



Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Educação a Distância da UFSM – EAD
Universidade Aberta do Brasil – UAB

Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos
Processos Produtivos

Polo: Quaraí

O USO DA ENERGIA SOLAR EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS –
PROPOSTA PARA INSERÇÃO DE SISTEMA DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA NO CENTRO DE SAÚDE DE LINHA NOVA/RS

MÜLLER, Taciana Iziela, Arq. Urb. ¹

LOSEKANN, Cláudio Roberto, Dr. Eng. ²

BELTRAME, Thiago Favarini. MSc³

RESUMO

Este estudo ressalta a importância da eficiência energética em prédios públicos, como políticas públicas e por seu efeito demonstrativo para a população. Também como forma de minimizar o consumo e desperdício de energia elétrica nas edificações públicas, adotando tecnologias mais eficientes e de fontes renováveis de energia.

Foi desenvolvido um pré-projeto de sistema de energia solar fotovoltaica, para o Centro de Saúde de Linha Nova/RS, com a finalidade de suprir o consumo de energia elétrica.

¹ Arquitetura e Urbanismo. Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS

² Engenharia Mecânica. Professor Orientador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

³ Engenharia Química. Co-Orientador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

Palavras-chave: Fonte de energia renovável, Sistema solar fotovoltaico, Geração de energia elétrica.

ABSTRACT:

This study highlights the importance of energy efficiency in public buildings, such as public policies and its demonstration effect for the population. Also as a way of minimizing the consumption and waste of electricity in public buildings, adopting more efficient and renewable energy technologies.

A pre-design solar photovoltaic system for the Health Post Linha Nova / RS, in order to meet the electricity consumption will be developed.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Importância no contexto atual

O crescimento da população mundial, associado ao desenvolvimento tecnológico e industrial, conduz a um grande aumento da demanda energética. Muitas das fontes de energia utilizadas atualmente têm volumes limitados e poderão se esgotar em um horizonte de algumas décadas (MARINOSKI, SALAMONI e RUTHER, 2004).

Com o aumento desmedido do consumo de energia elétrica, o aumento do custo dos combustíveis fósseis e a manutenção de sua forma tradicional de obtenção, o setor energético, por sua vez, passa a ser muito visado tanto pelos impactos negativos causados ao meio ambiente e às populações, criando sérios riscos para vida em nosso planeta, quanto pelo desperdício, intrínseco ao setor, provocando um avanço considerável no setor de geração de energia à partir de recursos renováveis e às vezes não renováveis.

O Sol possui um papel de extrema importância para a existência dos seres humanos e o Brasil possui uma posição geográfica privilegiada para explorar a luz solar. A união desses dois fatores favorece o uso de células solares para a conversão de energia solar em energia elétrica por meio da tecnologia fotovoltaica, tornando-se uma ótima alternativa de energia, principalmente por ser uma fonte limpa, gerando menores danos ao meio ambiente (SANTOS, 2013).

O aumento crescente da demanda e do consumo de energia, proporcionado

pelo desenvolvimento das atividades humanas, o uso intensivo de tecnologia, o aumento dos serviços prestados por organizações públicas e privadas e os avanços da ciência, é um fato notório. Esse quadro indica uma perspectiva de desequilíbrio entre a oferta e demanda energética com forte impacto sobre a utilização dos recursos públicos e o meio ambiente. Neste contexto, verifica-se que os prédios públicos, em sua maioria, apresentam oportunidades significativas de redução de custos e de economia de energia a partir da adoção de melhores práticas de gerenciamento das instalações, utilização de equipamentos tecnologicamente mais avançados e eficientes, alterações de características arquitetônicas, e, principalmente, pelas modificações dos hábitos dos usuários e de suas rotinas de trabalho (ROCHA, 2012).

A exploração e a pesquisa de fontes alternativas de energia elétrica são temas importantes e atuais. Os constantes problemas ambientais causados pela utilização de energias não renováveis, aliados ao esgotamento dessas fontes, têm despertado o interesse pela utilização de fontes alternativas de energia.

A energia solar é uma boa opção na busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente, pois consiste numa fonte energética renovável e limpa (não emite poluentes). Sua obtenção ocorre de forma direta ou indireta. A forma direta de obtenção se dá através de células fotovoltaicas, geralmente feitas de silício. A luz solar, ao atingir as células, é diretamente convertida em eletricidade. No entanto, essas células fotovoltaicas apresentam preços elevados. O efeito fotovoltaico ocorre quando fótons (energia que o Sol carrega) incidem sobre os átomos do substrato semicondutor, proporcionando a condução do par buraco-elétron (efeito hall), que gera corrente elétrica. Para obter energia elétrica a partir do sol de forma indireta, é necessária a construção de usinas em áreas de grande insolação, pois a energia solar atinge a Terra de forma tão difusa que requer captação em grandes áreas. Nesses locais são espalhadas centenas de coletores solares.

O setor público pode se beneficiar com a implantação de energia solar fotovoltaica a fim de melhor explorar seu potencial de economia de energia e reduzir sua conta de energia. Para a sociedade, os benefícios de avanços de eficiência energética no setor público se traduzem em menores impactos ambientais, redução de gastos públicos com energia, liberando recursos para outros propósitos (JANNUZZI, 2007).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

A exploração e a pesquisa de fontes alternativas de energia elétrica são temas importantes e atuais. O presente trabalho visa elaborar um projeto de pré-dimensionamento de um sistema de energia elétrica a partir das células fotovoltaicas. O projeto de tal sistema consiste na determinação da quantidade necessária de módulos para atender a demanda de carga elétrica do Centro de Saúde do município Linha Nova. O correto dimensionamento do número de módulos depende de dois fatores básicos: quanto de energia é exigido e quanta radiação solar está disponível. Deve-se compatibilizar a demanda e a oferta. O sistema solar fotovoltaico terá por finalidade gerar energia elétrica para a edificação a partir da energia solar fotovoltaica, através de painéis solares, garantindo o suprimento total da demanda de energia elétrica do Centro de Saúde.

2.2 Objetivo específico

- Especificar e dimensionar um sistema de energia solar fotovoltaica, com base no tipo de utilização, perfil de consumo de energia elétrica e condições climáticas e ambientais da região;
- Avaliar as possibilidades de utilização de energia solar nos outros prédios públicos do município.

Com esse trabalho espera-se:

- Diminuir os gastos dos prédios públicos através da redução do consumo e da demanda de energia elétrica;
- Proporcionar uma cultura educacional de racionalização e efficientização da energia elétrica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Breve histórico do município de Linha Nova

Linha Nova é um município colonizado por alemães provenientes da região serrana do Hunsrück, na Renânia. O município localiza-se a uma latitude 29°28'03" sul e a uma longitude 51°12'03" oeste, estando a uma altitude de 365 metros (WIKIPÉDIA, 2014).

Sua área é de 63,73 km² representando 0,0237% do Estado, 0,0113% da Região e 0,0008% de todo o território brasileiro. Linha Nova está localizada na Encosta da Serra Gaúcha, cerca de 80 km de Porto Alegre (Figura 1). O acesso é feito pela RS 865, via Presidente Lucena, pela BR 116, em Picada Café ou Nova Petrópolis e via RS 452, passando pela cidade de Feliz.



FIGURA 1 - Localização de Linha Nova (GOOGLE EARTH, 2014).

A População Total do Município era de 1.697 de habitantes, de acordo com o Censo Demográfico do IBGE (2014).

3.2 Cenário atual de utilização da energia elétrica no Brasil

O Brasil possui uma posição muito vantajosa em termos de disponibilidade de recursos naturais e, com isso, torna-se um desafio considerável assegurar a sustentabilidade dos recursos a serem explorados (PEREIRA et al, 2011). A utilização das fontes renováveis de energia, como por exemplo, a energia

fotovoltaica, pode favorecer o estabelecimento da geração distribuída no país, permitindo maior diversificação na matriz energética.

De acordo com dados da Eletrobrás, as reservas de combustíveis fósseis de boa qualidade no Brasil são poucas. Avalia-se que as reservas brasileiras de petróleo sejam suficientes para 22 anos e somente 23% do potencial hidrelétrico é aproveitado, tendo sua maior capacidade na região Amazônica, onde a inundação de enormes áreas para a construção de reservatórios das hidrelétricas poderia trazer como resultado uma catástrofe ambiental (SANTOS, 2013).

Nas últimas quatro décadas o consumo final de energia no Brasil registrou um crescimento de 3,0% ao ano. Entre 1975 e 2005, houve uma evolução na potência instalada de 13.724 MW para quase 69.000 MW. Em 2030, há estimativas de consumo de energia elétrica variando entre 950 e 1.250 TWh/ano, contrapondo-se à situação atual, de 405 TWh (SANTOS, 2013).

A Figura 2 mostra a projeção de produção de demanda de energia elétrica para a fonte hidráulica.

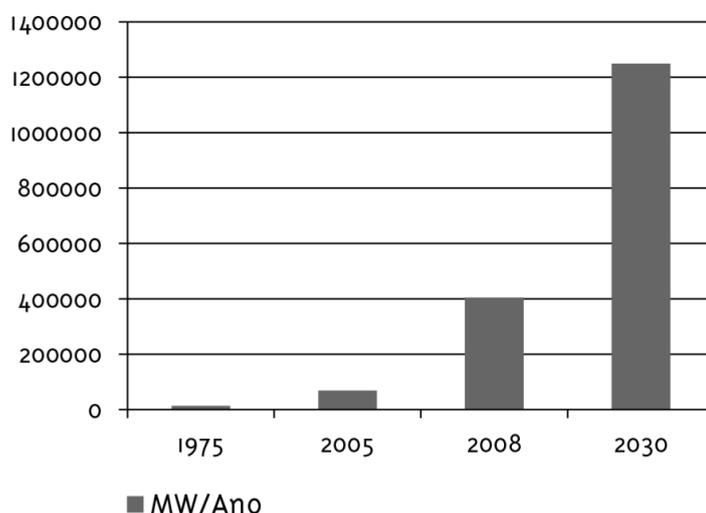


FIGURA 2 - Projeção de produção de demanda de energia elétrica para a fonte hidráulica. Fonte: SANTOS, 2013.

Nesse contexto, torna-se necessária a busca por novas fontes alternativas para geração de energia, por exemplo, a energia solar e por meio da energia fotovoltaica, pode favorecer o estabelecimento da geração distribuída no país, de dimensões

continentais, permitindo uma maior diversificação da matriz energética e auxiliando no suprimento dessa crescente demanda (RUTHER et al , 2008).

A oferta de energia no Brasil provém das seguintes fontes: hidráulica, gás, petróleo, lenha, óleo diesel e óleo combustível. A eletricidade total ofertada em 2011 foi de 531,76 TWh, sendo que 428,33 TWh vieram de geração hidrelétrica, equivalente a 80,5% do total (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R., 2014).

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. (2014) aponta que do total do consumo de energia elétrica no Brasil em 2011 (480,12 TWh), as edificações representaram 46,7% (224,20TWh), conforme ilustrado na Tabela 1, sendo que o setor residencial chegou a 23,3% do total nacional (111,97 TWh), o setor comercial representou 15,4% do total (74,05 TWh) e o setor público 8% do total (38,17 TWh).

Tabela 1 – Consumo de energia elétrica em edificações no Brasil em 2011

Consumo de energia no Brasil – 2011	%	TWh
Consumo Total	46,7	224,20
Setor residencial	23,3	111,97
Setor Comercial	15,4	74,05
Setor Público	8,0	38,17

Fonte: LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. (2014)

3.3 Consumo no setor público

Do total da produção nacional de energia elétrica 8% são usados em Edifícios Públicos (EPE, 2012) sendo a iluminação e o ar condicionado os grandes usos finais da energia neste setor. A Tabela 2 mostra que nos edifícios públicos o ar condicionado representa 48% do total do consumo de energia, enquanto que a iluminação representa 23%, os equipamentos de escritório 15% e os demais usos finais 14% do total (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. (2014).

Tabela 2 – Consumo por uso final em edifícios públicos

Uso final	%
Ar condicionado	48
Iluminação artificial	23
Equipamentos de escritório	15
Outras cargas	14

Fonte: LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. (2014)

A partir destes dados de consumo de energia no Brasil, percebe-se que um projeto arquitetônico adequado ao clima e consciente das vantagens da utilização de estratégias naturais de iluminação aquecimento e resfriamento dos ambientes tem um grande potencial em reduzir a demanda de energia esperada para os próximos anos. Sabe-se também que nem sempre é possível alcançarmos um conforto ambiental adequado, sem o uso de equipamentos de climatização e iluminação, frente à isso, a solução é adotar equipamentos mais eficientes e investir em energias alternativas de geração de energia.

3.4 Energia solar fotovoltaica e sua integração com as edificações

As fontes de energia – biomassa, combustíveis fósseis, eólica e hidráulica – são formas indiretas de energia. O Sol representa uma fonte renovável de energia para a humanidade, tornando possível a transformação das mais variadas maneiras que melhor se adequam ao seu uso diário, no caso a energia fotovoltaica (SANTOS, 2013).

O termo fotovoltaico é o casamento de duas palavras: Foto, que tem sua raiz na língua grega e significa “luz” e Voltaico, que vem de “volt” e é a unidade de medição do potencial elétrico. Em outras palavras, produção de eletricidade a partir da luz (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. ,2014).

A Energia Solar Fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão (CRESESB, 2014).

A radiação solar pode ser diretamente convertida em energia elétrica, por meio de efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício.

Um sistema fotovoltaico não precisa do brilho do Sol para operar. Ele também gera eletricidade em dias nublados, entretanto, a quantidade de energia gerada depende da densidade das nuvens. Devido à reflexão da luz do Sol, dias com poucas nuvens podem resultar em mais produção de energia do que dias completamente claros (MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I. T.; RUTHER, R.).

A tecnologia fotovoltaica é vista por muitos, como um caminho ideal para a geração de energia, através de uma fonte inesgotável e não poluente. É um método de produção de energia sustentável e amigável ao meio ambiente, trazendo benefícios tanto ambientais quanto energéticos. Atualmente, existem no mercado várias tecnologias fotovoltaicas, baseadas em diferentes elementos (MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I. T.; RUTHER, R., 2004).

Em termos de aplicações terrestres destacam-se as células solares de silício cristalino (c-Si), o silício amorfo hidrogenado (a-Si:H ou a-Si), o telureto de cádmio (CdTe) e outros compostos relacionados ao dissulfeto de cobre e índio. Neste último grupo, segundo RUTHER (2000), aparecem elementos altamente tóxicos e raros. Este fator fez com que surja um obstáculo considerável na utilização mais acentuada destas tecnologias em alguns países.

Dentre os modelos mencionados, os que possuem maior utilização são os painéis de silício cristalino e os de silício amorfo.

A tecnologia de filmes finos vem sendo cada vez mais utilizada, principalmente na integração com o entorno construído, por apresentar uma grande diversidade de modelos e também devido ao baixo custo de produção. Hoje, estão disponíveis no mercado painéis flexíveis, mais leves e resistentes, semitransparentes, ou até mesmo com superfícies curvas, que podem substituir elementos de revestimento na edificação.

Estudos já realizados relatam que devido a excelente performance que os painéis de a-Si têm demonstrado, estes são uma boa escolha de tecnologia para rede-conectada, integração com a edificação e utilização em climas quentes como no Brasil (MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I. T.; RUTHER, R.).

A geração de energia elétrica convencional é centralizada e distante do ponto de consumo, isso faz com que o sistema gere perdas na distribuição, aumentando os custos da produção da energia e causando danos às concessionárias e ao meio ambiente. No entanto, a geração distribuída oferece inúmeras vantagens ao setor elétrico, uma vez que a disposição da unidade de geração é próxima da carga, além disso, permite uma maior diversificação das tecnologias empregadas para a produção de energia (RODRIGUES, 2002).

Inicialmente, os sistemas de conexão à rede elétrica se desenvolviam somente para centrais fotovoltaicas de grande porte, já que se pensava que estas poderiam, no futuro, resolver certos problemas existentes na geração e distribuição de energia convencional. Na medida em que o mercado da eletrônica avançou, começaram a ser desenhados, também, sistemas de menores portes, com a finalidade de atender a pequenas centrais domésticas, que hoje correspondem a mais de 50% do mercado fotovoltaico (ATHANASIA, 2000).

A energia elétrica proveniente de fontes renováveis de pequena escala é vista como opção, em diferentes níveis, por diversos países. Dentre eles a Alemanha, Espanha, Japão e Estados Unidos. No Brasil a discussão da inserção dessas fontes ainda é muito carente e necessita de uma abordagem mais aprofundada (OLIVEIRA, 2002).

Recentemente, os sistemas solares fotovoltaicos têm sido utilizados de forma integrada à rede elétrica pública. Estas instalações podem apresentar duas configurações distintas: instaladas de forma integrada à edificação (no telhado ou fachada), e, portanto próximo ao ponto de consumo, ou de forma centralizada como em uma usina geradora convencional, neste caso, distante do ponto de consumo.

4 METODOLOGIA

4.1 Levantamento de dados

4.1.1 Descrição do local

O local de estudo para implantação do sistema fotovoltaico é o Centro de Saúde, localizado no município de Linha Nova. O edifício é distribuído em um só pavimento, e a cobertura do prédio apresenta uma área total de aproximadamente de 1.009,60m², sendo composta por diversas águas. As telhas são de aço zincado trapezoidal, com espessura de 0,5mm. A inclinação das águas da cobertura é de aproximadamente 10%. A Figura 3 apresenta a localização do edifício e a sua orientação geográfica.



FIGURA 3 - Localização do edifício e a sua orientação geográfica. Fonte: Google Earth, 2014.

As Figuras 4 a 7 apresentam as fachadas do Centro de Saúde.



FIGURA 4 - Fachada frontal, orientação sudoeste



FIGURA 5 - Fachada lateral, orientação sudeste



FIGURA 6 - Fachada posterior, orientação nordeste



FIGURA 7 - Fachada lateral, orientação noroeste

4.2 Áreas para instalação de painéis

Através de uma verificação nas plantas de cobertura do projeto arquitetônico da edificação, foram levantadas as áreas de cobertura com possibilidade de aproveitamento para instalações de painéis fotovoltaicos, conforme a divisão apresentada na Figura 8.

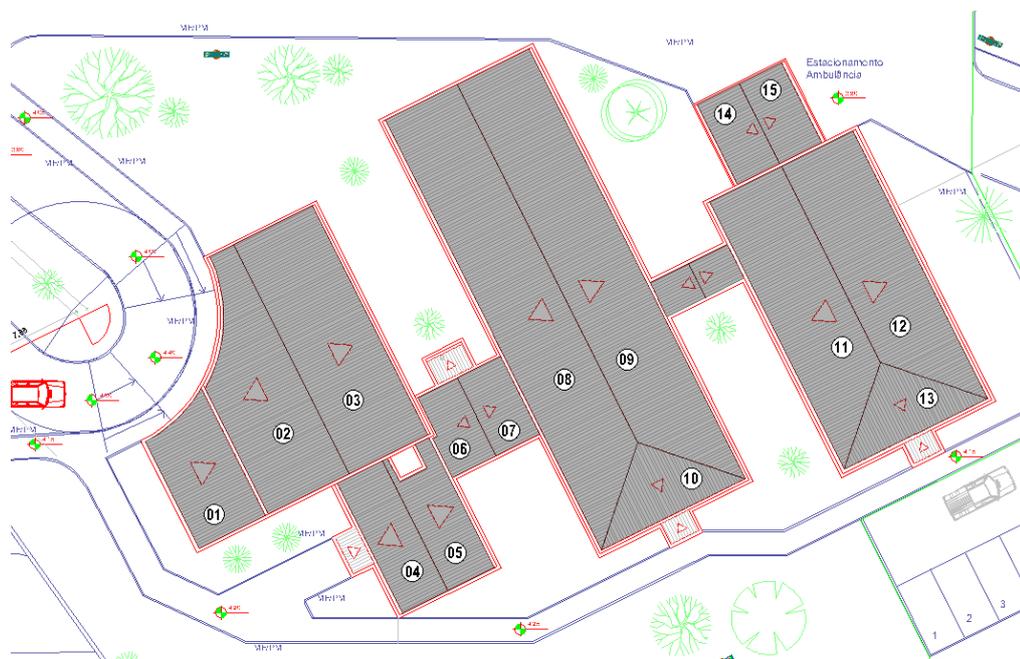


FIGURA 8 - Planta de Cobertura dividida em quinze áreas principais para instalação dos painéis solares (sem escala).

Na Tabela 3 fez-se o somatório destas áreas totalizando 881,41 m².

Tabela 3 – Somatório das áreas da cobertura

Área (número)	Área (m ²)
01	40,52
02	77,44
03	96,04
04	31,75
05	28,83
06	17,24
07	18,24
08	151,20
09	151,20
10	27,30
11	89,02
12	89,02
13	27,30
14	18,14
15	18,14
Total	881,41

4.3 Consumo de energia elétrica

Para que o sistema solar fotovoltaico atenda toda a demanda da edificação foram analisadas as contas de energia elétrica do período de julho de 2013 até junho de 2014, verificando-se a demanda média/anual necessária e a quantidade média/anual de dias em que o Centro de Saúde opera.

O consumo médio mensal e o custo mensal de energia elétrica foram determinados conforme apresentado na Tabela 4. O consumo anual neste período foi de 34.641 kWh, apresentando uma média de consumo mensal de aproximadamente 2886,75 kWh e um custo médio de R\$ 1.147,48.

Tabela 4 – Consumo médio mensal e custo mensal

Mês	Consumo médio (kWh)	Dias de consumo/ mês	Custo mensal (R\$) Tarifa R\$ 0,3975
Julho	3049	23	1.211,98
Agosto	3422	22	1360,25
Setembro	2770	21	1.101,08
Outubro	2712	24	1.078,02
Novembro	2160	21	858,60
Dezembro	2257	20	897,16
Janeiro	3078	23	1.223,51
Fevereiro	1968	20	782,28
Março	4888	21	1.942,98
Abril	2877	24	1.143,61
Mai	2622	22	1.042,25
Junho	2838	21	1.128,11
Média	2886,75	22	1.147,48

Na Tabela 4 é possível notar que o consumo é mais acentuado entre os meses de janeiro a abril, atingindo o pico em janeiro (3078 kWh) e março (4888 kWh). Isso já era esperado devido à elevação da temperatura que ocorre nos meses de verão, o que conduz à necessidade de climatização dos ambientes. Conseqüentemente, os gastos de energia elétrica são mais elevados devido ao uso do sistema de ar condicionado. Analisando os dados levantados, a área da cobertura da edificação e a irradiação do local são suficientes para uma instalação capaz de suprir 100% da necessidade anual de demanda de energia elétrica do Centro de Saúde.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Potência nominal necessária

Para o pré-dimensionamento do sistema solar fotovoltaico foi utilizado o Simulador Solar América do Sol, disponível no site: <http://www.americadosol.org/simulador>. No simulador solar online foram inseridos os dados referentes à localização geográfica do município de Linha Nova/RS e o histórico do consumo de energia elétrica do período levantado conforme as faturas de energia elétrica.

Segundo o simulador solar, com base nos dados de consumo elétrico e na radiação solar do local selecionado, um sistema solar fotovoltaico (gerador de eletricidade solar) de cerca de 23,6kWp de potência instalada atenderia a necessidade energética do Centro de Saúde. O sistema proposto geraria em média 29,23MWh por ano, quantidade de eletricidade que não precisará mais ser paga a distribuidora. Desse modo, também se evitaria a emissão de 8.520 quilogramas de dióxido de carbono (CO₂) por ano.

A simulação considera que os módulos fotovoltaicos instalados estariam voltados para o Nordeste e com uma inclinação adequada. No local não existem sombreamentos dos módulos, tais como árvores ou edificações próximas.

O consumo elétrico médio/anual total do Centro de Saúde segundo o simulador solar seria de 34,64MWh.

Considerando-se os dados levantados o sistema proposto não atenderá em 100% da demanda necessária, pois a geração do sistema é de 29,23 MWh e o consumo é de 34,64 MWh, resultando em 84,7% do consumo, sendo necessário utilizar da rede 6,98MWh, o equivalente a 15,3%. Para o sistema solar fotovoltaico proposto são necessários 100 módulos (painéis solares) de 250Wp, 4 inversores de 6000W e 1 bateria.

5.2 Painéis solares fotovoltaicos

Para a realização do pré-dimensionamento do sistema solar, foi selecionado o modelo de painel fotovoltaico com células fotovoltaicas de silício policristalino, da marca Yingli YL250P de 250Wp, classe A em eficiência pelo Inmetro com custo de R\$1.230,00 cada unidade. Os principais critérios para a escolha do painel foram a sua eficiência, dimensões, potência nominal, tensão e sua finalidade de aplicação.

Para determinar a quantidade de módulos e a área de ocupação foram realizados segundo as equações 1 e 2:

$$\text{Quantidade de módulos} \geq \frac{\text{Demanda}}{\text{Capacidade do módulo}} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$\text{Quantidade de módulos} \geq \frac{23,6kW}{0,25kW} \geq 94,4$$

Conforme o cálculo que deve ser maior que 94,4, optou-se usar 100 módulos.

$$\text{Área de ocupação dos módulos} \geq \text{área de cada módulo} \cdot \text{quantidade de módulos} \quad \text{Eq. (2)}$$

Á área de cada módulo é $1,65m \times 0,99m = 1,63m^2$, logo:

$$\text{Área de ocupação dos módulos} \geq 163m^2$$

Como o custo unitário de cada módulo solar é R\$ 1.230,00, o custo total dos módulos solares é R\$ 123.000,00.

Desta forma, para atender a demanda energética do Centro de Saúde serão utilizados 100 módulos com capacidade de 25kWp cada um, ocupando uma área de 163,00m² da cobertura e totalizando um custo de aproximadamente R\$ 123.000,00. A Figura 9 apresenta um esquema com a projeção dos painéis distribuídos na área de cobertura da edificação, respeitando a orientação nordeste.



FIGURA 9 - Planta de cobertura – Projeção da distribuição dos painéis (sem escala).

5.3 Inversor

O dimensionamento do inversor é diretamente relacionado à carga a ser atendida, para o caso de sistemas isolados, e diretamente relacionado à geração, no caso de sistemas interligados à rede. A potência do inversor deve sempre exceder a potência da carga ou da geração, levando-se em consideração o tipo de carga (algumas cargas necessitam de senóides puras para seu perfeito funcionamento) e valores de pico de correntes (correntes de partida) no caso da utilização de equipamentos que apresentem tal característica.

Neste estudo adotou-se o inversor para o sistema conectado à rede elétrica. O modelo escolhido é o Grid-tie SMA Sunny Mini Central 6.000W (SMC 6000A) com um custo de R\$ 19.090,00 a unidade. Para atender a capacidade de 25kWp (25.000W) de geração, são necessários 5 inversores para a implantação do sistema solar fotovoltaico, totalizando um custo de aproximadamente R\$ 94.450,00.

5.4 Bateria

Optou-se o modelo de Bateria Estacionária Clean 12MF220 de 220 Ah e tensão de 12 V, do fabricante Moura com um custo de R\$ 1.349,00 a unidade.

Para adotar a bateria foi considerada uma autonomia de 5 dias, quanto maior a autonomia, mais confiável o sistema. A capacidade da bateria é dada pela equação 3 mostrada abaixo:

$$C(\text{Ah}) = \frac{\text{Consumo total(Wh/dia)} \cdot \text{autonomia(dia)}}{\text{Tensão da bateria(V)} \cdot \text{Profundidade da descarga no final da autonomia}} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$C(\text{Ah}) = \frac{131,22 \cdot 5}{12 \cdot 0,9} = 60,75$$

Para atender o sistema proposto necessita-se de uma bateria, totalizando um custo de R\$ 1.349,00.

5.5 Custos de instalação e manutenção do sistema

Para estimar os custos de instalação e manutenção do sistema, adotou um

percentual de 10% do custo do sistema, para tornar-se viável a implantação do sistema.

O custo total dos equipamentos do sistema solar fotovoltaico proposto é de R\$ 218.799,00, logo conclui-se que os custos de instalação e manutenção resultariam em um valor de R\$ 21.879,90, totalizando um custo total de R\$ 240.678,90 para a implantação completa do sistema proposto.

Tabela 5 – Custo total do sistema solar fotovoltaico

EQUIPAMENTOS / MANUTENÇÃO/ INSTALAÇÃO	CUSTOS (R\$)
Painéis Solares	123.000,00
Inversores	94.450,00
Bateria	1.349,00
Instalação e Manutenção do sistema	21.879,90
CUSTO TOTAL	240.678,90

5.6 Retorno do Investimento (Payback)

Considerando os equipamentos selecionados para a instalação do sistema solar fotovoltaico:

Tabela 6 – Dados para instalação do sistema solar fotovoltaico

Potência instalada (WP) 23.600	Valor atual da tarifa (R\$/kWh) 0,49257
Custo do “WP” instalado (R\$)	10,19
Correção anual tarifa (%)	0,00%
Investimento inicial (R\$)	240.678,90
Geração anual (kWh)	23.600

$$23.600 * 0,49257 = R\$ 11.624,65 - 1 \text{ ano}$$

$$240.678,90 / 11.624,65 = 20,70 \text{ anos}$$

Analisando os dados e equipamentos utilizados chegou-se num tempo de retorno do investimento (Payback) de 20,70 anos com mais pelo menos 9,3 anos de geração, considerando uma vida útil de 30 anos para o sistema adotado. Esta é apenas uma estimativa básica de valores de (Payback), não levando em conta índices inflacionários entre outras taxas.

6 CONCLUSÕES

Com o crescente aumento da preocupação em relação aos aspectos ambientais, maior eficiência energética e a busca de novas soluções para geração de energia, os sistemas solares fotovoltaicos integrados ao edifício e interligados à rede elétrica estão se tornando uma alternativa promissora para o futuro das edificações.

Existem atualmente diversas marcas e modelos de painéis solares disponíveis no mercado, o que proporciona flexibilidade para sua aplicação em edificações novas ou já existentes. Apesar disso, o aspecto construtivo da edificação tem grande influência sobre o projeto do sistema fotovoltaico.

A área útil para a aplicação dos painéis deve ser analisada com cuidado. É importante evitar a colocação dos painéis em regiões que sejam encobertas ou que sofram um sombreamento acentuado devido a obstruções, pois isto reduz o potencial de aproveitamento de radiação solar.

Também, verificou-se que até 84,7% da energia elétrica vinda da rede pública poderia ser substituída pela energia gerada a partir do sistema fotovoltaico.

A possibilidade de aplicação de painéis direcionados para a orientação nordeste mostrou ser uma boa opção.

A eficiência do painel fotovoltaico é um importante fator de escolha, no entanto, outros aspectos também devem ser analisados, tais como, a integração com a edificação, a resistência a altas temperaturas, custo dos painéis, desgaste e outras implicações técnicas.

Por ser uma tecnologia em desenvolvimento, a geração fotovoltaica encontra empecilhos e entraves na sua disseminação. Os painéis solares ainda não atingem rendimentos que se justifiquem e o mercado tem dificuldades em suprir as necessidades de projetos de potências mais elevadas. Suprir um projeto de grande porte é um exercício de vontade e determinação. Frente aos desafios energéticos que surgem no mundo atual, o potencial desta fonte renovável não pode ser ignorado e sua disseminação é apenas uma questão de tempo.

7 REFERÊNCIAS

AMÉRICA DO SOL. **Simulador online**. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/simulador>>. Acesso em: 26 set. 2014.

ATHANASIA, A. L. **The economics of photovoltaic stand-alone residential households: a case study for various European and Mediterranean locations**. Solar Energy & Solar Cells, n.62, p.411-427, 2000.

CRESESB. **Energia Solar Princípios e Aplicações**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: 26 set. 2014.

ELETROSUL: Eletrosul Centrais Elétricas S.A. **Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/home/conteudo.php?cd=1151>>. Acesso em: 26 set. 2014.

EPE. **Projeção da demanda de energia elétrica**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série%20Estudos%20de%20Energia/20130117_1.pdf>. Acesso em: 26 set. 2014.

GOOGLE. **Programa Google Earth**, 2014.

IBGE. **Linha Nova**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431164&search=rio-grande-do-sul|linha-nova|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 26 set. 2014

JANNUZZI, G. de M. **Estudo 50 – Eficiência Energética no Setor Público – Minas Gerais**, 2007. Disponível em: <<https://web.cedeplar.ufmg.br/cedeplar/site/pesquisas/pis/Estudo%2050.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo, 2014. <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf>. Acesso em: 26 set. 2014.

MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I. T.; RUTHER, R. **Pré-Dimensionamento de Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo de Caso do Edifício Sede do CREA_SC – ENTAC**, São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://www.labee.ufsc.br>>. Acesso em: 26 set. 2014.

OLIVEIRA, S. H. F. **Geração Distribuída de Eletricidade: inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no estado de São Paulo**. São Paulo, 2002.

PEREIRA JR, A. O. et al. **Strategies to promote renewable energy in Brazil. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Golden, v. 15, n. 1, p. 681-688, 2011.

ROCHA, A. C. G. da. **Eficientização Energética em Prédios Públicos: Um desafio aos gestores municipais frente aos requisitos de governança e sustentabilidade**, São Paulo, 2012. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/10262/Trabalho%20Individual%20FGV%20-%2027.11.2012%20-%20Versão%20final.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 26 set. 2014.

RODRIGUES, C. **Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

RUTHER, R. et al. **Programa de telhados solares fotovoltaicos conectados à rede elétrica pública no Brasil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ANTAC, 2008. Disponível em: <https://www.lepten.ufsc.br/publicacoes/solar/eventos/2008/ENTAC/salamoni_ruther.pdf>. Acesso em: 26 set. 2014.

RUTHER, R. **Instalações solares fotovoltaicas integradas a edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública**. Florianópolis, 2000.

SANTOS, J. **Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais**, São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/sausoc/v22n3/26.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2014.

WIKIPÉDIA. **Linha Nova**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Linha_Nova>. Acesso em: 26 set. 2014