

Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil

Jonatan Antonio Dassi (Unochapecó) - dassi@unochapeco.edu.br

Antonio Zanin (Unochapecó) - zanin@unochapeco.edu.br

Fabiano Marcos Bagatini (Unochapecó) - bagatini@unochapeco.edu.br

Ademar Tibola (Unochapecó) - ademar.tibola@unochapeco.edu.br

Rodrigo Barichello (UNOCHAPECO) - rodrigo.b@unochapeco.edu.br

GEOVANNE DIAS DE MOURA (Unochapecó) - geomoura@terra.com.br

Resumo:

O estudo objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em uma Instituição de Ensino Superior de Santa Catarina. Para tal, realizou-se pesquisa exploratória, por meio de estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior localizada no Estado de Santa Catarina. Para a análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica foram analisados o payback descontado, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o valor anual uniforme equivalente. Os resultados revelaram que o projeto da implantação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados projetados.

Palavras-chave: *Viabilidade econômico-financeira. Energia solar fotovoltaica. Instituição de Ensino Superior.*

Área temática: *Custos aplicados ao setor privado e terceiro setor*

Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil

Resumo

O estudo objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em uma Instituição de Ensino Superior de Santa Catarina. Para tal, realizou-se pesquisa exploratória, por meio de estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior localizada no Estado de Santa Catarina. Para a análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica foram analisados o payback descontado, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o valor anual uniforme equivalente. Os resultados revelaram que o projeto da implantação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados projetados.

Palavras-chave: Viabilidade econômico-financeira. Energia solar fotovoltaica. Instituição de Ensino Superior.

Área Temática: Custos aplicados ao setor privado e terceiro setor

1 Introdução

A energia elétrica é essencial para a vida moderna e, por isso, é preciso produzi-la em larga escala para atender toda a população de um país. Nesse sentido, de acordo com Dutra et al. (2013), a utilização de fontes não renováveis, para gerar toda a energia, é o que predomina atualmente. Os autores destacam ainda que a utilização de fontes não renováveis provoca preocupantes impactos ambientais que vêm sendo comprovados pelos cientistas e sentidos pelas populações mundiais.

Como exemplo de fontes não renováveis, podem ser citadas as termelétricas, geradas com a utilização do carvão, óleo ou outras fontes não renováveis. As termelétricas, segundo Jardim (2007) são as principais fontes de energia na maioria dos países desenvolvidos. Para o autor, contribuem também para o efeito estufa, aquecimento global e de catástrofes climáticas.

Nesse cenário, a preocupação ambiental é crescente, na maioria dos países. Por consequência, as fontes de energias renováveis vem ganhando cada vez mais espaço no mercado mundial (JARDIM, 2007). Os principais motivos para o aumento na participação de energias renováveis, conforme descreve Lodi (2011) são as preocupações ambientais, desenvolvimento social e econômico, o aumento da competitividade diante da geração convencional, a volatilidade no preço do combustível fóssil, aumento na demanda energética, a segurança energética e as políticas governamentais.

A participação de energias renováveis na matriz energética no Brasil, conforme dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2014), empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi de 41% em 2013, enquanto a média mundial foi de apenas 13% em 2011. Fazendo-se uma repartição da oferta interna dos 41% de energias renováveis, têm-se: biomassa da cana (16,1%); hidráulica (12,5%); lenha e carvão vegetal (8,3%); lixo e outras renováveis (4,2%) (EPE, 2014).

Em 2013, ainda segundo dados da EPE (2014), a matriz elétrica brasileira (neste caso são apresentadas apenas as fontes de energia para geração de energia elétrica) apresentou, para um total de 609,9 TWh de energia elétrica produzida, a seguinte configuração: hidráulica

(70,6%); biomassa (7,6%); eólica (1,1%); gás natural (11,3%); derivados de petróleo (4,4%); nuclear (2,4%); carvão e derivados (2,6%).

De acordo com os dados apresentados, verifica-se que a energia solar ainda tem um papel pouco significativo na produção de energia elétrica, visto que não aparece entre os percentuais relacionados pela EPE (2014). Então, infere-se que ainda há muito trabalho por se fazer para se incrementar a participação desta forma de energia na matriz elétrica do Brasil.

A energia solar, dentre as fontes de energias renováveis, destaca-se por ser autônoma, por não poluir o meio ambiente, por ser uma fonte inesgotável, renovável, porque oferece grande confiabilidade e por reduzir custos de consumo no longo prazo (DUTRA et al., 2013). Em relação a energia solar, em 2012, com a finalidade de permitir ao consumidor gerar energia elétrica a partir da energia solar em seu próprio estabelecimento, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou a resolução normativa nº 482, de 17/07/2012. Esta resolução estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012).

Assim sendo, a energia solar, que no Brasil já é uma realidade, permite ao cidadão produzir energia elétrica em sua própria casa. É uma fonte de energia limpa e renovável que se utiliza dos raios do Sol, cujo impacto no meio ambiente é menor do que o de uma usina hidrelétrica, nuclear ou termelétrica (GREENPEACE, 2013).

Painéis solares em telhados ou quintais permitem a produção local de energia ao captar a luz solar. Esse tipo de energia torna-se uma opção ainda mais valiosa para os brasileiros graças à nova regulamentação da ANEEL, que permite a troca da energia produzida pelos painéis por créditos em kWh na fatura de energia.

É uma fonte de energia com grande potencial e que ainda pode ser muito explorada e aproveitada, pela população e pelos governantes. Além disso, trata-se de uma fonte de energia com grande potencial de produção, que pode atender toda a necessidade de energia do Brasil.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em uma Instituição de Ensino Superior de Santa Catarina.

A motivação para este estudo decorre da crescente visibilidade e interesse que as energias renováveis vêm despertando em pesquisadores, empresas, governos e países, inclusive no Brasil, nos últimos anos. As energias renováveis, conforme Jardim (2007), são, na atualidade, um dos mais importantes assuntos para as discussões sobre o futuro da humanidade.

2 Referencial Teórico

No referencial teórico deste estudo são abordados temas que embasam conceitualmente a problemática da pesquisa em questão. Na subseção 2.1, busca-se descrever questões relacionadas a energia solar; na subseção 2.2 trata-se da geração fotovoltaica de energia solar; e, por fim, apresentam-se indicadores para análise de viabilidade econômico-financeira de projetos.

2.1 Perspectivas da energia solar

Assim como se busca ampliar a oferta e reduzir os custos, de acordo com Jardim (2007), também crescem as preocupações com a sustentabilidade e o meio ambiente. Para o autor, é neste contexto que as energias renováveis aparecem e se destacam, inclusive, recebendo apoio de vários grupos e organizações, para a sua ampliação.

As energias renováveis podem ser definidas como aquelas das quais as fontes não se esgotam, ou seja, que se renovam constantemente (Jardim, 2007). Também são entendidas,

segundo Jardim (2007, p. 2), “[...] como “energias alternativas” ao modelo energético tradicional, tanto pela sua disponibilidade (presente e futura) garantida (diferente dos combustíveis fósseis que precisam de milhares de anos para a sua formação) como pelo seu menor impacto ambiental”.

Dentre as fontes de energias renováveis, a energia solar destaca-se, vez que não polui o meio ambiente e pode ser vista como uma fonte inesgotável (DUTRA et al., 2013). Nesse sentido, Brazil (2006, p. 25) ressalta que “[...] o Brasil recebe elevados níveis de incidência da radiação solar praticamente durante todos os meses do ano, inclusive no mês de junho, correspondente ao solstício de inverno para o Hemisfério Sul”.

No tocante a radiação solar, Dutra et al. (2013) descrevem que, para um adequado aproveitamento da energia solar, precisa-se conhecer a radiação e a insolação locais, nos horários em que ocorrem. Os autores (2013, p. 230) esclarecem ainda que “a radiação é medida por meio de pirômetros que registram a energia e a incidência sobre o hemisfério celeste. Já, a insolação é mensurada por meio de heliógrafos, que determinam a duração da radiação direta em períodos considerados benéficos”.

De acordo com os dados apresentados durante o Seminário de Mini e Microgeração de Energia realizado pela ANEEL, em abril de 2014, o país apresentava a seguinte situação:

- a) Capacidade instalada no País era estimada em 40 MWp até 2013;
- b) Cerca de 90% desse total não estavam conectados à Rede (sistemas isolados);
- c) Irradiação Solar no Plano Inclinado, Média Anual (kWh/m²/ano): 1650 a 2400.

Percebe-se, por meio destes dados apresentados pela ANEEL, que a energia solar no Brasil ainda é pouco explorada, sendo utilizada apenas para os geradores e não distribuída pela Rede de distribuição.

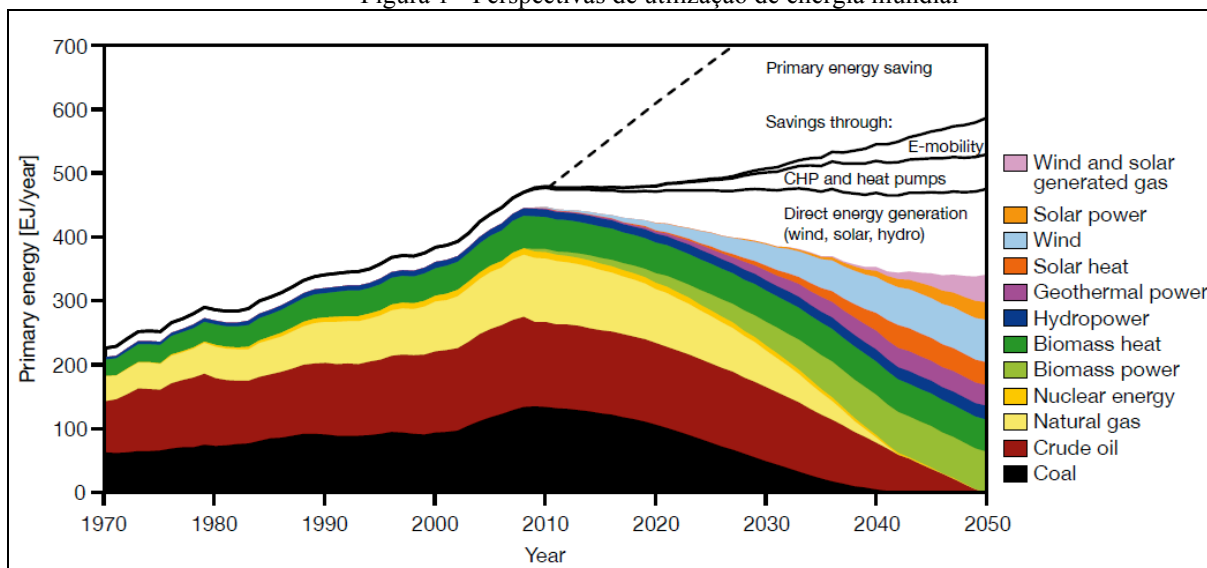
No exterior, ainda segundo dados apresentados pela ANEEL (2014), o panorama difere do Brasil, apresentando os seguintes dados:

- a) Crescimento contínuo da potência instalada na última década, atingindo 69GWp em 2011 e + 100GWp em 2012;
- b) A taxa média de crescimento da geração solar nos últimos 5 anos supera 65% aa;
- c) Instalações ainda concentradas em poucos países:
 - ~50% -> Alemanha e Itália
 - +75% -> 6 países (Alemanha, Itália, Japão, Espanha, EUA e China)
 - +74% -> Europa
- d) A redução de custos tem sido contínua, o que é atribuído aos ganhos de escala, às inovações tecnológicas, à crise econômica europeia e à sobreoferta.
- e) O custo dos painéis fotovoltaicos caiu de cerca de US\$ 30 em 1980 para menos de US\$ 1 por Wp;
- f) A maioria das instalações existentes estão conectadas à Rede (GD);
- g) Irradiação Solar no Plano Inclinado, Média Anual (kWh/m²/ano):
 - Alemanha: 900 a 1250;
 - França: 900 a 1650;
 - Espanha: 1200 a 1850.

Em geral, as energias eólica e solar são as que poderiam dar a maior contribuição para a geração de energia elétrica em todo o mundo (WBGU, 2013).

Em 2011, a *German Advisory Council on Global Change* (WBGU) elaborou um estudo sobre as perspectivas de utilização de energia em todo o mundo, conforme exposto na Figura 1.

Figura 1 - Perspectivas de utilização de energia mundial



Fonte: WBGU (2011)

De acordo com o estudo da *German Advisory Council on Global Change*, as energias renováveis apresentam perspectivas de crescimento, enquanto que as energias não renováveis apresentam tendência decrescente de utilização, para um horizonte de tempo que estende-se até 2050, conforme se verifica na Figura 1.

No Brasil, a utilização de energias renováveis na produção de energia elétrica segue a tendência mundial. A biomassa vem sendo utilizada com sucesso há mais de uma década, no processo de produção de energia elétrica, em usinas de açúcar e álcool e de beneficiamento de arroz. Os recursos financeiros recebidos pela venda de energia elétrica representam um percentual considerável no faturamento global destas empresas.

Em ascensão, e acompanhando o gráfico de tendências mundiais, estão também os investimentos em energias solar e eólica. O Brasil possui um vasto território com incidência de sol e ventos que propiciam investimentos nestas fontes de energias renováveis.

Portanto, além de grande potencial para o aproveitamento solar o país também apresenta um enorme potencial para a utilização da energia solar em sistemas solares fotovoltaicos isolados ou interligados à rede elétrica (Jardim, 2007, p. 2)

Uma das principais vantagens da instalação de energia solar é a descentralização da produção de energia no Brasil. Poder produzir eletricidade em seu próprio domicílio representa mais independência para o consumidor, isto é, não depender dos custos de distribuição e nem dos altos encargos do governo. Com isso, o brasileiro passará a entender com mais clareza sua conta de luz e o real valor da energia.

Com o sistema de compensação estabelecido pela ANEEL em dezembro de 2012, RN nº 482, é possível injetar a energia produzida por placas solares na rede elétrica pública e ganhar em troca kWh de sua distribuidora de energia. Ou seja, a nova conta de luz seria a seguinte:

Consumo da Rede Elétrica
- Energia Gerada pelas Placas Solares
NOVA CONTA DE ENERGIA

É uma maneira de incentivar as energias renováveis uma vez que a compensação é prevista apenas para geração renovável de pequeno porte. Se a geração de energia for maior que o consumido no mês, o excedente será usado para diminuir o custo do consumo nos meses seguintes. É importante dizer que sua conta nunca chegará a zero, pois os

consumidores devem pagar um custo mínimo de disponibilidade. Mas com certeza será um valor muito menor se comparado ao atual.

2.2 Geração fotovoltaica de energia solar

O efeito fotovoltaico, que trata-se da conversão da radiação solar em eletricidade, foi relatado pelo físico francês Edmond Becquerel no ano de 1839 (SAUER et al., 2006; VALLÊRA; BRITO, 2006). Segundo Sauer et al. (2006), somente em 1876 foi obtido o primeiro dispositivo a base de selênio, porém, o primeiro dispositivo viável foi desenvolvido no ano de 1953, nos Laboratórios Bell, nos Estados Unidos, em um substrato de silício.

Essa tecnologia, ainda de acordo com Sauer et al. (2006), ficou limitada à aplicação aeroespacial até o início da década de 1970, quando, em razão da primeira crise do petróleo, iniciaram-se novas investigação mais detalhadas para sua aplicação. Os autores mencionam também que uma das alternativas propostas na época foi o desenvolvimento de células em silício policristalino, que reduzia o custo e proporcionava maior viabilidade econômica da tecnologia. Todavia, ressaltaram que esse avanço ainda não foi suficiente para impulsionar os investimentos em células desse tipo, todavia, estimulou a permanência de alguns grupos de pesquisa nessa área.

As décadas de oitenta e noventa, conforme Vallêra e Brito (2006), também foi considerada um período de maior investimento em energia solar, oriundo de programas de financiamento e motivados principalmente pela consciência crescente da ameaça das alterações climáticas resultantes da queima de combustíveis fósseis.

Em 1990, conforme descreve Sauer et al. (2006), foi anunciado o resultado proveniente de uma célula em escala laboratorial com eficiência de conversão de 35% (em áreas de 5 mm²), foi então, quando a tecnologia de fabricação de células em silício policristalino tornou-se interessante. A partir de então, segundo os autores, houve uma retomada dos investimentos em pesquisas para a obtenção de silício policristalino de baixo custo. Sauer et al. (2006) destaca que, apesar de a energia solar ser a mais abundante entre as fontes renováveis, ainda assim, tem os custos por kW instalado mais elevados, em especial em decorrência do oneroso processo de fabricação de painéis fotovoltaicos. Apesar disso, esse é um mercado em franca expansão.

Nesse sentido, Shayani, Oliveira e Camargo (2006) descrevem que o custo oriundo da implantação da geração solar pode chegar a 50 vezes o custo de de implantação de uma pequena central hidrelétrica, mas, por outro lado, o custo da energia gerada durante a vida útil do sistema implantado, mostra-se 10 vezes mais eficiente para sistemas isolados e 3 vezes mais eficiente para geração interligada à rede elétrica. Deste modo, os autores (2006, p. 2) mencionam que, “com a redução anual do custo dos sistemas solares e a valoração dos custos ambientais e sociais da geração centralizada, o sistema solar tende a se tornar economicamente competitivo a curto prazo”.

A conversão da energia solar em eletricidade pode ser obtida por meio do chamado sistema fotovoltaico (ROSA, 2007). Esse sistema, conforme explica Rosa (2007), é constituído, essencialmente, por um conjunto de painéis (ou módulos) fotovoltaicos, por um regulador de tensão, um sistema de armazenamento (ou acumuladores) e por um inversor que converte corrente contínua em alternada.

Rosa (2007) especifica ainda que o painel fotovoltaico realiza uma função de gerador, propriamente dito. Descreve em seguida que o painel é composto ainda por células fotovoltaicas construídas a partir de semicondutores, que, após receberem a luz solar em sua superfície, produzem tensão elétrica em seus terminais.

Em países desenvolvidos, ao longo dos anos, segundo Jardim (2007), têm sido lançados programas governamentais subsidiando a instalação dessa aplicação. O autor cita

como exemplo, principalmente os EUA (*A Million Roofs Program* - programa um milhão de telhados), a Alemanha (*Hundert Tausend Dächer Programme* - programa cem mil telhados), e a o Japão, onde há a lei de incentivo às energias renováveis com tarifa-prêmio privilegiada para a geração solar (*New Sunshine Program*).

Tais sistemas, conforme ressalta Jardim (2007) representam um reforço à geração convencional que já existe e que, apensa de no presente a contribuição ainda ser pequena, no futuro, poderá contribuir sobremaneira para a geração de energia elétrica.

2.3 Indicadores para análise de viabilidade econômico-financeira de projetos

Dependendo das características do projeto, diferentes tipos de indicadores de viabilidade econômico-financeira podem ser utilizados. Neste estudo, que objetiva analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica serão analisados o payback descontado, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o valor anual uniforme equivalente.

2.3.1 Payback Descontado

Alguns autores, entre eles Lemes Júnior, Rigo e Cherobim (2002), Brigham e Ehrhardt (2006) abordam o *payback* descontado com um método de análise, capaz de evidenciar o tempo necessário para recuperar o investimento inicial. Este método, de acordo com os autores citados, considera o valor do dinheiro no tempo, pois, utiliza uma taxa de desconto para verificar o número exato de períodos, em que o projeto recupera o valor inicial investido. Normalmente, essa taxa de desconto usada é a taxa mínima de atratividade, a qual é determinada pelo próprio investidor como parâmetro para remuneração de seu capital.

2.3.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Para Souza (2003, p. 74) o valor presente líquido (VPL) corresponde “à diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa associadas ao projeto e o investimento inicial necessário”. Nesse sentido, Gitman (2001) afirma que o VPL é uma técnica de orçamento sofisticada. O seu valor é determinado subtraindo-se do valor inicial de um projeto, o valor presente das entradas líquidas de caixa, descontadas a uma taxa igual ao custo do capital da empresa (LEMES JÚNIOR, RIGO e CHEROBIM, 2002).

Brasil (2002, p. 08) cita que “o critério do valor presente líquido fornece indicação a respeito do potencial de criação de valor de um investimento”. Desta forma, o VPL é uma medida de quanto valor é criado ou adicionado hoje, realizando determinado investimento. Para tanto, faz-se necessário trazer a valor presente todos os fluxos de caixa esperados, utilizando uma taxa de desconto e após reduzir estes valores do desembolso inicial do projeto.

Conforme Lemes Júnior, Cherobim e Rigo (2002), utilizar o VPL para a tomada de decisões facilita o alcance do principal objetivo do administrador financeiro, que é de maximizar a riqueza do acionista ou proprietário. Ressalta-se que o VPL é o método de análise de investimento em projetos mais utilizado por profissionais de finanças, pois permite interpretar facilmente os resultados (ABREU FILHO, 2003; ZANIN; BAGATINI, 2012).

2.3.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno (TIR) de um investimento é a taxa exigida de retorno que, quando utilizada como taxa de desconto, resulta em VPL igual a zero (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2000; SOUZA; CLEMENTE, 2001; BRASIL, 2002; LEMES JÚNIOR; RIGO; CHEROBIM, 2002; ABREU FILHO et al., 2003). Assim, quando o VPL é

zero encontra-se o ponto de equilíbrio econômico do projeto e, deste modo, não haverá criação nem destruição de valor (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2000).

Com a TIR, determina-se uma única taxa de retorno para sintetizar os méritos de um projeto. Essa taxa é dita interna, no sentido de que depende somente dos fluxos de caixa de certo investimento e não de taxas oferecidas em algum outro lugar (LEMES JÚNIOR, RIGO e CHEROBIM, 2002). Então, para avaliação de propostas de investimento, por meio do cálculo da TIR, é necessário conhecer os montantes de dispêndio de capital (desembolsos se tiver mais de um) e dos fluxos de caixa líquidos gerados pela decisão, onde a TIR representará a rentabilidade do projeto expressa em termos de taxa de juros (ASSAF NETO, 2003).

Desta forma, a TIR representa a taxa de juros para a qual o valor presente das entradas de caixa resultantes do projeto iguala o valor presente dos desembolsos do mesmo, sendo uma medida bastante utilizada no orçamento de capital. Caracteriza, desta forma, a taxa de remuneração do capital investido.

2.3.4 Valor Anual Uniforme Equivalente

É mais um método a ser utilizado para analisar as propostas de investimentos de recursos. Para Kassai et al (2005, p. 85) “este método consiste em obter um valor médio periódico dos fluxos de caixa positivos e compará-lo com o valor médio dos fluxos de caixa negativos”.

3 Procedimentos Metodológicos

O estudo caracteriza-se como pesquisa exploratória, realizada por meio de um estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior localizada no Estado de Santa Catarina.

A pesquisa do tipo exploratória, de acordo com Martins e Theóphilo (2007), é a abordagem adotada quando se busca maiores informações sobre determinado assunto. Os autores complementam descrevendo que é aquela que possui um planejamento flexível e é indicada quando se tem poucas informações sobre o objeto de pesquisa.

Em relação a pesquisa exploratória, Gil (2008) salienta ainda que a pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema, ou seja, com objetivo de torná-lo mais explícito. Ainda segundo o autor, geralmente, esse tipo de pesquisa assume a forma de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso.

O estudo de caso, segundo Gil (2008), consiste no estudo aprofundado de um ou de poucos objetivos, de modo que possibilite o conhecimento amplo e detalhado. Para Yin (2005, p. 32) trata-se de “[...] uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real”.

Os dados relacionados nesse estudo de caso foram coletados diretamente na Instituição de Ensino Superior em análise, por meio de entrevistas não-estruturadas no período de Março de 2015 a Abril de 2015. Segundo Gil (2008) entrevistas não-estruturadas são aquelas em que o entrevistador possui um guia com tópicos previamente determinados, mas sem haver uma sequência obrigatória a seguir.

De modo mais específico, a pesquisa inicia-se com o estudo da estrutura da edificação em que pretende-se instalar o sistema de geração de energia elétrica, através de energia solar. As condições ambientais, diferentes para cada região do país, são fatores que também foram levados em consideração, haja vista sua interferência direta na eficiência do sistema.

Após, foram realizadas análises técnicas dos sistemas propostos pelos possíveis fornecedores, incluindo os painéis solares, inversores de frequência, entre outros itens necessários ao processo de construção de uma central de minigeração distribuída de energia elétrica.

Em seguida, foram realizados os cálculos da geração de energia com base nas informações coletadas na própria Instituição de Ensino, quais sejam:

- a) Localização no qual a instalação se encontra;
- b) Radiação solar no local (horas de sol equivalente/dia), de acordo com a localização da edificação;
- c) Perdas/ganhos por inclinação dos painéis solares;
- d) Perdas por sombreamento;
- e) Temperatura ambiente ao longo do ano;
- f) Número total de painéis solares, de acordo com a área total do telhado disponível para instalação dos equipamentos;
- g) Potência e tensão elétrica dos painéis solares;
- h) Rendimento dos painéis solares.

Por fim, foi realizado o cálculo do investimento necessário para instalação do sistema proposto, com base em orçamento de equipamentos fornecido por um possível fornecedor local, o qual será responsável pela instalação e comissionamento da central de minigeração de energia elétrica. O custo da energia elétrica foi considerado o atualmente pago, pela instituição analisada, ao seu fornecedor.

Para a análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica foram analisados o payback descontado, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o valor anual uniforme equivalente.

4 Descrição e análise dos resultados

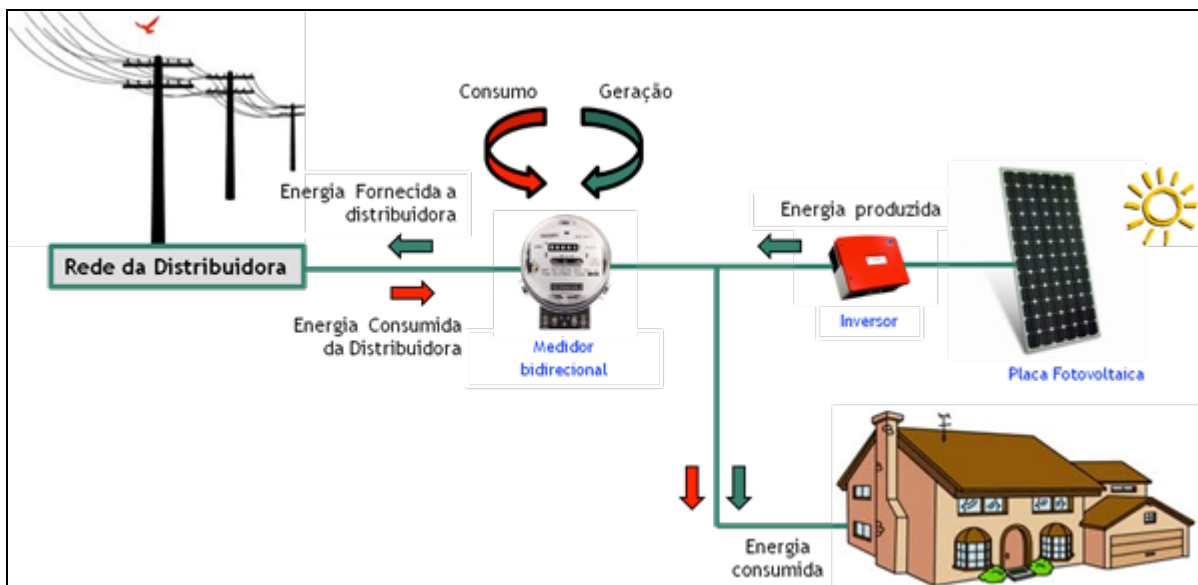
Neste capítulo apresentam-se todas as informações relativas ao sistema fotovoltaico proposto, bem como as análises econômico-financeiras do projeto.

4.1 Instalação do sistema fotovoltaico proposto

O sistema projetado deve ser conectado diretamente à rede de energia elétrica existente na universidade, isto possibilita dispensar o uso de baterias, pois, a rede de energia funciona como um *back-up*.

Este sistema é mais comum em áreas urbanas, utilizando edificações já existentes, que além de consumidores também passam a produtores de energia, podendo, em algumas situações, retornar a energia excedente à rede de distribuição, conforme apresentado na Figura 2, em que se ilustra o sistema fotovoltaico sugerido.

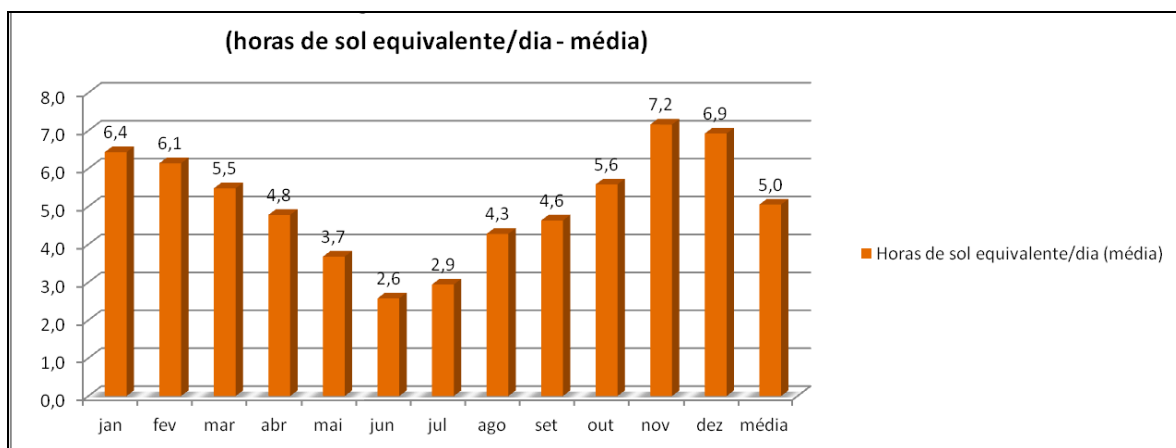
Figura 2 - Sistema fotovoltaico conectado a rede



Fonte: Viridian (2015).

Para dimensionar de forma apropriada um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, conforme o exposto na Figura 2, deve-se considerar as variações de temperatura do local onde o mesmo é instalado, pois, a mesma impacta no rendimento dos módulos, bem como a quantidade média diária de sol. A Figura 3 apresenta a irradiação média mensal da cidade em que a Instituição de Ensino Superior está localizada.

Figura 3 - Horas de Sol equivalente/dia – média



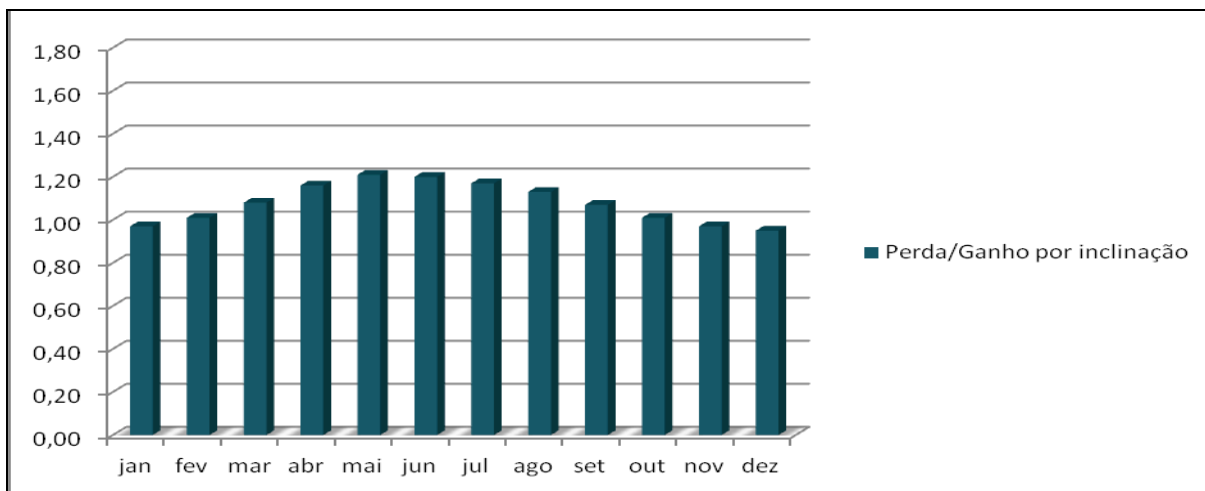
Fonte: ATLAS Solarimétrico do Brasil, 2000.

Por meio da Figura 3, verifica-se que, na cidade onde a Instituição está localizada, a média anual gira em torno de 5 horas de sol equivalente ao dia. Os meses de novembro a fevereiro apresentam maior incidência de sol, acima de 6 horas diárias, enquanto os meses de junho e julho a menor incidência de sol, com menos de 3 horas diárias.

Em razão da variação de incidência solar durante os meses do ano, a inclinação e a posição dos painéis são fundamentais, pois podem provocar perdas. Para este projeto considerou-se uma inclinação dos painéis em relação ao plano horizontal de 20 graus.

A figura 4 apresenta os ganhos e perdas mensais relacionadas à inclinação e posicionamento estimados.

Figura 4 - Ganhos e perdas por inclinação dos painéis

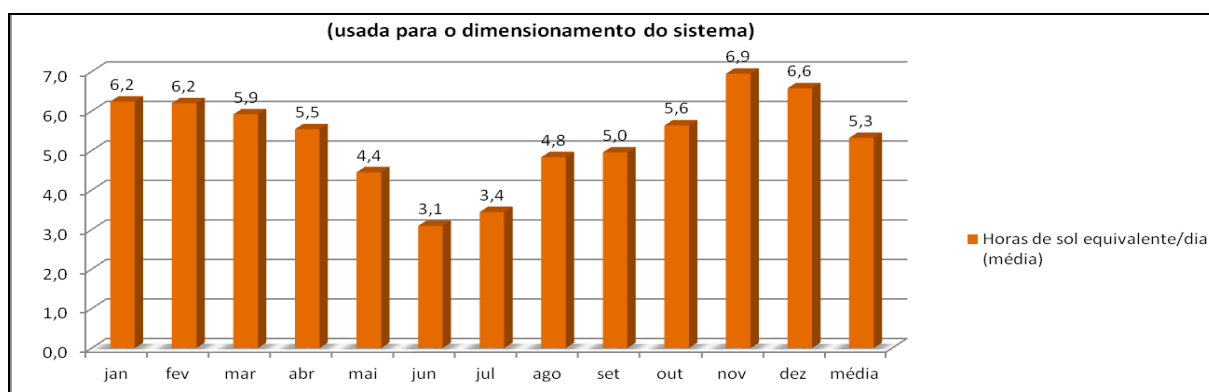


Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores na Figura 4 estão em escala comparativa entre um sistema com painéis solares instalados na posição horizontal e com o mesmo sistema com painéis solares instalados com inclinação de 20°, em relação ao plano horizontal. O valor 1,0 mostrado na Figura 4 representa que a eficiência do sistema é igual, tanto para a posição horizontal quanto para a inclinada. Um valor maior que 1,0 representa quantas vezes o sistema inclinado é melhor que o sistema na posição horizontal. Um valor menor que 1,0 representa quantas vezes o sistema na posição inclinada é menos eficiente que o sistema com placas instaladas na posição horizontal.

Por meio da Figura 5, visualiza-se a quantidade média de horas de sol/dia já considerando os efeitos de sombreamento e inclinação.

Figura 5 - Radiação mensal após sombreamento e inclinação



Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores ora apresentados foram obtidos através do produto entre os valores das Figuras 3 e 4. Com o sistema instalado na posição horizontal, demonstrado pela Figura 3, consegue-se uma incidência de sol sobre os painéis solares de 5,0 horas de sol equivalente/dia (média). Já com o sistema inclinado em 20°, conforme demonstra o gráfico da Figura 5, a incidência de sol sobre os painéis solares chega a 5,3 horas de sol equivalente/dia (média). Observa-se assim, que a inclinação dos painéis solares resulta em um ganho na eficiência do sistema de aproximadamente 6%.

Para efeito de projeto, estes são os dados levados em conta para o dimensionamento da quantidade de painéis e potência do inversor.

4.2 Investimento em equipamentos para instalação do sistema e geração de energia

Com base nos dados coletados, o sistema proposto para a Instituição de Ensino Superior em estudo é composto dos equipamentos descritos no Quadro 01, com os respectivos investimentos necessários.

Quadro 01 - Investimento do projeto

Material	Quant.	Valor R\$ (un.)	Valor total R\$
Painel Solar, distribuidor Renovigi, fabricante Risen, modelo SYP250, certificação “A” no Inmetro	400	750,00	300.000,00
Inversor “on grid”, distribuidor Renovigi, fabricante B&B Power, modelo ST 20000TL, potência de 20,0kW.	5	15.619,88	78.099,40
Suporte de fixação de painéis	400	120,00	48.000,00
Comissionamento e start-up	1	12.000,00	12.000,00
Interligação com a rede de energia existente	1	7.500,00	7.500,00
Painel de proteção e distribuição de energia fotovoltaica (PPDEF)	1	9.200,00	9.200,00
Instalações elétricas das placas fotovoltaicas	1	62.000,00	62.000,00
Projeto Elétrico	1	28.000,00	28.000,00
Total			544.799,40

Fonte: Dados da pesquisa.

Os painéis solares, descritos no Quadro 1, serão instalados na parte superior, sobre o telhado da edificação, os quais estarão calçados por suportes de sustentação fixados na própria edificação.

Os inversores e painéis elétricos, bem como a conexão com a rede elétrica existente, estarão localizados em uma sala específica da própria edificação, no andar térreo, para facilitar a manutenção e gerenciamento do processo de produção de energia elétrica.

O projeto elétrico, comissionamento e *star-up* serão feitos por uma empresa especializada da própria cidade, que já possui *know-how* na área de energias renováveis.

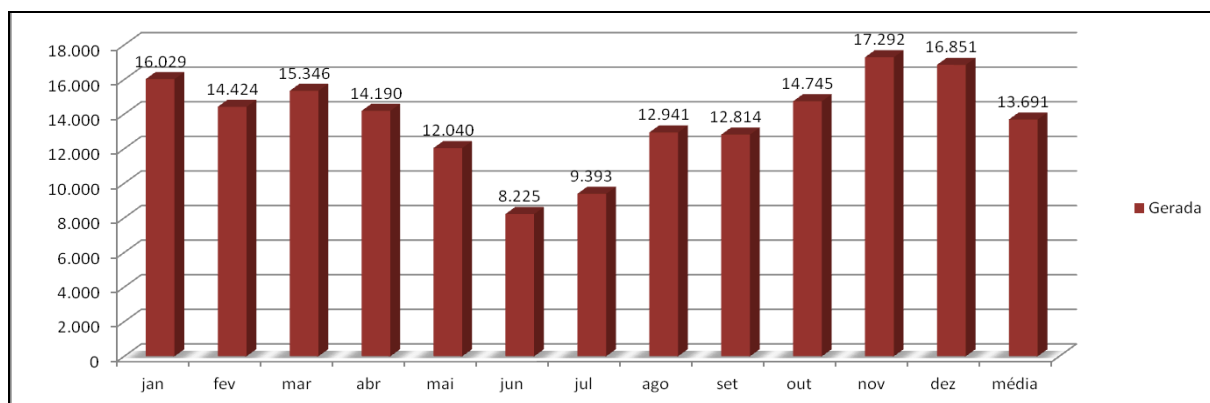
O projeto elétrico deve ser feito e encaminhado à concessionária de energia local para avaliação e aprovação, haja vista que este procedimento é uma exigência da própria concessionária, com o objetivo de garantir a segurança e bom funcionamento do sistema.

Verifica-se que o investimento em equipamentos para instalação do sistema e geração de energia através de painéis fotovoltaicos, conforme pode ser visualizado no Quadro 1, é de R\$ 544.799,40.

4.3 Capacidade de geração do sistema proposto

Com base no sistema proposto, composto por 400 painéis fotovoltaicos de 250Wp/cada e, considerando temperatura, inclinação e radiação no local onde os mesmos poderão ser instalados, é possível que o sistema forneça mês a mês, em média, a energia apresentada na figura 06.

Figura 06 - Energia média gerada pelo sistema (KWh/mês)



Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se na Figura 6 que a geração de energia elétrica é maior nos meses mais quentes do ano, tendo em vista a maior incidência de sol. São justamente os períodos de maior consumo pela instituição, devido aos sistemas de climatização utilizados, principalmente, para refrigeração, quando da elevação de temperatura ambiente.

A energia elétrica produzida pelo sistema fotovoltaico supre uma parcela de aproximadamente 25% do consumo de energia da edificação, de acordo com estudos técnicos realizados. As medições foram realizadas por um período de uma semana, no mês de abril de 2015, instalando-se equipamentos apropriados para registro do consumo de energia da edificação.

4.4 Análise da viabilidade econômico-financeira do projeto

A energia atualmente consumida pela IES é fornecida por uma empresa que atua na comercialização da mesma no mercado livre. Após analisar a fatura de energia elétrica foi possível perceber que o valor do kWh pago pela IES para a fornecedora era de R\$ 0,4211.

A Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (Celesc) é a concessionária de energia elétrica local e esta cobra pelo transporte da energia até o consumidor. Esta cobrança é referente a utilização da rede da empresa para transportar a energia entre a geração e o consumidor final. Foi possível perceber também, pela fatura, que o valor do kWh pago para o transporte da energia era de R\$ 0,037381, não tendo distinção de valores em horário de ponta e fora da ponta. Desta forma, tem-se um total de R\$ 0,4584 por kWh.

O quadro 2 apresenta o fluxo de caixa projetado para o período de 15 anos.

Quadro 2 - Fluxo de caixa projetado

Anos	Investimento	Economia Fatura Energia Elétrica	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Payback descontado
0	-R\$ 544.799,40		-R\$ 544.799,40	-R\$ 544.799,40	-R\$ 544.799,40
1		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 68.464,96	-R\$ 476.334,44
2		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 62.240,87	-R\$ 414.093,57
3		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 56.582,61	-R\$ 357.510,96
4		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 51.438,74	-R\$ 306.072,23
5		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 46.762,49	-R\$ 259.309,74
6		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 42.511,35	-R\$ 216.798,39
7		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 38.646,68	-R\$ 178.151,71
8		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 35.133,35	-R\$ 143.018,36

9		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 31.939,41	-R\$ 111.078,95
10		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 29.035,83	-R\$ 82.043,12
11		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 26.396,20	-R\$ 55.646,92
12		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 23.996,55	-R\$ 31.650,37
13		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 21.815,05	-R\$ 9.835,32
14		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 19.831,86	R\$ 9.996,53
15		R\$ 75.311,45	R\$ 75.311,45	R\$ 18.028,96	R\$ 28.025,50

Fonte: Dados da pesquisa

Ao considerar um custo do kWh de R\$ 0,4584 e a possibilidade de geração média mensal do sistema proposto de 13.691 kWh é possível economizar anualmente R\$ 75.311,45, ou seja, mensalmente R\$ 6.275,95, conforme pode ser visualizado no Quadro 2.

O cálculo do *payback* descontado considera uma TMA de 10% ao ano, assim, são necessários 13,50 anos para recuperar o investimento inicial proposto de R\$ 544.799,40. Nota-se ainda, no Quadro 2, que o valor presente líquido ao final do décimo quinto ano será de R\$ 28.025,50, a taxa interna de retorno de 10,89% e o valor anual uniforme equivalente de R\$ 3.684,62.

Ao observar, ainda no Quadro 2, apenas a economia acumulada durante um período de 8 anos (R\$ 75.311,45 x 8), é possível identificar um valor total de R\$ 602.491,60, ou seja, já é R\$ 57.692,20 superior ao custo total da instalação do sistema de geração solar. Portanto, a partir de, aproximadamente, 7,5 anos o sistema já estará totalmente pago e gerando uma economia anual de R\$ 75.311,45.

Assim, é possível concluir que, para uma TMA de 10% ao ano, o projeto de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados projetados.

5 Considerações Finais

O estudo objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em uma Instituição de Ensino Superior de Santa Catarina.

Para tal, realizou-se pesquisa exploratória, por meio de um estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior localizada no Estado de Santa Catarina. Para a análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica foram analisados o *payback* descontado, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o valor anual uniforme equivalente.

Os resultados revelaram que o projeto da implantação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados projetados

Conclui-se que, além de reduzir custos e de apresentar viabilidade econômico financeira para a Instituição de Ensino analisada, a energia solar, uma das mais importantes dentre as fontes de energias renováveis, gerará benefícios inestimáveis também ao meio ambiente.

Referências

ABREU FILHO, José Carlos Franco de; SOUZA, Cristóvão Pereira de; GONÇALVES, Danilo Amerio; CURY, Marcus Vinícius Quintella. **Finanças Corporativas**. Rio de Janeiro: FGV, 2003.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Seminário Micro e Minigeração Distribuída - Impactos da Resolução Normativa n. 482/2012**. Brasília-DF, 2014. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/hotsite/mmgd/>. Acesso em 06/07/2015.

_____. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. **Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 06/07/2015.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2003.

ATLAS Solarimétrico do Brasil. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.

BRASIL, Haroldo Guimarães. **Avaliação Moderna de Investimentos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

BRAZIL, O. A. V. **Regulação e apropriação de energia térmica solar pela população de baixa renda no Brasil**. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) - Universidade Salvador – UNIFACS, Salvador, 2006.

DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L. V. Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 34, n. 124, p. 225-243, 2013.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2014 – Ano base 2013**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em <http://www.epe.gov.br>. Acesso em 15/06/2015.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GREENPEACE. **Cartilha Solar**. 2013. Disponível em <http://www.greenpeace.org>. Acesso em 07/07/2015.

JARDIM, C. S. **A inserção da geração solar fotovoltaica em alimentadores urbanos enfocando a redução do pico de demanda diurno**. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

KASSAI, J. R. et al. **Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 3 ed. São Paulo:Atlas, 2005.

LEMES JUNIOR, Antônio Barbosa; CHEROBIM, Ana Paula; RIGO, Cláudio Miessa. **Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras**. 5 reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

LODI, C. **Perspectivas para a Geração de Energia Elétrica no Brasil Utilizando a Tecnologia Solar Térmica Concentrada**. 2011. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Programa de Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

ROSA, V. H. S. **Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil: em busca de um modelo sustentável**. 2007. 440 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JORDAN, Brandford D. **Princípios de administração financeira**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

SAUER, I. L.; QUEIROZ, M. S.; MIRAGAYA, J. C. G.; MASCARENHAS, R. C.; JÚNIOR, A. R. Q. Energias renováveis: ações e perspectivas na Petrobrás. **Bahia Análise & Dados**, v. 16, n. 1, p. 9-22, 2006.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M.; CAMARGO, I. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO (CBPE), 5, 2006, Brasília, **Anais...** 2006.

SOUZA, A. B. **Projetos de investimentos de capital: elaboração, análise, tomada de decisão**. São Paulo: Atlas, 2003.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

VALLÊRA, Antônio M.; BRITO, Miguel Centeno. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta da física**, v. 29, 2006.

VIRIDIAN. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2015. Disponível em <http://www.viridian.com.br>. Acesso em 08/07/2015.

WBGU - German Advisory Council on Global Change. **World in Transition - A Social Contract for Sustainability**. Germany, 2011. Disponível em <http://www.wbgu.de/en/flagship-reports/>. Acesso em 06/07/2015.

_____. **World in Transition: Governing the Marine Heritage**. Germany, 2013. Disponível em <http://www.wbgu.de/en/flagship-reports/>. Acesso em 06/07/2015.

ZANIN, A; BAGATINI, F. M. The economic and financial feasibility of a biodigester: A sound alternative for reducing the environmental impact of swine production. In: CURKOVIC, S. (Org). **Sustainable Development – Authoritative and leading edge content for environmental management**. Rijeka, Croatia: Intech. P. 371-388, 2012.