

VIABILIDADE ECONÔMICA FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO: ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA

Resumo: O estudo pretende comparar e analisar o desempenho econômico da implantação de um sistema de geração de energia solar, através de painéis fotovoltaicos operando pelo sistema *On Grid* em uma residência situada na cidade de Toledo-PR com duas diferentes capacidades de geração. A relevância do estudo está nos aumentos sofridos nos anos de 2014 e 2015, que registram uma alta superior a 50% da tarifa de energia elétrica. Classifica-se a pesquisa como descritiva e exploratória, por meio de um estudo de caso, com abordagem quantitativa. Neste trabalho, foi analisado o tempo de retorno do investimento e também se o investimento é pago antes do final da vida útil garantida do bem, para se apresentar estes resultados foram utilizados os métodos do VPL, TIR e Fluxo de Caixa. Verificou-se, a princípio que a implantação dos sistemas de painéis de energia solar é viável na atual estrutura energética e que o retorno do investimento, partindo do valor pago nas faturas de energia, aconteceria em pouco mais de 10 anos, tempo inferior ao valor da vida útil garantida do sistema, já que os sistemas possuem 25 anos de garantia.

Palavras-Chave: Análise de viabilidade. Energia solar fotovoltaica residencial. Geração de energia elétrica.

Abstract: The study intends to compare and analyze the economic performance of the implantation of a solar energy generation system, using photovoltaic panels operated by the On Grid system in a residence located in the city of Toledo, with two different generation capacities. The relevance of the study is in the increases suffered in the years 2014 and 2015, which record a high of more than 50% of the electricity tariff. The research is classified as descriptive and exploratory, through a case study, with a quantitative approach. In this work, the time of return of the investment was analyzed and also if the investment is paid before the end of the guaranteed useful life of the good, to present these results were used the NPV, IRR and Cash Flow methods. At the outset, it was verified that the implantation of the systems of panels of solar energy is viable in the current energetic structure and that the return of the investment, starting from the amount paid in the invoices of energy, would happen in little more than 10 years, time inferior to the value Of the guaranteed lifetime of the system, since the systems have a 25-year warranty.

Keywords: Feasibility analysis. Solar photovoltaic residential energy. Generation of electric energy

Introdução: Este estudo objetiva comparar e analisar, por meio de um estudo de caso o desempenho econômico da instalação de um sistema de geração de energia solar elétrica para uma residência com 142,25 m², com três moradores e possuindo diversos equipamentos elétricos como chuveiros, torneiras e aparelhos de ar condicionado.

Sendo assim, analisou-se duas diferentes capacidades de geração para o projeto de instalação. Estes projetos desenvolvem-se à partir de painéis solares fotovoltaicos interligados ao sistema elétrico de Toledo pela tecnologia *On Grid*, além de analisar o desempenho do investimento, quanto ao seu retorno do valor investido e o impacto financeiro gerado pelos projetos.

A capacidade a ser verificada pelo estudo de uma geração na média de 334 Megawatts (MW)/mês, dado a residência analisada ter 142,25 m² de área construída e com três moradores. O objetivo do estudo é conseguir uma redução no montante a pagar da fatura de energia elétrica, mas não efetuar a geração e distribuição de energia. Desta forma, acredita-se que o valor determinado de geração de energia solar é o adequado para ter seu desempenho de implantação.

A eletricidade se tornou uma fonte de luz, calor e força muito utilizada nos dias atuais, ela demonstra ser uma fonte importante, pois para fazer atividades simples como obter iluminação, fazer a utilização de equipamentos eletroeletrônicos como: computador, televisão, aparelhos de som, ar condicionado, entre outros necessitamos dela. A energia elétrica, pode ser considerada como um item de necessidade básica para a atual sociedade, desta forma, deve-se utilizar este recurso da maneira mais racional e eficiente possível (CAVALCANTE, 2015).

De acordo com Inatomi (2005), deve-se procurar um modelo de geração de energia que seja o mais sustentável possível para continuar crescendo, mas sem estar associados ao consumo de combustíveis fósseis. Estes combustíveis, possuem a característica de ser um bem finito e também como um grande responsável pela emissão de gases tóxicos e poluentes, que alteram o clima mundial e causam danos à saúde. Para os autores, uma das áreas de estudo que são de grande importância para o mundo seriam as pesquisas ligadas à energia renováveis, pois é através dessa forma de produção de energia que se consegue obter nossa demanda energética sem contribuir para uma maior degradação do planeta.

Quanto aos métodos de produção de energia elétrica proveniente de fontes alternativas e renováveis, tenha-se a biomassa, que é obtida a partir de matéria orgânica de origem animal e vegetal, a partir da força dos ventos é chamada de energia eólica, através da captação de radiação solar é a energia solar e a mais utilizada no Brasil, que é obtida a partir de centrais hidroelétricas a energia hidrelétrica (PACHECO, 2016).

De acordo com o Portal Brasil (2016), para conseguir fazer a geração de energia de uma forma racional e eficiente, deve-se ter uma boa estrutura energética como base desta geração. Ao se analisar a matriz energética do Brasil, este possui a matriz energética mais renovável do mundo industrializado, com grande participação das hidroelétricas na produção de eletricidade no país, chegando a aproximadamente 75% da produção nacional.

Devido ao Brasil ter sua matriz energética baseada na geração de energia pelas hidroelétricas, no momento em que o país passa por períodos de escassez de chuvas, combinado com um contínuo desperdício de água, os reservatórios das usinas hidroelétricas de regiões importantes do país poderão registrar níveis muito inferiores aos já registrados anteriormente e com isso diminuir a capacidade de geração de energia (ORGANIZZE, 2016).

Ao se efetuar um consumo consciente deste recurso, pode-se ter como benefícios à preservação do meio ambiente e a utilização estratégica dos recursos naturais. Esta utilização estratégica pode ser capaz de suprir as necessidades da atual geração sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações, e como resultados deste arranjo de condições garantiram uma boa qualidade de vida (ANEEL, 2005).

Conforme exposto, uma das saídas para este problema seria analisar todas as formas de energia existentes e verificar qual seria a mais vantajosa e adequada para se utilizar. Uma das formas mais adequadas de geração de energia limpa seria a junção de diversos tipos de produção, somar a geração de energia das hidroelétricas, com a eólica e a solar, com a finalidade de uma complementar ou compensar a outra quando ocorrer algum evento que diminua a geração de energia.

Caso contrário, uma das conseqüências desta diminuição da geração de energia é o aumento dos custos de produção podendo até ocasionar um racionamento do consumo. Nos anos de 2014 e 2015 houve uma intensificação dos reajustes nas tarifas da energia elétrica, chegando a um aumento de 50% sobre o valor da energia elétrica, com base Gazeta do Povo (2016).

O Atlas da ANEEL (2005) afirma que quase todas as fontes de energia (hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos) são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica em sistemas de aquecimento de fluidos ou também ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio dos sistemas de painéis fotovoltaicos.

A elaboração deste trabalho ocorre em um momento que o setor energético do país apresenta algumas incertezas sobre o futuro, desse modo torna-se relevante analisar formas de reduzir o valor da conta de energia elétrica, através da implantação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica.

Referencial teórico: O capítulo proposto objetiva apresentar uma base teórica sobre a produção de energia elétrica, que discutirá a produção, a matriz energética do Brasil, a utilização da energia solar no Brasil, posteriormente será demonstrado a energia solar fotovoltaica e por último, o desempenho e viabilidade de projetos.

Produção de energia elétrica: A energia elétrica é uma das melhores formas de transformação, esta eletricidade gerada pode ser transformada em energia mecânica, térmica ou luminosa. Através dessas transformações fica evidente além de sua versatilidade também a sua importância para a sociedade. Pode-se, citar o desenvolvimento da pilha, do dínamo, do eletroímã e da lâmpada como fatores primários que contribuíram para uma maior importância da energia elétrica para o mundo (BURATTINI, 2008).

A partir da revolução francesa, o homem conseguiu obter um maior domínio da energia, permitindo sua utilização nas máquinas industriais através do uso do vapor (energia térmica). Isso alterou a manufatura mundial que, deixou de utilizar a mão de obra como principal meio de fabricação das mercadorias e passou para o trabalho com máquinas (PROCEL, 2008).

Um grande marco na utilização da energia elétrica foi à iluminação de ruas e casas através da lâmpada, esta aplicação da energia elétrica foi à confirmação de que a eletricidade tinha chegado para ficar. Neste momento, se tornou necessário o desenvolvimento de maneiras de gerar a eletricidade em grande escala, chegando ao ponto da geração de eletricidade ser um fator importante para o desenvolvimento além de servir de parâmetro para medir o grau de desenvolvimento de um país (BRANCO, 1990).

De acordo com o Procel (2008), após a utilização da energia a vapor em 1878, em Nova Iorque e Londres foi iniciada a construção de usinas geradoras de energia elétrica. No ano de 1880, se deu o começo do ciclo da energia proveniente do petróleo, que era utilizado na operação dos motores à combustão interna e em 1945, iniciou o processo de geração da energia através da fonte atômica.

Ao se propor a utilização de diversos meios de geração de energia, deve-se também cuidar para não utilizar de maneira irracional para evitar o seu desperdício, que além de causar danos econômicos e ambientais pode ocasionar um menor desenvolvimento econômico e social. No caso dos países em desenvolvimento como o Brasil, esta questão deve ser tratada com grande importância, pois estas economias devem implementar ações de eficiência energética a fim de conseguirem um maior desenvolvimento sem ter o gargalo da eletricidade como fator limitador (PROCEL, 2008).

Matriz energética do Brasil: O Brasil utiliza predominantemente o modelo de geração de energia através de hidroelétricas, neste processo de obtenção de energia é utilizada a energia potencial de uma queda d'água para a movimentação de turbinas que estão acopladas a geradores elétricos. Para se obter este potencial da queda d'água, são construídos grandes reservatórios para a armazenar a água.

Morais (2015) apresenta que ao se analisar as fontes da energia elétrica utilizada no Brasil no ano de 2014, conforme a tabela 1 a energia das hidroelétricas correspondem na média 63% da geração total. A energia de biomassa é responsável por 8,6% do *market share* e a proveniente dos combustíveis fósseis corresponde a aproximadamente 17,9% da produção. Os 10,5% restantes estão distribuídos nas demais matrizes energéticas.

Tabela 1 - Matriz energética brasileira

Tipo	Capacidade instalada (GW)	%
Hidroelétricas	88	63,10%
Gás	12,7	9,01%
Petróleo	9	6,50%
Biomassa	11,7	8,60%
Nuclear	2	1,40%
Carvão Mineral	3,4	2,40%
Eólica	3,8	2,70%
Fotovoltaica	0,01	0,01%
Importação	8	5,80%
Total	139	100,00%

Fonte: Banco de Informação de Geração, 2014 (adaptado pelo autor).

Uma das grandes desvantagens do sistema das hidroelétricas decorre além dos sistemas ambientais que são impactados com a construção do lago da barragem mas também a dependência dos recursos hídricos em todas as épocas do ano para manter os reservatórios em plena capacidade para efetuar a geração de energia de maneira eficiente (PROCEL, 2008).

Com o aumento acelerado da demanda de energia elétrica no Brasil, ocorre a necessidade de diminuir a dependência de somente ter uma fonte de energia para o país. Mesmo com a matriz energética sendo estruturada fortemente na energia hidrelétrica, o Brasil oferece uma base excelente para o desenvolvimento interligado da energia eólica e da energia solar em conjunto com a hidroeletricidade (VILLAVA; GAZOLI, 2012).

Somando os potenciais hidrelétrico, eólico e fotovoltaico ainda inexplorados no Brasil, calcula-se um potencial de geração de energia de cerca de 600 GW (Gigawatt), com dados do Ministério de Minas e Energia (MME) do Brasil (2012). A capacidade instalada de geração no Brasil era de 121 GW, com a exploração de todo potencial de geração de energia limpa, o país pode aposentar o uso tanto de combustíveis fósseis quanto da energia nuclear na sua matriz energética.

Villava e Gazoli (2012) defende que devido às intermitências destas fontes de energias, estas devem ser utilizadas como complemento uma da outra, quando o nível dos reservatórios de água das hidroelétricas estiver baixo, devido a períodos de estiagem, pode-se compensar a diminuição da capacidade de produção de energia com essas fontes complementares para que busquemos uma geração de energia limpa, barata e eficiente.

Energia solar no Brasil: A radiação solar é considerada como uma fonte de energia inesgotável. Pode ser classificada como uma fonte de grande potencial de ser utilizada para a geração de energia por ser um elemento renovável. É considerada como a principal fonte de

energia do nosso planeta. A superfície da terra recebe anualmente uma grande quantidade de energia solar, que é suficiente para suprir a demanda mundial, mas que apenas uma parcela dessa energia é aproveitada (VILLAVA; GAZOLI, 2012).

O Atlas da ANEEL (2005), afirma que a energia solar pode ser utilizada diretamente tanto como fonte de energia térmica, que seria a energia que aquece fluidos e ambientes, como também para a geração de potência mecânica ou elétrica. Outra forma de aplicação da energia solar é a captação dela por materiais termoelétricos e fotovoltaicos, capazes de gerar energia elétrica com a energia absorvida e transformada pelos mesmos.

A conversão da energia solar em energia elétrica ocorre pelo efeito dos raios solares incidindo sobre determinados materiais, particularmente semicondutores. Dentro desta categoria de conversão, tenha-se os materiais que trabalham, por meio efeito termoelétrico e também os materiais que utilizam a tecnologia fotovoltaica para captação da radiação solar (BURATTINI, 2008).

Dentre os entraves para a concretização da maior utilização da energia eólica e também da fotovoltaica estão os desafios técnicos, políticos e econômicos. Um dos desafios para a disseminação dessas tecnologias é a redução dos custos da energia produzida pelos sistemas, que somente vai ser alcançada quando o uso destas fontes de energia for ampliado. Esta inserção em larga escala depende além das regulamentações e da criação de normas técnicas conjuntamente com a aplicação de subsídios, isenções ou a criação de linhas de crédito especiais para projetos de implantação destas modalidades de geração de energia (MORAIS, 2015).

Um importante marco para a inserção da energia fotovoltaica no Brasil foi o projeto estratégico “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira”, lançado em 2011 pela ANEEL. Este projeto tem como objetivo promover a criação de usinas experimentais de energia fotovoltaica interligada ao sistema elétrico nacional, podendo somar ao sistema quase 25MW de potência instalada.

Atualmente, o país possui dispositivos legais que visam incentivar a geração de energia através das fontes renováveis. Ao verificar as legislações sobre a energia solar, pode-se citar como uma legislação importante a Lei 10.438 de abril de 2002 e sua revisão publicada pela Lei 10.732/03 que estabeleceu via Ministério das Minas e Energia o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFRA), considerado como o maior programa de incentivo as fontes alternativas de Energia (MME, 2016).

Quanto aos incentivos fiscais, cita-se os dois mais relevantes que incentivam a aquisição de alguns equipamentos fotovoltaicos, o ICMS e o IPI. O Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é um imposto de competência estadual e para que houve-se a isenção do ICMS em algumas operações com equipamentos utilizados nos sistemas de energia solar foram firmados alguns convênios entre os estados brasileiros. Já o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) é de competência federal e também oferece alíquota zero para algumas operações com produtos destinados a sistemas elétricos (VARELLA; CAVALIERO; SILVA, 2008).

Segundo a Resolução ANEEL nº 482/2012, é permitido aos consumidores instalar sistemas de geração de energia elétrica de pequeno porte em suas unidades consumidoras e injetar no sistema elétrico da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) o excedente de energia, que será convertido em créditos de energia válidos por até 60 meses. Os créditos podem ser utilizados para abater o consumo da própria unidade consumidora e também de outras unidades consumidoras, que precisam estar previamente cadastradas na mesma distribuidora, e cujo titular da conta seja o mesmo CPF ou CNPJ.

Energia fotovoltaica: No sistema de captação dos raios solares através da tecnologia fotovoltaica, são utilizadas placas com células solares para a captação dos fótons contidos na luz solar e que serão convertidos em energia elétrica. A eficiência de conversão das células solares em energia é mensurada através da incidência solar sobre a superfície ocupada pelas placas fotovoltaicas que consegue ser convertida em energia elétrica (ANEEL,2005).

A quantidade de energia produzida por um sistema fotovoltaico depende da insolação incidente sobre os painéis. As regiões nordeste e centro-oeste do Brasil, estão entre as áreas de maior potencial de insolação, já a região sul é a região menos privilegiada do país, mas que ainda possui uma maior insolação do que a encontrada em países em que a geração de energia fotovoltaica é largamente empregada (ANEEL,2005).

As principais tecnologias utilizadas na fabricação de células e módulos fotovoltaicos são classificadas em três gerações. A primeira geração é constituída de silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que possui mais de 85% de participação no mercado, um dos pontos importantes para esta utilização é ser uma tecnologia consolidada e confiável e de melhor eficiência comercial disponível. As demais tecnologias possuem menor eficiência de produção de energia (segunda geração) ou possuem um custo muito elevado de produção, inviabilizando sua comercialização no mercado (terceira geração) (PINHO; GALDINO, 2014).

O número de sistemas fotovoltaicos no Brasil conectados à rede vem aumentando com o passar do tempo e sua utilização deverá aumentar muito nos próximos anos, um fator que contribuiu ainda mais para a implementação desta tecnologia foi à aprovação por parte da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) da micro geração e também da mini geração com sistemas de distribuição conectados à rede de baixa tensão (VILLAVA; GAZOLI, 2012).

As configurações dos sistemas de geração podem ser das seguintes formas: ligados à rede, sistemas autônomos ou sistemas híbridos. Nos sistemas que são ligados diretamente a rede, toda a energia produzida é transferida para a rede, e este modelo de geração normalmente não possui armazenamento de energia (BARROS, 2011).

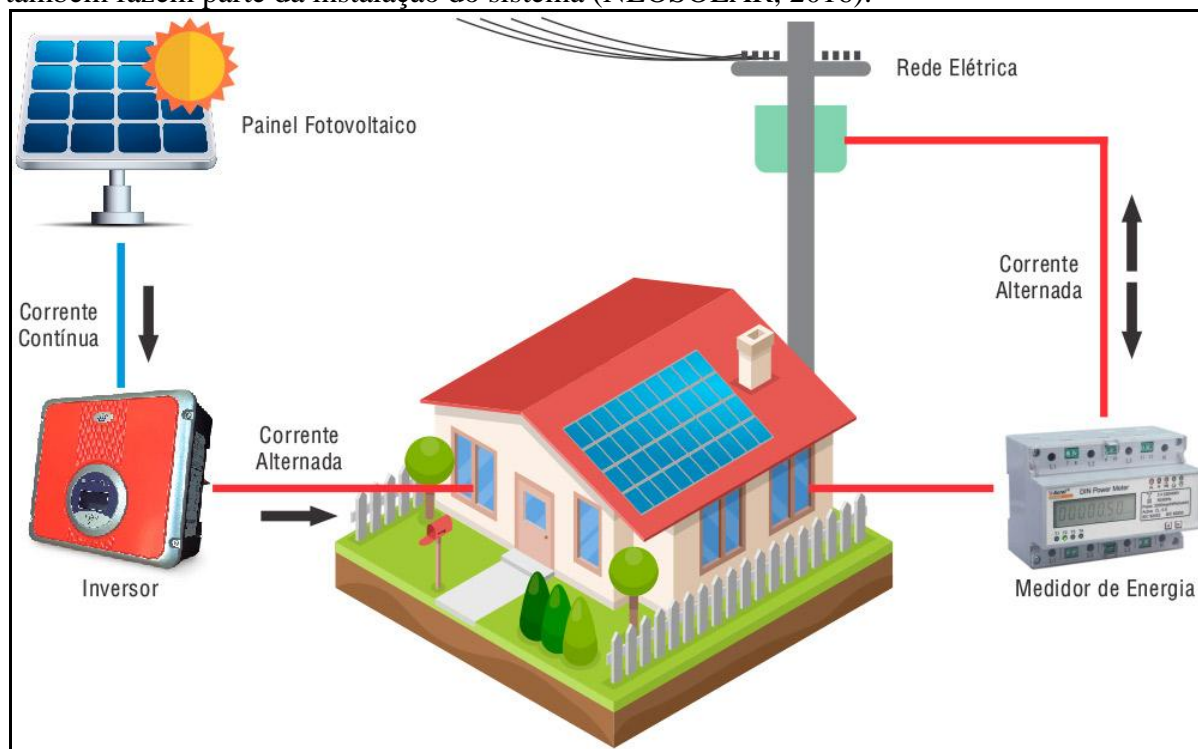
Já no sistema autônomo, sua principal característica é o módulo solar estar ligado diretamente ao consumidor (máquina), não tendo uma ligação com a rede elétrica externa, este sistema ainda pode operar pela corrente contínua ou alternada. O sistema híbrido utiliza além da energia solar outras formas de geração de energia, como um gerador a diesel ou uma turbina eólica e operam em conjunto. Este sistema é complexo e necessita de um controle para gerenciar a produção de energia (BARROS, 2011).

Sistema de energia fotovoltaica on grid: Um sistema de geração de energia solar *on grid* é formado pelos seguintes equipamentos, tais como: módulos solares fotovoltaicos, o inversor de corrente, quadro elétrico, o medidor de energia bidirecional e todo o kit de instalação e fixação das placas além de todo o cabeamento para ligar o sistema a rede elétrica normal da residência (NEOSOLAR, 2016).

De acordo com a empresa Neosolar (2016), os módulos solares são os responsáveis por captar os fótons presentes na radiação solar e transformá-los em energia elétrica. O inversor ou conversor de corrente é utilizado para converter corrente contínua em corrente alternada ou vice-versa e também faz o gerenciamento, sincronização e proteção das duas fontes de energia, a proveniente da concessionária e a gerada

O quadro elétrico é o local onde se localiza todos os disjuntores da residência e em alguns casos o inversor é instalado próximo ao quadro elétrico da residência para centralizar o sistema. O medidor de energia bidirecional é o responsável por fazer a contagem da exportação e importação da energia elétrica da residência para a rede pública. Os kits para a instalação das placas solares são formados por jogos de conexões, que fazem a fixação dos

suportes de fixação das placas ao telhado da residência. Os cabos, disjuntores e os eletrodutos também fazem parte da instalação do sistema (NEOSOLAR, 2016).



Fonte: Neosolar, 2016.

Figura 1 - Sistema de geração de energia elétrica no sistema *on grid*

Pode-se, observar na figura 1 a estrutura completa de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica operando no sistema *on grid* instalado em uma residência com todos os equipamentos citados anteriormente.

Métodos: Metodologia explica o caminho a ser percorrido para atingir o objetivo proposto. Em sua elaboração, define-se a classificação da pesquisa, quanto aos objetivos, procedimentos e abordagem do problema, ademais de ser o momento em que se define a forma de coleta, análise e interpretação de dados, através da identificação da população e amostra, dos instrumentos de coleta de dados e de como ocorre a análise e interpretação dos dados (OLIVEIRA, 2003).

Classificação da pesquisa: Conforme Silva (2010), a classificação da pesquisa se divide em três etapas, essas denominadas como: quanto aos objetivos, quanto aos procedimentos e quanto à abordagem do problema.

Adotou-se a pesquisa como exploratória quanto aos objetivos visto que segundo Raupp e Beuren (2006), a pesquisa exploratória visa aumentar o conhecimento científico sobre um assunto, podendo até apresentar algo inédito ou apresentar alguma outra dimensão que não é conhecida. Também pode-se aprofundar os estudos sobre algum tema em que existe pouca temática (GIL, 2010).

Os trabalhos que são classificados quanto aos procedimentos como estudo de caso compreendem aqueles em que se analisa um ou poucos fatos, mas com profundidade. Outra característica desta modalidade de pesquisa é se basear em uma variedade de fontes de informação, e procura englobar os diferentes pontos de vista presentes em uma citação (GRESSLER, 2004).

As pesquisas quantitativas caracterizam-se pelo emprego de fatores de quantificação tanto na coleta de informações, quanto no tratamento delas, que ocorrem por meio de métodos estatísticos, desde as mais simples como percentual, média, desvio-padrão até às mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão dentre outras (RICHARDSON, 1999).

Raupp e Beuren (2006) apresentam que a abordagem quantitativa é freqüentemente aplicada em estudos, pois garantem a precisão dos resultados, evitando distorções de análise e interpretação, gerando uma maior confiabilidade aos resultados apresentados.

Coleta, análise e interpretação dos dados: Nesta etapa do trabalho, se apresenta os sujeitos que serão o objeto de estudo, podendo a população ou universo da pesquisa ser compreendido como todo e qualquer elemento que é o objeto de estudo da pesquisa (OLIVEIRA, 2003).

No trabalho aplicou-se na coleta de dados o método da pesquisa de fontes secundárias. Marconi e Lakatos (1991), fundamentalmente esta modalidade de coleta de dados visa a descrição da realidade através de quatro aspectos, sendo eles a descrição, o registro, a análise e a interpretação dos fenômenos e seu funcionamento presente. Como exemplos de fontes secundárias utilizadas citam-se os orçamentos de sistemas solares e as faturas de luz da residência.

Descrição da unidade residencial analisada: A unidade residencial está localizada no bairro Jardim Gisela no município de Toledo – PR, a energia utilizada hoje é fornecida pela concessionária autorizada pelo estado do Paraná, a Copel Distribuição S.A. A residência conta com três moradores que fazem a destinação da energia elétrica contratada, o emprego desta energia serve para o funcionamento dos equipamentos elétricos conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 - Equipamentos elétricos

Equipamento	Quantidade
Chuveiro elétrico	2
Torneira elétrica	1
Geladeira	1
Freezer	1
Micro-ondas	1
Forno elétrico	1
Máquina de lavar	1
Secadora de roupas	1
Ferro elétrico	1
Televisores	4
Computadores e notebooks	3
Ar condicionado	4
Total	21

Fonte: Dados da pesquisa, 2016.

Na tabela 2 apresentada anteriormente, apresenta os equipamentos que são utilizados na residência com potência superior a 100 wats, mas além destes equipamentos podemos citar as lâmpadas, carregadores de celular dentre outros equipamentos consumidores.

Após o levantamento dos equipamentos da residência, levantou-se os dados referentes ao consumo de energia elétrica e os valores pagos nas faturas de energia do período de Janeiro de 2015 até o período de Junho de 2016, depois foi efetuado a tabulação dos dados e construído a tabela 3.

Tabela 3 - Consumo de energia elétrica

Mês	Consumo em KW	Valor da Fatura
01/2015	392	R\$ 232,56
02/2015	334	R\$ 200,87
03/2015	330	R\$ 257,94
04/2015	290	R\$ 234,86
05/2015	269	R\$ 219,17
06/2015	300	R\$ 245,20
07/2015	341	R\$ 305,43
08/2015	266	R\$ 239,24
09/2015	351	R\$ 313,26
10/2015	328	R\$ 285,35
11/2015	309	R\$ 277,63
12/2015	363	R\$ 332,54
01/2016	330	R\$ 309,58
02/2016	373	R\$ 344,50
03/2016	342	R\$ 302,57
04/2016	383	R\$ 332,95
05/2016	352	R\$ 308,39
06/2016	356	R\$ 304,22
Total	6009	R\$ 5.046,26
Média	334	R\$ 280,35

Fonte: Dados da pesquisa, 2016.

Posterior a etapa de levantamento e tabulação dos dados de consumo e valores pagos, foi definido pela pesquisa o valor em Kw que o sistema de geração de energia solar deve possuir, este valor ficou em 334 Kw que seria a média de consumo do período analisado.

Resultados e Discussões: A residência que foi objeto de estudo está inserida na área residencial no município de Toledo – PR, a casa observada apresenta atualmente três moradores, contendo diversos equipamentos que trabalham com a eletricidade. O objeto da pesquisa apresenta-se em verificar a desempenho econômico da implementação de um sistema de geração de energia elétrica solar com painéis fotovoltaicos.

Descrição do sistema de geração de energia solar fotovoltaica: Para se efetuar a geração de energia elétrica através da energia solar fotovoltaica são necessários alguns equipamentos, dentre os equipamentos utilizados em um sistema de geração de energia solar fotovoltaica estão: os painéis fotovoltaicos, o inversor, toda a parte de cabeamento do sistema e também os suportes para fixação do sistema no telhado.

Para a obtenção do melhor resultado econômico e financeiro para o projeto, estudou-se o desempenho financeiro e operacional de dois projetos de geração de energia solar fotovoltaica, a diferença entre os projetos está na sua capacidade operacional, sendo que um projeto esta dimensionado para a geração de aproximadamente 86% da média mensal da energia utilizada na residência e o outro projeto dimensionado para a geração total da média mensal da energia.

O projeto de investimento 1, prevê a geração de 86% da média de consumo da energia da residência (290 KWh), portanto é necessário um investimento inicial de R\$ 23.469,55 em

equipamentos. Já o projeto de investimento 2, prevê a geração total da energia demandada (365KWh) apresenta um investimento inicial de R\$ 26.145,41. Na tabela 4 apresenta-se todos os equipamentos que integram os dois investimentos.

Tabela 4 - Equipamentos necessários para os projetos

Projeto 1 - 290 kWh		Projeto 2 - 365 kWh	
Equipamentos	Quantidade	Equipamentos	Quantidade
Painel solar fotovoltaico 260 Wp - Canadian CSI CS6P-BR	8	Painel solar fotovoltaico 260 Wp - Canadian CSI CS6P-BR	10
Inversor Fronius Galvo 2.0-1 (2000W)	1	Inversor Fronius Galvo 2.5-1 (2500W)	1
Quadro elétrico fotovoltaico (Stringbox)	1	Quadro elétrico fotovoltaico (Stringbox)	1
Stringbox IP65 25A 1000V	2	Stringbox IP65 25A 1000V	2
Cabo solar Prysmian Afumex 4mm Preto 1kV	15	Cabo solar Prysmian Afumex 4mm Preto 1kV	15
Cabo solar Prysmian Afumex 4mm Vermelho 1kV	15	Cabo solar Prysmian Afumex 4mm Vermelho 1kV	15
Conectores MC4	4	Conectores MC4	4
Kit suporte de montagem Thesan para telhado metálico (para 4 painéis fotovoltaicos)	2	Kit suporte de montagem Thesan para telhado metálico (para 4 painéis fotovoltaicos)	2
		Kit suporte de montagem Thesan para telhado metálico (para 3 painéis fotovoltaicos)	1
Jogo de conexão para perfis Thesan Universal Medium	1	Jogo de conexão para perfis Thesan Universal Medium	2

Fonte: Adaptado de Neosolar (2016).

Os dois projetos de geração de energia solar fotovoltaica são sistemas que estão presentes no comércio nacional e possuem grande aplicação em projetos de geração de energia solar fotovoltaica. Um fato importante para prestar atenção é que como estes equipamentos possuem diversos componentes importados, os valores apresentados para os kits de geração podem variar de acordo com a cotação do dólar.

Após o levantamento dos dados e dos equipamentos necessários, efetuou-se o cálculo da vida útil dos projetos. Os sistemas possuem aproximadamente 25 anos de funcionamento e de garantia de geração pelo vendedor, após este prazo os equipamentos podem apresentar uma perda de sua eficiência de trabalho, sendo sugerido a substituição dos sistemas por novos, chegou-se então ao valor de 25 anos como o ideal para a depreciação dos equipamentos.

Tabela 5 - Depreciação dos equipamentos

Equipamento	Valor	Vida Útil	Depreciação
Gerador energia solar fotovoltaico 2,08 kW (8x 260Wp) - até 290 kWh/mês	R\$ 23.469,55	25 anos	R\$ 938,78
Gerador energia solar fotovoltaico 2,60 kW (10x 260Wp) - até 365 kWh/mês	R\$ 26.145,51	25 anos	R\$ 1.045,82

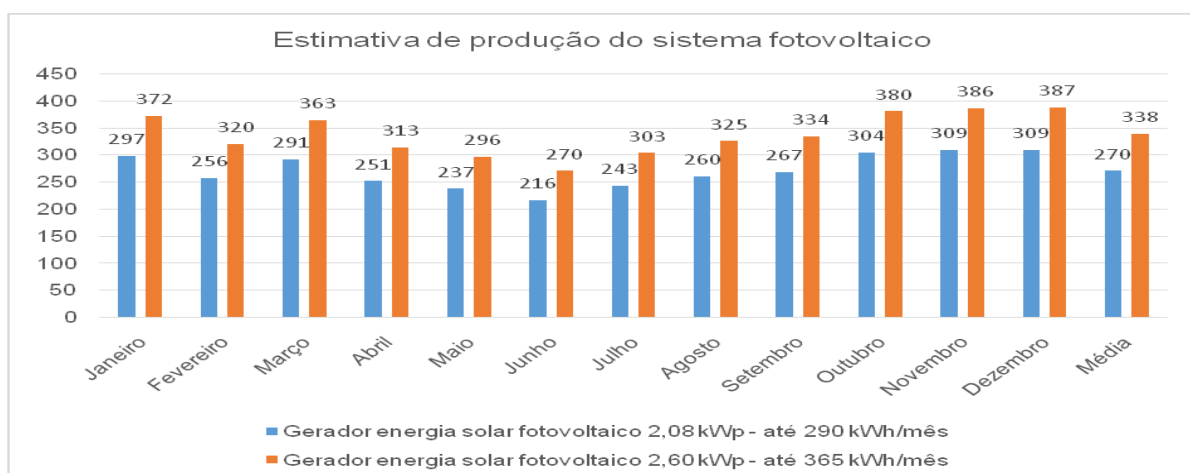
Fonte: Dados da pesquisa, 2016.

A instalação dos painéis solares fotovoltaicos está localizada sobre o telhado da residência estudada. Esta instalação já foi prevista na execução do projeto de engenharia civil, estrutural e elétrico sendo definido o local de instalação dos painéis, que devem estar instalados na face norte do telhado da residência e devendo conter uma inclinação de 21 graus para obter-se a eficiência máxima de geração de energia elétrica nas condições do local de instalação (NEOSOLAR, 2016).

Sobre a parte de regularização do projeto junto a concessionária de energia da região, a empresa fornecedora dos equipamentos realiza todos os procedimentos necessários para o perfeito funcionamento do sistema, fornecendo inclusive um sistema de monitoramento de dados, que apresenta em tempo real qual é o valor de energia que está sendo gerado.

Operação dos sistemas de geração de energia solar fotovoltaica: Após a implantação do sistema, analisou-se o potencial de geração de energia elétrica pelos sistemas, os dois projetos de investimento possuem valores diferentes de geração devendo-se analisar a geração e o desempenho financeiro em separado dos sistemas.

Quanto ao potencial de geração dos sistemas, operando nas condições ideais de instalação, o projeto de investimento 1 atinge uma produção média de 270 KWh/mês, já o projeto de investimento 2 atinge uma produção média de 338 KWh/mês. No gráfico 1, apresenta-se os valores aproximados de geração mensal dos projetos.



Fonte: Neosolar (2016).

Gráfico 1 - Estimativa de produção do sistema fotovoltaico

Quanto aos custos de operação e manutenção do sistema, eles não são elevados e muito simples de execução. Conforme Neosolar (2016) deve-se a cada ano fazer uma verificação completa do sistema, sendo feita uma verificação do estado do inversor, uma limpeza das placas solares fotovoltaicas com água e sabão e conferência do estado de funcionamento dos demais equipamentos do sistema.

Análise do desempenho econômico e financeiro dos projetos: Nesta etapa os projetos de investimento foram avaliados sobre seu desempenho econômico e financeiro, sendo calculado os seguintes indicadores: Fluxo de caixa, Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e *Payback* com base em Piacenti (2015).

Ao se analisar os projetos de investimento, elaborou-se na etapa inicial um fluxo de caixa para cada projeto. Para alcançar o valor de receitas geradas pelos projetos, utilizou-se o valor do KWh cobrado nas faturas de energia, sendo encontrado R\$ 0,90 por KWh, então multiplicado

pela quantidade de KWh gerados pelo sistema e desse total foi descontado o valor da depreciação dos equipamentos.

Tabela 6 - Fluxo de caixa do projeto de investimento 1 - 290KWh

Mês	Produção KWh	Receitas	Depreciação	Fluxo de caixa
Janeiro	297	R\$ 267,30	R\$ 78,23	R\$ 189,07
Fevereiro	256	R\$ 230,40	R\$ 78,23	R\$ 152,17
Março	291	R\$ 261,90	R\$ 78,23	R\$ 183,67
Abril	251	R\$ 225,90	R\$ 78,23	R\$ 147,67
Mai	237	R\$ 213,30	R\$ 78,23	R\$ 135,07
Junho	216	R\$ 194,40	R\$ 78,23	R\$ 116,17
Julho	243	R\$ 218,70	R\$ 78,23	R\$ 140,47
Agosto	260	R\$ 234,00	R\$ 78,23	R\$ 155,77
Setembro	267	R\$ 240,30	R\$ 78,23	R\$ 162,07
Outubro	304	R\$ 273,60	R\$ 78,23	R\$ 195,37
Novembro	308	R\$ 277,20	R\$ 78,23	R\$ 198,97
Dezembro	309	R\$ 278,10	R\$ 78,23	R\$ 199,87
Total	3239	R\$ 2.915,10	R\$ 938,78	R\$ 1.976,32

Fonte: Resultados da pesquisa,2016.

Após a tabulação dos dados, chegou-se a um valor anual de R\$ 1.976,32 de receitas geradas pelo sistema, já o projeto 2 chegou-se no valor de R\$ 2.598,28 de receitas geradas, estes valores utilizou-se os cálculos da TIR, VPL e de *Payback*.

Tabela 7 - Fluxo de caixa do projeto de investimento 2 - 365KWh

Mês	Produção KWh	Receitas	Depreciação	Fluxo de caixa
Janeiro	372	R\$ 334,80	R\$ 87,15	R\$ 247,65
Fevereiro	320	R\$ 288,00	R\$ 87,15	R\$ 200,85
Março	363	R\$ 326,70	R\$ 87,15	R\$ 239,55
Abril	313	R\$ 281,70	R\$ 87,15	R\$ 194,55
Mai	296	R\$ 266,40	R\$ 87,15	R\$ 179,25
Junho	270	R\$ 243,00	R\$ 87,15	R\$ 155,85
Julho	303	R\$ 272,70	R\$ 87,15	R\$ 185,55
Agosto	325	R\$ 292,50	R\$ 87,15	R\$ 205,35
Setembro	334	R\$ 300,60	R\$ 87,15	R\$ 213,45
Outubro	380	R\$ 342,00	R\$ 87,15	R\$ 254,85
Novembro	386	R\$ 347,40	R\$ 87,15	R\$ 260,25
Dezembro	387	R\$ 348,30	R\$ 87,15	R\$ 261,15
Total	4049	R\$ 3.644,10	R\$ 1.045,82	R\$ 2.598,28

Fonte: Resultados da pesquisa,2016.

Após a construção do fluxo de caixa dos projetos, efetuou-se o cálculo da TIR, VPL e *Payback* utilizou-se o aplicativo Microsoft Excel pra a construção das tabelas e cálculo dos valores.

Tabela 8 - TIR e VPL dos projetos de investimento

Ano	Projeto 1 - 290 KWh		Projeto 2 - 365 KWh	
	Fluxo de caixa	Amortização	Fluxo de caixa	Amortização
Investimento	-R\$ 23.469,55	-	-R\$ 26.145,41	-
2017	R\$ 1.976,32	-R\$ 21.493,23	R\$ 2.598,28	-R\$ 23.547,13
2018	R\$ 1.976,32	-R\$ 19.516,91	R\$ 2.598,28	-R\$ 20.948,84
2019	R\$ 1.976,32	-R\$ 17.540,60	R\$ 2.598,28	-R\$ 18.350,56
2020	R\$ 1.976,32	-R\$ 15.564,28	R\$ 2.598,28	-R\$ 15.752,28
2021	R\$ 1.976,32	-R\$ 13.587,96	R\$ 2.598,28	-R\$ 13.153,99
2022	R\$ 1.976,32	-R\$ 11.611,64	R\$ 2.598,28	-R\$ 10.555,71
2023	R\$ 1.976,32	-R\$ 9.635,32	R\$ 2.598,28	-R\$ 7.957,42
2024	R\$ 1.976,32	-R\$ 7.659,01	R\$ 2.598,28	-R\$ 5.359,14
2025	R\$ 1.976,32	-R\$ 5.682,69	R\$ 2.598,28	-R\$ 2.760,86
2026	R\$ 1.976,32	-R\$ 3.706,37	R\$ 2.598,28	-R\$ 162,57
2027	R\$ 1.976,32	-R\$ 1.730,05	R\$ 2.598,28	R\$ 2.435,71
2028	R\$ 1.976,32	R\$ 246,27	R\$ 2.598,28	R\$ 5.033,99
2029	R\$ 1.976,32	R\$ 2.222,58	R\$ 2.598,28	R\$ 7.632,28
2030	R\$ 1.976,32	R\$ 4.198,90	R\$ 2.598,28	R\$ 10.230,56
2031	R\$ 1.976,32	R\$ 6.175,22	R\$ 2.598,28	R\$ 12.828,84
2032	R\$ 1.976,32	R\$ 8.151,54	R\$ 2.598,28	R\$ 15.427,13
2033	R\$ 1.976,32	R\$ 10.127,86	R\$ 2.598,28	R\$ 18.025,41
2034	R\$ 1.976,32	R\$ 12.104,17	R\$ 2.598,28	R\$ 20.623,69
2035	R\$ 1.976,32	R\$ 14.080,49	R\$ 2.598,28	R\$ 23.221,98
2036	R\$ 1.976,32	R\$ 16.056,81	R\$ 2.598,28	R\$ 25.820,26
2037	R\$ 1.976,32	R\$ 18.033,13	R\$ 2.598,28	R\$ 28.418,55
2038	R\$ 1.976,32	R\$ 20.009,45	R\$ 2.598,28	R\$ 31.016,83
2039	R\$ 1.976,32	R\$ 21.985,76	R\$ 2.598,28	R\$ 33.615,11
2040	R\$ 1.976,32	R\$ 23.962,08	R\$ 2.598,28	R\$ 36.213,40
2041	R\$ 1.976,32	R\$ 25.938,40	R\$ 2.598,28	R\$ 38.811,68
TIR	6,8%		8,7%	
VPL	-R\$ 438,36		R\$ 4.133,90	

Fonte: Resultados da pesquisa, 2016.

As constatações que os cálculos do desempenho econômico dos projetos apresentaram é que o projeto 1, que detém um potencial de geração de energia solar fotovoltaica de 290 KWh/mês, acaba não sendo o mais recomendado para instalação devido ao fato que se o dinheiro necessário para efetuar o investimento fosse aplicado na poupança, ele renderia mais do que se aplicado no projeto, este dado foi obtido pelo cálculo da TIR do investimento, que atingiu 6,8% ao ano.

Para dar mais qualidade as análises, considerou-se também o VPL, que apresenta o valor do dinheiro no tempo atualizados pela TMA. Para a TMA empregou-se o rendimento da poupança em 2016 para os cálculos, o resultado obtido foi de R\$ -409,69 para o projeto 1, como este resultado foi um valor negativo, deste modo não se recomenda efetuar o investimento.

No projeto de investimento 2 o resultado foi diferente. A resposta obtida no cálculo da TIR resultou no indicador de 8,7%, este percentual demonstra que se o dinheiro fosse aplicado no projeto, teria-se mais receitas do que se estivesse aplicado na poupança, este é um dos resultados analisados para definir a realização ou não do projeto.

Também foi calculado o VPL do projeto 2, após os cálculos obteve-se o valor de R\$ 3.863,46. Este resultado apresenta que o empreendimento gera um fluxo de caixa positivo, sendo economicamente viável de execução e provavelmente apresente um rendimento maior que o obtido pela poupança.

Outro indicador utilizado no estudo foi o *Payback* simples, este indicador apresenta qual é o tempo de retorno do capital investido, por meio das receitas geradas nos projetos, os resultados obtidos foram que para o projeto 1.

Tabela 9 – *Payback* dos projetos de investimento

Equipamento	Tempo de Retorno
Projeto de investimento 1 - Gerador energia solar fotovoltaico 2,08 kWp (8x 260Wp) - até 290 kWh/mês	11 anos e 11 meses
Projeto de investimento 2 - Gerador energia solar fotovoltaico 2,60 kWp (10x 260Wp) - até 365 kWh/mês	10 anos e 1 mês

Fonte: Resultados da pesquisa, 2016.

Conforme observado na tabela 9, o tempo de retorno dos investimentos é de 11 anos e 11 meses para o projeto de investimento 1 e para o projeto de investimento 2 de 10 anos e 1 mês para retorno do capital. O que pode-se considerar que, quanto maior for o prazo do *Payback*, menos interessante se torna o projeto, entretanto se considerar o tempo de amortização dos projetos, que é de 25 anos, os dois projetos conseguem gerar receitas, sendo passíveis de implantação.

Conclusões: Ao término deste trabalho, percebe-se a importância de se realizar um estudo do desempenho econômico quando pretende-se verificar se desenvolver um projeto se é viável economicamente/financeiramente ou não. Nesta análise de desempenho deve-se mensurar os investimentos necessários, o fluxo de caixa gerado, efetuar os cálculos do VPL e da TIR para então confrontar os resultados obtidos com os indicadores de investimento que a economia apresenta, optando-se por desenvolver o projeto ou aplicar o dinheiro em outros investimentos.

A priori o objetivo deste trabalho foi de analisar o desempenho econômico da implantação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica em uma residência no município de Toledo - PR, após estudado o desempenho de dois projetos de geração, onde um possui uma capacidade menor de geração e outro a demanda utilizada pela residência. Para se analisar o desempenho econômico dos projetos, efetuou-se os cálculos dos indicadores de investimento para subsidiar a tomada de decisões sobre a implementação ou não do projeto.

Constatou-se através dos cálculos que o investimento necessário é um valor elevado, sendo mais de vinte mil reais e com um prazo de retorno do capital superior a 10 anos, entretanto foi atestado que os projetos são aptos de execução pois apresentam uma vida útil de aproximadamente 25 anos com um prazo de retorno do investimento.

Outro ponto observado, foram calculado o TIR e do VPL dos projetos, sendo que nesta etapa o projeto de investimento 1 não se recomenda a execução, pois possui um VPL negativo e uma TIR inferior a apresentada pela economia. Já no projeto de investimento 2, ocorreu a

confirmação da análise do *Payback*, a qual recomenda a realização do investimento, portanto o VPL foi positivo e o resultado da TIR superior à obtida em outras aplicações.

Após o levantamento destas informações, pode-se afirmar que o projeto de investimento 2, que possui a capacidade de geração média de 338 KWh/mês é o mais adequado para o caso da residência estudada visto que obtém-se uma redução na fatura de luz com a utilização em conjunto do sistema residencial com a rede da concessionária.

Referências:

Atlas de Energia Elétrica do Brasil. (2005). Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. 2. Ed. Brasília.

Barros, H. A. (2011). Anteprojeto de um Sistema fotovoltaico de 12 Kwp conectado à rede. Projeto de Graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro.

Branco, S. M. (1990). Energia e meio ambiente. Editora Moderna.

Burattini, M. P. T. de C. (2008). Energia: uma abordagem multidisciplinar. Editora Livraria da Física.

Cavalcante, K. G. Energia elétrica; Brasil Escola. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/fisica/energia-eletrica.htm>>. Acesso em: 31/10/2015.

Gil, A. C. (2010). Como Elaborar projetos de pesquisa. Editora Atlas.

Gressler, L. A. (2004). Introdução à pesquisa: projetos e relatórios. Edições Loyola.

Inatomi, T. A. H. (2005). Análise dos Impactos Ambientais na Produção de Energia dentro do Planejamento Integrado de Recursos. In: III workshop internacional Brasil-Japão: implicações regionais e globais em energia, meio ambiente e desenvolvimento sustentável.

Gazeta do Povo. (2015). Jasper, F. Conta de Luz no Paraná já subiu 51% neste ano. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/conta-de-luz-no-parana-ja-subiu-51-neste-ano-b8qkz4gt4tdlpa64uzjv4o5uc>>. Acesso em: 04/08/2016.

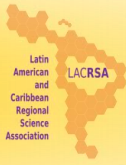
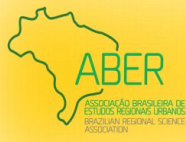
Marconi, M. de A.; Lakatos, E. M. (1991). Metodologia Científica. Editora Atlas.

Morais, L. C. de. (2015). Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e Tendências futuras. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Bauru.

Neosolar. (2016). Guia prático energia solar fotovoltaica. São Paulo.

Oliveira, A. B. S. (2003). Métodos e técnicas de pesquisa em contabilidade. Editora Saraiva.

Organizze. (2016). Dicas Simples Para Reduzir o Valor da Conta de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://financaspessoais.organizze.com.br/5-dicas-simples-para-reduzir-o-valor-da-conta-de-energia/>>. Acesso em 07/06/2016.



Pacheco, F. (2016). Energias renováveis: breves conceitos. Ieham. Disponível em: <http://ieham.org/html/docs/Conceitos_Energias_renov%C3%A1veis.pdf>. Acesso em: 14/06/ 2016.

Piacenti, C. A. (2015). Matemática comercial e financeira: com aplicações de análises de investimento por meio da HP-12C. Editora Edunioeste.

Pinho, J. T. GALDINO, M. A (Org). (2014). Manual de energia para sistemas fotovoltaicos. CEPEL - CRESESB.

Portal Brasil. (2010). Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/matriz-energetica>>. Acesso em: 07/06/2016.

Procel. (2008) Energia elétrica: conceito, qualidade e tarifação: guia básico. Eletrobrás IEL/NC.

Raupp, F. M.; Beuren, I. M. (2006). Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. In: BEUREN, Ilse Maria (Org). Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade. Editora Atlas.

Richardson, R. J. (1999). Pesquisa social: métodos e técnicas. Editora Atlas.

Silva, A. C. R. da. (2010). Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade - artigos, relatórios, monografias, dissertações, teses. Editora Atlas.

Varella, F. K. de O. M.; Cavaliero, C. K. N.; Silva, E. P. da. (2010). Energia solar fotovoltaica no Brasil: Incentivos Regulatórios. Revista brasileira de energia. v. 14. nº 1, 1º jan/jun. p. 9-22.

Villava, M. G.; Gazoli, J. R. (2012). Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. Editora Érica.