estruturas mais suscetíveis a danos em caso de desastres provocados por instabilidades atmosféricas.

Não apenas a rede elétrica, mas também os sistemas de telecomunicações podem não funcionar adequadamente nessas condições, deixando cidades inteiras isoladas, sem comunicação com o exterior, impossibilitadas de pedir ajuda ou de informar as condições no local.

É fato que a grande maioria das repetidoras de rádio do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) depende da energia fornecida pela rede de distribuição das concessionárias de energia elétrica para funcionar. Com isso, o sistema fica sujeito a blecautes e sobretensões da rede elétrica que podem danificar os aparelhos, bem como à quedas de energia causadas por intempéries.

Desse modo, quando ocorre um desastre de grandes proporções, com consequente falta de energia elétrica, o funcionamento das repetidoras fica limitado à autonomia da bateria que funciona em caso de emergência, sendo que, se a carga da mesma acabar, os bombeiros podem ficar sem comunicação no momento em que ela é mais necessária.

Recentemente, durante as enchentes ocorridas no ano de 2008, a região de Ilhota ficou sem comunicação via rádio devido à falta de energia, obrigando os bombeiros a comunicar-se



através de telefones celulares. Da mesma forma que esses desastres causam danos sociais, econômicos e ambientais à sociedade, eles também expõem as vulnerabilidades do sistema de comunicação do CBMSC.

O Estado de Santa Catarina possui um relevo peculiar, caracterizado pela existência de serras e planaltos, de forma que para obter maior alcance nas radiocomunicações é necessário que as repetidoras localizem-se em altitudes mais elevadas, de preferência no alto de algum morro. Contudo, nem sempre é possível, ou pode ser demasiadamente dispendioso, levar a rede elétrica até o alto de um morro para alimentar uma repetidora, sem contar ainda a degradação ambiental que tal iniciativa causaria.

Tendo em vista as questões supracitadas, a utilização de fontes alternativas de energia apresenta-se como uma solução viável devido suas características técnicas, vantagens operacionais e ambientais. Devido à crescente preocupação ambiental e aumento da demanda por essas tecnologias o seu custo também está ficando mais acessível, aumentando também sua viabilidade econômica para a corporação.

Além disso, a preservação do meio ambiente deve ser uma preocupação constante na atividade do Corpo de Bombeiros, visto que a proteção ambiental faz parte da missão do CBMSC que é “Prover e manter serviços profissionais e humanitários que garantam a proteção da vida, do patrimônio e do meio ambiente, visando proporcionar qualidade de vida à sociedade.” (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2012)

De fato, o Corpo de Bombeiros é uma instituição que está envolvida diretamente com a questão ambiental, sendo que:

Desde sua criação a instituição vem desempenhando papel cada vez mais significativo junto à comunidade, visto que o Corpo de Bombeiros usufrui de grande prestígio junto a comunidade. Sua atuação abrange intimamente o contexto de meio ambiente no que toca à contribuição para a proteção dos ecossistemas.( PARIZOTTO, 2009)

Portanto, deve haver preocupação da corporação em adotar tecnologias que contribuam para a manutenção do equilíbrio ambiental, produzindo menor degradação e menor poluição, inclusive em atividades essenciais da corporação como é a radiocomunicação.

Dentre as diversas fontes de energia, destaca-se a energia solar fotovoltaica que, sendo utilizada há muito tempo por empresas de telecomunicações, demonstrou-se uma forma simples, econômica e confiável de se obter energia, bem como amigável ao meio ambiente por ser uma fonte considerada limpa e renovável.

## 1.1 Justificativa

A escolha do tema se deu em virtude de que, em conversas com o orientador, constatou-se a necessidade de o CBMSC possuir equipamentos de comunicação que atendam as necessidades operacionais mesmo nas piores condições, não repetindo situações que no passado causaram transtornos e prejuízos ao andamento dos trabalhos, também pelo fato de o pesquisador possuir afinidade com a área de eletrônica e geração de energia, bem como possuir formação em engenharia elétrica.

## 1.2 Problema

A efetividade do serviço prestado pelo CBMSC depende invariavelmente de um bom sistema de comunicação, que permita a troca de informações e o acionamento dos quartéis em caso de emergência. Para isso, é necessário que a corporação possua um sistema de comunicação confiável e que ofereça disponibilidade, ou seja, que esteja em perfeito funcionamento sempre que sua utilização for necessária.

A energia é um recurso fundamental para a realização de muitas das atividades bombeiris, dentre elas a radiocomunicação. A corporação deve buscar fontes de energia que sejam renováveis e confiáveis como forma de reduzir a vulnerabilidade de suas comunicações, tornando-se menos dependente de fontes externas.

Essa problemática levou à seguinte indagação, a qual norteou os rumos da pesquisa:

Como a energia solar fotovoltaica pode ser aplicada às radiocomunicações, no âmbito do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, e que benefícios poderia gerar à corporação?

### 1.2.1 Hipótese

O pressuposto em que se apoia este estudo é o de que a tecnologia de geração de energia solar fotovoltaica pode ser utilizada para alimentação das radiorrepetidoras do CBMSC visando tornar o sistema de radiocomunicação da corporação mais robusto e confiável, sendo uma solução viável do ponto de vista técnico, ambiental e econômico.

## **1.3 Objetivos**

### 1.3.1 Objetivo Geral

Esta monografia tem como objetivo geral analisar a viabilidade da incorporação de fontes de geração de energia solar fotovoltaica à rede de radiocomunicação do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Este trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- Analisar o atual sistema de telecomunicações utilizado no CBMSC e como é realizado o seu suprimento energético;
- Descrever os componentes e tipos de sistemas de geração que podem ser usados pelo CBMSC em suas repetidoras;
- Salientar a importância e vantagens do uso de fontes de energia limpas e renováveis pelos Bombeiros;
- Verificar a viabilidade técnica econômica da implantação de sistemas de energia solar nas repetidoras do CBMSC.

## **1.4 Metodologia de Trabalho**

Primeiramente, o trabalho foi desenvolvido utilizando-se de pesquisa bibliográfica, por meio de livros, artigos e publicações técnicas e científicas, dissertações, teses e, ainda, de normas técnicas referentes ao assunto pesquisado.

Buscou-se estabelecer contato com pesquisadores, empresas, bombeiros que trabalham no ramo de tecnologia da informação e centros de pesquisa na área de energia renovável, a fim de obter informações necessárias à construção de um trabalho que fosse relevante e coerente com as necessidades do CBMSC.

Os dados pesquisados foram avaliados e organizados, juntamente com o orientador, conduzindo a soluções energéticas que podem ser utilizadas nas radiorepetidoras da

corporação, além do conhecimento dos seus aspetos técnicos e benéficos, fazendo com que sejam atingidos os objetivos propostos.

### **1.5 Apresentação Geral do Trabalho**

O presente trabalho está dividido em 6 capítulos, no Capítulo 1 é realizada a introdução, a qual aborda a justificativa para o trabalho, a descrição do problema, os objetivos gerais, os objetivos específicos e a metodologia empregada.

No Capítulo 2, será feito um estudo dos sistemas de comunicação via rádio utilizado pelo CBMSC sob o aspecto de sua estrutura, componentes e do seu suprimento energético. No Capítulo 3 serão abordadas as fontes de energia renováveis, suas características, vantagens e desvantagens. Em seguida no Capítulo 4 será apresentado o sistema de geração de energia fotovoltaico, seus componentes, os tipos de sistemas e como pode ser aplicado às telecomunicações, em especial sistemas de comunicação via rádio como o do CBMSC. O Capítulo 5 mostrará o procedimento para o correto dimensionamento do sistema solar. Logo após, no Capítulo 6, constará o dimensionamento de um sistema fotovoltaico para repetidora do CBMSC e um estudo de sua viabilidade econômica. E, por fim, o Capítulo 7 conterà as conclusões e comentários.

## 2 COMUNICAÇÕES VIA RÁDIO

A tecnologia que permitiu a transmissão de sons por meio de ondas de rádio, de acordo com Medeiros (2007), foi desenvolvida pelo físico italiano Guglielmo Marconi, o qual realizou, em 1897, demonstrações chegando a enviar sinais a 12 milhas de distância. Por isso, Marconi é considerado por muitos o inventor do rádio. No Brasil, o Padre Roberto Landell de Moura, gaúcho, estudioso de física e química, projetou um transmissor de rádio, e realizou a primeira transmissão de voz através de ondas eletromagnéticas, em 1893 na Avenida Paulista, a transmissão de voz foi ouvida com clareza no alto do morro de Santana a oito quilômetros, a transmissão pública pode ser considerada a primeira do mundo, já que foi realizada bem antes dos experimentos de Marconi. E, depois, outros nomes importantes da ciência deram continuidade às pesquisas culminando no incrível desenvolvimento das telecomunicações nos dias de hoje.

De acordo com Caparelli ([2005], p.3), “Como em muitas outras áreas, a pesquisa e desenvolvimento em sistemas de comunicações móveis estiveram intimamente ligadas aos padrões militares até a Segunda Guerra Mundial.”

Os sistemas de rádio móvel encontraram grande utilidade principalmente para os serviços de segurança pública como os de polícia, de bombeiro, de conservação florestal, manutenção de rodovias, entre outros.

Para os órgãos prestadores de serviços de emergência, que utilizam o rádio em suas ambulâncias e viaturas, como os Corpos de Bombeiros, a comunicação via rádio é de grande importância, seguindo rigorosos padrões regulamentados pela Agência Nacional de Telecomunicações, a qual define parâmetros como frequências, tipo de modulação e potência do sinal que pode ser utilizado.

De acordo com o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010) o termo radiocomunicação é utilizado para descrever

[...] um sistema para de comunicação, que pode envolver vários equipamentos como repetidoras, links, estações bases, rádios móveis e rádios portáteis. Essa comunicação ocorre através de ondas eletromagnéticas.

Na Corporação dos Bombeiros é utilizada principalmente a faixa de frequências de VHF (148-174 MHz) para a comunicação local e a faixa de frequências UHF (403-470 MHz) para os links.

O sistema de radiocomunicação do CBMSC envolve o uso de diversos equipamentos eletrônicos que se interconectam, fisicamente ou por meio de ondas eletromagnéticas, formando, assim, a rede de rádio da corporação.

## 2.1 Componentes do sistema de radiocomunicação do CBMSC

O sistema de comunicação via rádio utilizado no CBMSC é composto de diversos equipamentos eletrônicos e estruturais que, juntos, possibilitam a comunicação entre quartéis, viaturas e guarnições. A seguir serão apresentadas definições dos principais equipamentos que compõem o sistema de radiocomunicação da corporação.

### 2.1.1 Estação Repetidora

De acordo com o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010), uma estação repetidora é uma “estrutura de comunicação instalada normalmente em pontos altos, que contempla equipamentos de transmissão e recepção, filtros, duplexadores, antenas, torres, baterias, etc. A função da repetidora é ampliar a área de cobertura de comunicação”.

Segundo Medeiros (2007, p. 142),

Para ultrapassar a linha do horizonte, vencer obstáculos existentes ao longo do percurso e iluminar áreas de sombra, as radiocomunicações em VHF, UFH e SHF necessitam de estações repetidoras. Instaladas em pontos elevados do terreno, as comunicações entre terminais fixos e móveis se desenrolam através delas. Em centros urbanos, principalmente, estações radiorrepetidoras são usadas em larga escala, em proveito das forças armadas, polícias, defesa civil, radiotáxis, radioamadores, etc.

Acerca das repetidoras Ferreira (2007), explica que:

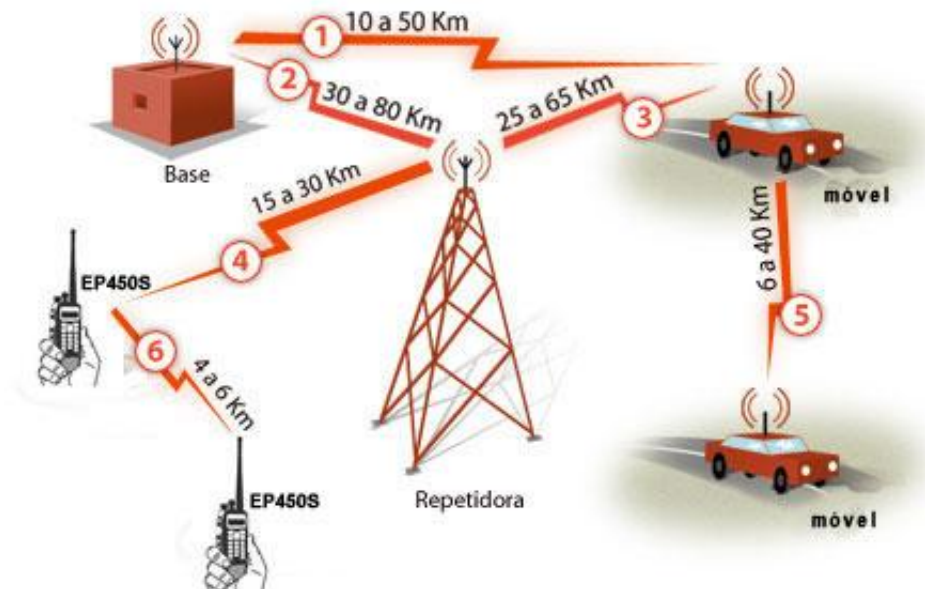
[...]uma estação repetidora nada mais é do que um sistema automático de retransmissão de sinais, normalmente instalado em um local de grande elevação. Um pré-requisito para uma repetidora operar é a habilidade de receber e retransmitir o sinal desejado ao mesmo tempo. Para isso, ela precisa de um receptor separado do transmissor.

Por motivos óbvios, as frequências de recepção e transmissão devem ser diferentes. Essa diferença de frequência é chamada de offset, shift, ou ainda dup. O padrão de offset atual é de 600kHz para o VHF e 5000kHz para o UHF.

Sendo assim, as radio repetidoras desempenham um importante papel na comunicação por rádio, uma vez que ampliar o alcance de comunicação entre os rádios móveis e portáteis.

A Figura 1, abaixo, mostra o funcionamento de uma repetidora de rádio, bem como sua interação com os demais aparelhos móveis e portáteis.

Figura 1. Esquema de uma repetidora de rádio



Fonte: Acent Radiocomunicação (2012)

Analisando a Figura 1, acima, nota-se que o alcance entre dois rádios portáteis (HTs) é, em média, de 4 a 6 Km, entre rádios móveis (veiculares) o alcance médio varia entre 6 e 40 Km e entre a estação base a distancia média alcançada é de 10 a 50 Km, dependendo do equipamento utilizado. Portanto, com o uso de uma repetidora pode-se aumentar consideravelmente o alcance dos rádios fazendo com que a comunicação alcance lugares remotos.

Dependendo do equipamento utilizado, as repetidoras podem apresentar uma potência de transmissão maior do que a de rádios móveis.

#### 2.1.1.1 Localização das repetidoras do CBMSC

As repetidoras, em geral, são instaladas no topo de montanhas ou outros locais elevados, evitando a interposição de obstáculos que possam atenuar o sinal, como edificações, árvores e morros, entre outros. Com isso, pode-se fazer com que o sinal de rádio alcance a maior distância possível.

A corporação possui 54 radorrepetidoras espalhadas pelo estado, e ainda a previsão para a instalação de outras 3 radorrepetidoras. (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, 2010)

O Quadro 1, abaixo, apresenta a relação das repetidoras utilizadas pelo CBMSC, bem como sua localização e descrição do equipamento de rádio utilizado.

Quadro 1 Relação das repetidoras do CBMSC

Nº	Cidade	OBM	Rádio	Localização
1	Anita Garibaldi	1º/1º/1ª/5º	2 rádios Maxon	Av. Idalino Fernandes Sobrinho, s/n
2	Araranguá	3ª/4º	2 rádios Maxon	Morro dos Conventos
3	Balneário Camboriú	2ª/7º	2 rádios GM200	Morro Praia do Pinho
4	Benedito Novo	2ª/3º	2 rádio EM200	R. das Missões
5	Blumenau	3º	2 rádios GM300	Morro do Cachorro
6	Braço do Norte	2º/3ª/8º	2 rádios M130	Morro das Antenas
7	Brusque	3ª/3º	GM300/EM200	Morro do Cruz/ Parapente
8	Campo Alegre	1º/2ª/9º	2 rádios EM200	Morro São Miguel
9	Campos Novos	1ª/2º	2 rádios Maxon	Interior Município
10	Canoinhas	9º	2 rádios GM300	Morro Pedra Branca
11	Capinzal	2º/2ª/2º	2 rádios EM50	Civireano de Abreu/ Reservatório Simae
12	Catanduvas	1º/1º/2ª/2º	Maxon/ GM300	Rodovia BR 282, Km 427, Vargem Bonita
13	Chapecó	6º	GM300/SM50	Interior
14	Criciúma	4º	2 rádios EM200	Morro TV/ Sechenel
15	Cunha Porã	1º/3º/2ª/6º	2 rádios Maxon	Linha Santo Antônio
16	Curitibanos	2º	EM200/SM50	Salomão Carneiro de Almeida
17	Dionísio Cerqueira	2º/2ª/6º	2 rádios EM200	Ref. Aduana/ Porto Seco
18	Florianópolis	1º	2 rádios EM 200	Morro da Cruz
19	Garuva	2º/4º/1ª/7º	2 rádios EM 200	Morro Quiriri
20	Gaspar	4º/1ª/3º	2 rádios EM 200	Morro Parapente
21	Governador Celso Ramos	2ª/7º	2 rádios GM300	Morro do Pinheiro
22	Governador Celso Ramos	1º	2 rádios GM300	Morro do Pinheiro
23	Imbituba	2ª/8º	2 rádios EM 200	Morro das Antenas
24	Itajaí	7º	2 rádios EM 200	Morro Praia do Pinho
25	Itapiranga	4º/2ª/6º	2 rádios Vertex	Comunidade Linha Laranjeira
26	Ituporanga	3º/3ª/5º	2 rádios GM300	Morro Antenas
27	Joaçaba	2ª/2º	SM50/GM300	José Firmo Bernardes
28	Lages	5º	GM300/EM200	Das Torres
29	Laguna	8º	SM50/GM300	Morro das Laranjeiras
30	Luis Alves	3º/1ª/7º	2 rádios EM 200	Morro do Baú
31	Mafra	2º/1ª/9º	2 rádios Maxon	Ten. Ari Rauen, 1361
32	Maravilha	3º/2ª/6º	2 rádios EM 200	Morro das Antenas
33	Nova Trento	-	2 rádios GM300	Morro dos Conventos
34	Orleans	3º/2ª/4º	GM300/EM200	Morro Antenas
35	Otacílio Costa	3º/1ª/5º	2 rádios GM300	Morro Funil
36	Palmitos	4º/1ª/6º	2 rádios Maxon	Estrada Geral, s/n
37	Papanduva	1º/1º/1ª/9º	2 rádios GM300	Morro das Antenas
38	Piratuba	1º/2º/2ª/2º	DGR 6175	Morro das Antenas
39	Ponte Serrada	1º/3º/3ª/6º	2 rádios EM 200	Dom Tobias
40	Porto Belo	3º/2ª/7º	2 rádios GM300	Acesso secundário bombinhas (morros das antenas)
41	Porto União	3ª/9º	2 rádios SM50	Colônia Santa Maria
42	Rio do Sul	3ª/5º	2 rádios GM300	Cerra Tomio



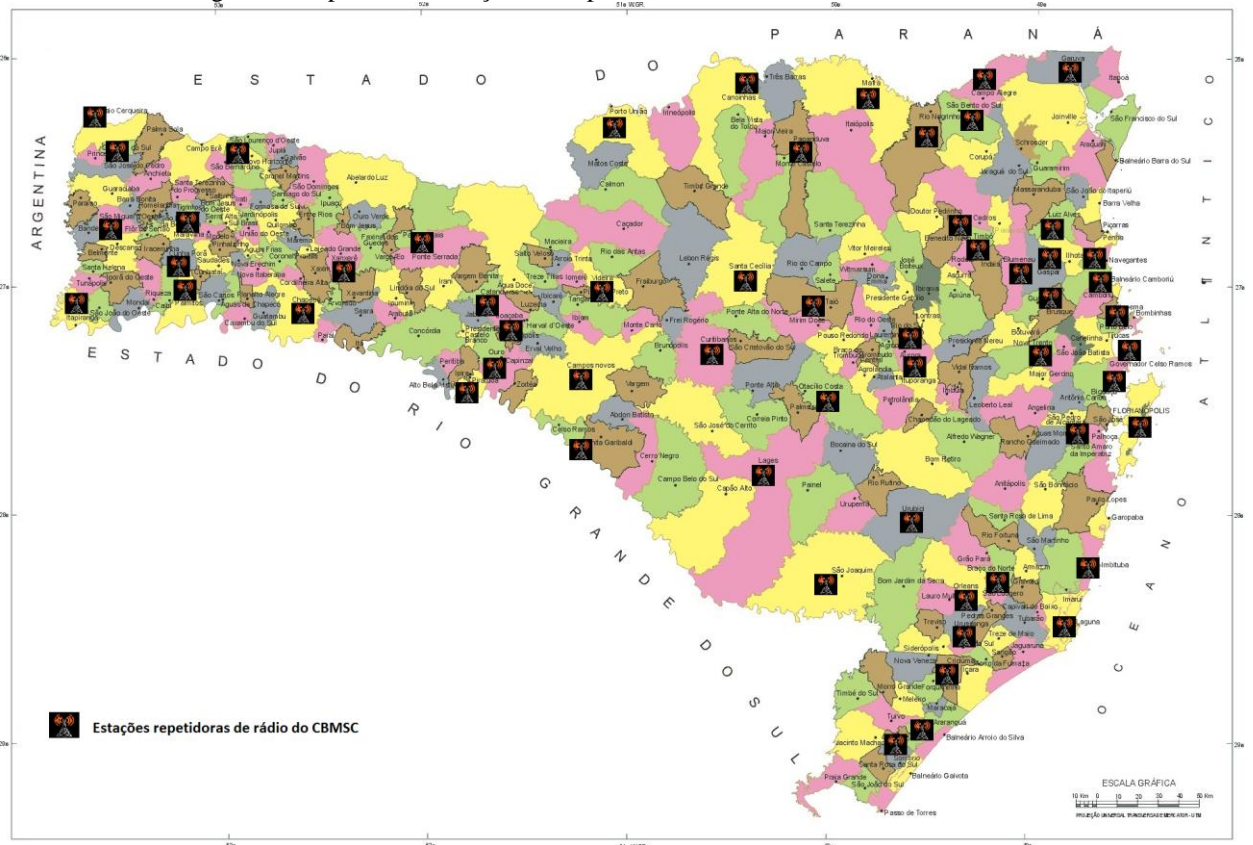
43	Rio Negrinho	2°/2ª/9°	SM50/EM200	BR 280, Km 132 (Posto PRF)
44	Santa Cecília	1°/1ª/2°	SM50/SM120	Parque Exposição Valfrido Drissen
45	Santo Amaro da Imperatriz	10°	EM200/GM300	Morro Ventura/Parapente
46	São Bento do Sul	2ª/9°	2 rádios EM200	Estevão Bushlle, 700
47	São Joaquim	1°/2ª/5°	2 rádios EM 200	Morro da ABB
48	São José do Cedro	1°/2°/2ª/6°	2 rádios EM 200	Morro da Antenas
49	São Lourenço do Oeste	3°/3ª/6°	2 rádios Maxxon	Jarbas Mendes, s/n
50	São Miguel do Oeste	12°	2 rádios Maxxon	31 de Março, s/n
51	Sombrio	2°/3ª/4°	2 rádios EM 200	Estrada Geral, s/n
52	Taió	2°/3ª/5°	2 rádios EM 200	Morro do Funil
53	Timbó	2ª/3°	2 rádios GM300	Morro Azul
54	Urubici	2°/2ª/5°	Vertex VX 5000	Morro da Cruz
55	Urussanga	2°/2ª/4°	GM300/SM120	Morro das Antenas
56	Videira	3ª/2°	2 rádios Maxxon	Linha Brid
57	Xanxerê	3ª/6°	2 rádios EM 200	BR 282, Km 508

Fonte: Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010)

De acordo com os dados mostrados no Quadro 1, acima, a grande maioria das repetidoras estão localizadas no alto de morros ou locais com altitude elevada. Isso traz a vantagem de dar um alcance maior às repetidoras, ainda deve-se levar em consideração que Santa Catarina é um estado com topografia variada, sendo que boa parte do seu território é formado de serras, o que implica a necessidade de repetidoras instaladas em lugares altos.

Apesar de o CBMSC possuir um número considerável de repetidoras, ainda existem locais onde não há cobertura de rádio. A Figura 2, mostrada abaixo, representa a localização das repetidoras no território do Estado de Santa Catarina, na qual observa-se que o litoral possui grande quantidade de repetidoras, por outro lado, no interior, principalmente na região central e no centro-oeste do Estado, a concentração de estações repetidoras é menor havendo nessas regiões áreas não cobertas, ou seja, fora do alcance da rede de rádio do Corpo de Bombeiros Militar.

Figura 2. Mapa de distribuição das repetidoras do CBMSC em Santa Catarina

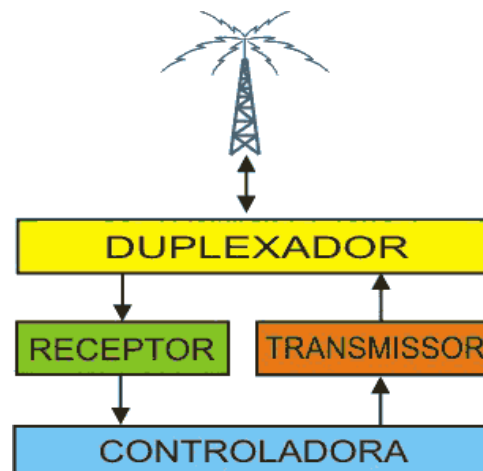


Fonte: Adaptado de Martins (2012)

### 2.1.1.2 Componentes básicos de uma repetidora

Uma rádiorepetidora é integrada por diversos equipamentos, como rádio de recepção e de transmissão, filtros, duplexadores e antenas. A Figura 3, abaixo, mostra o diagrama básico de uma estação repetidora.

Figura 3: Diagrama de uma estação repetidora.



Fonte: Ferreira (2007)

#### a) Rádio de recepção (RX)

O rádioreceptor é o equipamento que recebe o sinal de entrada, ou seja, transforma as ondas de rádio em uma mensagem. Para Medeiros (2007, p.149), “o radioreceptor é o dispositivo encarregado de sintonizar uma onda dentre as captadas pela antena receptora, com fidelidade, as informações contidas nela”.

Medeiros (2007, p.149) explica, ainda, “Entende-se por fidelidade a reprodução da informação na forma idêntica à gerada pela fonte transmissora, com um mínimo de distorção”.

Acerca do receptor Ferreira (2007) afirma que:

Um bom receptor é aquele que tem uma boa sensibilidade e ao mesmo tempo uma boa seletividade. Ter boa sensibilidade significa que o receptor é bem sensível, consegue captar sinais fracos, quase em nível de ruído, mas que ainda assim esse sinal seja inteligível.

Outra característica importante para um receptor é sua seletividade. Seletividade é a capacidade que ele têm em rejeitar sinais que não sejam o da frequência selecionada. Um receptor bem seletivo não sofre interferências de sinais adjacentes tão facilmente. É nesse quesito que um HT sai perdendo, é comum um sinal 50kHz acima da frequência que se sintoniza num HT interferir em sua recepção. Se esse sinal for muito forte, pode interferir em toda sua faixa de recepção.

#### b) Rádio de transmissão (TX)

O radiotransmissor é o equipamento que retransmite o sinal eletromagnético. Como ensina Medeiros (2007), “O radiotransmissor é o gerador da corrente de radiofrequência (RF) a ser convertida em energia irradiante pela antena transmissora”.

De acordo com Ferreira (2007), um bom transmissor deve contemplar os seguintes aspectos:

Bom filtro de harmônicos – Transmissores mal projetados podem gerar sinais indesejáveis que podem interferir na recepção da repetidora, portanto um bom transmissor deve ter um bom filtro de harmônicos para evitar esse tipo de problema. Os transmissores atuais, pelo menos os das marcas mais afamadas, normalmente passam por rigorosos testes antes de chegarem ao mercado, e devem ser satisfatórios [...].

Bom dissipador de calor – Um transmissor de repetidora precisa agüentar um funcionamento ininterrupto, principalmente para aquelas repetidoras de alto tráfego. Portanto um bom sistema de dissipação de calor é essencial [...].

Potencia de Saída – Na verdade um transmissor de repetidora não precisa necessariamente ser muito potente, já que terá a vantagem de estar instalado em local privilegiado e geralmente utilizando um bom sistema irradiante. E quanto mais potência têm o transmissor, maior será a dissipação de calor necessária. Utilizando esses transceptores de hoje, o ideal é uma potência entre 10W e 25W, uma vez que foram projetados para ciclos de transmissão com intervalos de recepção. Usá-los com a potência máxima (normalmente 50W) não é recomendável, pois seu módulo de potência pode atingir altíssimas temperaturas e acabar queimando.

### c) Duplexador

O duplexador é, como lembra Ferreira (2007), um dispositivo que permite acoplar um receptor e um transmissor a uma mesma antena e ao mesmo tempo. O duplexador também garante que a área de cobertura tanto do receptor quanto do transmissor será a mesma, uma vez que compartilham a mesma antena.

O duplexador serve como um guarda de trânsito, liberando ora a recepção, ora a transmissão de forma muito rápida. Existem repetidoras que não é colocado o duplexador, porém se faz necessário colocar uma antena para o rádio transmissor e outra para o rádio receptor.

Este dispositivo é composto por filtros que isolam o sinal de recepção do sinal de transmissão.

Abaixo, Figura 4 mostra um duplexador comumente utilizado em repetidoras de rádio.

Figura 4: Duplexador de 6 cavidades para aplicação em repetidoras fixas ou móveis.



Fonte:ARS Eletrônica (2012)

No CBMSC são utilizados dois modelos:

- Mini: utilizado para montar repetidoras de baixo custo e que esteja em local que não apresente problemas de interferência.

- Grande: utilizado em locais em que o espectro de frequências está saturado, apresentando grande probabilidade de ocorrer interferências, se for necessário pode ser acoplado a um filtro.

### d) Filtro

De acordo com o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (2010), o filtro “tem a função de filtrar o sinal de entrada e/ou saída do transmissor e receptor, com isso gerando um nível de comunicação de melhor qualidade e segurança”. Para Medeiros (2007, p.58), “filtros são estruturas elétricas ou eletrônicas projetadas para permitir, impedir ou retardar a passagem de sinais elétricos em determinadas frequências”.

A Figura 5, abaixo, mostra um modelo de filtro de cavidades para repetidoras.

Figura 5: Filtro de cavidades para repetidoras.



Fonte: Marcanzola (2011)

#### e) Antena

De acordo com a Descrição Técnica do Sistema de Comunicação do CBMSC, a antena é um “elemento irradiante que tem a função de transmitir e receber os sinais eletromagnéticos gerador pelos equipamentos de radiocomunicação”.

Conforme Medeiros (2007, p. 181),

[...] antena é usada na transmissão dos sistemas rádio para irradiar ondas eletromagnéticas e na recepção para captá-las. Durante a transmissão, a antena converte a corrente RF gerada pelo transmissor em ondas eletromagnéticas. Inversamente, na recepção, converte a onda eletromagnética em corrente elétrica de RF, a ser processada pelo receptor, visando a obtenção da informação na forma como foi transmitida. A antena não deixa de ser um tipo de transdutor.

Medeiros (2007, p. 181), sobre as características das antenas, afirma o seguinte:

Além do material condutor usado como elemento irradiante, materiais isolantes também fazem parte da antena. A cerâmica da base da antena vertical instalada em veículos impede a fuga da RF para as partes aterradas; a borracha serve para isolar o elemento condutos de transceptores portáteis (HT) e protegeu o operador do contato com a RF da antena.

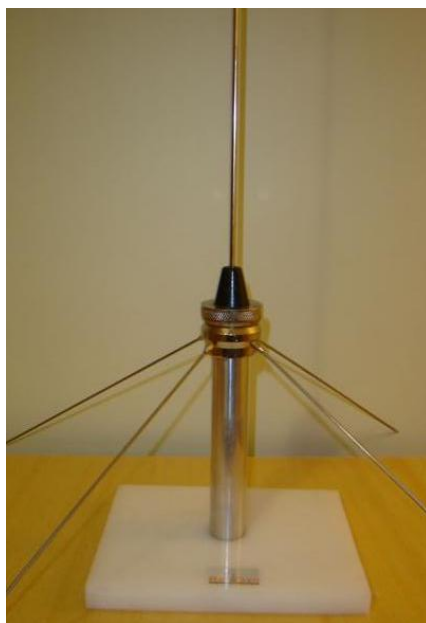
A instalação da antena deve ser feita em ambiente livre e, por segurança, distante de fios expostos da rede elétrica, em particular, da rede de alta tensão. Quando instalada em locais confinados, como túneis ou galerias subterrâneas, a preocupação é a mesma, considerando o espaço livre como local interno do confinamento.

De acordo com Medeiros (2007, p. 182), “As antenas são construídas em vários tipos e modelos para diferentes aplicações e resultados, em função da frequências de trabalho, potência de transmissão e ganho”.

As antenas podem ser do tipo vertical (omnidirecional), de fio, de tubos metálicos, de abertura, microstrip e arranjo de antenas. Sendo que o tipo mais usado pelo CBMSC é a antena vertical, ou omnidirecional. Conforme explica Medeiros (2007, p. 191), “Na projeção horizontal, a irradiação ocorre igualmente em 360°, o que leva a antena vertical a ser mencionada, costumeiramente, como antena omnidirecional”. Contudo, as antenas omnidirecionais não são muito eficientes em enlaces longos.

A Figura 6, abaixo, mostra um modelo de antena omnidirecional.

Figura 6: Antena omnidirecional para rádio.



Fonte: Junior (2012)

Há, ainda, as antenas direcionais que são aquelas que irradiam sinal em uma direção determinada, são mais adequadas a enlaces de longa distância e altas frequências. Normalmente esse tipo de antena utiliza refletores, como explica Medeiros (2007, p. 202), “as antenas destinadas às faixas de frequência mais elevadas, devido às suas pequenas dimensões, função do comprimento de onda, podem ser construídas para irradiar feixes de onda mais concentrados, na direção principal, graças ao emprego de refletores”.

No CBMSC adotou-se, para a escolha das antenas, o critério em razão dos recursos disponíveis, da extensão da área abrangida pelo sinal e do relevo da região em que será instalada. Assim, para sinais em VHF, dependendo os recursos disponíveis ou o local onde serão instaladas, são utilizadas os seguintes modelos de antenas:

- região com muitos morros: antena colinear omnidirecional;
- região com muitos morros: antena 2 x 5/8 omnidirecional;

- região livre de morros e grande extensão: antena 3 x 5/8 omnidirecional;
- região livre de morros e pequena extensão: antena 2 x 5/8 omnidirecional.

Para sinais de UHF podem ser antenas direcionais ou omnidirecionais.

- Ao ligar duas repetidoras tipo 02, utiliza-se antenas direcionais de 5 elementos.
- Ao ligar repetidoras tipo 02 com as repetidoras do tipo 03, utiliza-se antenas omnidirecionais nas tipo 03.

#### f) Controladora

Numa repetidora pode ser utilizada uma placa controladora, ou interface de repetição, que serve para controlar as tarefas. A interface eletrônica é mais utilizada nas repetidoras do tipo 3. Nas repetidoras dos tipos 1 e 2 é utilizada a interface com fio, ligando o receptor ao transmissor.

#### 2.1.1.3 Configuração das repetidoras do CBMSC

A Divisão de Tecnologia da Informação (DiTI) padronizou as repetidoras do CBMSC, dividindo-as em, basicamente, três tipos de repetidoras, de acordo com suas configurações, ou seja, os elementos que as compõem e suas funcionalidades.

Com isso, de acordo com Rocha (2011), para a DiTI as radiorepetidoras são divididas em Repetidora 1 (Somente VHF), Repetidora 2 ( VHF com link em UHF), Repetidora 3 (VHF cruzada com UHF).

A Repetidora 1, transmite e recebe ondas de rádio apenas em VHF, é considerada uma repetidora simples e também a que apresenta o menor custo. Esse tipo de repetidora é composta pelos seguintes elementos:

- rádio de transmissão VHF – TX;
- rádio de recepção VHF – RX;
- fonte de alimentação – geralmente linear de 16 A com carregador de baterias;
- duplexador mini;
- gabinete para acondicionar o material;
- interface de repetição;
- antena omnidirecional 2 x 5/8 de onda VHF;
- cabo coaxial RG 213C;
- bateria de no mínimo 60 Ah;
- suporte para fixar a antena na torre.

A Repetidora 2, além de transmitir e receber sinais em VHF, ainda possui um link em UHF, uma repetidora básica desse tipo possui os seguintes componentes:

- rádio de transmissão VHF – TX;
- rádio de recepção VHF – RX;
- rádio de transmissão/recepção UHF – TX/RX;
- fonte de alimentação – geralmente linear de 24 A com carregador de baterias;
- duplexador mini;
- gabinete para acondicionar todo o material;
- interface de repetição;
- antena omnidirecional 2 x 5/8 de onda de 6 Db VHF;
- antena yagui direcional de 5 elementos e 6 Db UHF;
- cabo coaxial RG 213C;
- bateria de mínimo 60 Ah;
- suporte para fixar antena na torre

A Repetidora 3 é uma repetidora completa, transmite e recebe em VHF e UHF, essa repetidora é composta de :

- rádio de transmissão VHF – TX;
- rádio de recepção VHF – RX;
- rádio de transmissão UHF – TX;
- rádio de recepção UHF – RX;
- fonte de alimentação: geralmente 2 fontes lineares de 16 A com carregador de baterias;
- gabinete para acondicionar todo o material;
- interface de repetição;
- antena omnidirecional 2 x 5/8 de onda de 6Db VHF;
- antena omnidirecional 2 x 5/8 de onda de 6 Db UHF;
- cabo coaxial RG 213C;
- bateria de mínimo 60 Ah;
- suporte para fixar antena na torre.

Cada tipo de repetidora é instalado de acordo com a necessidade da OBM, levando em conta os custos para sua construção. Com isso, a escolha dos equipamentos que irão compor a repetidora depende também dos recursos disponíveis.



### 3. FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

Para a realização de qualquer atividade, até mesmo para a sua sobrevivência, o ser humano necessita de energia. Obtemos essa energia das mais diversas formas, seja através de combustíveis, da radiação solar, dos ventos e até mesmo o interior da Terra, pode ser uma fonte de energia (energia geotérmica), uma vez que há enorme quantidade de rocha derretida nas profundezas do planeta.

Analisando as diversas fontes de energia, Cuore (2009) classifica-as em dois tipos: as renováveis e as não-renováveis.

As fontes de energia não-renováveis são aquelas que existem em quantidade limitada no planeta, portanto, em algum momento irão se esgotar. Para Cuore (2009), são aquelas fontes que em algum momento irão acabar, e talvez seja necessários milhões de anos de evolução semelhante à que formou essas fontes para que possamos contar com elas novamente. As mais utilizadas são os combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão) e a energia nuclear, cuja radioatividade pode levar milhares de anos para se dissipar.

Há, ainda, as fontes renováveis de energia segundo Pacheco (2006, p. 5),

[...] são provenientes de ciclos naturais de conversão da radiação solar, fonte primária de quase toda energia disponível na Terra e, por isso, são praticamente inesgotáveis e não alteram o balanço térmico do planeta e se configuram como um conjunto de fontes de energia que podem ser chamadas de não-convencionais [...]

É importante salientar que, para Cuore(2009), energia hidrelétrica também é considerada uma fonte de energia renovável. Dessa forma, podemos dizer que a fonte de energia mais usada no Brasil, no caso a hídrica, é uma fonte renovável, uma vez que representa 79,6% da produção nacional de energia elétrica (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2009).

Contudo, essa forma de geração apresenta impactos ambientais consideráveis, como afirma Sousa (2000, p. 9): “As obras hidrelétricas, de uma forma geral, produzem grandes impactos sobre o meio ambiente, que são verificados ao longo e além do tempo de vida da usina e do projeto, bem como ao longo do espaço físico envolvido”.

De acordo com Pacheco (2006), inclui-se na categoria de energias renováveis a eólica, a biomassa e a solar, pois são formas de energia que se regeneram de maneira cíclica e em uma reduzida escala de tempo.

Todas essas formas de energia, também chamadas de fontes alternativas, podem ser aproveitadas em diversas atividades, e se mostram viáveis economicamente, podendo ser utilizadas, inclusive, por instituições como o CBMSC, e com vantagens técnicas e econômicas

sobre as fontes convencionais, pois a energia pode ser facilmente captada e integrada ao sistema de abastecimento.

A seguir serão apresentadas algumas fontes alternativas de energia renováveis.

### **3.1 Energia Eólica**

A milhares de anos a humanidade já utiliza o força dos ventos em suas atividades, seja em moinhos ou em embarcações a vela, essa fonte de energia foi esquecida por algum tempo, mas atualmente as pesquisas foram retomadas e essa fonte vem ganhando destaque na geração de energia elétrica.

Segundo Walisiewicz (2008, p.43),

[...] o vento é um dos recursos mais abundantes em nosso planeta. Ele surge quando uma parte da atmosfera da Terra é mais aquecida pelo Sol do que uma área adjacente. Isso provoca diferenças de pressão que levam a deslocamentos de ar de uma zona de alta pressão para outra de baixa pressão.

Como Walisiewicz (2008, p.43) explica, “a produção em escala industrial de turbinas eólicas modernas de alto rendimento iniciou-se na Dinamarca, no começo dos anos 1980. De lá para cá, houve melhoras significativas em termos de rendimento e segurança.”

Entre as principais vantagens da energia eólica está o fato de ser uma inesgotável, além disso não emite gases poluentes e não gera resíduos, dentre as fontes de energia é uma das mais baratas, podendo competir com as fontes tradicionais.

A energia eólica também tem sido explorada nas telecomunicações, possibilitando o aproveitamento dos ventos em locais de altitude elevada. Contudo, essa fonte de energia apresenta algumas desvantagens, por possuir peças móveis. Como lembra Langaro (2008), a energia eólica é “Instável, está sujeito a variações do vento e a calmarias, os equipamentos são caros e emitem ruídos, impacto visual (efeito de sombras em movimento e reflexões intermitentes), interferências eletromagnéticas (reflexões de ondas) e impactos ambientais”. Ou seja, essa fonte de energia depende das condições de vento do local que, nem sempre são favoráveis, ou seja, há o problema da intermitência, nem sempre o vento sopra quando a energia é mais necessária.

Por isso, muitas vezes os geradores eólicas são usados de forma combinada (sistema híbrido) com outras fontes de energia. Como explica a Natural Resources Canada (2000, tradução nossa), “o vento, naturalmente, não possui sempre velocidade suficiente para gerar energia, assim muitos sistemas são usados de forma combinada com outras fontes de energia como painéis solares ou

geradores a diesel”.<sup>1</sup> A Figura 7, abaixo, mostra uma repetidora de telecomunicações que aproveita as energias solar e eólica na produção de energia para seu funcionamento.

Figura 7: Fotografia de uma repetidora de rádio utilizando energia solar e eólica.



Fonte: Wholesale Solar (2012)

### 3.2 Biomassa

De acordo com Pacheco (2006, p. 6), a biomassa é “a energia química produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono através da fotossíntese. Plantas, animais e seus derivados são biomassa”.

Assim, produtos como a madeira, o álcool, os resíduos florestais e o biogás são formas de biomassa que pode ser convertida em energia. Essas formas de biomassa também são chamadas de biocombustíveis, pois sua queima libera calor que pode ser convertido em energia elétrica

Apesar, de ser uma fonte de energia renovável, seu uso em telecomunicações fica muito limitado, pois necessita de manutenção periódica e o conjunto gerador é tão complexo quanto os geradores a diesel ou gasolina, além da necessidade de reabastecimento. Por esse motivo, para aplicação em radiocomunicação, não seria uma boa alternativa para as repetidoras de rádio do CBMSC.

---

<sup>1</sup> The wind, of course, is not always present with enough velocity to power a wind energy system. This is why many systems are used in combination with another energy source such as solar panels or a diesel generator.

### 3.3 Energia Solar

A energia solar fotovoltaica, como ensina Guimarães et al (1995), é a designação dada à captação da energia luminosa proveniente do Sol e sua conversão direta em eletricidade (efeito fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, descrito por Edmond Becquerel, em 1839, ocorre quando os fótons contidos na luz solar incidem sobre um material semiconductor com determinadas características elétricas excitando elétrons desse material, que por sua vez dão origem a uma corrente elétrica.

Conforme explica Rütther(2004, p. 08), o efeito fotovoltaico ocorre

[...] quando os fótons contidos na energia solar incidem sobre um material condutor (e.g. silício) com determinadas características elétricas (junção elétrica p-n ou p-i-n), a energia de uma fração destes fótons pode excitar elétrons no semiconductor, que por sua vez poderão dar origem a uma corrente elétrica.

Inicialmente o desenvolvimento da tecnologia solar apoiou-se sobre a necessidade de empresas de telecomunicação de instalar sistemas em localidades remotas e, em seguida, ganhou novo impulso com a “corrida espacial”. Acerca do surgimento das células fotovoltaicas Rütther (2004, p.08) explica que:

Desde o surgimento das primeiras células solares fotovoltaicas, de elevado custo e utilizadas na geração de energia elétrica para os satélites que orbitam nosso planeta, as tecnologias de produção evoluíram a tal ponto que se tornou economicamente viável em muitos casos sua utilização em aplicações terrestres, no fornecimento de energia elétrica a locais até onde a rede elétrica pública não foi estendida.

É importante salientar que a quantidade de radiação solar incidente no Brasil favorece o aproveitamento da energia solar, isso vem atraindo o interesse de fabricantes nacionais e estrangeiros, o que gerou um notável impulso na geração de energia elétrica por conversão fotovoltaica e, conseqüente, redução dos custos de produção e manutenção.

De acordo com Martins, Pereira e Echer (2004, p. 145), “O Brasil, por ser um país localizado na sua maior parte na região inter-tropical, possui grande potencial de energia solar durante todo ano”.

Para Soursos, Protogeropoulos e Suuronen (1998, p.3119, tradução nossa),

As telecomunicações são um campo que tem sido grandemente beneficiado com a introdução dos sistemas de energia solar. Com o consumo de energia reduzido dos modernos equipamentos de telecomunicações, a eletricidade solar tem se tornado uma alternativa econômica e tecnicamente atrativa em relação às fontes convencionais de energia<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Telecommunications is one of the fields that has been greatly benefited from the introduction of solar-power systems. With the reduced power consumption of modern telecommunication equipment, solar electricity has become an economically and technically attractive alternative to conventional energy sources.

Muitas repetidoras de telecomunicações são instaladas em locais remotos e desabitados. Segundo Soursos, Protogeropoulos e Suuronen (1998, tradução nossa), é comum que nessas localidades não exista nenhuma infraestrutura preexistente, dessa forma a energia solar se apresenta com a fonte de energia mais viável.

A Figura 8 mostra uma estação repetidora que utiliza energia solar fotovoltaica para funcionar.

Figura 8. Repetidora com energia solar nas montanhas de Baviaanskloof na África do Sul.



Fonte: Pears Repeater Maintenance Log (2011)

Acerca da tecnologia de geração fotoelétrica Walisiewicz (2008, p.52) afirma que:

A tecnologia fotoelétrica parece boa demais para ser verdade, mas existe uma razão muito simples para não ter suplantado as demais: o custo. O preço das células solares caiu muito desde a década de 1950 e novos avanços na fabricação continuam a reduzir os custos [...].

Entretanto, há muitos casos em que a energia fotoelétrica é ideal. A eletricidade de células solares alimenta estações retransmissoras de rádio em regiões remotas, e no mundo em desenvolvimento, onde 2 bilhões de pessoas não tem nenhum acesso a rede elétrica, as células fotoelétricas são um recurso muito valioso. Elas acionam bombas de água, sistemas de iluminação e unidades de refrigeração em hospitais, além de tornar possível a comunicação eletrônica em vilarejos isolados.

Portanto, a geração de energia fotoelétrica nas repetidoras do CBMSC seria uma ótima solução para aumentar a confiabilidade do sistema de rádio, visto que as repetidoras poderiam operar independentemente de haver energia elétrica na rede pública de energia. Essa tecnologia permite que a comunicação de rádio esteja sempre disponível mesmo em meio a desastres que possam desativar o fornecimento de energia convencional.

## 4. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O Sol é, sem dúvida, a maior fonte de energia disponível no planeta, a maior parte da energia disponível para consumo humano é obtida do Sol que movimentando os ventos, as correntes marinhas, fornece energia para vegetais através da fotossíntese, mesmo o petróleo também é energia solar armazenada por seres que viveram em épocas remotas.

Segundo Rüther (2004, p.08),

Diariamente incide sobre a superfície da Terra mais energia vinda do Sol do que a demanda total de todos os habitantes de nosso planeta em um ano todo. Dentre as diversas aplicações da energia solar, a geração direta de eletricidade através do efeito fotovoltaico se apresenta como uma das mais elegantes formas de gerar potência elétrica.

Conforme afirma Walisiewicz (2008, p.46),

Muitos cientistas acreditam que a energia solar se tornará a mais importante no longo prazo. Em parte, devido à sua ubiquidade – ao contrário da energia proveniente do vento, das ondas ou das marés, economicamente viável apenas em locais favoráveis, a luz do Sol está em toda parte. Ela pode ser aproveitada até mesmo em regiões temperadas, continuamente cobertas por nuvens. Também pode ser captada por aparelhos pequenos, do tamanho de eletrodomésticos, liberando o consumidor final da dependência de centrais de fornecimento de energia.

Para a obtenção da energia elétrica a partir da radiação solar é necessário o uso das células fotovoltaicas, que normalmente são feitas de silício combinado com impurezas. A energia produzida pelas células é armazenada em acumuladores (baterias) para utilização em dias de pouco insolação ou à noite.

### 4.1 Radiação Solar e Efeito Fotovoltaico

#### 4.1.1 Radiação Solar

De acordo com Coelho (2008, p. 17),

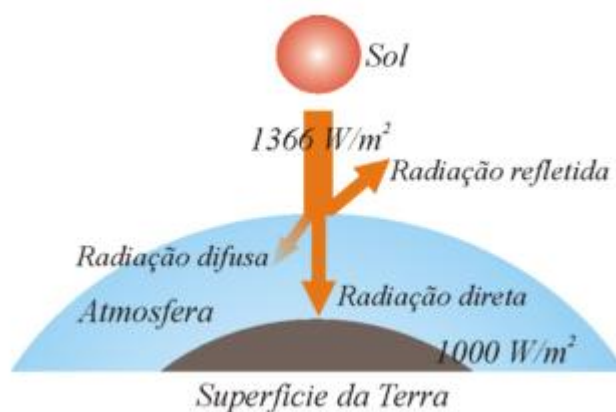
A energia emanada do Sol chega à superfície terrestre através de ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo à velocidade da luz, constituindo a radiação solar. Segundo a OMM (Organização Mundial de Meteorologia) a parte externa da atmosfera terrestre está exposta a uma radiação média de  $2\,1366\text{ W/m}^2$ . Contudo, devido aos fenômenos de reflexão e absorção na camada atmosférica, somente cerca de  $1000\text{ W/m}^2$  chegam à superfície da Terra sob a forma de radiação direta, quando medido na linha do Equador ao meio dia. Evidentemente, a radiação solar não é constante em todas as partes da Terra, variando de acordo com latitude, nebulosidade e outros fenômenos meteorológicos.

Conforme explica Guimarães et al (1995, p. 2.6 ),

[...] de toda radiação solar que chega às camadas superiores da atmosfera, apenas uma fração atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e à absorção dos raios solares pela atmosfera. Esta fração que atinge o solo é constituída por uma componente direta (ou de feixe) e por uma componente difusa.

A Figura 9, abaixo mostra as componentes da radiação solar que chega à superfície, sendo que parte é refletida de volta ao espaço, e parte penetra na atmosfera, chegando à superfície de forma difusa e de forma direta.

Figura 9. Componentes da radiação solar



Fonte: Coelho (2008)

Um sistema de solar fotovoltaico consegue tirar proveito tanto da componente difusa como da direta, enquanto que o sistema que utilizam espelhos parabólicos e lentes apenas a radiação direta é aproveitada.

Além disso, a Terra possui uma inclinação em relação ao Sol, e que origina as estações do ano e também determina a duração solar do dia.

Em sua obra, Guimarães et al (1995, p. 2.1 ) ensina que o planeta:

[...] descreve em trajetória elíptica um plano que é inclinado de aproximadamente  $23,5^\circ$  com relação ao plano equatorial. Esta inclinação é responsável pela variação do elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, dando origem às estações do ano e dificultando os cálculos do posição do Sol para uma determinada data.

Figura 10. Órbita da Terra em torno do sol, inclinação de 23,5° no eixo Norte-Sul.



Fonte: Magnoli e Scalzaretto (1998).

O período de insolação varia de acordo com a latitude a estação do ano. Assim, pode-se obter melhor aproveitamento da radiação solar ajustando-se a posição do painel solar conforme a latitude do local e o período do ano. Por exemplo, no Hemisfério Sul, as placas devem ser orientadas para o Norte e seu ângulo de inclinação deve ser o ângulo da latitude do local.

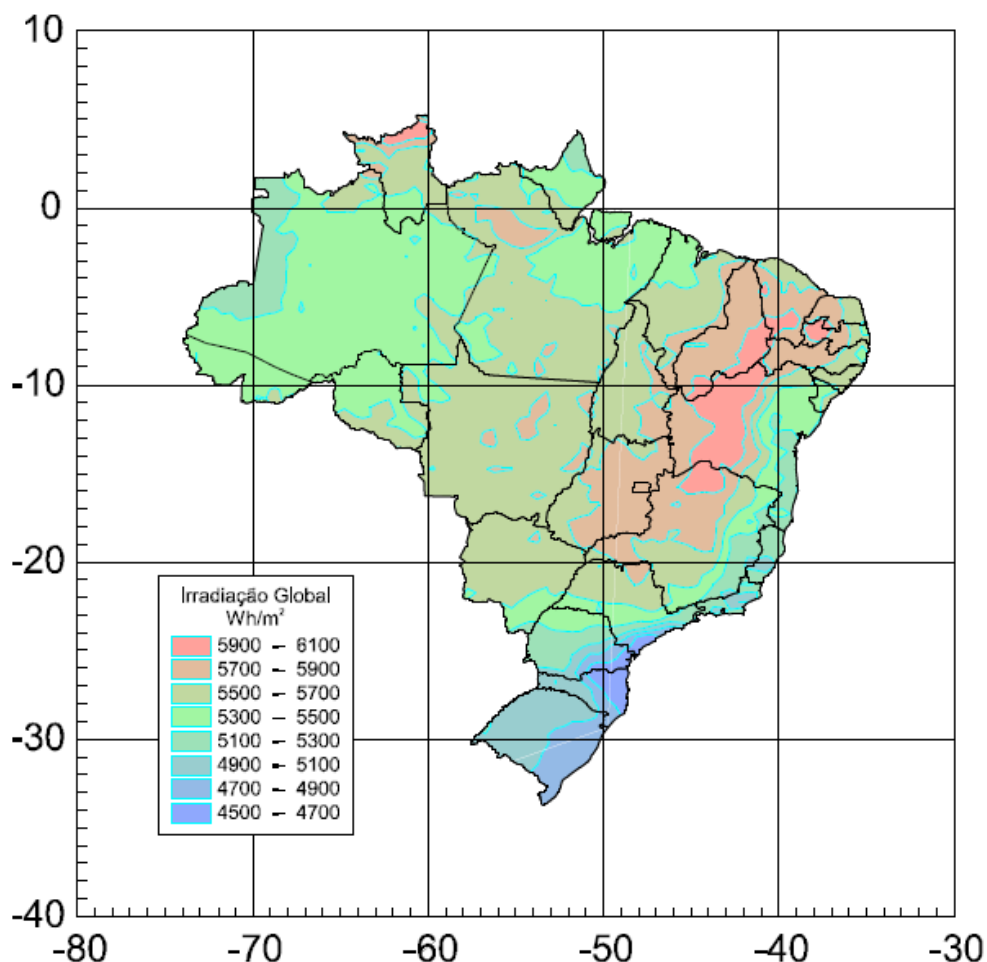
Acerca do assunto Guimarães et al(1995, p. 2.8) esclarece que:

[...] no Hemisfério Sul, o sistema de captação solar fixo deve estar orientado para o Norte Geográfico de modo a melhor receber os raios solares durante o ano, e ser colocado inclinado com relação à horizontal de um ângulo próximo ao da latitude do lugar, conseguindo-se captar um máximo de energia solar ao longo do ano.

Para a determinação do nível de radiação solar em uma região usam-se os mapas de radiação solar (mapa solarimétrico), os quais podem indicar o número de horas de insolação e a radiação global. Na Figura 11, é mostrado um mapa da radiação solar média anual no Brasil, esse mapa foi desenvolvido a partir de uma parceria entre o LABSOLAR/UFSC e o INMET/INPE.



Figura 11: Mapa Solar – Irradiação média anual no Brasil



Fonte: Colle e Pereira (1998)

Através da Figura 11, observa-se que a região Sul, em especial o litoral de Santa Catarina recebe em média menos radiação solar, em relação às demais regiões do país. Contudo, em análise comparativa entre Brasil e Alemanha, que é o país que mais investe em energia solar fotovoltaica, esses valores ainda são favoráveis, conforme explica Rütther (2010), a “radiação solar na região mais ensolarada da Alemanha é 40% menor do que na região menos ensolarada do Brasil”.

#### 4.1.2 Efeito Fotovoltaico

O Efeito Fotovoltaico é o princípio físico da foto-geração. Esse fenômeno é semelhante à fotossíntese realizada pelos vegetais, os fótons colidem com uma lâmina de silício, devidamente tratada, liberando elétrons que produzem a diferença de potencial entre os terminais da placa. Segundo Alvarenga e Lobo (2000, p.3):

A célula fotovoltaica utiliza o “efeito fotovoltaico” para gerar eletricidade. Baseia-se na propriedade de certos materiais existentes na natureza, denominados

semicondutores, de possuírem uma banda de valência totalmente preenchida com elétrons e uma banda de condução totalmente vazia a temperaturas muito baixas. Quando os fótons da luz solar na faixa do espectro de radiação visível incidem sobre este material excitam elétrons da banda de valência enviando-os à banda de condução. A energia presente nos fótons é transferida para os átomos liberando estes elétrons com alta energia. Uma barreira consegue impedir que estes elétrons retornem a sua posição anterior podendo-se direcioná-los para um circuito elétrico, gerando-se uma tensão e uma corrente elétrica contínua.

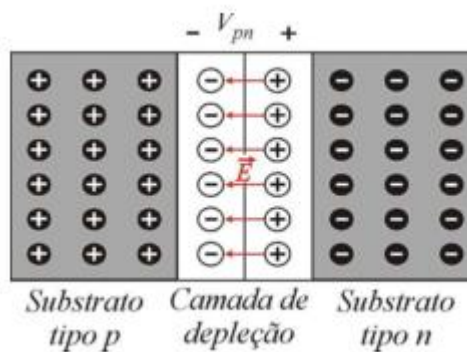
Para que os semicondutores possam se comportar da forma desejada é necessário que passem por um processo de dopagem, conforme explica Coelho (2008, p. 14):

Adicionando certas impurezas de forma controlada ao semiconductor, ele deixa de ser intrínseco e passa a ser extrínseco ou dopado. Mediante o processo de dopagem com elementos trivalentes (geralmente Boro) e pentavalentes (geralmente Fósforo), é possível obter substratos de Silício com falta de elétrons (ou excesso de lacunas) denominado substrato tipo *p* (por ser positivo) ou com excesso de elétrons, denominado substrato tipo *n* (por ser negativo).

Da união entre os substratos *p* e *n*, obtém-se uma junção *pn* separada por uma camada de depleção gerada devido à recombinação de alguns elétrons do lado *n* que se difundem para o lado *p* e algumas lacunas do lado *p* que se difundem para o lado *n*. Deste modo, às mediações da junção *pn*, tem-se o acúmulo de cargas positivas do lado *n* e negativas do lado *p*, que dão origem a um campo elétrico  $E$ , por consequência, a uma diferença de potencial ( $pnV$ ).

A figura 12, abaixo, ilustra a teoria apresentada acima.

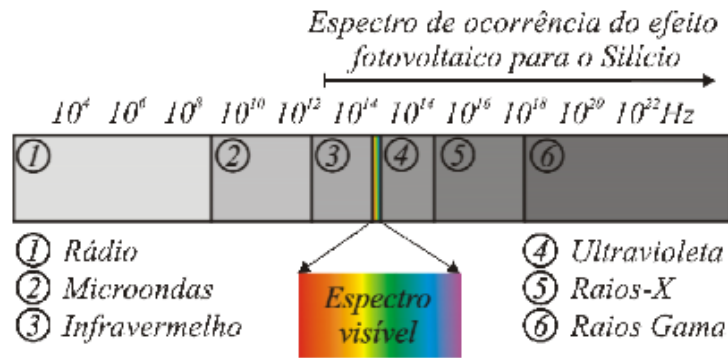
Figura 12. Junção *pn* e camada de depleção de uma célula fotovoltaica, campo elétrico gera diferença de potencial entre os substratos *p* e *n*.



Fonte: Coelho (2008)

O material mais utilizado é o Silício, por ser também um dos mais abundantes. Para o Silício o efeito fotovoltaico ocorre numa ampla faixa do espectro eletromagnético, que vai muito além da luz visível, conforme mostra a Figura 13 abaixo.

Figura 13. Espectro eletromagnético de ocorrência do efeito fotovoltaico.



Fonte: Coelho (2008)

## 4.2 Componentes do Sistema Solar Fotovoltaico

O sistema compreende o conjunto de módulos em painéis fotovoltaicos e de outros equipamentos relativamente convencionais, os quais transformam e armazenam a energia de maneira que possa ser utilizada em sua aplicação final. A confiabilidade dos componentes que integram o sistema é um fator fundamental para a bem sucedida utilização da energia solar.

O sistema de geração fotovoltaico é composto de três partes básicas: o gerador fotovoltaico, os acumuladores e os controladores de carga.

### 4.2.1 Gerador Fotovoltaico

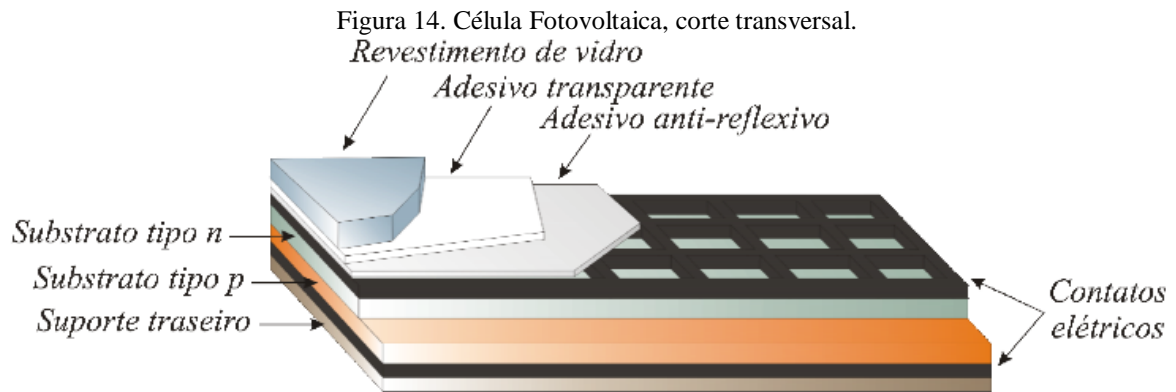
#### 4.2.1.1 Distinção entre célula, módulo e arranjo fotovoltaico

##### a) Célula fotovoltaica

Segundo Coelho (2008, p. 19), células fotovoltaicas podem ser conceituadas da seguinte forma:

As células fotovoltaicas são dispositivos semicondutores capazes de converter diretamente a energia solar incidente em energia elétrica. Tradicionalmente uma célula fotovoltaica mede entre 2 100cm e 2 200cm , sendo capaz de gerar aproximadamente 0,6V de tensão para uma potência entre 1W e 3W .

A célula é constituída de várias camadas, como pode ser visto na Figura 14 abaixo:



Fonte: Coelho (2008)

## b) Módulo fotovoltaico

De acordo com Coelho (2008, p. 20), os módulos fotovoltaicos são:

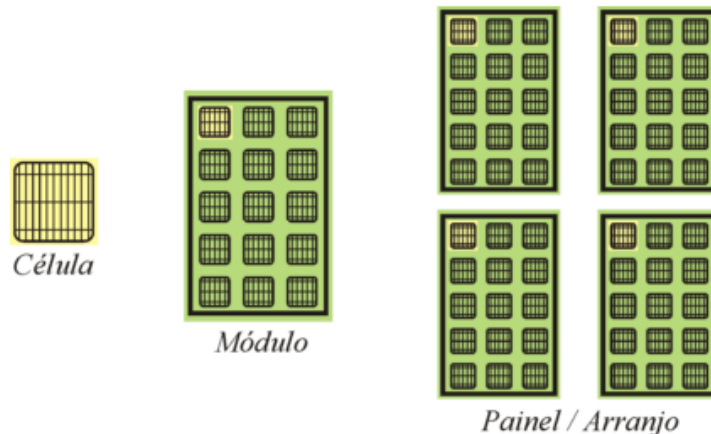
[...] constituídos da ligação série e/ou paralela de células fotovoltaicas, com o intuito de elevar a potência de saída. Evidentemente, como os módulos são comercializados de forma fechada, uma vez realizadas as conexões por parte do fabricante, não há possibilidade de alteração pelo usuário. Em termos de dimensão, existe relação direta entre o tamanho do módulo e a potência de pico que pode ser gerada, não ultrapassando  $160 \text{ W/m}^2$  para os módulos policristalinos comerciais de Silício.

## c) Arranjo fotovoltaico

Um arranjo fotovoltaico é um conjunto de módulos ligados em série ou paralelo. Segundo Coelho (2008, p.20), “visando alcançar níveis significativos de geração, os módulos fotovoltaicos podem ser associados em série e/ou paralelo, dando origem aos arranjos fotovoltaicos que podem gerar desde alguns kW até potências mais expressivas, da ordem de MW.”

A Figura 15, a seguir, retrata melhor a diferença entre célula, módulo e arranjo.

Figura 15. Diferença entre célula, módulo e arranjo.



Fonte: Coelho (2008, p.20)

#### 4.2.1.2 Materiais da Célula

O gerador solar fotovoltaico, também chamado de módulo solar fotovoltaico, é o componente básico do sistema de geração. O módulo fotovoltaico, segundo Alvarenga (2000, p.3):

[...] consiste de uma estrutura montada em quadro, geralmente de alumínio, e é composto de um conjunto de células fotovoltaicas ligadas eletricamente entre si, em paralelo e em série, cobertas por um encapsulamento que protege as mesmas e suas conexões da ação do tempo e dos eventuais impactos. As células são cobertas, do lado exposto ao sol, por uma cobertura transparente, normalmente vidro. Na parte traseira são revestidas por um material plástico, normalmente EVA ou PVB. Todos estes revestimentos, em conjunto com o quadro de alumínio, resultam em uma estrutura rígida e resistente ao manuseio e às intempéries.

Os módulos, compostos por células feitas com material semicondutor (células solares), são responsáveis pela conversão de radiação solar em eletricidade, trata-se de um fenômeno físico chamado “efeito fotovoltaico”.

Existem diversos semicondutores que podem ser utilizados na confecção das células solares. Segundo Rütther (2004, p.21), “destacam-se por ordem decrescente de maturidade e utilização o silício cristalino (c-Si), o silício amorfo hidrogenado (a-Si:H ou simplesmente a-Si), o telureto de cádmio (CdTe) e os compostos relacionados ao disseleneto de cobre (gálio) e índio.”

Criticam-se alguns dos materiais utilizados pela sua toxicidade (Cádmio, Selênio, Telúrio) ou por serem muito raros (Telúrio, Selênio, Gálio, Índio e Cádmio), por outro lado o silício, segundo Shah (1992, apud RÜTHER, 2004, p.21), “é o segundo elemento mais abundante na superfície do planeta e é 100 vezes menos tóxico do que qualquer outro material relacionado acima”.

Em termos de eficiência a tecnologia de silício cristalino (c-Si) é a que apresenta melhores resultados, sendo também a mais tradicional. De acordo com Rütther (2004, p.21), pode se dizer que:

[...] a tecnologia do c-Si é, dentre as tecnologias utilizadas em aplicações terrestres para gerar potência elétrica, a que apresenta maior eficiência (ao redor de 15%) de conversão direta da energia do Sol em energia elétrica para os módulos disponíveis no mercado.

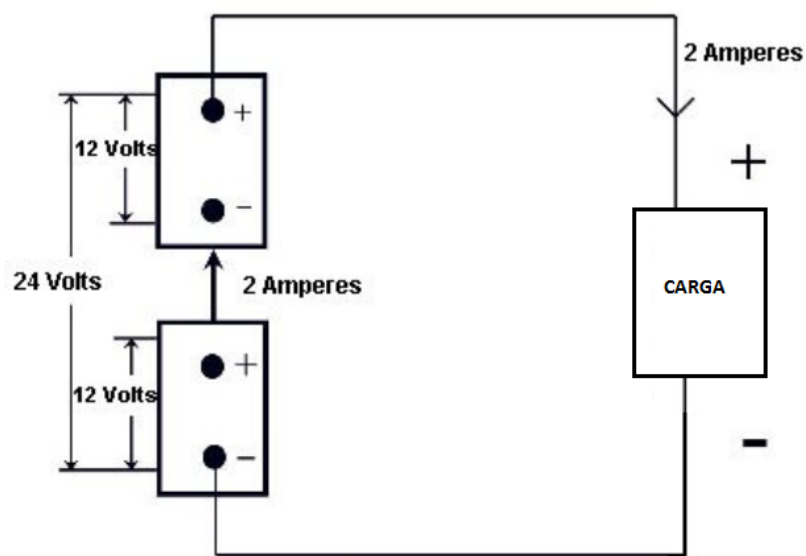
#### 4.2.1.3 Formas de ligação dos módulos

Os arranjos de módulos podem ser conectados em ligação em série e/ ou paralelo, a forma com que serão ligados depende da tensão e da potência necessária.

### a) Dispositivos conectados em série

Na ligação em série conecta-se o terminal positivo de um módulo a o terminal negativo de outro, vários terminais podem ser conectados em série. Quando se usa esse tipo de ligação as tensões se somam e a corrente elétrica continua a mesma, semelhantemente ao que acontece na ligação em série de baterias. A Figura 16, abaixo, exemplifica um esquema com dois módulos conectados em série.

Figura 16. Módulos conectados em série.

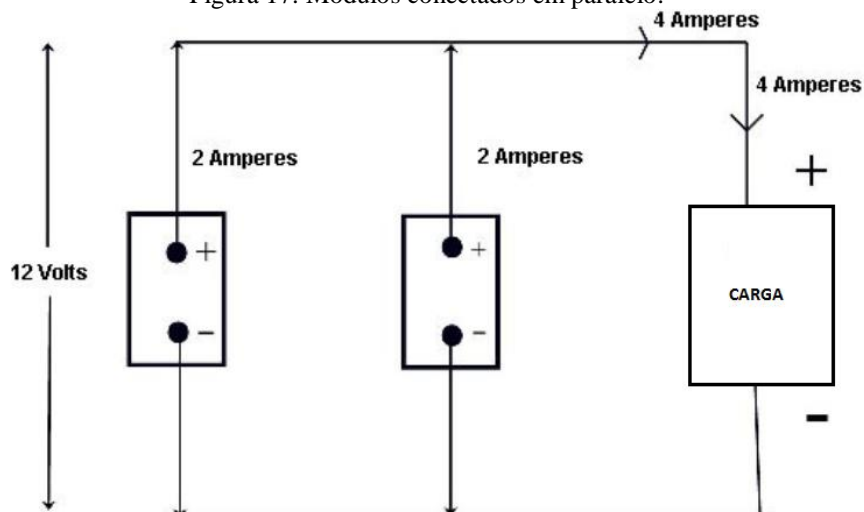


Fonte: Solarterra (2007, p.08)

### b) Dispositivos conectados em paralelo

Na ligação em paralelo os terminais positivos são conectados entre si e, da mesma forma, os negativos são conectados com os negativos. Com isso, a tensão permanece a mesma, mas a corrente dos módulos se soma. A figura 17, a seguir, exemplifica a conexão de módulos em paralelo.

Figura 17. Módulos conectados em paralelo.



Fonte: Solarterra (2007, p.09)

#### 4.2.2 Acumuladores

Em um sistema fotovoltaico, quando a energia é requerida e não havendo geração simultânea, torna-se necessária a utilização dos acumuladores. Os acumuladores mais usados são os eletroquímicos, chamados de baterias.

Acerca das baterias, Guimarães et al (1995, p.14)

As baterias são conhecidas por ser uma eficiente forma de armazenamento de energia. Quando uma bateria é conectada a um circuito elétrico, há fluxo de corrente devido a uma transformação eletroquímica em seu interior, ou seja, há produção de corrente contínua através da conversão da energia química em energia elétrica.

A Norma que fixa as condições para o dimensionamento do banco de acumuladores elétricos, para sistemas fotovoltaicos autônomos de uso terrestre é a NBR 14298 da ABNT. Essa norma estabelece requisitos e características necessárias ao correto dimensionamento do banco de acumuladores, bem como descreve um roteiro para o dimensionamento de um banco de baterias.

De acordo com a NBR 14298 o banco de baterias tem as seguintes funções “[...] fornecer energia às cargas quando a energia demandada é superior à fornecida pelo arranjo fotovoltaico e armazenar o excedente de energia gerado pelo sistema fotovoltaico”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999)

As baterias usadas em sistemas fotoelétricos são baterias recarregáveis, as mais comumente usadas são as de chumbo-ácido, de níquel-cádmio (alcalinas) e de íons de lítio.

#### 4.2.2.1 Baterias Chumbo-Ácido

De acordo com Cunha (2006, p.15), as baterias chumbo-ácido “possuem esta denominação, pois sua matéria ativa é o chumbo e seus compostos e ainda, uma solução aquosa de ácido sulfúrico. São formadas por elementos constituídos por duas placas de polaridades opostas, isoladas entre si e banhadas pela solução de ácido sulfúrico.”

Conforme Cunha (2006, p.16), “as baterias chumbo-ácido são as mais utilizadas para armazenamento de energia em sistemas fotovoltaicos devido ao seu baixo custo e sua grande disponibilidade no mercado”.

#### 4.2.2.2 Baterias Níquel-Cádmio

As baterias de níquel-cádmio possuem estrutura física semelhante às de chumbo-ácido, porém utilizam hidróxido de níquel e óxido de cádmio em suas placas e hidróxido de potássio no eletrólito.

De acordo com Cunha (2006, p.18) esses acumuladores quando comparados com os de chumbo-ácido:

[...] são menos afetadas por sobrecargas e podem ser totalmente descarregadas, não estando sujeitas a sulfatação e ainda, seu carregamento não sofre influência da temperatura. Porém possuem um custo mais elevado que as chumbo-ácido.

#### 4.2.2.3 Baterias De Íons De Lítio

As baterias de íons de lítio possuem elevada densidade de energia. Conforme informa Walraven (2006), elas são capazes de acumular grandes quantidades de energia, cerca de três vezes mais do que a de níquel-cádmio. Outra vantagem é que a bateria não está sujeita ao efeito memória (não vicia), isso quer dizer que não é preciso carregar a bateria até o máximo da sua capacidade e nem descarregá-la até o mínimo. Essas baterias apesar de já estarem sendo empregadas em sistemas de geração solar, possuem um custo ainda muito elevado.



### 4.2.3 Controladores De Carga

Os controladores de carga exercem função muito importante no conjunto gerador. Assim sendo, Cunha (2006, p.18) afirma que “são componentes indispensáveis para o sistema fotovoltaico, pois permitem o controle do limite de carga que os módulos de baterias podem receber evitando desta forma a sua queima por sobrecarga e conseqüente aumento do ciclo de vida destes módulos”.

Dessa maneira, a função dos controladores de carga é permitir a máxima transferência de energia do arranjo fotovoltaico para a bateria ou banco de baterias e protegê-las contra cargas e descargas excessivas, aumentando, dessa forma, sua vida útil.

Sobre os controladores Guimarães et al (1995, p.40) afirma que: “Controladores de carga são componentes críticos em Sistemas Fotovoltaicos isolados pois, caso venha a falhar, a bateria ou a carga poderão sofrer danos irreversíveis.”

São formados por dois circuitos: de controle e de comutação. Acerca desses circuitos Guimarães et al (1995, p.40) explica:

O circuito de controle monitora as grandezas do sistema, como tensão, corrente e temperatura na bateria, processando essas informações e gerando sinais de controle que são utilizados para comandar o circuito de comutação. O circuito de comutação é formado por chaves semicondutoras que controlam a tensão e/ou a corrente de carga ou de descarga das baterias.

## 4.3 Tipos De Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos utilizados em estações de telecomunicações podem ser de três tipos: isolado, híbrido e conectados à rede elétrica. Sendo que os sistemas híbrido e isolado também são chamados de autônomos.

Quanto aos tipos de sistemas Guimarães *et al* (1995, p. 3.1), explica o seguinte:

Sistemas autônomos, não conectados à rede elétrica, podem ou não apresentar fontes de energia complementares à geração fotovoltaica. Quando a configuração não se restringe à geração fotovoltaica, temos os sistemas híbridos. Se o sistema é puramente fotovoltaico, então ele é chamado de sistema isolado.

### 4.3.1 Isolado

Trate-se do sistema que usa única e exclusivamente a energia solar para alimentar as cargas. Sobre esse sistema Cunha (2006, p.24) explica:

Também conhecidos como autônomos, isto é, independentes da rede elétrica convencional, estes sistemas utilizam alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento é obtido através de baterias, as quais são associadas a um dispositivo de controle de carga e de descarga.

#### 4.3.2 Híbrido

O sistema híbrido utiliza várias fontes de energia diferentes em sua composição. Acerca desse assunto Alvarenga (2000, p.2) afirma que:

Os sistemas híbridos produzem eletricidade através de sistemas fotovoltaicos em conjunto com uma outra fonte de energia (geradores eólicos, Diesel, gás etc.) Os sistemas híbridos são usualmente mais econômicos que os só fotovoltaicos no fornecimento de eletricidade em projetos isolados de maior consumo energético. Um sistema fotovoltaico, complementado por outra fonte de energia, requer menor potência instalada de painéis fotovoltaicos e baterias, podendo reduzir os custos totais do sistema. A análise econômica de inserção de outras fontes é recomendada em projetos de maior consumo.

#### 4.3.3 Conectados À Rede Elétrica

Neste caso o sistema de geração solar atua em conjunto com a rede pública, podendo inclusive fornecer a energia excedente à rede. Para Cunha (2006, p.27) os sistemas conectados à rede representam:

[...] uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão conectados. Normalmente não utilizam armazenamento de energia, pois toda a gerada é entregue diretamente à rede. Para a injeção de energia na rede são utilizados inversores especiais que devem satisfazer a severas exigências de qualidade e de segurança.

Esse tipo de sistema apresenta vantagens sobre o sistema isolado, como maior redundância na geração de energia, se caso falhar uma das fontes ainda há outra disponível, e redução de custos devido a não obrigatoriedade de utilização de baterias. Sobre os benefícios desse tipo de sistema Souza (2009, p. 03) afirma que:

A principal vantagem desta configuração é que além dos custos reduzidos, devido a não necessidade de utilização de acumuladores, sempre que o mesmo gerar energia em excesso em relação ao consumo da carga, esse excedente pode ser “injetado” diretamente na rede elétrica. Por outro lado, quando o sistema gerar menos energia do que a necessária para atender à demanda a rede elétrica convencional complementa o fornecimento. O maior problema deste tipo de sistema, quando aplicado ao Brasil, está na ausência de uma norma que regulamente a venda de energia, gerada a partir de pequenos e médios produtores, para a concessionária de energia elétrica local.

Porém, essa redução de custos com economia de baterias não se aplica às radiorepetidoras do Corpo de Bombeiros, pois não se pode abrir mão da autonomia que as baterias proporcionam no caso das outras fontes falharem. Por exemplo, se houver um blecaute da rede convencional e, ainda, tempo nublado impossibilitando a geração fotovoltaica, as baterias serão essenciais para o funcionamento dos equipamentos.

#### 4.4 Sistemas Fotovoltaicos aplicados às telecomunicações

As estações de telecomunicações, incluindo as torres de telefonia celular e as repetidoras de rádio, muitas vezes são construídas em lugares altos e de difícil acesso, exigindo elevado grau de confiabilidade operacional. De acordo com Alvarenga (2000, p.1):

A solução convencional para alimentação de energia elétrica da estação é construir uma linha de distribuição conectando-a ao sistema elétrico da região. Esta solução, muitas vezes onerosa considerando as distâncias envolvidas e as condições de acesso, representa um risco para a estação ao conduzir para seu interior distúrbios causados por descargas atmosféricas que incidem freqüentemente em uma linha elétrica principalmente quando ela está mais exposta e elevada. Neste caso o suprimento energético fica condicionado ao grau de confiabilidade do sistema elétrico da região e da própria linha.

Dessa maneira, os sistemas fotovoltaicos, de acordo com Alvarenga (2000, p.01), são:

[...] indicados para uso em estações de telecomunicações isoladas, onde os consumos de energia não são muito elevados e onde se necessita confiabilidade e baixo nível de manutenção. Esses sistemas, além de evitar a construção de linhas de transmissão de energia, melhoram a confiabilidade das estações ao reduzir as interrupções por defeitos e acidentes na linha elétrica e principalmente por ficarem menos sujeitos aos distúrbios elétricos.

##### 4.4.1 Características construtivas de um sistema fotovoltaico para telecomunicações

Sobre o projeto do sistema fotovoltaico para telecomunicações Soursos, Protogeropoulos e Suuronen (1998, p. 3119) afirma que:

O projeto e a instalação de sistemas de energia solar para projetos de telecomunicações é uma tarefa para especialistas. Como um sistema profissional, não basta apenas conectar as partes. Deve-se dar atenção à compatibilidade e correspondência dos componentes, a fim de obter o desempenho esperado. Além disso, um sistema de energia solar para telecomunicações instalado em um local inabitado deve ser extremamente confiável. É necessário que o sistema opere satisfatoriamente, independente das condições meteorológicas e com o mínimo de intervenção humana.<sup>3</sup>

Sobre os parâmetros técnicos que devem ser considerados na fase de projeto Soursos, Protogeropoulos e Suuronen (1998, tradução nossa) elenca os seguintes aspectos:

- dimensionamento e compatibilidade dos componentes;
- minimização da perda de carga;
- operação autônoma e baixa necessidade de manutenção;

---

<sup>3</sup> The design and installation of solar power systems for telecommunication projects is a specialist task. As a professional system is not just connecting its parts together, special attention is put on compatibility and component matching in order to achieve the expected performance. Additionally, a telecommunication solar power system installed at an unmanned site must be extremely reliable. It is necessary to operate satisfactorily irrespective the weather conditions and with the least human intervention.

- seleção de componentes de alta qualidade;
- operação em condições meteorológicas extremamente adversas (baixas temperaturas no inverno, cobertura com neve, ventos tempestuosos e umidade, entre outros)

#### 4.4.2 Vantagens da utilização de energia solar em telecomunicações

##### 4.4.2.1 Confiabilidade

Em se tratando de sistemas isolados, poucas formas de geração de energia podem se igualar em confiabilidade a um sistema fotovoltaico bem dimensionado e instalado corretamente. De acordo com Sousos (1998, tradução nossa) os sistemas solares de eletrificação são confiáveis, pois não possuem partes móveis, dessa forma, muito pouca manutenção é necessária. Além disso, não dependem de fontes externas de energia e nem de combustíveis.

##### 4.4.2.2 Conveniência e Flexibilidade

Os componentes dos sistemas fotovoltaicos são compactos, leves e relativamente fáceis de transportar para qualquer local. Conforme explica Sousos (1998, p. 3119, tradução nossa), “Para o transporte e instalação de geradores de energia fotovoltaica e outros componentes do sistema, a infra-estrutura de estradas não é uma questão importante, e a proximidade com a rede elétrica não é necessária.”<sup>4</sup>

Dessa forma, o uso de energia solar possibilita ampliar as possibilidades de locais para instalação de rádiorepetidoras.

##### 4.4.2.3 Montagem Modular

De acordo com Soursos, Protogeropoulos e Suuronen (1998, p. 3120, tradução nossa), os sistemas fotovoltaicos “consistem de componentes modulares e as estações podem ser expandidas sem a necessidade de desmontagem ou substituição de peças vitais do sistema, caso seja necessário adicionar carga extra”<sup>5</sup>.

O sistema pode ser projetado para atender a requisitos específicos de carga, podendo incluir dias adicionais de autonomia de acordo com a aplicação de telecomunicações. Essa divisão

---

<sup>4</sup> For the transportation and installation of photovoltaic generators and other system components the road infrastructure is not an important issue while, closeness to the electricity grid is not needed.

<sup>5</sup> [...]photovoltaic systems consist of modular components and the stations can be expanded without dismantling or replacing the vital parts of the system when extra loads are added.

modular do sistema representa uma característica vantajosa para a utilização de geradores solares nas estações repetidoras do CBMSC, uma vez que um repetidora do tipo 1 (Repetidora 1) pode ser transformada em repetidora tipo 2 (Repetidora 2) ou tipo 3 (Repetidora 3) aproveitando-se a infraestrutura já existente.

#### 4.4.2.4 Economia

A instalação de uma estação repetidora utilizando energia solar em um local remoto representa uma grande economia, pois sai muito mais barato do que levar uma linha de energia convencional até o local. Além disso, permite redução no número de repetidoras, conforme Soursos, Protogeropoulos e Suuronen (1998, p. 3120) explica:

[...]uma repetidora instalada no pico de uma montanha cobre uma área bem maior em termos de sinal de telecomunicações. Desta forma, o número de estações requeridas é minimizado com benefícios óbvios no custo total e, também, nos custos indiretos que surgem a partir da utilização de fontes de energia convencionais<sup>6</sup>.

#### 4.4.2.5 Sistemas Híbridos

Em locais com pouca insolação ou de acordo com necessidades especiais da demanda de energia, Soursos, Protogeropoulos e Suuronen (1998, tradução nossa) explica que os sistemas fotovoltaicos permitem a combinação com outras formas de geração, como um gerador eólico para carregamento simultâneo da bateria, por exemplo.

#### 4.4.3 Configuração Básica

As repetidoras de rádio do CBMSC, por localizarem-se em locais de altos e, não raro, de difícil acesso, necessitam utilizar um tipo de sistema fotovoltaico que requeira pouca manutenção, nesse caso um sistema híbrido, utilizando gerador fotovoltaico juntamente com um gerador a combustão interna (diesel ou gasolina), não seria recomendado, pois motores de combustão interna demandam mais atenção e mais custos com manutenção.

Poder-se-ia utilizar um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, visto que a grande maioria das repetidoras do CBMSC já está conectada à rede pública de energia. Porém, para a instalação de repetidoras em locais remotos e inabitados, a melhor solução do ponto de vista

---

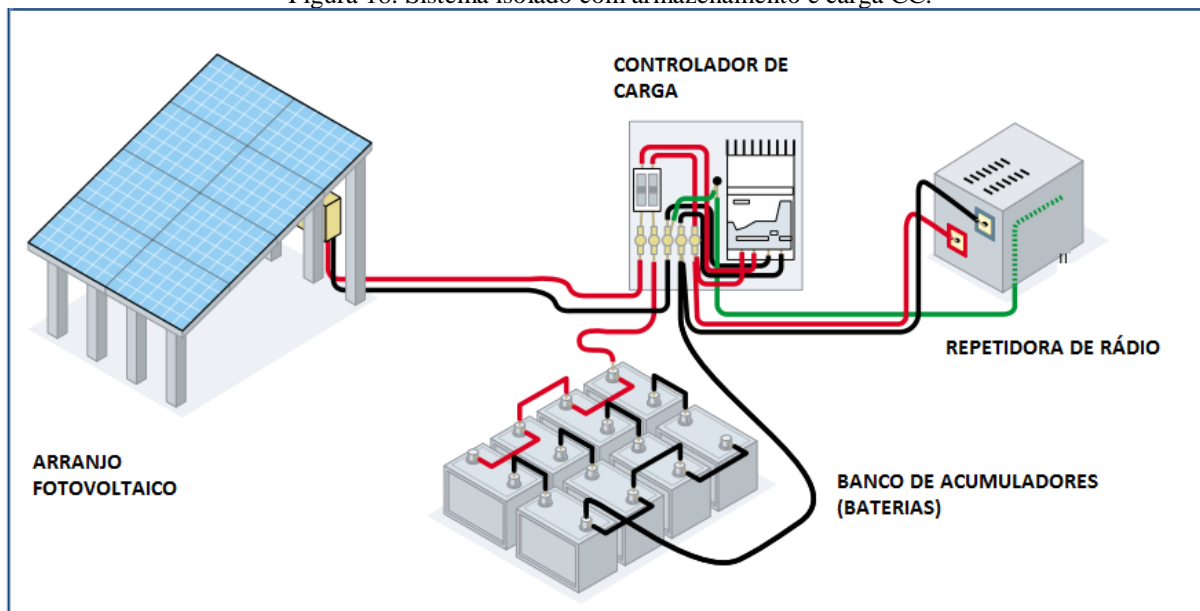
<sup>6</sup> [...]a repeater station installed on a mountain peak covers a wider area in terms of telecommunication signals. In this way, the number of local stations required is minimised with obvious benefits in the overall costs and also indirect costs which arise from the use of conventional power sources.

técnico e econômico é, sem dúvida, o sistema isolado, visto que reduziria a necessidade de manutenção e de construção de uma infraestrutura de transmissão elétrica.

Portanto, para a configuração e dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos das repetidoras do CBMSC será considerado um sistema isolado, ou seja, utilizando-se exclusivamente de energia fotovoltaica.

Na Figura 18, a seguir, pode ser visto um esquema de um sistema do tipo isolado.

Figura 18. Sistema isolado com armazenamento e carga CC.



Fonte: Adaptado de Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (2000).

Para efeitos de configuração, a repetidora de rádio é considerada carga CC (corrente contínua), por isso pode ser conectada diretamente ao controlador de carga, que fornece energia em corrente contínua e na mesma tensão requerida pelo aparelho de rádio.

## 5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

### 5.1 Dados necessários para dimensionar o sistema fotovoltaico

Para o adequado dimensionamento do sistema fotovoltaico de uma repetidora de rádio deve-se atentar para diversos aspectos, no Brasil existem normas editadas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica que fixam requisitos para projetos de sistemas solares, como NBR 14298/1999 – Sistemas Fotovoltaicos – Banco de Baterias – Dimensionamento. Pode-se, assim, projetar um sistema solar fotovoltaico com desempenho adequado.

A seguir, serão descritos os dados necessários para a concepção de um projeto de sistema fotovoltaico.

#### 5.1.1 Localização geográfica da estação repetidora

Informações como Latitude, Longitude e a altura em relação ao nível do mar são importantes para o dimensionamento do sistema, de acordo com Solarterra (2007, p. 23) “estes dados são necessários para determinar o ângulo de inclinação adequado para o módulo fotovoltaico e o nível de radiação (médio mensal) do lugar”.

Segundo Solarterra (2007) “para conseguir um melhor aproveitamento da radiação solar incidente, os módulos deverão estar inclinados em relação ao plano horizontal num ângulo que variará conforme a latitude da instalação”.

A Tabela 1, abaixo, apresenta a relação entre a latitude e o ângulo de inclinação do módulo.

Tabela 1: Relação entre latitude e ângulo de inclinação

Latitude	Ângulo de inclinação
0 a 4 graus	10 graus
5 a 20 graus	latitude + 5 graus
21 a 45 graus	latitude + 10 graus
46 a 65 graus	latitude + 15 graus
66 a 75 graus	80 graus

Fonte: Solarterra (2007, p. 33)

## 5.1.2 Especificações da carga empregada

### 5.1.2.1 Tensão nominal do sistema

Segundo Solarterra (2007, p. 22), “refere-se à tensão típica em que operam as cargas a conectar. Deve-se, além disso, distinguir se a referida tensão é alternada ou contínua”.

### 5.1.2.2 Potência exigida pela carga

Conforme explica Solarterra (2007, p.22)

A potência que cada carga exige é um dado essencial. Os equipamentos de comunicações requerem potências elevadas quando funcionam em transmissão e isto, muitas vezes, ocorre só durante alguns minutos por dia. Durante o resto do tempo requerem uma pequena potência de manutenção (stand by). Esta diferenciação deve ser levada em conta no dimensionamento do sistema.

### 5.1.2.3 Perfil de carga – Horas de utilização das cargas

De acordo com Solarterra (2007, p. 23), “juntamente com a potência requerida pela carga deverão especificar-se as horas diárias de utilização da referida potência. Multiplicando potência por horas de utilização serão obtidos os Watts hora requeridos pela carga ao fim de um dia.”

### 5.1.2.4 Autonomia

A determinação da autonomia é muito importante para o dimensionamento do banco de baterias, para as repetidoras de rádio do CBMSC é vital que possuam elevada autonomia, pois devem operar mesmo diante das mais adversas condições climáticas.

Sobre a autonomia do sistema, Solarterra (2007, p.23) afirma que

[...] isto refere-se ao número de dias em que se prevê que diminuirá ou não haverá geração e que deverão ser tidos em conta no dimensionamento das baterias de acumuladores. Para sistemas rurais domésticos tomam-se de 3 a 5 dias e para sistemas de comunicações remotos de 7 a 10 dias de autonomia.

## 5.2 Cálculo do Consumo das Cargas

A seguir será apresentado o procedimento para dimensionar as cargas empregadas nas repetidoras. Para isso, de acordo com Solarterra (2007), deve-se proceder da seguinte maneira:



- 1) Identificação de cada uma das cargas (em CC), sua potência exigida em Watts e horas de utilização diária. Nos equipamentos de rádio, considera-se o consumo de recepção, transmissão e em stand-by.
- 2) Multiplica-se o número de horas de utilização diária pela potência de cada aparelho. Dessa forma, obtêm-se o consumo da carga, dada em W.h/dia (Watts.hora/dia).
- 3) Soma-se o consumo de cada aparelho, para obter o consumo total da repetidora.
- 4) Toma-se o valor do consumo total e divide-se pela tensão nominal do sistema. No caso, das repetidoras do CBMSC a tensão nominal é de 12 Vcc. Para obter-se o consumo em função da corrente (Ampere.hora/dia)

$$\text{Consumo(A.h/dia)} = \text{Consumo (W.h/dia)} / 12 \text{ Vcc}$$

### 5.3 Dimensionamento do Arranjo Fotovoltaico

Conforme Solarterra (2007), o dimensionamento do arranjo fotovoltaico será realizado da seguinte maneira:

- 1) Calcula-se o consumo das cargas, em Ah/dia.
- 2) Determina-se o valor da radiação solar média anual (em kWh/m<sup>2</sup>.dia) no local onde o sistema será instalado.
- 3) Determinar Corrente Nominal do Módulo Solar escolhido. Para isso, deve-se consultar a tabela fornecida pelo fabricante.
- 4) Calcular a capacidade de geração do módulo em Ah/dia. Para isso, multiplica-se o valor da radiação solar (em kWh/dia) pelo valor da corrente nominal do módulo solar (em A).
- 5) A seguir, divide-se o valor do consumo das cargas pelo valor da capacidade de geração. Obtendo-se o número de módulos.
- 6) O número de módulos encontrado sempre deve ser arredondado para o número inteiro de valor superior ao encontrado no cálculo.

Segundo Guimarães et al (1995, p. 6.44):

Para algumas aplicações, devem-se conhecer as tensões mais elevadas que podem ser geradas pelo arranjo fotovoltaico. Isto ocorrerá quando o arranjo estiver operando em temperaturas mais baixas. Calcular estes valores utilizando os dados fornecidos pelo fabricante do módulo para temperaturas mais baixas.

Portanto, dependendo da temperatura do local deve-se adotar valores específicos para o cálculo dos módulos, os quais são fornecidos pelo fabricante.

#### 5.4 Dimensionamento do Banco de Baterias (Acumuladores)

De acordo com a NBR 14298 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999), norma que fixa as condições para o dimensionamento do banco de baterias, deve-se, primeiramente, determinar a autonomia do sistema, baseando-se nas seguintes considerações:

- Número de dias “sem sol”: número relacionado com o pior caso provável para a duração de tempo nublado ou parcialmente nublado, ao longo de um ano completo de operação do sistema;
- Previsibilidade do consumo: podendo se ajustar o consumo, desligando cargas que não sejam essenciais;
- Existência de fonte reserva: se houver outra fonte de energia além da solar;
- Acessibilidade do local: considerar o tempo necessário para acessar o local caso ocorra algum problema;
- Custo: levar em conta, que o aumento da autonomia também eleva o custo do sistema.

Conforme a NBR 14298 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999), para o dimensionamento do banco de baterias deve-se adotar o seguinte procedimento:

- 1) Calcula-se o consumo das cargas (em Ah/dia);
- 2) Determinação da autonomia (em dias);
- 3) Especificação da bateria a ser empregada, levando em conta características como:
  - profundidade de descarga máxima,
  - temperatura média de operação,
  - fator de correção de temperatura,
  - tensão de operação e
  - capacidade de corrente.
- 4) Calcula-se a capacidade do banco de baterias em função da autonomia, multiplicando-se o consumo das cargas pela autonomia;

***Capacidade requerida = consumo das cargas x autonomia***

- 5) Calcular a capacidade ajustada para máxima profundidade de descarga;

***Capacidade ajustada para descarga = capacidade requerida x máxima profundidade de descarga***

6) Calcula-se a capacidade ajustada pelo fator de correção de temperatura;

***Capacidade ajustada quanto à temperatura = Capacidade ajustada para descarga x fator de ajuste pela temperatura***

7) Calcula-se a Capacidade ajustada pelo fator de segurança, multiplicando-se a Capacidade ajustada pelo fator de correção de temperatura pelo fator de segurança.

De acordo com a NBR 14298 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) “uma prática comum é prover uma margem entre 10% e 25% na capacidade corrigida, para proteção contra incertezas na determinação do consumo em condições adversas de operação”.

***Capacidade ajustada = Cap. Ajustada quanto à temperatura x fator de segurança***

8) Calculo do tempo de descarga operacional, segundo a NBR 14298 (1999), é a razão do tempo de operação das baterias com capacidade ajustada pela máxima corrente requerida pelas cargas (corrente nominal);

**Tempo de descarga operacional = capacidade ajustada / máxima corrente requerida**

9) Determinação do número de baterias em série

Segundo a NBR 14298 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) o número de baterias em série deve ser calculado conforme segue:

$$N_{max} = V_{max} / V_{carga}$$

Onde:

$N_{max}$  é o número máximo de baterias;

$V_{max}$  é a tensão máxima da faixa de operação do sistema;

$V_{carga}$  é a tensão de carga da bateria escolhida.

10) Determinação do número de conjuntos de baterias em paralelo

O número de conjuntos em paralelo é obtido dividindo-se a capacidade ajustada pela Capacidade de corrente da bateria.

$$N_{conj} = \text{Capacidade ajustada} / \text{Capacidade de corrente da bateria}$$

#### 11) Cálculo do número total de baterias

O número total de baterias é calculado multiplicando-se o número de baterias em série pelo número de baterias em paralelo.

## 6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E PROJETO

### 6.1 Metodologia

O método pode ser definido como um caminho para chegar a um fim determinado, e o método científico como um conjunto de procedimentos técnicos e intelectuais adotados para se alcançar o conhecimento. (GIL, 1999)

O método de abordagem utilizado para a realização deste trabalho é o método hipotético-dedutivo, o qual “se inicia pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos, acerca da qual formulam-se hipóteses e, pelo processo de inferência dedutiva, testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela hipótese”.(MARCONI e LAKATOS, 1992, p. 106)

Quanto aos níveis de investigação pode-se situá-la como pesquisa exploratória. Segundo Gil (1999, p.43):

Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

O autor afirma, ainda, que as pesquisas exploratórias “habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso”. (GIL, 1999, p. 43).

O levantamento bibliográfico foi realizado, inicialmente, na Biblioteca do CEBM, a qual não dispunha de livros sobre o tema do trabalho. Em seguida, buscou-se por literatura específica na Biblioteca Geral da UFSC, no campus de Florianópolis – SC, na qual foram encontrados alguns livros que tratavam do assunto, porém os livros estavam desatualizados, sendo que sua abordagem já não correspondia com o atual estágio da tecnologia solar fotovoltaica.

A procura por material se estendeu à Biblioteca do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, também no campus de Florianópolis – SC, a qual possui rico acervo na área de engenharia de sistemas solares de geração de energia. Nessa biblioteca, foram encontrados diversos livros que serviram de referência para a construção deste trabalho.

Foram utilizados ainda livros disponibilizados pelo Labsolar/ UFSC, em Florianópolis – SC, que forneceu dados importantes, como os mapas com índices de irradiação solar no Brasil.

No dia 13 de dezembro de 2011 foi ministrada nas dependências do 1º Batalhão do CBMSC, em Florianópolis – SC, uma palestra acerca do uso de energia solar na corporação, na qual o palestrante, Roberto Francisco Coelho, Mestre em Engenharia Elétrica pela UFSC, apresentou um programa de computador, em forma de planilha, capaz de realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico nas repetidoras de rádio na corporação. O mesmo

forneceu material sobre o assunto do trabalho (artigos científicos e teses de mestrado), além de dados importantes, como o consumo energético das repetidoras de rádio do CBMSC, bem como o tempo de utilização das mesmas. Tais dados foram mensurados pelo mesmo, juntamente com o Soldado BM Patrick Amaral Abreu, na repetidora do Morro da Cruz, em Florianópolis – SC, no dia 14 de julho de 2011.

Os resultados do cálculo de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos para repetidoras apresentado neste trabalho foram comparados com os resultados fornecidos pelo programa criado por Coelho, sendo que ambos chegaram aos mesmos resultados.

Foi realizada, também, pesquisa por conteúdo na internet, em que foram encontrados alguns sites interessantes e, principalmente, imagens de sistemas de energia solar.

No processo de pesquisa procurou-se consultar empresas especializadas em geração de energia fotovoltaica, que forneceram especificações e preços de componentes do sistema de geração de energia solar.

Através das informações obtidas, foi possível demonstrar que a energia solar pode ser aplicada às repetidoras do CBMSC, com vantagens estratégicas, sobre as fontes de fornecimento convencionais e, ainda, demonstrar o dimensionamento de uma radiorepetidora do Tipo 1, a qual é um tipo de repetidora comumente encontrada na rede de telecomunicações do Corpo de Bombeiros.

## **6.2 Dimensionamento de Repetidora do Tipo 1**

Para demonstrar os cálculos de dimensionamento de uma rádiorepetidora, tomar-se-á como exemplo uma estação do tipo 1.

### **6.2.1 Localização da estação repetidora**

Local: Florianópolis – Santa Catarina

Latitude: 27° 35' 48''

Radiação média anual: 4500 Watt.hora/m<sup>2</sup>

Utilizando-se a Tabela 1, pode-se determinar o ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos, sendo que se a latitude em Florianópolis é de 27°35'48'' conclui-se que o ângulo será de aproximadamente 37°, sempre orientado para o Norte.

### 6.2.2 Cálculo do Consumo das Cargas

Abaixo, a Tabela 2 demonstra a identificação das cargas, bem como o consumo das mesmas utilizando as especificações de uma repetidora tipo 1 (Repetidora 1) utilizada pelo CBMSC. De acordo com medições realizadas na rádiorepetidora do Morro da Cruz em Florianópolis, uma das repetidoras mais utilizadas pelo CBMSC, o número médio de horas diárias de utilização do equipamento de rádio é de 3,9 horas, sendo que o consumo em Stand-by é de 3 Watts e o consumo em operação é de 138 Watts.

Tabela 2: Consumo das cargas

Equipamento	Quantidade	Horas de uso diário	Potência elétrica (W)	Consumo (W/dia)
Rádio de Transmissão (TX – VHF)	1	3,9	138	538,2
Rádio de Recepção (RX – VHF)	1	3,9		
Rádio em Stand-by	2	21,1	3	63,3
Consumo Total de energia consumida em Wh/dia				601,5

Fonte: Do autor

Cálculo do consumo em função da corrente

$$\text{Consumo(Ah/dia)} = \text{Consumo (Wh/dia)} / 12 \text{ Vcc}$$

Portanto,

$$\text{Consumo(Ah/dia)} = 601,5 / 12 = 50,125 \text{ Ah/dia}$$

### 6.2.3 Dimensionamento do arranjo fotovoltaico

A Tabela 3, mostrada abaixo, exhibe as especificações do módulo fotovoltaico a ser empregado.

1) Consumo das cargas

$$\text{Consumo(Ah/dia)} = 50,125 \text{ Ah/dia}$$

2) Radiação solar média anual

$$\text{Radiação média anual} = 4500 \text{ Wh/m}^2$$

3) Especificação do módulo fotovoltaico a ser utilizado

As especificações do módulo escolhido são mostradas na Tabela 4, a seguir:

Tabela 3: Especificações do módulo fotovoltaico

Especificações do módulo fotovoltaico		
Modelo: KC65T		
Grandeza	Unidade	Valor
Tensão de máxima potência	V	17,40
Corrente de nominal	A	3,75
Tensão de circuito aberto	V	21,70
Corrente de curto circuito	A	3,99
Coeficiente de temperatura da tensão	V/ °C	-0,14
Temperatura na superfície do módulo	°C	50,00

Fonte: Solar Brasil (2012)

#### 4) Corrente nominal

Corrente nominal = 3,75 A

#### 5) Capacidade de geração

***Capacidade de geração do módulo = Corrente Nominal x Radiação Média Anual (kWh/m<sup>2</sup>)***

Capacidade de geração do módulo = 3,75 x 4500/1000 = 16,875 Ah/dia

#### 6) Número de módulos

***Número de módulos = Consumo(Ah/dia)/ Capacidade de geração do módulo***

***Número de módulos = 50,125 / 16,875 = 2,97***

#### 7) Numero de módulos ajustado

***Número de módulos = 3***

Portanto, o número de módulos necessários para este tipo de repetidora serão 3 (três).

### 6.2.4 Dimensionamento do Banco de Baterias

- 1) Consumo das cargas : 50,1 Ah/dia
- 2) Autonomia :10 dias
- 3) Especificação da bateria a ser utilizada:

Na Tabela 4, a seguir, são mostradas as especificações da bateria a ser empregada.



Tabela 4: Especificação da bateria a ser empregada

Especificação da bateria a ser empregada		
Modelo: 12MF150 Moura 12 V - 150 Ah		
Grandeza	Unidade	Valor
Tensão de operação	V	12,0
Tensão máxima	V	14,5
Tensão mínima	V	11,4
Capacidade de corrente	Ah	150,0
Máxima profundidade de descarga admitida	%	50,0
Máxima profundidade de descarga diária	%	20,0
Capacidade percentual em fim de vida	%	80,0
Temperatura média de operação	°C	20,0
Fator de correção de temperatura	Adm	1,05

Fonte: Baterias Moura (2012)

- 4) Capacidade requerida = consumo das cargas x autonomia

$$\text{Capacidade requerida} = 50,1 \times 10 = 501 \text{ Ah}$$

- 5) Capacidade ajustada para descarga = capacidade requerida x máxima profundidade de descarga

$$\text{Capacidade ajustada para a descarga} = (501 / 50\%) \times 100\% = 1002 \text{ Ah}$$

- 6) Capacidade ajustada quanto à temperatura = Capacidade ajustada para descarga x fator de ajuste pela temperatura

$$\text{Capacidade ajustada quanto à temperatura} = 1002 \times 1,05$$

$$\text{Capacidade ajustada quanto à temperatura} = 1052,1 \text{ Ah}$$

- 7) Capacidade ajustada = Cap. Ajustada quanto à temperatura x fator de segurança  
Considerando-se um fator de segurança de 10%.

$$\text{Capacidade ajustada} = 1052,1 \times 1,10 = 1157,31 \text{ Ah}$$

- 8) Número de bateria em série

$$N_{max} = V_{max} / V_{carga}$$

$$N_{max} = 12 \text{ V} / 12\text{V} = 1$$

Portanto, não serão utilizadas baterias em série, serão todas utilizadas em paralelo.

9) Número de conjuntos em paralelo

$$N_{conj} = \textit{Capacidade ajustada} / \textit{Capacidade de corrente}$$

$$N_{conj} = 1157,31 / 150$$

$$N_{conj} = 7,71$$

Arredondando para cima:

$$N_{conj} = 8$$

Portanto, para uma autonomia de 10 dias “sem sol” seriam necessárias 8 (oito) baterias em paralelo.

10) Número total de baterias

$$N^{\circ} \text{ total de baterias} = N_{conj} \times N_{max}$$

$$N^{\circ} \text{ total de baterias} = 8 \text{ baterias}$$

### 6.3 Viabilidade Econômica

A utilização de sistemas fotovoltaicos nas repetidoras do CBMSC não é uma questão econômica, mas estratégia da corporação. Sua utilização visa dar à rede de radiocomunicação maior confiabilidade, aumentando a possibilidade de que a comunicação esteja disponível quando for necessária e em quaisquer condições climáticas.

Portanto, como afirma Souza (2009, p. 06) “com tantos prós e contras associados ao emprego de sistemas fotovoltaicos, a determinação da melhor maneira de empregar painéis fotovoltaicos para geração de energia no Brasil vai bem mais além dos custos envolvidos na instalação dos mesmos”.

De fato, se o critério para a utilização de energia solar fotovoltaica nas repetidoras de rádio do CBMSC fosse apenas econômico, sua instalação não seria vantajosa, visto que os custos de aquisição e manutenção superam, mesmo em longo prazo, a economia de energia proporcionada pelo sistema. Isso porque os equipamentos de telecomunicações normalmente são projetados para consumir pouca energia, de forma que seu consumo não gera despesas significativas.

Utilizando o programa Simulador de Consumo da Celesc foi possível realizar uma previsão do custo de operação de uma repetidora de rádio. O cálculo do consumo e o custo

aproximado em Reais leva em consideração a tarifa média para consumidores residenciais (R\$0,30017), sem ICMS e sem incidência do Encargo de Capacidade Emergencial. (CELESC, 2012)

A Figura 19, abaixo, apresenta os dados fornecidos pelo Simulador de Consumo.

Figura 19. Simulador de Consumo da Celesc, fornece o consumo e custo da energia.

Aparelho	Potência(W)	Quant.	Uso em horas/dia	kWh	Custo (R\$)
<b>Outros aparelhos:</b>					
Rádio Tx/Rx	138	1	3,90	16,15	4,85
Rádio Stand By	3	1	21,10	1,90	0,57
Outro				0	0
<b>Total Aproximado</b>				18,05	5,42

Fonte: Adaptado de Centrais Elétricas de Santa Catarina (2012).

Podemos perceber que, para a repetidora Tipo 1 utilizada como exemplo, o gasto com energia elétrica calculado foi de R\$ 5,42, como pode ser visto na Figura.

Foi realizado também o orçamento para aquisição do sistema de geração fotovoltaico, através de contato com empresas do ramo. A Tabela 5, abaixo, mostra o custo de aquisição do sistema fotovoltaico, desconsiderando custo de mão de obra para instalação e equipamentos adicionais como suportes para os módulos.

Tabela 5: Preço do conjunto com módulo fotovoltaico e controlador de carga.

Equipamento	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Módulo Solar Fot. Kyocera KC 65T	3	830,00	2490,00
Controlador de Carga PS30A 12/24V Mornigstar	2	485,00	970,00
			3460,00

Fonte: Solar Brasil (2012)

Para este projeto foram utilizados dois controladores de carga, para que o sistema seja seguro é necessário que haja redundância do equipamento, ou seja, caso um dos controladores de carga falhe, o outro entra em operação substituindo o equipamento defeituoso.

As baterias são fornecidas separadamente, em consulta a outro fornecedor fez-se o orçamento das baterias de 150 Ah utilizadas no projeto apresentado nesse trabalho. Conforme Tabela 6, abaixo:

Tabela 6: Preço de bateria estacionária.

Equipamento	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Bateria estacionária Moura Clean	8	830,00	6640,00

Fonte: Neosolar Energia (2012)

Desta maneira o custo total do sistema, se contar com mão de obra e acessórios, seria a soma do preço dos equipamentos eletrônicos e das baterias. Conforme demonstrado na Tabela 7, abaixo:

Tabela 7: Custo total do sistema de geração fotovoltaico.

Equipamento	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Módulo Solar Fot. Kyocera KC 65T	3	830,00	2490,00
Controlador de Carga PS30A 12/24V Mornigstar	2	485,00	970,00
Bateria estacionária Moura Clean	8	830,00	6640,00
Custo total			10100,00

Fonte: Do autor (2012)

Analisando os custos envolvidos na aquisição do sistema de geração solar, pode-se perceber que as baterias são responsáveis pela maior parte do custo total. E as baterias são justamente os componentes do sistema que apresentam menor vida útil, de acordo como o manual técnico da bateria adotada, a vida útil é de cerca de 4 anos (MOURA, 2012). Porém, uma bateria pode ter sua vida útil estendida para cerca de 10 anos dependendo do local e do ambiente que será acomodada (COELHO, 2011).

Considerando a vida útil total dos módulos fotovoltaicos de cerca de 20 anos (SOLARTERRA, 2007), o conjunto de baterias deve ser trocado no mínimo uma vez nesse período. Dessa forma, o custo com equipamentos em 20 anos seria de aproximadamente 16740,00 reais. Como a conta de energia elétrica segundo dados da concessionária que foram mostrados na Figura 19 é 5,42 reais, em 20 anos os gastos com energia seria de cerca de 1300, 80 reais.

Percebe-se, dessa maneira, que a energia solar possui um custo muito elevado em comparação à energia fornecida pela concessionária, mesmo durante os 20 anos de vida útil dos módulos o valor investido não é recuperado. Assim, o investimento em fontes de energia renovável não representa economia de recursos financeiros para a corporação.

Contudo, é uma boa opção do ponto de vista estratégico, visto que o sistema incrementaria a segurança do sistema de telecomunicações, melhorando a efetividade e eficiência do serviço prestado e contribuindo para maior rapidez no atendimento de vítimas.

Os sistemas fotovoltaicos, ainda possuem elevado custo, mas deve-se levar em conta outros fatores além do econômico, como o custo ambiental e social. Visto que o sucesso de uma ocorrência pode ser ameaçado se o sistema de comunicação falhar, há que se considerar que o

custo do patrimônio que for destruído na ocorrência pode superar em muito o custo de um sistema mais confiável, sem falar em vidas que têm valor inestimável.

#### **6.4 Custo ambiental**

O custo ambiental deve ser sempre levado em consideração em qualquer projeto, no caso de radiorrepetidoras, esses custos podem ser inclusive inviabilizar um projeto. A instalação das repetidoras no alto de morros requer que, de alguma forma, se leve energia elétrica até o local, normalmente se faz através de linhas de transmissão, que são uma solução cara em locais desprovidos de infraestrutura.

Conforme explica Adalbó (2002, p. 69),

As linhas de transmissão exigem estudos de impacto ambiental, prevendo-se as situações em que o desmatamento ao longo do percurso impliquem a adoção de medidas ambientais complementares, tais como controle de erosão e corredores de passagem de animais selvagens. Os problemas mais comuns das linhas de transmissão são junto aos cursos d'água, quando a preservação das matas ciliares impõem, por exemplo, a construção de torres de transmissão mais altas.

Para Adalbó (2002) a importância dada aos aspectos ambientais é diretamente proporcional ao montante de recursos destinado, assim a inserção dos custos ambientais deve ser realizada durante a previsão orçamentária do projeto. O autor ressalta, ainda, que o maior peso dos custos de engenharia incide nas etapas de projeto básico e executivo, e nos custos ambientais, o maior percentual dos custos incide na etapa da viabilidade.

## 7. CONCLUSÃO

Conforme foi demonstrado no presente trabalho, o sistema de comunicação via rádio é de fundamental importância para o desempenho das atividades do CBMSC. A corporação possui cerca 54 rádiorepetidoras, que cobrem grande parte do Estado, a grande maioria dessas repetidoras é alimentada unicamente por energia elétrica fornecida pelas concessionárias, e ainda há boa parte do território que não possui cobertura de rádio.

Apesar de todas as repetidoras possuírem um banco de baterias que lhes proporciona alguma autonomia frente a interrupções de energia, porém não elimina a vulnerabilidade do sistema. Visto que, diante de um desastre natural que atinja o fornecimento de eletricidade, pode levar semanas pra que as redes de transmissão sejam reconstruídas.

Dessa forma, a energia solar fotovoltaica apresentou-se como uma alternativa não apenas viável, mas também mais confiável do que a rede pública de energia, já que uma de suas principais característica é a confiabilidade. Trata-se de um sistema que produz baixo impacto no meio ambiente, uma repetidora pode ser instalada no alto de um morro ou montanha, com o mínimo de desmatamento, o que pode facilitar ao CBMSC instalar repetidoras em locais em que não seria possível para as repetidoras tradicionais.

Além disso, o sistema fotovoltaico requer pouca manutenção e os módulos apresentam alta durabilidade, acima dos 25 anos. Sendo assim, é um sistema simples e robusto, capaz de suportar condições climáticas desfavoráveis.

Há, no entanto, um grande empecilho à utilização desta tecnologia nas repetidoras da corporação, que é o elevado custo de aquisição do equipamento de geração fotovoltaica. Como foi demonstrado neste trabalho, apesar de serem evidentes os benefícios técnicos e ambientais da energia solar, no aspecto econômico o sistema se apresentou desvantajoso em repetidoras que já possuem fornecimento de energia convencional ou que estejam próximas à rede de distribuição, visto que o investimento realizado na obtenção dessa tecnologia não será recuperado sob a forma de economia pecuniária.

Contudo, é uma excelente opção do ponto de vista estratégico, pois o retorno do investimento se dará com o incremento da segurança no sistema de telecomunicações e com a não interrupção da comunicação durante ocorrências e desastres. Melhorando, assim, o atendimento às vítimas, cujas vidas possuem valor inestimável.

Este trabalho também buscou trazer para dentro da corporação o conhecimento da tecnologia fotovoltaica, permitindo que a corporação possa dominar a tecnologia e aplicá-la no

seu sistema de telecomunicações, seja para torná-lo mais seguro seja para expandi-lo a locais remotos.

Cabe ainda ressaltar, que a tecnologia das fontes alternativas de energia está evoluindo rapidamente, os custos ficando mais acessíveis, aumentando a eficiência e, ainda, possibilitando a introdução de outras fontes, como a energia eólica, na geração de energia para telecomunicações. Com isso, abre-se um vasto campo para pesquisa de tecnologias que possam tornar a rede de comunicações do CBMSC mais robusta e eficiente.

Conclui-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados, de forma que os componentes das radiorrepetidoras do CBMSC e do sistema fotovoltaico foram apresentados detalhadamente, e foram ressaltadas a importância e as vantagens do uso de fontes de energia solar nas telecomunicações da organização, bem como foi realizada análise da viabilidade técnica e econômica de um sistema de geração de energia solar, através do dimensionamento do gerador para uma radiorrepetidora utilizada pelo CBMSC e levantamento dos custos de aquisição.

A adoção de fontes de energia seguras e renováveis, como a energia solar, além de agregar qualidade ao serviço prestado pela corporação, também contribui para a criação de uma cultura de preservação ambiental, contribuindo para a que os bombeiros sejam bem vistos perante a sociedade também no aspecto ecológico, numa demonstração de que a corporação se desenvolve sem deixar de lado a sustentabilidade.

Fica como sugestão a utilização de geradores fotovoltaicos nas novas repetidoras do CBMSC que forem instaladas em locais remotos ou distantes da rede de distribuição de energia.

Com base neste trabalho apresentam-se algumas propostas de investigações que podem ser desenvolvidas no intuito de aprimorar as telecomunicações no CBMSC. Sugere-se a realização de um estudo sobre a viabilidade da utilização de energia eólica para repetidoras em locais com condições favoráveis, bem como um estudo sobre a utilização de repetidoras portáteis que utilizem energia solar nas operações do CBMSC.

## REFERÊNCIAS

ACENT Radiocomunicação. 2012. Disponível em: < <http://www.ep450-motorola.com.br/alcance-radio-motorola.html>>. Acesso em: 15 abril 2012.

ADALBÓ, Ricardo. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber, 2002.

ALVARENGA, Carlos Alberto; LOBO, Ailton Ricaldoni. **Sistemas solares de energia para telecomunicações**. Belo Horizonte: Clamper Sistemas Energéticos, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14298: Sistemas Fotovoltaicos – Banco de Baterias - Dimensionamento. Rio de Janeiro, 1999.

ARS Eletrônica. Disponível em: <<http://www.arseletronica.com.br/modules.php?module=produtos&type=5>>. Acesso em: 15 abril 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2009. Rio de Janeiro. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2010.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2011.

CAPARELLI, Paulo Sérgio. **Comunicações Móveis**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, [2005?].

CENTRAIS ELETRICAS DE SANTA CATARINA. Simulador de consumo. Disponível em: <<http://proceleeficiencia.celesc.com.br/index.php?novasessao=14>>. Acesso em: 22 abril 2012.

COLLE, Sérgio; PEREIRA, Enio Bueno. **Atlas de Irradiação Solar do Brasil**. Out. 1998. Disponível em: < [http://www.lepten.ufsc.br/pesquisa/solar/atlas\\_de\\_irradiacao.pdf](http://www.lepten.ufsc.br/pesquisa/solar/atlas_de_irradiacao.pdf)>. Acesso em: 11 mar. 2012.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Sistema de Radiocomunicação**: Descrição Técnica da Rede de Comunicação. Florianópolis, 2010.

\_\_\_\_\_. **Missão**. Disponível em: <[http://www.cb.sc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=64&Itemid=101](http://www.cb.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=64&Itemid=101)>. Acesso em: 15 abril 2012.

COELHO, Roberto Francisco. **Estudo dos Conversores Buck e Boost Aplicados ao Rastreamento de Máxima Potência de Sistemas Solares Fotovoltaicos**. 2008. 176 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto de Eletrônica de Potência, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

\_\_\_\_\_, Palestra técnica sobre Energia Solar no Corpo de Bombeiros de Santa Catarina. Florianópolis: CBMSC, 2011.

CUORE, Raul Enrique. **Fontes de energia renováveis e seus principais benefícios para a humanidade**. 2 jan. 2009. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/21159/1/FONTES-DE-ENERGIA-RENOVAVEIS-E->



SEUS-PRINCIPAIS-BENEFICIOS-PARA-A-HUMANIDADE-  
/pagina1.html#ixzz1L71rw7Dc>. Acesso em: 01 maio 2011.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. 2000. Disponível em: <[www.cresesb.cepel.br/cresesb.htm](http://www.cresesb.cepel.br/cresesb.htm)>. Acesso em: 29 dez. 2011

CUNHA, José Luiz de Paula A. da. **Eletrificação de edificações rurais isoladas utilizando energia solar fotovoltaica**. 2006, 49 f. Monografia (Especialização em Fontes Alternativas de Energia) – Programa de Pós Graduação em Fontes Alternativas de Energia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

FERREIRA, João Roberto S. Gandara. **Repetidoras - Introdução**. 01 out. 2007. Disponível em:< <http://www.cram.org.br/wordpress/?p=967>>. Acesso em: 30/01/2012

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GUIMARÃES, Ana Paula C. et al. **Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRESEB/CEPEL, 1995.

HERRMANN, Maria Lúcia de Paula et al. **Frequência dos Desastres Naturais no Estado de Santa Catarina no Período de 1980 a 2007**. 2009. Disponível em: <[http://egal2009.easyplanners.info/area07/7254\\_Maria\\_Lucia\\_Maria\\_Lucia\\_de\\_Paula\\_Herrmann.pdf](http://egal2009.easyplanners.info/area07/7254_Maria_Lucia_Maria_Lucia_de_Paula_Herrmann.pdf)>. Acesso em: 25 de janeiro de 2012.

JUNIOR, Arlindo. **RADCOM – Rádios Comunitárias no Município de São Paulo**. Disponível em: < <http://www.arlindojunior.com.br/radcom.html>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

LANGARO, Ana Carla. **Viabilidade Técnica, econômica e Ambiental da Utilização de Energia Eólica no Brasil e no Paraná**. Disponível em: <[http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana\\_estudos/pdf\\_08/VIABILIDADE%20T%C9CNICA,%20ECON%20MICA%20E%20AMBIENTAL%20DA%20UTILIZA%C7%C3O%20DA%20ENERGIA%20E%20D3LICA%20NO%20BRASIL%20E%20NO%20PARAN%C1.pdf](http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_08/VIABILIDADE%20T%C9CNICA,%20ECON%20MICA%20E%20AMBIENTAL%20DA%20UTILIZA%C7%C3O%20DA%20ENERGIA%20E%20D3LICA%20NO%20BRASIL%20E%20NO%20PARAN%C1.pdf)>. Acesso em: 28 abril 2012,

MAGNOLI, D.; SCALZARETTO R. **Geografia, espaço, cultura e cidadania**. São Paulo: Moderna, 1998. v.1.

MARCANZOLA, Marco Aurélio. **Chegar os novos filtros de cavidades**. 03 set. 2011. Disponível em: <<http://py2kdo.blogspot.com.br/2011/09/chegaram-os-novos-filtros-de-cavidades.html>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2012.

MARCELINO E. V.; NUNES L. H.; KOBİYAMA M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos De Geografia** 8 (17) p. 72 - 84, Fev/2006.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Atlas, 1992.

MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno; ECHER, Maria Pereira de Souza. **Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite**

**geoestacionário – projeto Swera.** Revista Brasileira de Ensino de Física. Porto Alegre, v. 26, n.2, p. 145-159, 2004.

MARTINS, Lucas. Mapa Político de Santa Catarina. 2009. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/mapas/mapa-politico-de-santa-catarina/>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

MEDEIROS, Júlio Cesar de Oliveira. **Princípios de Telecomunicações: Teoria e Prática.** São Paulo: Érica, 2007.

BATERIAS MOURA. Catálogo da Bateria Clean Nano. Disponível em: <<http://www.moura.com.br/pt/produtos/cleannano1>>. Acesso em: 25 mar. 2012.

NATURAL RESOURCES CANADA. **An Introduction to Stand-Alone Wind Energy Systems.** 2000. Disponível em: <[http://www.energyalternatives.ca/PDF/NRDC\\_WindInfo.pdf](http://www.energyalternatives.ca/PDF/NRDC_WindInfo.pdf)>. Acesso em: 28 abril 2012.

NEOSOLAR. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/bateria-estacionaria-moura-clean-12mf150.html>>. Acesso em: 22 abril 2012.

PACHECO, Fabiana. **Energias Renováveis: Breves Conceitos.** **Revista Conjuntura e Planejamento.** Salvador. n. 149, p. 4 – 11. out. 2006.

PARIZOTTO, Walter. **Missão Ambiental do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina: contribuição para a proteção dos ecossistemas.** **Revista Bombeiros Anjos da Vida.** n. 03. Abr/Mai/Jun 2009. Disponível em: <[http://bombeirosanjosdavid.com.br/segunda\\_entrada/revista/3edicao/conteudo/amissaodocorpedobombeirosmilitardesantacatarina.php](http://bombeirosanjosdavid.com.br/segunda_entrada/revista/3edicao/conteudo/amissaodocorpedobombeirosmilitardesantacatarina.php)>. Acesso em: 15 abril 2012.

PEARS Repeater Maintenance Log. 2011. Disponível em: <[http://www.zs2pe.co.za/Repeaters/repeater\\_log.htm](http://www.zs2pe.co.za/Repeaters/repeater_log.htm)>. Acesso em: 25 jan. 2012.

ROCHA, Eduardo Antônio. **Informações sobre radiocomunicação** [Mensagem pessoal]. Recebida por <[rodrigo\\_ghisolfi@yahoo.com.br](mailto:rodrigo_ghisolfi@yahoo.com.br)> em 20 dez. 2011.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos.** Florianópolis: UFSC, 2004.

\_\_\_\_\_, **O Potencial da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil e a Proposta de um Programa de Telhados Solares.** 2010. Disponível em: <<http://iiiibens.com.br/RicardoRuther.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2011.

SOLARBRASIL. Disponível em: <<http://www.solarbrasil.com.br/modulos.htm>>. Acesso em: 01 mar. 2012.

SOLARTERRA. **Energia Solar Fotovoltaica: Guia Prático.** São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.solarterra.com.br/pdf/curso-energia-solar-fotovoltaica.pdf>>. Acesso em: 22 abril 2011.

SOURSOS, M.; PROTOGEROPOULOS, C.; SUURONEN, P. Stand-alone Photovoltaic Systems for Telecommunications in Greece, 1998. 4 f. Paper (2<sup>nd</sup> World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion). Viena, Áustria, 1998.

SOUSA, Wanderley Lemgruber. Impacto Ambiental de Hidrelétricas: Uma análise comparativa de duas abordagens. 2000. 160 f. Tese (Pós-Graduação de Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

SOUZA, Kleber Cesar Alves. **Estudo e Otimização de Conversores Estáticos Utilizados em Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica Comercial**. 2009. 288 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto de Eletrônica de Potência, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

WALISIEWICZ, Marek. **Energia Alternativa**. São Paulo: Publifolha, 2008.

WALRAVEN, Karel. Tempo de vida das baterias de íons de lítio. **Revista Elektor**. Rio de Janeiro, ano 4, n. 45, p. 58, jan. 2006.

WHOLESALE Solar. Disponível em:

<<http://www.wholesalesolar.com/products.folder/systems-folder/REMOTETELECOM.html>>

Acesso em: 14 de abril de 2012.