

## ENERGIAS RENOVÁVEIS

### ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NAS ÁREAS COMUNS DOS PRÉDIOS RESIDENCIAIS DAS SUPERQUADRAS SUL E NORTE DO DISTRITO FEDERAL.

**Ágatha Della Rosa Kuhnen** – agatha\_dr@hotmail.com

Universidade Católica de Brasília.

**Resumo:** O Brasil possui altos índices de radiação solar incidente, porém este não é largamente explorado para geração de energia. Visto que no ano de 2014 a seca atingiu o Sul e o Sudeste, o Brasil foi obrigado a ligar mais termelétricas, sendo que estas possuem um impacto ambiental negativo significativo. Desse modo, o presente trabalho avaliou a instalação de módulos fotovoltaicos conectados à rede para suprir o abastecimento de energia das áreas comuns dos 1200 prédios residenciais das Superquadras Sul e Norte de Brasília. Foi obtido que o consumo médio por área comum de cada prédio é em torno de 3.080,83 kWh/mês e a área útil para a instalação destes módulos é de 1074,0 m<sup>2</sup>/prédio. Desse modo, seria necessária a instalação de 88 UN/ prédio de módulos fotovoltaicos poli cristalinos que utilizariam 16,4% da área disponível para a instalação. A análise da viabilidade financeira mostrou que em aproximadamente 7,2 anos o sistema teria o retorno de investimento inicial. Pode-se concluir, que o sistema possui baixos impactos na implementação, sendo esses restritos a fabricação dos módulos fotovoltaicos e inversores.

**Palavras-chave:** Energia solar fotovoltaica, Prédios residenciais das Superquadras Sul e Norte, Consumo de energia, Viabilidade financeira.

#### 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

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. Através do efeito fotovoltaico as células solares convertem diretamente a energia do sol em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não poluente e renovável, onde a interação entre o silício e a luz solar, que gera a energia fotovoltaica, não produz resíduos e nem libera calor residual (RÜTHER, 2004). Sua instalação é relativamente simples, constando basicamente de dois componentes: o painel solar fotovoltaico e o inversor.

De acordo com a Neosolar (2015) os sistemas fotovoltaicos de conexão à rede (*grid-tie*) são caracterizados por estarem integrados à rede elétrica que abastece a população. Diferente dos sistemas isolados que atendem a um propósito específico e local, estes sistemas



também são capazes de abastecer a rede elétrica com energia que pode ser utilizada por qualquer consumidor da rede.

Com a seca que atingiu em 2014 o Sul e o Sudeste, maiores geradores de energia, as reservas baixaram. Desabastecido, o Brasil é obrigado a ligar mais termelétricas a gás, óleo combustível e até carvão, que além de serem mais poluidoras, possuírem um custo por megawatt-hora (MWh) que chega a ser ate 50% mais caro que as hídricas, também é revertido para o consumidor o pagamento de uma taxa extra que varia de acordo com o acionamento destas usinas segundo o jornal Valor Econômico (RITTNER et al., 2015).

O presente trabalho tem como objetivo calcular o potencial de geração de energia elétrica fotovoltaica das áreas comuns dos edifícios residenciais que estão localizados no setor de Superquadras da Asa Sul e Norte do Plano Piloto de Brasília. Pretende-se definir a área média dos edifícios residenciais do Plano Piloto e o número total de edifícios, como também, quantificar o potencial de energia solar no Distrito Federal (áreas comuns de edifícios residenciais que estão localizados no setor de Superquadras da Asa Sul e Norte do Plano Piloto de Brasília) e analisar o retorno financeiro deste investimento.

## 2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado nas Superquadras Sul (SQS) e Norte (SQN) de Brasília (Figura1) que são áreas verdes com dimensões aproximadas de 250 m por 250 m, onde ficam os edifícios residenciais que são caracterizados por possuírem uma altura menor que o comprimento. As Superquadras 100, 200 e 300 possuem no máximo 11 blocos sendo eles de seis andares enquanto as 400 podem ter até 20 edifícios sendo eles de três andares.

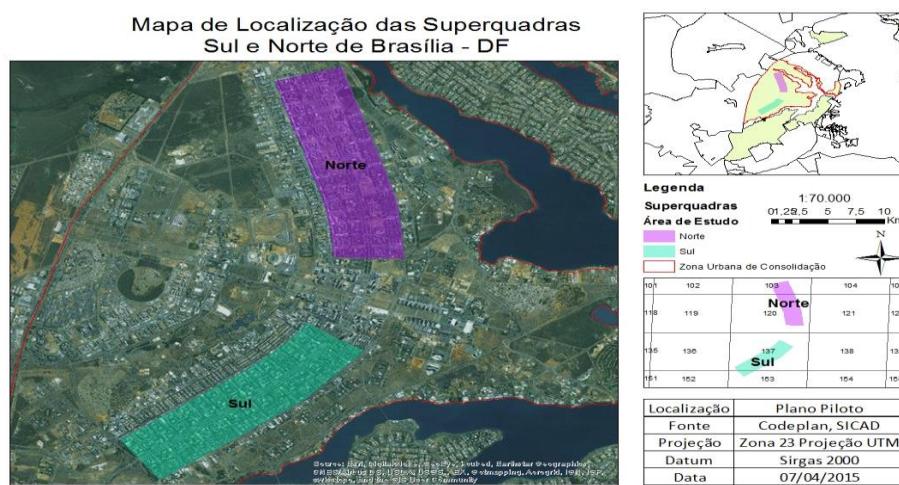


Figura 1- Mapa de Localização das Superquadras.

A pesquisa bibliográfica para o referencial teórico foi realizada através de material impresso ou em meio digital de periódicos indexados, nacionais e internacionais, livros e teses relevantes. A pesquisa documental foi realizada juntamente com a CEB Distribuição S/A (CEB), Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal (TERRACAP) e moradores locais das Superquadras 313 Sul e Norte.

A partir da utilização do mapa do *Bing Maps* no software *ArcMap* (Esri), pode-se verificar o número de prédios nas Superquadras Sul e Norte, assim como, calcular a área média do telhado destas edificações e subtrair a área média de outras estruturas como caixas d'água, antenas de televisão, áreas de lazer na cobertura, casa de máquinas dos elevadores, entre outros, para determinar assim a área média útil destas edificações.

Foi definido que a área média útil dos telhados das edificações das Superquadras estudadas seja coberta, de acordo com o consumo, por módulos fotovoltaicos considerando a inclinação e orientação ideal (de acordo com a latitude local e voltadas para norte verdadeiro), a radiação solar (baseados no plano inclinado do painel, sendo que a obtenção destes valores foi através da utilização do programa *Radiasol 2*) e desprezando o sombreamento das mesmas, sendo que a escolha da tecnologia foi feita de forma a suprir as necessidades do consumidor quanto à energia gerada, integração à edificação, área de cobertura disponível e eficiências em diferentes condições climáticas.

Para determinar a quantidade de placas fotovoltaicas poli cristalinas necessárias para suprir o consumo individual das áreas comuns (espaços que podem ser utilizados por todos os moradores de um condomínio, tais como salão de festas, piscina, playground, portaria e áreas de circulação, entre outros) dos prédios das Superquadras foram analisados os seguintes elementos: Consumo de eletricidade em média mensal, custo de disponibilidade mensal, energia de compensação mensal, energia de compensação média diária, radiação solar diária em média anual, potência de saída do inversor, eficiência média do inversor, potência de entrada no inversor, potência pico do módulo fotovoltaico (corrigido para as condições ambientais de Brasília), tensão em circuito aberto do módulo fotovoltaico (STC), tensão em máxima potência do módulo fotovoltaico (sob condições de temperatura e isolamento de Brasília), corrente de curto circuito do módulo fotovoltaico (sob condições de temperatura e isolamento de Brasília), quantidade de módulos no painel, área necessária, tensão máxima de entrada no inversor, tensão mínima de entrada no inversor, corrente máxima de entrada no inversor, máximo de módulos em série no inversor, mínimo de módulos em série no inversor e máximo de fileiras (*strings*) em paralelo.

Após o dimensionamento do sistema foi utilizado o *RETScreen 4* que é um software de análise de projetos de energia limpa baseado em Excel que ajuda os tomadores de decisões a determinarem rápida e economicamente a viabilidade técnica e financeira de projetos potenciais, de eficiência energética e de projetos de cogeração (RETSCREEN, 2010).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1. Área média e número total de edifícios residências das Superquadras**

A área média útil do telhado, assim como o número total de edifícios residenciais das Superquadras Sul e Norte foi calculada a partir de imagens de satélite, onde se subtraiu da área de cobertura dos prédios o valor das outras estruturas presentes nos telhados de todas estas amostras para obter o valor da área útil disponível. Em média as Superquadras Sul e Norte possuem para a instalação dos módulos fotovoltaicos, a fim de suprir a demanda das áreas comuns, um total de 1.074,0 m<sup>2</sup> por prédio. Sendo que o Plano Piloto possui em média



1.200 prédios residenciais nas Superquadras a área útil de telhado que pode ser utilizada para a instalação é de 1.288.800,0 m<sup>2</sup>.

### 3.2. Potencial de energia solar no DF (áreas comuns dos edifícios residenciais que estão localizados no setor de superquadras da asa sul e norte do plano piloto de Brasília)

#### Consumo energético

Devido à CEB possuir os dados apenas das cargas em alimentadores de subestações, e não por quadra, já que várias quadras são abastecidas por um mesmo alimentador, não foi possível obter a demanda total das Superquadras 100, 200, 300 e 400. Portanto, foi utilizado para fins de cálculo do dimensionamento das placas fotovoltaicas o valor de consumo de energia de 3.080,83 kWh/mês que corresponde ao valor médio mensal das áreas comuns dos prédios das Superquadras 313 Sul e Norte (Figura 2 e 3).



Figura 2- Mapa de Localização dos blocos G e H da Quadra 313 Sul.



Figura 3- Mapa de Localização do bloco C da Quadra 313 Norte.



## Custo de disponibilidade mensal e radiação solar

Os valores mínimos faturáveis, referentes ao custo de disponibilidade do sistema elétrico, aplicáveis ao faturamento mensal de unidades consumidoras do Grupo "B" baixa tensão, até 2,3 kV (BRASÍLIA, 2015). Considerando que todos os prédios das Superquadras operem em sistema trifásico adotou-se o custo de disponibilidade de 100 kWh para o cálculo de potencial.

Os dados de incidência de radiação solar no plano do painel, considerando os painéis inclinados à 15º, inclinação correspondente à latitude local (Brasília) e orientada para o norte geográfico foram obtidos através do programa *Radiasol 2*. Assim, foi calculada a radiação solar diária em média anual, cujo valor é de 5,57 kWh/m<sup>2</sup>/dia, utilizado para posterior cálculo da potência instalada.

## Eficiência do sistema inversor

Não é possível converter energia sem que haja alguma perda. Eficiência é a relação entre a potência de saída e a potência de entrada, expressa em porcentagem. No presente estudo de caso foi adotado para o inversor a eficiência de 92%, significando assim que 8% da potência é perdido ou consumido no próprio inversor (PINTO; ZILLES; ALMEIDA, 2011).

## Especificações do módulo fotovoltaico e do inversor

O módulo fotovoltaico utilizado no estudo de caso foi o de silício policristalino (Canadian Solar – CS6P-255P), pois ele apresenta diversas vantagens, como, a quantidade baixa de silício residual gerado durante o processo de corte das células fotovoltaicas e o preço que tende a ser menor em comparação com monocristalinos (CASTRO, 2002), sua vida útil é maior que 30 anos e sua garantia é de em média 25 anos.

Para fins de cálculo alguns dados foram corrigidos para as condições reais de temperatura de Brasília, pois os valores encontrados em manuais técnicos não atendem as condições reais de operação. Desse modo o valor utilizado para a Potência Pico do módulo fotovoltaico foi de 225 W, a tensão em circuito aberto do módulo fotovoltaico (STC) foi de 37,4 V, a tensão em máxima potência do módulo fotovoltaico foi de 30,2 V e a corrente de curto circuito do módulo fotovoltaico foi de 9 A.

O inversor Fronius Symo 12.5-3-M é ideal para uso com energia solar fotovoltaica que funcionam integrados a rede elétrica. A linha Symo possui potência de 3,0 a 20 kW, não possuem transformador e são trifásicos. Este possui o registro de dados integrado no inversor com conexão Wi-Fi que permite o monitoramento mesmo o cliente estando longe da unidade geradora de energia (FRONIUS, 2015).

O valor utilizado para a corrente máxima de entrada do inversor foi de 1000 V, a tensão mínima de entrada do inversor foi de 200 V e corrente máxima de entrada do inversor foi de 27 A.



## Cálculo da potência instalada e do arranjo dos módulos

De acordo com o dimensionamento baseado nos parâmetros citados nos Materiais e Métodos de um sistema modelo de energia solar fotovoltaico para as áreas comuns dos prédios das Superquadras Sul e Norte do Distrito Federal, tem-se que o sistema de um prédio necessita produzir 2.980,83 kWh/mês para suprir a demanda de energia das áreas comuns deste e assim, estima-se que a quantidade de energia solar produzida se todos os prédios das Superquadras Sul e Norte instalassem um sistema fotovoltaico seguindo o modelo seria de 3.576.996,00 kWh/mês.

A quantidade de módulos necessários para suprir a demanda de energia das áreas comuns de um prédio seria de 88 UN com um sistema de dois inversores, pois somente um não atende a demanda de energia gerada pelos módulos. Para todos os prédios das Superquadras Sul e Norte seria necessário 105.600 UN de módulos e 2.400 UN de inversores para atender o sistema.

A área necessária para a instalação deste painel fotovoltaico é de 176 m<sup>2</sup>, pois cada módulo possui em média 1,65 m<sup>2</sup> e os outros 0,35 m<sup>2</sup> seriam da estrutura metálica para fixa-lo no telhado acrescido da passagem necessária entre um módulo e outro para eventual manutenção, assim como para evitar que um módulo faça sombra no outro diminuindo a capacidade de geração de energia. Como mostrado anteriormente, a área útil disponível para a instalação de um painel fotovoltaico é de em média 1.074 m<sup>2</sup> por prédio, sendo que seria necessário somente 16,4% desta área para o suprimento total de energia das áreas comuns deste prédio.

Outro ponto a ser analisado no cálculo do dimensionamento da geração fotovoltaica é que de acordo com a Resolução ANNEL 517 de 11 de dezembro de 2012 a potência instalada da micro/minigeração participante do sistema de compensação de energia elétrica fica limitada a carga instalada no caso de unidade consumidora de grupo B. Sendo que caso o consumidor deseje instalar micro/minigeração com potência superior ao limite, deve solicitar aumento desta carga. Portanto, o presente trabalho esteve dentro dos limites estabelecidos pela ANNEL por se tratar de um dimensionamento das áreas comuns dos edifícios residenciais das Superquadras Sul e Norte, onde não foi necessário solicitar um aumento da carga instalada (ANNEL, 2012).

### 3.3. Retorno financeiro

O retorno financeiro de investimento do modelo de uma área comum de um prédio residencial das Superquadras Sul e Norte leva em consideração algumas variáveis, onde o investimento para a instalação desse sistema é atrativo, desde que seja avaliado em um retorno financeiro de longo prazo. Mesmo que o sistema leve em média 7,2 anos para pagar o investimento inicial, este possui um lucro de aproximadamente um milhão no final dos 30 anos. Sendo que de acordo com o mercado atual o valor da placa seria de em média R\$832,00 UN, o inversor de R\$19.690,00 UN e a instalação (juntamente com os materiais utilizados e manutenção) de 15% do valor final.



#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As Superquadras estudadas possuem aproximadamente 1074 m<sup>2</sup> de área útil para a instalação de placas, sendo que somente 16,4% desta será utilizado para a instalação de 88 UN de módulos fotovoltaicos e dois inversores para suprir a demanda de 3.080 kWp/mês das áreas comuns dos edifícios das Superquadras Sul e Norte. O retorno financeiro calculado mostrou que seriam necessários 7,2 anos de geração para o sistema ter o retorno financeiro inicial.

O Brasil é autossuficiente em produção de energia, não necessitando assim de importar esta de outros países, porém devido ao custo das tarifas de energia, a adoção de sistemas fotovoltaicos se torna uma alternativa viável juntamente com o fato do Ministério de Minas e Energia garantir que a geração desta será desonerada de Programas de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) ainda em 2015 (NEVES, 2015), e que a retirada do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) que incide sobre energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos está sendo negociada no Concelho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ).

O principal empecilho para o desenvolvimento da modalidade ainda é o alto investimento inicial necessário para instalar um sistema fotovoltaico. Nesse sentido, o governo também está respondendo, com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDS) trabalhando para definir modelos de negócios financiáveis pelo banco. Um ponto negativo encontrado, no entanto, é que esta instituição não pode oferecer empréstimos diretos para pessoas físicas (NEVES, 2015).

O sistema, portanto, possui mais vantagens que desvantagens, tanto econômicas quanto para o meio ambiente o que faz este se tornar um meio indispensável para a renovação da matriz energética brasileira, buscando uma maior estabilidade na rede de transmissão elétrica e na redução de impactos ambientais significativos causados por fontes não renováveis de energia.

#### *Agradecimentos*

Gostaria primeiramente de agradecer aos meus pais Silvana Della Rosa Kuhnen e Marcelino Kuhnen e ao meu irmão Samuel Della Rosa Kuhnen pelo apoio, compreensão, ajuda e carinho durante toda essa caminhada. Ao Prof. Dr. Luiz Fernando W. Kitajima pelo valioso auxílio e pelas sugestões sempre pertinentes na orientação deste trabalho. À Marion Pupp Degrazia e à Michelle Tombini por serem tão prestativas e atenciosas ao fornecerem valiosos dados. Aos funcionários da CEB Distribuição S/A e da Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal, e ao Kaíky Borges e Leonardo Samir pela ajuda técnica na produção do trabalho.



## 5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

ANNEL. Resolução normativa nº517. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2015.

BRASÍLIA. CEB Distribuição S/A. **Perguntas Frequentes:** Por que da cobrança de taxa mínima, quando não está ocorrendo consumo?. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.ceb.com.br/index.php/perguntas-mais-frequentes-3>>. Acesso em: 21 maio 2015.

CASTRO, Rui M.g.. **INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA.** Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2002. Disponível em: <[http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao\\_a\\_Energia\\_Fotovoltaica.pdf](http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2015.

FRONIUS. **Technical Data:** Fronius Symo 20.0-3-M. Brasília, 2015. Disponível em: <[http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-5497B211-F82FEC06/fronius\\_international/hs.xsl/83\\_30415\\_ENG\\_HTML.htm#.VXAzWNJViko](http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-5497B211-F82FEC06/fronius_international/hs.xsl/83_30415_ENG_HTML.htm#.VXAzWNJViko)>. Acesso em: 02 jun. 2015.

NEVES, Lívia. Governo abraça fonte solar. **Brasil Energia**, São Paulo, v. 414, p.32-34, maio 2015.

PINTO, A.; ZILLES, R.; ALMEIDA, M.. **EFICIÊNCIA BRASILEIRA DE INVERSORES PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE.** Asades, 2011. Disponível em: <[file:///C:/Users/Cliente/Downloads/EFICIENCIA\\_BRASILEIRA\\_DE\\_INVERSORES\\_PARA\\_SISTEMAS\\_.pdf](file:///C:/Users/Cliente/Downloads/EFICIENCIA_BRASILEIRA_DE_INVERSORES_PARA_SISTEMAS_.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2015.

**RETSCREEN.** 2010. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.retscreen.net/pt/home.php>>. Acesso em: 38 maio 2015.

RITTNER, Daniel et al. Governo prepara mais um aumento da energia. **Valor Econômico**, Brasília, fev. 2015. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/3890142/governo-prepara-mais-um-aumento-da-energia>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos:** O potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis: Labsolar, 2004.