

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMPUS ARARANGUÁ

MAURÍCIO DE MELO DA ROSA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA
FOTOVOLTAICO INTEGRADO EM UM ESTÁDIO DE FUTEBOL**

ARARANGUÁ

2018

MAURÍCIO DE MELO DA ROSA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO EM UM ESTÁDIO DE
FUTEBOL**

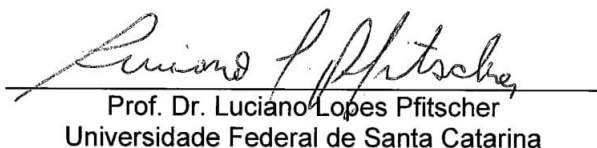
Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Engenheiro(a) de Energia.

Araranguá, 29 de novembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Giuliano Arns Rampinelli (Orientador)
Universidade Federal de Santa Catarina


Profa. Me. Leticia Toret Scarabelot
Universidade Federal de Santa Catarina


Prof. Dr. Luciano Lopes Pfitscher
Universidade Federal de Santa Catarina

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTVOLTAICO INTEGRADO EM UM ESTADIO DE FUTEBOL

Mauricio de Melo da Rosa*

RESUMO

No atual cenário energético brasileiro há um processo de promoção da descentralização da geração de energia elétrica, a partir de sistemas de geração distribuída que apresentam viabilidade técnica e econômica. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar uma solução para utilizar espaços ociosos em grandes cidades, que são os estádios de futebol. O estudo apresenta uma análise técnica e econômica para a integração de um sistema fotovoltaico de micro geração na cobertura do estádio Heriberto Hulse, na cidade de Criciúma/SC. O projeto proposto buscou atingir o limite máximo de potência para manter o sistema fotovoltaico dentro do enquadramento de micro geração por ter níveis de exigência menores, consequentemente gerando um kWh com custos menores. Buscou-se analisar a viabilidade econômica tanto para investimento próprio como a possibilidade de financiamento, através de 4 possíveis cenários que envolvem a variação de custo da energia elétrica de acordo com a taxa SELIC ou com taxa de reajuste da própria concessionária de energia elétrica. Os resultados mostraram que o sistema fotovoltaico é uma alternativa viável e atrativa, técnica, por não possuir posicionamento geográfico desfavorável para posicionamento dos módulos e economicamente pelo bom tempo de retorno, na média de 6,5 anos e se mostrar um investimento 4 vezes melhor do que investir na poupança.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico; Geração Distribuída; Micro geração;

* Graduando do Curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciência, Tecnologia e Saúde. Email: mauriciodaroosaa@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O sobrecarregado setor elétrico brasileiro está sempre buscando soluções para desafogar as redes de distribuição e diversificar a geração de energia elétrica para aumentar a confiabilidade do sistema. Neste contexto, também pode-se destacar, as atuais necessidades em buscar energias limpas, visando a diminuição da emissão de gases poluentes em termoelétricas, onde parte da energia elétrica do país é gerada. Os sistemas fotovoltaicos vêm oferecendo soluções, técnica e econômica, para a geração centralizada e a geração distribuída (ZOMER, 2010).

Assim, a geração de energia elétrica no Brasil que é predominante de fontes hídricas e que apesar de este recurso ainda ser abundante, o cenário futuro prevê algumas modificações devido ao constante aumento de restrições para construção de usinas hidrelétricas, dado as regulamentações com função de proteger o meio ambiente, fazendo que grandes reservatórios hoje estejam descartados (CAVALCANTE JUNIOR, 2014).

A certeza é que o desenvolvimento sustentável é um dos temas mais comentados no momento e, sem dúvidas, a energia solar fotovoltaica é uma das melhores opções para inserção de energia limpa. Segundo Besso (2017), sua utilização só não é maior pelo alto valor de investimento para aquisição de equipamentos, o que ainda ocasiona o aumento do tempo de retorno de investimento para alguns setores consumidores.

Estes sistemas possuem característica diferenciada por não possuírem um sistema de armazenamento de energia. Apesar de existirem limitações devidas, principalmente, a sua intermitência, seu custo de operação é baixo e o recurso solar pode ser considerado infinito. Assim, a potência gerada pelo sistema e não consumida pela unidade consumidora, vai para rede, podendo a distribuidora direcionar para outra unidade (NAKABAYASHI, 2014).

Assim, a geração distribuída é uma das grandes vantagens da tecnologia fotovoltaica, pela possibilidade de ser instalado junto a própria edificação, conseqüentemente junto ao ponto de consumo. Fugindo do modelo atual do sistema elétrico brasileiro, que tem como base a energia das grandes hidrelétricas, que ficam afastadas dos grandes centros de consumo e acabam exigindo grande infraestrutura no setor de transmissão, aumentando os custos (SANTOS; RÜTHER, 2009). A modularidade de sistemas fotovoltaicos permite que sejam

instalados de forma distribuída para dar reforço a rede em pontos selecionados, estratégia que já deu certo em outros países.

Do ponto de vista das instalações elétricas e da construção civil, as tecnologias necessárias para incorporação dos módulos fotovoltaicos aos projetos de construção convencionais já estão bem estabelecidas. A conexão elétrica dos sistemas a rede e os dispositivos que compõem, são todos encontrados com facilidade no mercado, para qualquer configuração ou porte da instalação (RUTHER, 2004).

As áreas disponíveis em estádios de futebol do país são tipicamente grandes e bem ensolaradas e livres de sombreamento. Os estádios, por possuírem tal característica, aparecem como um grande potencial para aplicação dos sistemas. Edifícios com essas características são exemplos de aplicação ideal de sistemas fotovoltaicos interligados a rede, onde os picos de geração solar são, muitas vezes, coincidentes com utilização dos sistemas de ar refrigerado durante o dia (BRAUN; JARDIM; RÜTHER, 2007).

Deste modo, o presente trabalho visa analisar a viabilidade técnica e econômica de inserção de um sistema fotovoltaico integrado à cobertura do estádio Heriberto Hulse, no município de Criciúma/SC. O sistema de micro geração fotovoltaico proposto é conectado à rede elétrica e enquadra-se como geração distribuída no âmbito das resoluções normativas da ANEEL.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão descritas as premissas teóricas utilizadas na elaboração do presente trabalho.

2.1 Energia elétrica em estádios

A nível mundial, já existem estádios que se destacam no setor de geração de energia, como o Stade de Suíça Wankdorf, em Berna, capital da Suíça, que gera 1,13GWh, bem como o Nuremberg Soccer Stadium, na Alemanha, construído para a copa do mundo de 2006, que possui potência instalada de 140kW e em Kaohsiung, Taiwan, onde foram instalados 9000 módulos na cobertura do estádio, gerando 1,09 MWh por ano. No Brasil, o primeiro estádio a

receber um sistema solar fotovoltaico, foi estádio de Pituvaçu, na cidade de Salvador (BA), que possui uma geração anual de pouco mais de 600 MWh (CAVALCANTE JUNIOR, 2014).

A partir de 2014, quando o Brasil recebeu a Copa do Mundo de futebol, e no embalo da utilização de energias renováveis, alguns dos estádios que receberam grandes investimentos para receber os jogos, tiveram implantados, na cobertura de seus respectivos telhados, sistemas fotovoltaicos que geram energia elétrica para a região na qual se encontram. São eles o estádio do Mineirão, em Belo Horizonte/MG, o Maracanã na cidade do Rio de Janeiro/RJ, na Arena Recife, na cidade do Recife/PE e no estádio Mané Garrincha em Brasília/DF (SANTOS, 2014).

No estádio do Mineirão, para que os sistemas de energia alternativa fossem melhores empregados e operacionalizados, utilizou-se na área de energia um sistema para verificar a instalação, calibração e controle feito pelo comissionamento do estádio. Benefícios como esses, incluem a redução do consumo de energia, custos operacionais melhores, menor quantidade de reparos e maior produtividade. Com objetivo de suprir a demanda do estádio e de hotéis em dias de jogos, foi implementado o sistema fotovoltaico na cobertura de modo estratégico, para entrelaçar as fontes renováveis e as convencionais a custos competitivos, tentando atender, além do equilíbrio ambiental, a segurança no fornecimento (GUEDES, 2010)

Já no estádio do Maracanã, no Rio de Janeiro, foi instalado um sistema de mini geração com capacidade de 400kWp, capaz de produzir 500MWh por ano, ou o suficiente para suprir 240 residências de grande porte. Esse sistema, foi financiado pelo governo estadual do Rio de Janeiro, junto com a empresa Light, dona da concessão dos direitos de distribuição no local. No projeto, foram instalados 1552 módulos fotovoltaicos, ocupando uma área do telhado do estádio de 2380m².

Em Brasília, capital do Brasil, o estádio Mané Garrincha possuía um plano de instalação de 9000 módulos e uma geração estimada de 3GWh por ano quando foi apresentado seu projeto para sede da Copa do Mundo em 2014, onde passaria a ser a principal referência em geração de energia em estádios no mundo. Hoje, o estádio possui 2000 módulos fotovoltaicos e capacidade de geração de 800MWh por ano (JUNIOR, 2014).

2.2 Geração Distribuída

É definido como geração distribuída as gerações de energia elétrica de pequena escala, derivadas de fontes alternativas que podem ser conectadas em qualquer ponto da rede, não

necessitando de uma rede exclusiva, como a geração centralizada. A implantação de uma geração distribuída não se resume apenas em instalar o sistema de geração, mas também em avaliar se a rede elétrica está preparada para suportar essa energia, partindo do princípio que ela não havia sido contabilizada quando a rede foi dimensionada (SANTOS et al, 2010).

Dentre as principais vantagens de instalar sistemas fotovoltaicos de geração distribuída conectados à rede elétrica, estão a utilização de espaços ociosos, os tamanhos ajustáveis, o sol ser uma fonte ilimitada e livre. Para momentos que o país apresenta falta de chuvas para abastecer o sistema de geração hídrica, não há registros de falta de sol (CARVALHO et al, 2016).

Segundo Santos e Rütther (2009), os sistemas de geração distribuída ainda oferecem benefícios as concessionárias de energia elétrica, pela adição de energia a rede, redução das perdas de transmissão e pela postergação dos custos de investimentos em expansão, já que o sistema fotovoltaico pode ser instalado e dar suporte de capacidade.

Por outro lado, há algumas desvantagens associadas ao crescimento da quantidade de pequenos geradores espalhados na rede de distribuição, tais como: o aumento da complexidade de operação da rede, a dificuldade na cobrança pelo uso do sistema elétrico, a incidência de tributos e a necessidade de alteração dos procedimentos das distribuidoras para as atividades de operação, controle e proteção de suas redes (ANEEL, 2016).

Os progressos no âmbito regulatório dos sistemas fotovoltaicos de geração distribuída começaram em 2011, resultado das discussões feitas entre o Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicação-COBEI e Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica-ABINEE, que foram responsáveis pela elaboração das normativas para conexão à rede elétrica de distribuição (CHITOLINA, 2017)

O excedente de energia injetada na rede por uma unidade consumidora de micro ou mini geração distribuída, é cedida na forma de empréstimo gratuito para a distribuidora, através do sistema de compensação de energia, sendo esse valor abatido quando a unidade consumidora requerer energia da rede. Assim, o consumidor no final de cada mês pagará somente a diferença entre o que foi gerado e o que foi consumido, sendo que o valor pago nunca será zero devido aos valores pagos de demanda ou custo de disponibilidade, além de taxas de iluminação pública (ANEEL, 2015; NUNES, 2018).

Assim, a implementação de sistemas de geração distribuída cresceu muito nos últimos anos, tanto que a potência instalada em 2018 foi duas vezes maior em relação ao ano de 2017, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Mostra de unidades consumidoras com geração distribuída por ano

Data	Número de unidades consumidoras	Potência Total(kW)
2018	23400	275396
2017	14391	131499
2016	6813	50181
2015	1601	10894
2014	321	2714
2013 ou anterior	592	11885
Total	47118	482569

Fonte: Aneel (2018)

Dentro do Brasil, alguns estados se destacam no número de unidades consumidoras com geração distribuída instalada, estando os maiores Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná com 9.088, 8.813, 6.556, 3.685, 3.302 unidades consumidoras respectivamente (ANEEL, 2018).

No Brasil, existem normas e regulamentações dedicadas à interligação de sistemas fotovoltaicos à rede de distribuição. Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica, publicou a Resolução Normativa n° 482, a qual estabeleceu as condições para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica. A mesma, foi revisada em 2015 e segue atualmente como a resolução normativa n°687/2015 (ALMEIDA, 2016).

2.3 Resolução normativa n° 687/2015

Em 2015, já com o objetivo de tornar mais atrativo o investimento em energias renováveis, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), alterou algumas diretrizes da resolução normativa n°482/2012. Assim, a agência aprimorou as regras para o sistema de compensação de energia elétrica e incluiu outras modalidades de geração (BESSO, 2017).

Nessa nova resolução normativa foi definido que mini e micro gerações de acordo com sua potência instalada em já em corrente alternada conectada a rede. A primeira fica caracterizada como sistema que utilizam fontes de energia renováveis ou de cogeração igual ou

inferior a 75 kW. Já o segundo é designado para os mesmos sistemas com potência instalada maior que 75 kW e inferior a 5 MW, com exceção das fontes hídricas (ANEEL, 2015).

2.4 Componentes de um Sistema Fotovoltaico

2.4.1 Módulos fotovoltaicos

Módulo fotovoltaico está definido na norma NBR 10899 (ABNT, 2013) como conjunto de células fotovoltaicas, tornando-se a unidade básica de um sistema solar fotovoltaico. É o responsável por captar a irradiação solar e transformar em energia elétrica. Para melhorar seu desempenho, são levados em consideração dados como inclinação da modulo, número de células e se o seu material de fabricação é mono-cristalino ou multi-cristalino (BESSO, 2017).

Em qualquer sistema solar fotovoltaico o módulo é a unidade básica do sistema gerador. A quantidade de módulos conectados em serie irá determinar a tensão de operação do sistema em corrente continua. A corrente do gerador é definida pela conexão em paralelo dos módulos ou das *strings*. A potência instalada é dada pela soma da potência nominal dos módulos individuais (RUTHER, 2004).

Os módulos fotovoltaicos são fabricados para serem utilizados em ambientes externos e por um longo tempo, sob diversas condições climáticas, assim preparados para se integrar ao envoltório de qualquer edificação. Desse modo, possui função dupla ao gerar energia e também servir elemento arquitetônico.

2.4.2 Inversores CC/CA

Tão importantes quanto os módulos, são equipamentos constituídos de dispositivos de chaveamento, que fazem a conversão de corrente continua gerada nos módulos, para corrente alternada, utilizada nas redes de distribuições (SANTOS, 2014). A maioria dos equipamentos que são utilizados no dia-a-dia são alimentados por corrente alternada, compatível com a energia da rede elétrica que chega nas residências. A energia elétrica em corrente alternada, como é encontrada na rede, assemelha-se muito com uma senóide, assim, a maioria dos aparelhos são projetados para receber uma alimentação ao menos próxima dessa forma de onda (SERRÃO, 2010).

Para que possa ocorrer a injeção de energia elétrica, a saída do inversor de frequência deve ser conectada em paralelo com a rede de distribuição que, por sua vez, também está conectada à carga. Assim, para que ocorra esse paralelismo, é necessário que as ondas de tensão e corrente estejam em fase com as da rede, assim o inversor acaba utilizando a rede da concessionária como referência (PUFAL, 2012).

Atualmente, quase todos inversores encontrados no mercado possuem tais funções, monitorando e atuando contra: sobre tensões, distorções harmônicas na corrente e tensão, variação de frequência, se adequando a normas técnicas pertinentes, por consequência de adequando as normas da distribuidora de energia (SANTOS, 2008).

2.4.3 Demais componentes

Estrutura de suporte de fixação dos módulos na edificação, deve suportar todas as cargas mecânicas e ventos, bem como as expansões e contrações térmicas, com uma vida útil equivalente ao sistema fotovoltaico, de pelo menos 25 anos baseado na garantia dada pelo fornecedor para desempenho dos módulos.

Cabeamento utilizado do sistema (na parte CA e CC), tem que ser resistente a radiação ultravioleta e duplo isolamento. Eles devem suportar temperaturas elevadas, muitas vezes acima de 50°C, ultrapassando a temperatura ambiente, que podem ser atingidas na região posterior dos módulos (ENELX, 2018).

As proteções contra descargas atmosféricas se destinam a isolar o sistema de transientes de tensão indesejáveis. Apesar dos módulos modernos apresentarem elevada tolerância a picos de tensão, outros componentes como o sistema inversor, por exemplo, necessitam de proteção contra esses surtos (RUTHER, 2004).

As *Strings Box* são os equipamentos de proteção que atuam tanto no lado CC como no lado CA do inversor, protegendo em casos de acidentes elétricos como curtos-circuitos. É instalado juntamente ao inversor, porem em casos onde a distância entre os módulos e o inversor é superior a 10 metros, recomendado a utilização de *String Box* junto aos módulos. Assim, quando ocorrem problemas, as *Strings* realizam seccionamento sob a carga e permite o isolamento do restante da instalação para que ocorra manutenção segura (ENELX, 2018).

Sistema de Anti-Ilhamento são responsáveis por garantir a desconexão do sistema fotovoltaico em caso de falta de energia na rede de distribuição. Isto garante a segurança de quem realiza manutenções na rede. Os inversores homologados pelos Procedimentos de Distribuição da ANEEL (PRODIST) já possuem o sistema de proteção anti-ilhamento (NUNES,2018).

2.5 Tarifas de energia elétrica e demanda contratada

O sistema vigente de cobrança de energia elétrica, se subdivide em dois grupos tarifários: Grupo de alta tensão, o denominado grupo A, e o grupo de baixa tensão, denominado grupo B. Cada grupo tarifário possui suas subdivisões internas para melhor enquadrar cada unidade consumidora. Dentre as características dos Grupo A estão a diferenciação de tarifa entre os horários de Ponta e Fora Ponta, e a obrigatoriedade de contratar uma Demanda de energia a ser consumida mensalmente, o não consumo dela não evita que a mesma seja cobrada, e o consumo acima do valor contratado acarreta em multas em cima do valor excedido. O Grupo B se caracteriza por um único valor de tarifa e não possuir contratação de demanda, apenas o consumo mínimo baseado se a unidade é monofásica, bifásica ou trifásica. A Tabela 2 traz as subdivisões dos grupos e o que representam (CELESC, 2018).

Tabela 2-Subgrupos tarifários

Subgrupo	Classificação
B1	Residencial Normal Residencial Baixa Renda
B2	Serviço Público de Irrigação Rural não cooperativa
B3	Água, Esgoto e Saneamento Demais Classes
B4a	Iluminação Pública- Rede de distribuição
B4b	Iluminação Pública- Bulbo de lâmpada
A1	Tensão igual ou superior a 230 kV
A2	Tensão de 88 kV a 138 kV
A3	Tensão de 69 kV
A4	Tensão de 2,3 kV a 44 kV
AS	Tensão inferior a 2,3 kV (subterrâneo)

Fonte: Adaptado Celesc (2018)

2.6 Conexão elétrica do gerador com a rede elétrica

Para que ocorra a conexão da unidade geradora com a rede elétrica, existem uma série de procedimentos a serem realizados junto a concessionária. O primeiro passo é a realização da solicitação de acesso, com toda documentação necessária, incluindo as características do ponto de entrega, acompanhadas das estimativas dos respectivos custos, além do orçamento da obra, contendo a memória de cálculo dos custos orçados, do encargo de responsabilidade da distribuidora e da participação financeira do consumidor, cronograma de implantação, conclusões e justificativas (PRODIST,2017).

Antes do parecer final da concessionária, para mini geração, informações gerais relacionadas como: local da ligação, tipo de terreno, faixa de passagem, características mecânicas das instalações, sistemas de proteção, controle e telecomunicações disponíveis, também precisam ser aprovadas.

Para conexão da micro geração distribuída em uma unidade consumidora existente, sem necessidade de aumento da potência disponibilizada, o Parecer de Acesso poderá ser simplificado, indicando apenas as responsabilidades do acessante e encaminhando o Relacionamento Operacional (PRODIST, 2017).

O consumidor é o responsável pela instalação dos equipamentos de proteção requisitados para aprovação do projeto. São requisitados equipamentos como: relés, fusíveis, dispositivos de proteção contra surtos e o sistema de anti-ilhamento. Outro equipamento indispensável para sistemas integrados à rede é o medidor bidirecional. Este equipamento permite a mensura líquida da energia gerada ou consumida pela unidade portadora da instalação fotovoltaica. As distribuidoras são responsáveis por fornecer este equipamento, podendo optar também pela instalação de dois medidores unidimensionais. (ALMEIDA, 2016).

É dispensável a necessidade de contrato de uso e operação da central geradora entre os participantes do sistema de compensação de energia elétrica, assim é necessário apenas a distribuidora emita o documento de Relacionamento Operacional de micro geração. Em casos de necessidade de melhorias na rede para a conexão da micro geração distribuída, as obras devem ser executadas antes da assinatura do Parecer de acesso, sendo discriminado nele, as etapas e prazos para implementação das obras e as condições de pagamento de eventual participação do consumidor (ANEEL, 2016).

Após conexão com a rede, entra em funcionamento o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, segundo a resolução normativa 687/2015 permite que a energia excedente gerada pela unidade consumidora seja injetada na rede distribuidora. Assim, quando a energia gerada for maior que a consumida, o consumidor recebe créditos em kWh que podem ser abatidos nas faturas dos próximos meses, tendo esses mesmo créditos validade de 60 meses a partir do mês que foi gerado (ANEEL, 2016).

3. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE ESTUDADO

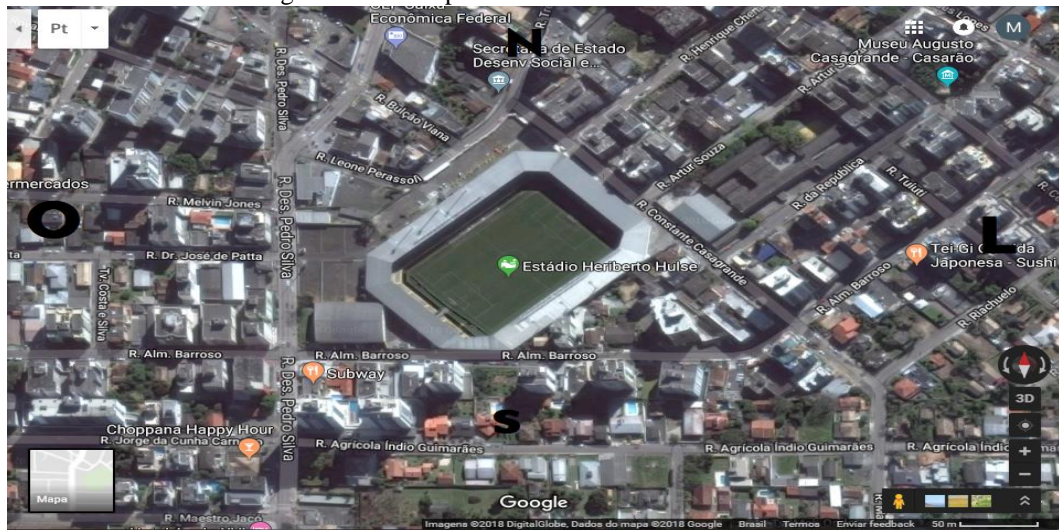
3.1 A cidade de Criciúma/SC

O município de Criciúma fica na região litorânea do sul do estado de Santa Catarina, na região sul do país, é a maior cidade da região tanto em população quanto economicamente, é considerada a capital nacional do carvão mineral, devido à grande quantidade de minério que havia no subsolo da cidade e na região de entorno. Localiza-se a uma latitude 28°40'39" Sul e a uma longitude 49°22'11" Oeste, estando a uma altitude de 50 metros. Tem seu polo industrial baseado na cerâmica, confecção, plásticos descartáveis e na construção civil.

3.2 Estádio Heriberto Hulse

O estádio Heriberto Hulse é um dos principais do estado de Santa Catarina, já abrigando competições de nível internacional, como a Copa Libertadores da América. Foi inaugurado em 16 de outubro de 1955, localizado na região central de Criciúma, no bairro Comerciário. Atualmente, possui capacidade para receber público de 19.900 pessoas em suas arquibancadas, sendo que toda a arquibancada é coberta por uma estrutura metálica, instalada no ano de 2011. A Figura 1 traz uma foto da vista superior no estádio.

Figura 1-Vista superior do Estádio Heriberto Hulse.

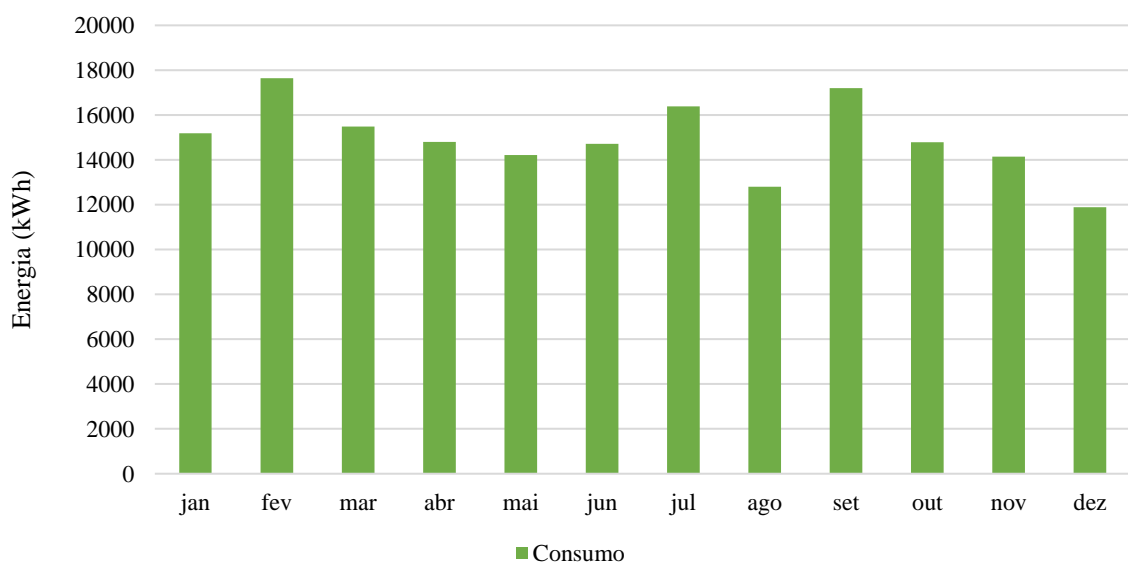


Fonte: Google Maps,2018

3.3 Custo de Energia Elétrica

Analisadas as tarifas de consumo do estádio em kWh, de abril de 2017 até abril de 2018, chega-se a um consumo médio mensal de 14.793kWh, como apresentado na Figura 2 e apresentando um desvio padrão de 1.652,79kWh para mais ou para menos. A unidade possui uma demanda contratada de 415kW. Suas principais cargas de consumo são os compressores utilizados para irrigação do gramado e limpeza, iluminação nos dias de jogos a noite e resistências elétricas utilizada nos chuveiros dos vestiários e piscinas. Tendo um consumo de característica linear durante o ano como mostra Figura 2.

Figura 2 – Distribuição mensal do consumo



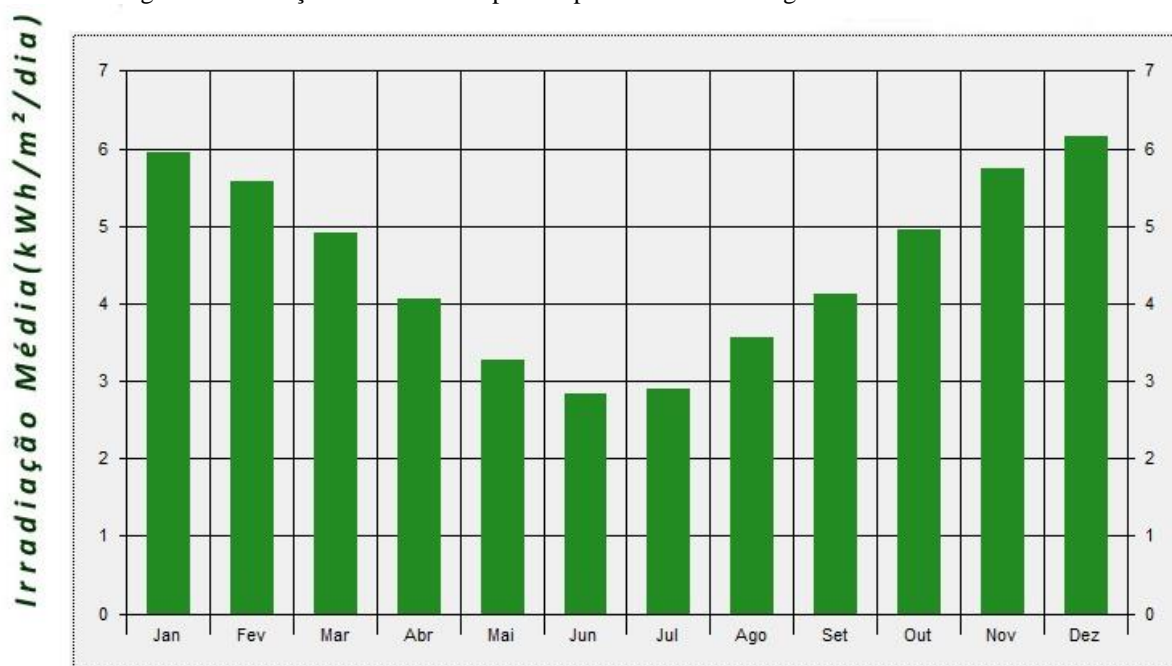
Fonte: do autor

O Custo da tarifa de energia expressa em R\$/kWh está enquadrada no grupo A4, sendo dividido em Ponta (das 18hs às 21hs) e Fora Ponta (das 00hs até 17h59m e das 21h:01m até as 24hs), sendo R\$1,69 e R\$0,45 respectivamente. Ainda está incluso na fatura a contratação da demanda, essa potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, calculado em kW, seu valor é de R\$18,53 por kW (CELESC, 2018).

3.4 Localização e Recurso solar

Através do Software Radiasol 2, foi analisada a disponibilidade solar para a cidade através de uma aproximação, dado que, os dados disponíveis são referentes a cidade de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina. A Figura 3 traz a irradiação média global horizontal para cada mês do ano.

Figura 3- Irradiação Média Global por dia para cada mês na região sul de Santa Catarina.



Fonte: RADIASOL2,2018

3.5 Característica da Cobertura

Cobertura toda composta por material metálico, sustentada por 242 treliças, com uma inclinação de 17 graus na estrutura do telhado, e telhas de aço galvanizado. A área do telhado não foi disponibilizada no projeto arquitetônico, assim foi adotado a estimativa a partir de imagens de satélite disponíveis no programa Google Earth, utilizando fator de correção de 0,97

para isso, utilizado pelo LABSOLAR-UFSC (SANTOS et al., 2010), chegando a uma área de 8011 metros quadrados.

4. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1 *System Advisor Model* – SAM

O *software* utilizado neste trabalho como ferramenta para o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico é o *System Advisor Model* (SAM), este é um *software* disponível de forma gratuita, que possui como objetivo facilitar o estudo e a execução de projetos de energia renovável. Este foi desenvolvido originalmente em 2005 pelo *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) em colaboração com *Sandia National Laboratories*. O *software* foi inicialmente utilizado pelo Departamento de Energia Solar dos Estados Unidos para análises de sistemas baseados em tecnologias solares, que requerem como informações mínimas: recurso solar do local, modelo do módulo, modelo do inversor, design do sistema, sombreamento e perdas (BESSO, 2017).

4.2 Módulo Fotovoltaico e Inversor escolhidos

O Módulo fotovoltaico escolhido foi baseado em três fatores: disponibilidade no mercado nacional, eficiência do módulo e certificação de garantia. Com isso, foi escolhido o módulo Canadian Solar CS6U-330P para esse trabalho. Este módulo, com potência de 330W, foi certificado pelo INMETRO com nota “A”, apresentando eficiência de 16,97%. As demais especificações são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – especificação técnica do módulo fotovoltaico escolhido

Especificação	Sigla	Valor especificado
Potência de Pico (Wp)	PMcc	330 Watts
Tensão de máxima potencia	Vm	37,2 Volts
Tensão de circuito aberto	Voc	45,6 Volts
Corrente de máxima potencia	Im	8,88 Ampéres
Corrente de curto circuito	Isc	9,45 Ampéres
Tipo de célula	-	Silício Multi-Cristalino
Eficiência do modulo	EM	16,97%
Largura do módulo	LM	0,99 metros

Especificação	Sigla	Valor especificado
Espessura do módulo	Em	0,04 metros
Altura do módulo	HM	1,96 metros
Peso do módulo	-	22,4 quilogramas
Garantia	-	25 anos

Fonte: Canadian Solar (2018)

O inversor escolhido também levou em consideração sua eficiência e disponibilidade no mercado nacional, atendendo estes quesitos, o escolhido foi o da fabricante Canadian Solar, modelo CSI-15KTL-GS-FL. Com uma eficiência de conversão de 98,6% e uma ampla janela de tensão de operação de 200-800V, conforme apresentado na Tabela 2 com todas suas especificações técnicas

Tabela 2 - Especificações técnicas do inversor CC/CA.

Especificação	Sigla	Valor especificado
Máxima potência de saída	Pca	15 kWatts
Número de rastreadores de máxima potência	MPPT	4
Faixa de potências de entrada	RPcc	13,5-16,5 kWatts
Faixa de tensões de máxima potência	RVmp	200-800 Volts
Eficiência máxima	Efi	98,60%
Máxima corrente de entrada utilizável por MPPT	Imppt	18 Ampéres
Máxima corrente de entrada	Iicc	30,1 Ampéres
Tensão máxima de entrada	VMcc	1000 Volts
Frequência de saída	Fca	60 Hertz
Tensão de conexão à rede	Vca	480 Volts
Corrente máxima de saída	IMca	24 Ampéres

Fonte: Canadian Solar(2018)

4.3 Potência nominal necessária

Através do cálculo da potência nominal (gerada a partir da radiação solar) necessária, estima-se a área dos módulos a ser instalada para atender ao consumo médio diário da edificação. Para realizar esta avaliação é necessário assumir e conhecer algumas condições iniciais.

Primeiramente, tem-se como consumo médio diário da edificação, o valor do consumo anual dividido pelo total de dias do ano. Este valor corresponde ao consumo médio de 492,41 kWh por dia. Outro dado indispensável é o ganho diário por radiação solar, a qual incide no plano do arranjo fotovoltaico. Supondo a instalação dos módulos com um ângulo de

inclinação igual a +17° em relação a horizontal e com um desvio azimutal em relação ao norte de +37° (acompanhando a orientação do telhado), o ganho médio total de radiação durante o dia para a cidade de Florianópolis, fornecido pelo programa Radasol 2, corresponde a 4,453 kWh/m² por dia. Através da aplicação da Equação 1 determina-se a potência nominal instalada (P_n) necessária para atender a demanda da edificação.

$$P_n = \frac{C}{PR \cdot (H/G)} \text{ [Eq. 1]}$$

Onde:

P_n = Potência média necessária (kW);

C = Consumo médio diário durante o ano (kWh);

H = Média diária anual da irradiação solar (kWh/m²);

G = Irradiância na condição padrão (kW/m²);

PR = Razão de performance (%).

Deste modo, com uma razão de performance de 80% de acordo com localização de Santa Catarina (ZOMER, 2010), a potência instalada necessária para suprir totalmente o consumo, seria de 138 kW. Contudo, como é objetivo manter o sistema como Micro Geração, será utilizada a potência de 75 kW, sendo essa a máxima potência permitida para manter o mesmo como Micro Geração. O número mínimo de módulos para instalar a potência necessária foi calculado através da Equação 2 e teve o resultado de 228 módulos.

$$N_{módulos} = \frac{P_n}{P_{módulo}} \text{ [Eq. 2]}$$

Onde:

$N_{módulos}$ = Número de módulos necessário

P_n = Potencia necessária

$P_{módulo}$ = Potencia nominal de um módulo

Partindo desses valores e da Equação 3, foi encontrada a área total necessária a ser ocupada pelos módulos, que possuem eficiência (E_f) de 16,9%. Assim, através da divisão da

potência média necessária pela eficiência do arranjo fotovoltaico encontra-se uma área resultante, que é igual a 710 m².

$$A_{total} = \frac{P_n}{(P_m/A_m)} \text{ [Eq. 3]}$$

Onde:

A_{total} = Área dos módulos (m²);

P_n = Potência média necessária (kW);

P_m = Potência do Módulo (kW).

A_m = Área produtiva de cada módulo (m²)

Assim, nota-se que a área do telhado do estádio é mais do que suficiente para atender a demanda de energética do estádio. Deste modo, a sequência do estudo tem como objetivo verificar o desempenho do sistema e o percentual de redução no consumo de energia elétrica vinda da rede, proporcionado pelo sistema fotovoltaico integrado nesta edificação.

O dimensionamento do inversor vem no passo seguinte, de modo a determinar a potência nominal mínima que precisa ser instalada para atender o sistema de geração. Através da Equação 4, é possível determinar seu Fator de Desempenho do Inversor (FDI) e seus valores devem estar entre a faixa de 0,8 e 1,05 (URBANETZ JUNIOR E RUTHER, 2011).

$$FDI = \frac{P_{nca}}{PWp} \text{ [Eq. 4]}$$

Onde:

FDI = Fator de Desempenho do Inversor;

P_{nca} = Potência nominal em corrente alternada (kW);

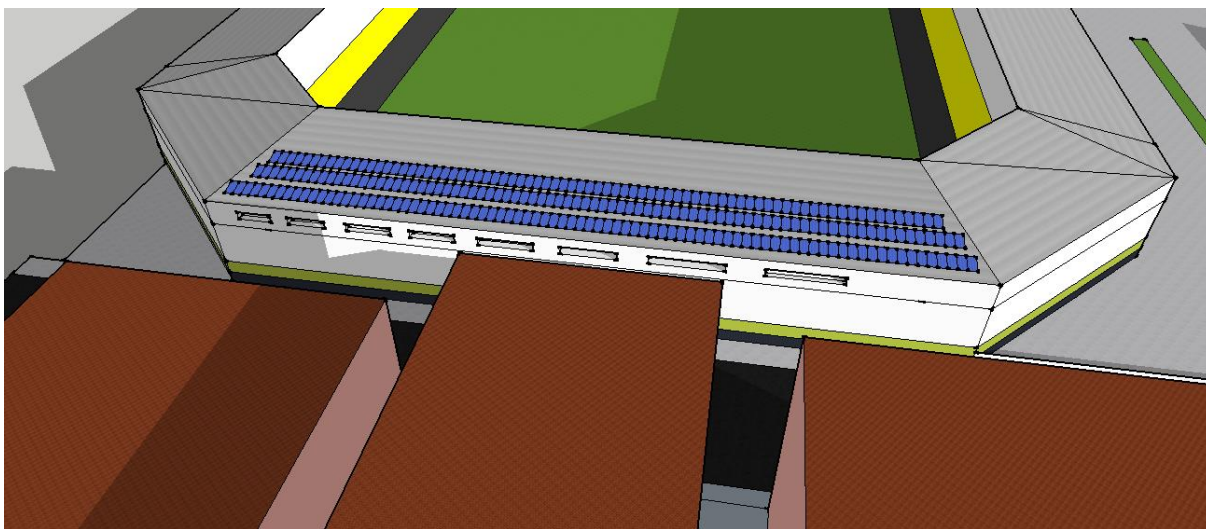
PWp = Potência do Módulo (kWp).

4.4 Design do Sistema e Sombreamento

Com a área necessária já conhecida e a potência já determinada, a distribuição foi feita em 20 *Strings* com 12 módulos conectados em série cada, totalizado 240 módulos. Esse valor acima do calculado, foi utilizado para suprir perdas relacionadas a orientação dos módulos em

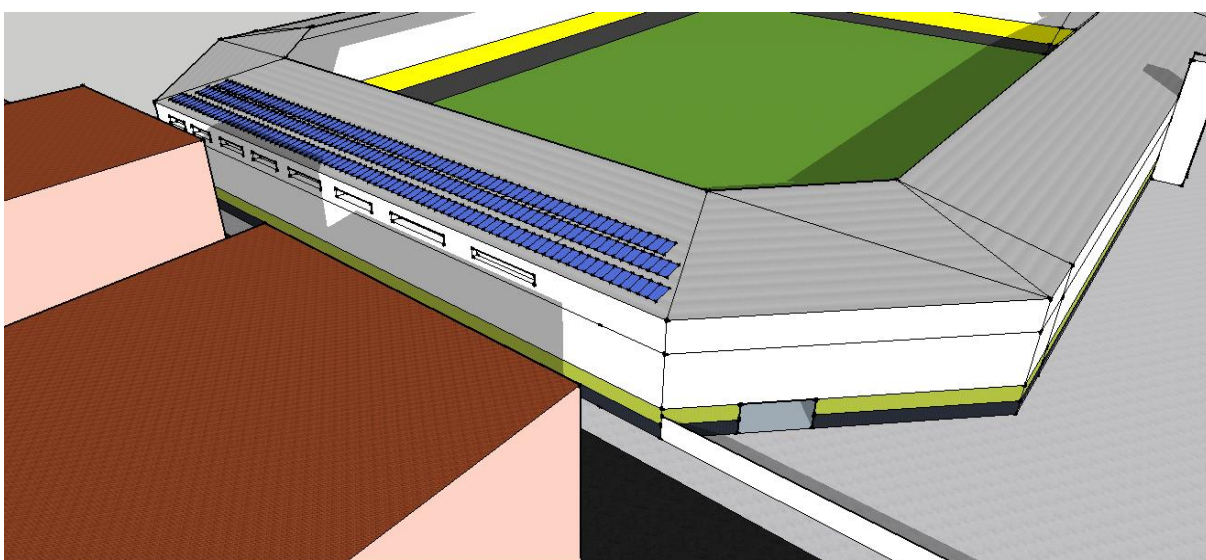
relação ao norte. Foram utilizados 5 inversores dividindo a corrente que passa por eles, tal escolha se mostra viável em caso de falha em algum dos inversores, nesse caso, se perderia apenas 20% da geração e não 100% da geração caso fosse optado por apenas um inversor de potência maior para o sistema. Assim, como mostrado nas Figuras 4 e 5, mesmo com edifício residenciais, o sombreamento não é um problema durante os horários de máxima incidência solar.

Figura 4 – Simulação de sombreamento em 31 de janeiro as 18:20h



Fonte: do autor

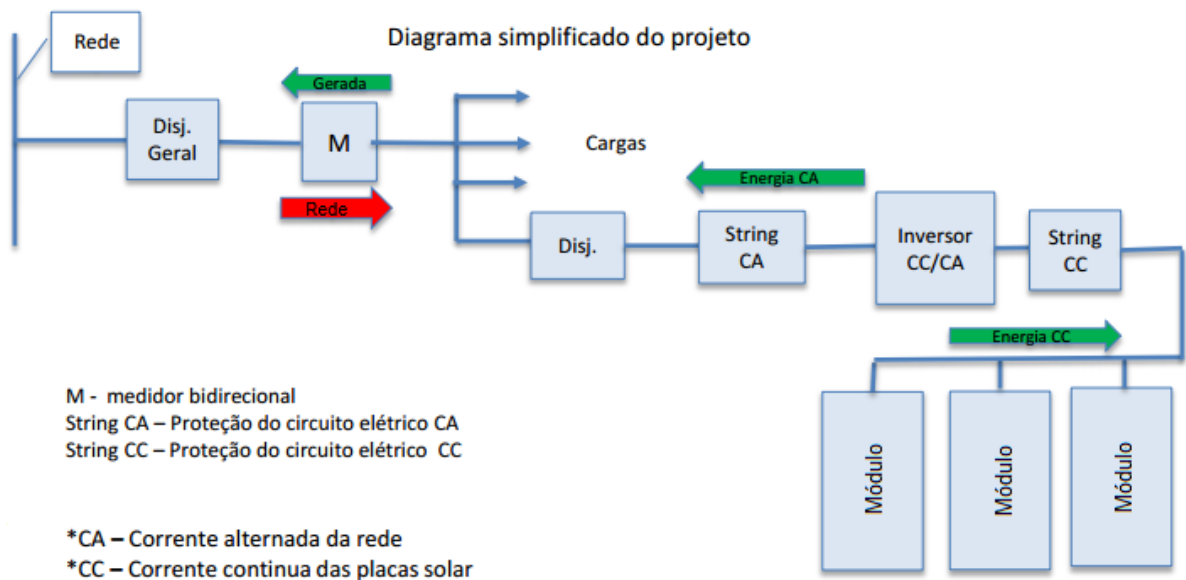
Figura 5- Simulação de sombreamento em 15 de setembro as 16:50h



Fonte: do autor

Ressaltando que a distribuição física dos módulos no telhado, não precisa ser coincidente com número de módulos por *strings*, e que a configuração do sistema pode ser controlada com a sequência que os módulos são conectados. A Figura 6 traz um diagrama unifilar ilustrativo para mostrar simplificada onde atua cada componente.

Figura 6 – Diagrama unifilar do sistema fotovoltaico ligado à rede



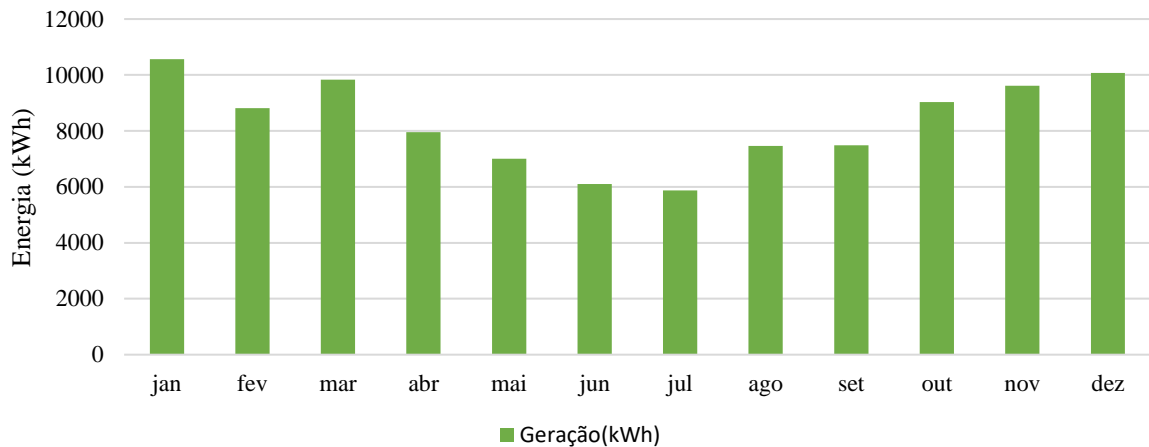
Fonte: Adaptado de ELITE ENERGIA (2018)

4.5 Simulação

Baseado na potência média utilizada no estádio durante o ano, foi montado um modelo com possibilidade para distribuição dos módulos fotovoltaicos e dos inversores, buscando atingir a máxima potência enquadrada em micro geração, que seria de 75kWp.

Simulados através do *software* SAM, que apresentou resultados para geração durante um ano, conforme apresentado na Figura 7.

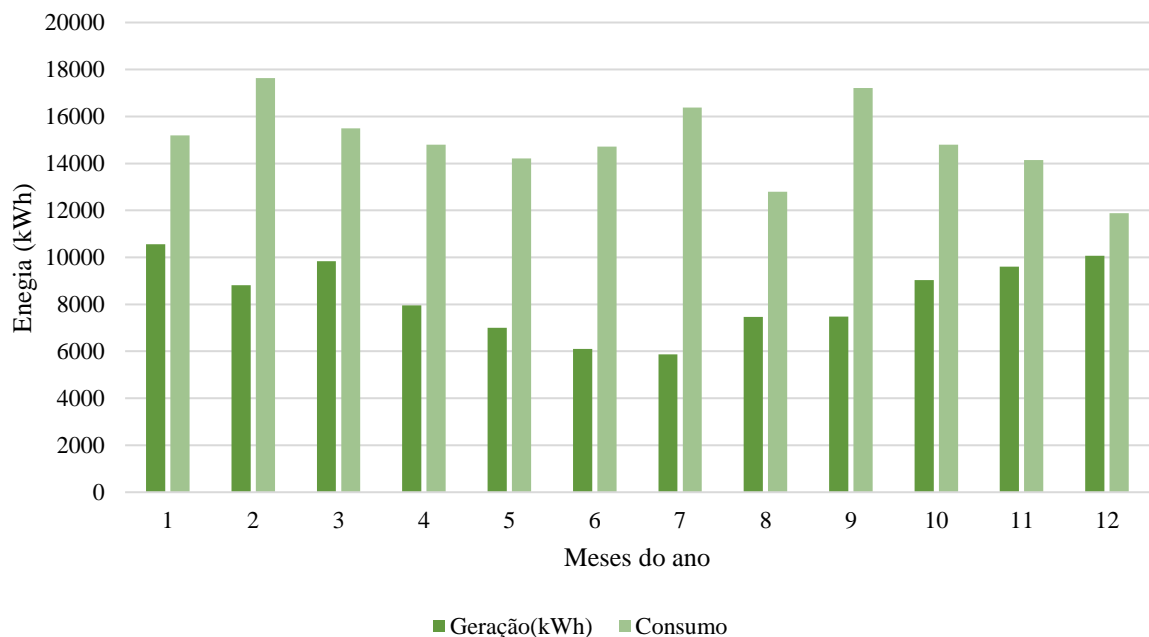
Figura 7 - Distribuição mensal de geração



Fonte: do autor

A simulação apresenta uma geração média mensal de 8316,149 kW, com desvio padrão de 1567,0794 kW para mais ou para menos. A Figura 8, mostra comparação entre energia consumida e energia gerada.

Figura 8 – Comparação entre geração e consumo nos meses do ano.



Fonte: do autor

4.6 Viabilidade Econômica

O primeiro passo para a realização da análise de viabilidade econômica do sistema é a estimativa do investimento inicial necessário para sua implementação, que inclui custos com módulos, inversores, estrutura, mão de obra e os equipamentos auxiliares de segurança.

4.6.1 Custos

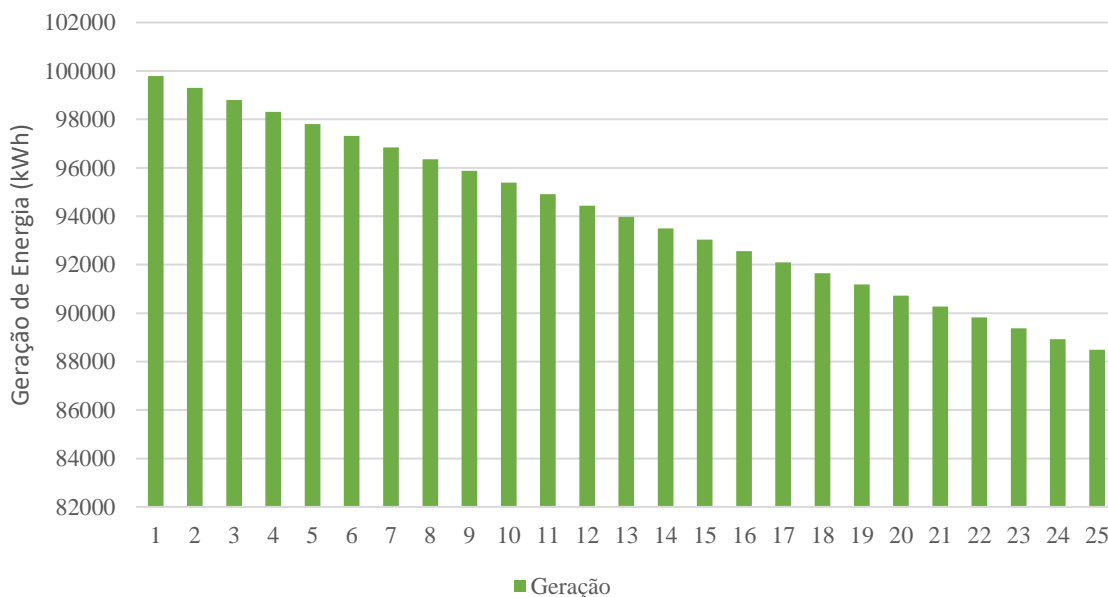
Tabela 3 – Mostras de produtos e valores.

Produto	Quantidade	Valor Un(R\$)	Valor total(R\$)
Modulo Canadian Solar CS6U-330p	240	999,00	239.760,00
Inversor CSI-15KTL-GS-FL	5	32.307,00	161.535,00
Suporte	240	360,00	86.400,00
Mão de obra, cabeamento e aterramento	1	90.000,00	90.000,00
Total			577.695,00

Fonte: do autor

Analisada a viabilidade financeira a partir de quatro cenários de 25 anos, baseado no tempo de garantia de desempenho dos módulos. Assim um cenário em que possua o valor necessário disponível para investimento e um segundo plano, em que será simulado o investimento mediante a um empréstimo com taxas de juros baseadas com mercado atual. Todos os cenários preveem uma troca de inversores do ano 11 para ano 12, por esses possuírem uma vida útil menor que a dos módulos fotovoltaicos. Assim é necessária reinvestimento desses equipamentos. Ambos os cenários possuem uma taxa de decaimento na geração de 0,5% ao ano como mostra a Figura 9, ajustado a diminuição da eficiência dos módulos com passar nos anos.

Figura 9 – Perfil de decaimento de geração com passar dos anos



Fonte: do autor

Cenário 1: Implementação do sistema, onde já se possui o dinheiro para investimento a vista e a variação futura do valor da tarifa atualizada pela média da taxa SELIC dos últimos 5 anos.

Cenário 2: Implementação do sistema, onde já possui o dinheiro para investimento a vista e a variação futura do valor da tarifa atualizada pela média da taxa variação da concessionária dos últimos 5 anos.

Cenário 3: Implementação do sistema, onde o investimento vem de empréstimo bancário, levando em conta amortizações e juros de 0,9% ao mês, em um período de 72 meses e a variação futura do valor da tarifa atualizada pela média da taxa SELIC dos últimos 5 anos.

Cenário 4: Implementação do sistema, onde o investimento vem de empréstimo bancário, levando em conta amortizações e juros de 0,9% ao mês, em um período de 72 meses e a variação futura do valor da tarifa atualizada pela média da taxa variação da concessionária de energia dos últimos 5 anos.

Dentro da análise financeira, considerou-se a média da variação da taxa Selic entre os anos de 2013 e 2017, a porcentagem de variação do valor da tarifa na concessionária entre os anos de 2013 e 2017 como mostrado na Tabela 4. Dos cenários onde é necessário o investimento bancário, foi simulado o empréstimo do valor de implantação do projeto, a ser pago em 72 meses como uma taxa de 0,9% ao mês. O montante final pago a financiadora ficou em R\$ 930.566,00.

Tabela 4 – Taxas de juros Selic e Tarifa Concessionaria

	Selic	Tarifa Concessionária
2013	7,92%	13,47%
2014	10,40%	9,28%
2015	9,54%	3,63%
2016	13,20%	-2,62%
2017	7,10%	7,90%
Média	9,52%	6,33%

Fonte: Receita Federal (2018), Celesc (2018)

Investimento inicial é a soma do montante de implantação, todavia, como dois dos cenários são elaborados com utilização de empréstimos bancários, o custo do montante de investimento é a soma da implantação junto aos juros bancários em cima do valor para os 6 anos de parcelamento.

O VPL ou Valor Presente Líquido, é ferramenta de cunho financeiro para avaliação de viabilidade. Seu cálculo consta da diferença entre os benefícios gerados pelo sistema e o custo envolvido na implementação do sistema. Assim, para o investimento ser viável, precisa ter um VPL com valor positivo(LANDEIRA, 2013).

O *Payback*, ou tempo de retorno do investimento, é apresentado para dar uma noção simples da atratividade do sistema. O tempo de *payback* definido como o primeiro do fluxo de caixa a possuir valor positivo. Esse tipo de dado permite comparar a viabilidade entre os cenários apresentados. Outro método de análise é o TIR que representa a Taxa Interna de Retorno, é uma correção monetária que relaciona com VPL e permite avaliar quão viável é o investimento proposto (LANDEIRA, 2013).

Uma vez que o custo de implantação é conhecido, é conveniente saber se o mesmo terá retorno financeiro que justifique investimento de tal importância em sua implantação. O Fluxo de caixa simples projetado do investimento foi realizado com base nos dados obtidos na simulação do sistema. Os Fluxos levam em consideração uma correção monetária, no qual transforma os pagamentos futuros (gerados pela economia do sistema) em valores presentes.

Para melhor avaliação dos investimentos, será feita comparação entre a taxa de retorno do valor monetário investido, caso esse fosse aplicada na poupança. A escolha da poupança para comparação e verificação de taxa de atratividade foi motivada pelo fato de ser o investimento mais utilizado pelos brasileiros. De acordo com Banco Central do Brasil (2018), o valor da taxa de correção monetária para valores aplicados na poupança é de 0,3715% ao mês ou 4,55% ao ano (ALMEIDA, 2016)

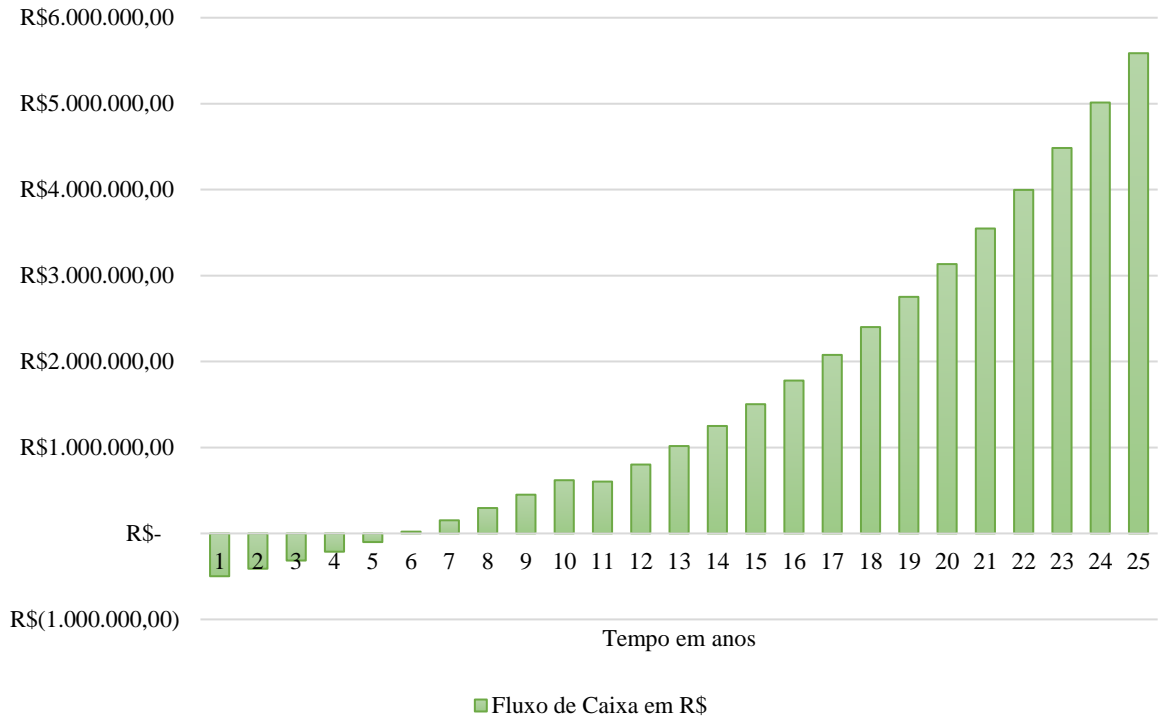
Assim, as Figuras 10, 11, 12 e 13 trazem o fluxo de caixa simulado do investimento dos cenários 1, 2, 3 e 4 respectivamente. Os parâmetros utilizados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Parâmetros utilizados nas análises econômicas

Parâmetro	Valor Utilizado
Taxa de atratividade	0,3715% a.m.
Taxa de decrescimento de geração	0,5% a.a.
Taxa de variação Selic	9,52% a.a.
Taxa de variação Concessionária	6,33% a.a.
Tarifa de energia elétrica	R\$ 0,45
Investimento cenário 1 e 2	R\$ 557.695,00
Taxa de juros aplicada no cenário 3 e 4	0,9% a.m.
Investimento cenário 3 e 4	R\$ 930.566,00

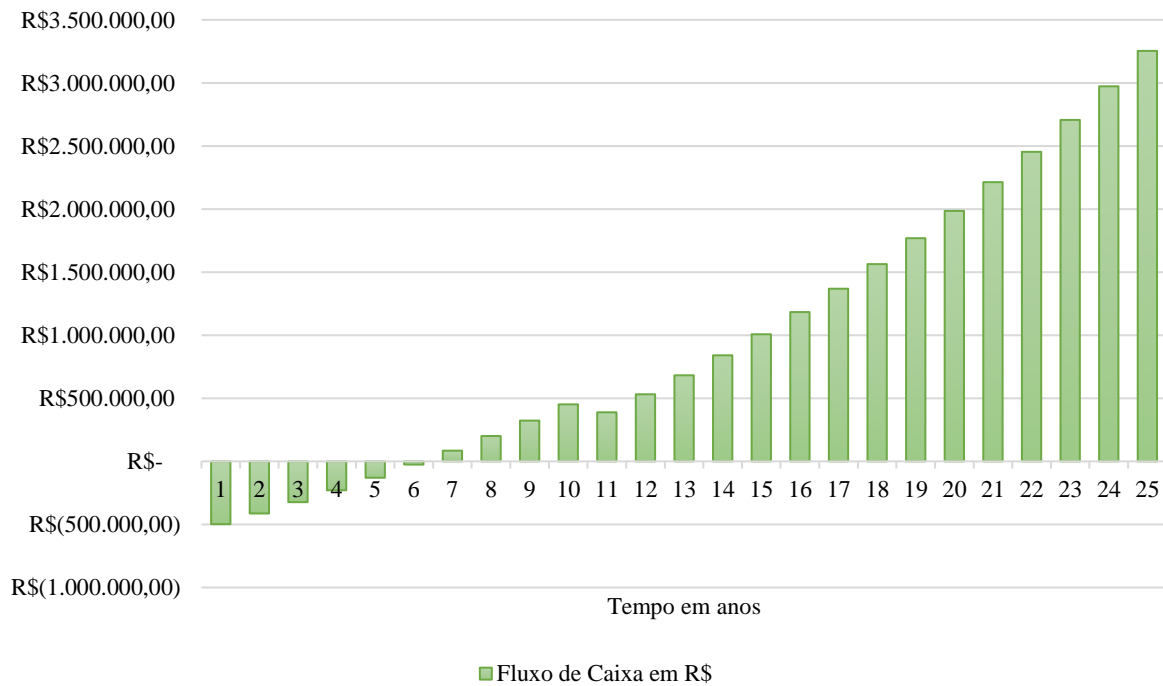
Fonte: do autor

Figura 10 – Fluxo de caixa de 25 anos do Cenário 1



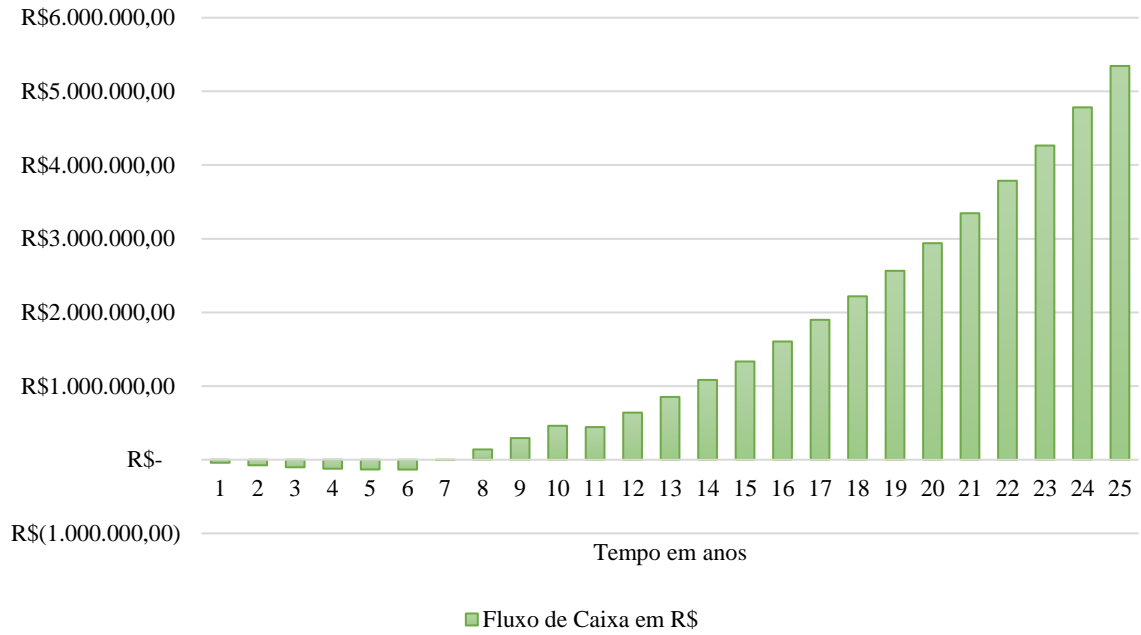
Fonte: do autor

Figura 11 – Fluxo de caixa de 25 anos do Cenário 2



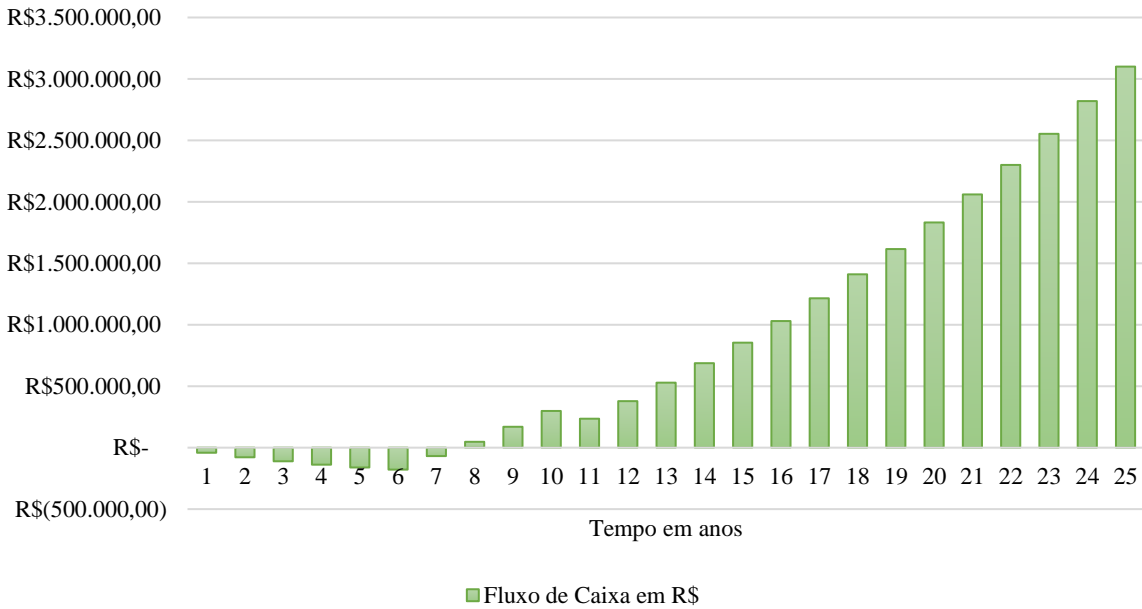
Fonte: do autor

Figura 12 – Fluxo de Caixa de 25 anos do Cenário 3



Fonte: do autor

Figura 13 – Fluxo de caixa de 25 anos do cenário 4



Fonte: do autor

Tabela 5 – Comparação das análises financeiras

	Investimento	<i>Payback</i>	TIR	VPL
Cenário 1	R\$ 577.695,00	5 anos e 11 meses	23,8%	R\$ 5.101.654,61
Cenário 2	R\$ 577.695,00	6 anos e 3 meses	19,65%	R\$ 3.059.983,99
Cenário 3	R\$ 930.566,00	7 anos e 2 meses	35,7%	R\$ 4.880.626,96
Cenário 4	R\$ 930.566,00	7 anos e 6 meses	27,7%	R\$ 2.915.761,18

Fonte: do autor

5. CONCLUSÃO

A crescente demanda de energia mundial, vista no capítulo 1, nos faz ter certeza que medidas são necessárias. Não se pode mais fechar os olhos para energia fotovoltaica, principalmente onde outros apostam e ganham cada vez mais experiências no assunto. O enorme potencial solar do Brasil não permite mais que energia solar seja usada apenas como solução para comunidades isoladas.

Existem, atualmente, diversas marcas e modelos de módulos fotovoltaicos no mercado, o que proporciona maior flexibilidade em projetos nas edificações já existentes. As áreas que podem ser utilizadas devem ser analisadas com cuidado. Evitar áreas com sombreamento é sempre importante, pois áreas encobertas podem reduzir o potencial de aproveitamento da radiação solar.

O investimento inicial para cobrir os custos com módulos, inversores, equipamentos de segurança, instalação e manutenção foi estimado em R\$ 577.685,00. A análise econômica do projeto mostrou que, no cenário de estrutura tarifária atual, todos cenários apresentados possuem viabilidade, pois seu VPL é positivo, possuindo *Paybacks* entre 5 anos e 11 meses e 7 anos e 6 meses. Quando comparados valores da taxa de retorno, todos cenários possuem uma TIR pelo menos 4 vezes maior do que fazer investimento aplicado na poupança.

Vale ressaltar o bom retorno financeiro, mesmo em necessidade de empréstimo bancário, pois a taxa de juros é liquidada com tempo pela geração, fazendo com que o investimento feito seja apenas a diferença entre as parcelas do empréstimo e o valor que deixou

de ser pago pelo proprietário nos primeiros 6 anos. Como o Sistema tem viabilidade de 25 anos, será 19 anos gerando lucro.

Apesar de ter sido avaliado no período de garantia oferecido pelo fornecedor dos módulos, vale salientar também que o sistema fotovoltaico pode continuar gerando energia após ultrapassar os 25 anos em questão, o que agregaria ainda mais viabilidade e atratividade ao projeto. Por outro lado, o inversor CC/CA possui período de garantia menor do que o oferecido pelo fabricante dos módulos, por isso, já foi avaliada a necessidade de troca na viabilidade financeira durante o período de funcionamento do sistema.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, Luiza Aguiar. **ESTUDO DO IMPACTO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA EM PEQUENOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO**. 2017. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2017.

ALMEIDA, Augusto Nichele Ottoni de. **PROJETO E ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO COMPARTILHADA NOS PADRÕES DA RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL N°687/2015**. 2016. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Cts, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2016.

ANEEL. 2016. **Caderno temático de Micro e Mini geração- Sistema de compensação de energia elétrica**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em: 11 nov. 2018

ANEEL. Resolução Normativa N° 687 de novembro de 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> . Acesso em: 06 set. 2018.

BESSO, Rachel. **SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE**. 2017. 110 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

BRAUN, Priscila; JARDIM, Carolina da Silva; RÜTHER, Ricardo. **ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS EM EDIFICAÇÕES: AEROPORTO INTERNACIONAL DE FLORIANÓPOLIS, UM ESTUDO DE CASO.** In: Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais...** . Florianópolis: Encac, 2007. p. 1 – 10

CANADIAN SOLAR (Canadá). **CS6U – 330P Datasheet.** 2018. Disponível em: https://www.canadiansolar.com/fileadmin/user_upload/downloads/datasheets/v5.5/Canadian_Solar-Datasheet-MaxPower-CS6U-P-1500V-v5.52en.pdf. Acesso em: 29 jul. 2018

CANADIAN SOLAR (Canadá). **CSI-15KTL-GS-FL Datasheet.** 2018. Disponível em: https://www.canadiansolar.com/fileadmin/user_upload/downloads/datasheets/Canadian_Solar-Datasheet-MaxPower-CS6U-P-1500V-v5.52en.pdf. Acesso em: 29 set. 2018

CARVALHO, R.; BUIATTI, G.; JUNIOR, F.; CAMACHO, J.; **Análise comparativa da produtividade real de sistemas de microgeração fotovoltaica no Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR (CBENS), 6., 2016, Belo Horizonte. **Anais...** . Belo Horizonte: Cbens, 2016. P. 1-8.

CAVALCANTE JUNIOR, Edilberto Athaide. **Avaliação das alternativas para o suprimento de eletricidade do Estádio Mané Garrincha no cenário da Copa do Mundo 2014.** 2014. 69 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade de Brasília - Unb, Brasília, Df, 2014.

CELESC. Centrais Elétricas de Santa Catarina Distribuidora; Disponível em: <http://www.celesc.com.br/portal/index.php/duvidas-mais-frequentes/1140-tarifa>. Acesso em: 10 set. 2018

ENELX. 2018. Disponível em: <https://www.enelx.com.br/blog/2016/05/tudo-sobre-energia-solar-string-box/>. Acesso em: 11 nov. 2018

EPE (Brasil). Empresa de Pesquisa Energética. **PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA 2015-2024.** 2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/documents/DEA>. Acesso em: 09 jun. 2018.

FURTADO, André de Freitas. **ASPECTOS ECONÔMICOS E DE ENGENHARIA RELACIONADOS À COPA DO MUNDO DE 2014.** 2013. 126 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

GOMES, João Paulo Ramos. **Avaliação dos Impactos da Integração da Usina Fotovoltaica do Mineirão à Rede Elétrica Frente a Afundamentos de Tensão**. 2015. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Grau em Mestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

LANDEIRA, Juan Lourenço Fandino. **ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA SOBRE A VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA NO BRASIL**. 2013. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MACEDO, Wilson Negrão. **Análise do fator de dimensionamento do inversor aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados a rede**. 2006. 201 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Energia, Usp-sp, São Paulo/SP, 2006.

MARTINS, Jeovante Bet. **ESTRATÉGIAS E MECANISMOS ECONÔMICOS PARA INSERÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA**. 2018. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Energia Solar. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-solar>>. Acesso em: 199 jun. 2018.

NAKABAYASHI, Renny Kunizo. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Condições atuais e perspectiva do futuro**. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Energia, Usp-sp, São Paulo/SP, 2014. PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-cresesb, 2014.

NUNES, Adrieny. **PROJETO, INSTALAÇÃO E ANÁLISE DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO DE MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE AUTOCONSUMO REMOTO**. 2018 TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.

POLITICA MONETARIA. 2018. Disponível em: <https://politicamonetaria.webnode.com.br/>

taxa-de-juros/tipos-de-taxas-de-juros/. Acesso em: 20 set. 2018

PUFAL R. A. Modelagem de cargas não lineares e rede de energia elétrica para simulação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Dissertação (Mestrado) – Programa de PósGraduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RECEITA FEDERAL. Taxa de Juros Selic. 2016. Disponível em: <http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>. Acesso em: 08 set. 2018

RUTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil**. Florianópolis: Ufsc/labsolar, 2004.

SANTANA, Fernanda Pereira da Silva; ANDRADE, Valcimar Silva de. **DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA O PRÉDIO DE ENSINO DE UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA EM GOVERNADOR VALADARES**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5., 2014, Belo Horizonte. Governador Valadares: Ibeas, 2014. p. 1 - 8.

SANTOS, Ísis Portolan dos; MONTENEGRO, Alexandre; ZOMER, Clarissa Debiazi. **ESTÁDIOS SOLARES: POTENCIAL DE APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NOS ESTÁDIOS DA COPA 2014**. Belem/PA: Research, 2010. 13 p. III Congresso Brasileiro de Energia Solar.

SANTOS, Ísis Portolan dos; RÜTHER, Ricardo. **AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS COBERTURAS DAS RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES PARA O APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR**. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2009, Natal. **Anais...**, Florianópolis: Ufsc, 2009. p. 1 - 11.

SANTOS, Leonardo Dantas dos. **Proposta de sistema fotovoltaico conectado à rede no estádio Maracanã**. 2008. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, São Paulo/SP, 2008.

SERRÃO, Marcos Antonio dos Santos. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma casa de veraneio em Pouso do Jacaíba-Paraty**. 2010. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

SYSTEM ADVISOR MODEL. Software e dados; Disponível em: <https://sam.nrel.gov/download>. Acesso em: 10 abr. 2018

URBANETZ JUNIOR, Jair; RÜTHER, Ricardo. QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA E O FUNCIONAMENTO DE INVERSORES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE. **Revista Brasileira de Energia Solar**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p.17-28, jun. 2011.

VALVERDE, Jonathan Paúl. **PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO/CONECTADO À REDE PARA ATENDER A DEMANDA DE IRRIGAÇÃO DE UVA**. 2017. 154 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Instituto Latino-americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território, Foz do Iguaçu, 2017.

ABSTRACT

In the current Brazilian energy scenario there is a process of promotion of the decentralization of electric power generation, from distributed generation systems that present technical and economic viability. In this context, the present work aims to analyze a solution to use idle spaces in large cities, which are football stadiums. The study presents a technical and economic analysis for the integration of a micro generation photovoltaic system in the coverage of the Heriberto Hulse stadium in the city of Criciúma / SC. The proposed project sought to reach the maximum limit to keep the photovoltaic system within the framework of micro generation by having lower levels of requirement, consequently generating a kWh with lower costs. We sought to analyze the economic viability for both own investment and the possibility of financing, through 4 possible scenarios involving the variation of electric energy cost according to the SELIC rate or the rate of readjustment of the electric power utility itself. The results showed that the photovoltaic system is a viable and attractive alternative, both technically and economically.

Keywords: Photovoltaic system; Distributed generation; Micro generation;

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar condições de estar concluindo esse trabalho e por me acompanhar em todos momentos dessa árdua caminhada que vem sendo a graduação.

Aos meus pais, Marcelo Speck da Rosa e Maribel Emerim de Melo, por me propiciarem condições de investir nesse sonho, e sempre estarem juntos nos melhores e também nos piores momentos que passamos durante esses anos de minha graduação.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por disponibilizar todas as condições necessárias para realizar toda a graduação e a todos os professores que participaram, de alguma forma, do meu processo de graduação. Em especial, ao professor Giuliano Arns Rampinelli, por me auxiliar e passar seu conhecimento na elaboração desse trabalho.

A todos os amigos e colegas, que estiveram constantemente presentes em minha formação e que, de alguma forma, me acolheram. Ao pessoal da Van do Giba, que por anos me acompanhou, e aos membros da Associação Atlética Acadêmica do Campus Araranguá, que nos últimos anos, dividiram muitos momentos comigo. E ao Criciúma Esporte Clube, por permitir acesso a suas dependências e disponibilizar dados para a realização desse trabalho.