

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

**Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente
Construído**

Gibran Jorge de Oliveira

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA
IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA EM EMPREENDIMENTOS
COMERCIAIS COM CONSUMO DE 30 kW NA CIDADE
DE BELO HORIZONTE**

Belo Horizonte,

Agosto de 2017

GIBRAN JORGE DE OLIVEIRA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA
IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA EM EMPREENDIMENTOS
COMERCIAIS COM CONSUMO DE 30 kW NA CIDADE
DE BELO HORIZONTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído do Dept de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador(a): Doutor Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte,

Agosto de 2017

O48e

Oliveira, Gibran Jorge de.

Estudo de viabilidade econômica da implantação do sistema de energia solar fotovoltaica em empreendimentos comerciais com consumo de 30 kW na cidade de Belo Horizonte [manuscrito] / Gibran Jorge de Oliveira. – 2017.
60 f., enc.: il.

Orientador: Aldo Giuntini de Magalhães.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial na obtenção do título de Especialista em Construção Civil.

Apêndices: f. 54-60.

Bibliografia: f. 51-53.

1. Construção civil. 2. Energia solar. 3. Viabilidade econômica. 4. Sustentabilidade. I. Magalhães, Aldo Giuntini de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69

RESUMO

O mundo no cenário atual é notório a beligerância constante por novas fontes de energias renováveis, destas o sistema de energia solar fotovoltaico conectado a rede (ONGRID) será levado em xeque neste trabalho de conclusão de curso. O estudo em tempo presente objetivou analisar a viabilidade econômica da instalação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica sob a ótica de clientes comerciais com consumo de 30 kW implantados na capital Mineira. Certamente a analítica poderá auxiliar na tomada de decisão de pequenos empresários e/ou responsáveis administrativos, em especial aqueles que comprometem grande parte dos custos fixos atribuídos a produção à energia elétrica oferecida pela Companhia Energética do Estado de Minas Gerais – CEMIG e almejam soluções alternativas. A análise da viabilidade do projeto considerou-se uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) proporcional equivalente ao Certificado de Depósito Interbancário (CDI) e foram utilizados os métodos analíticos do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Payback simples e descontado. Os resultados revelaram que o projeto é viável para o período analisado expressando retornos anuais próximos de 20% (vinte por cento) favorecendo motivação dos novos investidores financeiros e norteando condutores de uma sociedade mais limpa e sustentável.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica; Eficiência energética; Sustentabilidade.

LISTA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Radiação solar global diária horizontal média anual (kWh/m ² /dia)	17
Figura 2 - Diagrama de sistemas fotovoltaico em função da carga utilizada.....	19
Figura 3 - Sistema conectado a rede.	19
Figura 4 - Fatura de cobrança Cemig 2017.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeito médio ponderado da RTE de fevereiro de 2015.....	23
Tabela 2 - Tarifa média de fornecimento para a classe residencial (estimativa).....	24
Tabela 3 - Exemplo Payback Descontado.....	36
Tabela 4 - CDI Acumulado 2016/2017.....	37
Tabela 5 - Perspectiva de redução de custos dos sistemas fotovoltaicos (R\$/Wp)..	38
Tabela 6 - Radiação diária média em Belo Horizonte.....	39
Tabela 7 - Pesquisa de preços 2017.....	43
Tabela 8 - Resultado ROI.....	44
Tabela 9 - Payback descontado.....	46
Tabela 10 - Resultados globais enfoque residencial 3 kW.....	47
Tabela 11 - Resultados globais enfoque comercial 30 kW.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução dos sistemas fotovoltaicos isolados e conectados à rede.....	11
Gráfico 2 - Evolução da capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos.....	12
Gráfico 3 - Estimativa da viabilidade econômica da fonte fotovoltaica.....	13
Gráfico 4 - Energia Gerada Fotovoltaica Distribuída.....	14
Gráfico 5 - Potência Instalada Fotovoltaica Distribuída Acumulada.....	14
Gráfico 6 - Parâmetros de potência máxima.....	17

Gráfico 7 - Irradiação solar média no ângulo da latitude (kWh/m ² /dia).....	18
Gráfico 8 - Dados do Mercado Fotovoltaico Alemão em 2010.....	20
Gráfico 9 - Evolução das tarifas de energia elétrica e do IPCA.....	21
Gráfico 10 - Tarifa média residencial.....	25
Gráfico 11 - Preço do Watt-Pico instalado vs. Taxa de câmbio (BRL/EUR).....	27
Gráfico 12 - Projeção para o preço de módulos fotovoltaicos.....	30
Gráfico 13 - Preço do Watt-pico instalado, módulo e proporções.....	31
Gráfico 14 - Gráfico 12 – TIR real sem inflação.....	35
Gráfico 15 - Amortização SAC.....	35
Gráfico 16 - Preço dos Módulos (euros por Watt).....	40
Gráfico 17 - Preço dos Inversores (euros por Watt).....	41

SUMÁRIO

Introdução	08
Capítulo 1: Energia Solar Fotovoltaica	10
1.1 Geração de empregos.....	14
1.2 O que significa as siglas W, Wp, kWp, Wh e kWh?.....	14
1.3 Resolução Normativa 482 ANEEL.....	15
1.4 Composição genérica fotovoltaica.....	16
1.5 Geração fotovoltaica offgrid.....	18
1.6 Geração fotovoltaica ongrid.....	19
Capítulo 2: Estudo Analítico dos fatos	21
2.1 Preço do Watt-pico.....	21
2.2 Determinantes e variações.....	26
2.3 Aprovação de projeto fotovoltaico.....	27
2.4 Créditos Cemig.....	29
2.5 Perspectivas para os próximos anos.....	29
Capítulo 3: Conceitos de Matemática Financeira	32
3.1 ROI - Retorno sobre o Investimento.....	32
3.2 TMA - Taxa mínima de atratividade.....	33
3.3 VPL - Valor Presente Líquido.....	34
3.4 TIR - Taxa Interna de retorno.....	34
3.5 Payback Descontado - Tempo de recuperação do Investimento.....	36
3.6 Debêntures – CDI.....	36
Capítulo 4: Implantação solar fotovoltaico na ordem de 30 kW	38
4.1 Aplicação do Sistema solar fotovoltaico 30 kW.....	38
4.2 Relação de produtividade da composição do sistema.....	39
4.3 Custos necessários para implantação do sistema fotovoltaico.....	40
4.3.1 Módulos.....	40

4.3.2 Inversores.....	40
4.3.3 Demais custos.....	41
4.4 Custos nacionalizados – Orçamentos.....	41
4.5 Pesquisa dinâmica no site MercadoLivre.....	43
Capítulo 5: Resultados aplicados da Viabilidade Econômica e	44
Financeira do projeto com recursos próprios	
5.1 ROI - Retorno sobre o Investimento.....	44
5.2 TMA - Taxa mínima de atratividade.....	44
5.3 TIR - A Taxa Interna de retorno.....	45
5.4 Payback Descontado - Tempo de recuperação do Investimento.....	46
5.5 Viabilidade econômica por unidade kW/H.....	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
APÊNDICE	54

INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica tem atribuições quase únicas. O percentual de inovação do seguimento é proporcional equivalente ao setor da tecnologia da informação – TI; a produção cresce e inova de maneira rápida e exponencial a partir da infra-estrutura já existente e a tecnologia de desenvolvimento ativa muito maior que nos demais setores de energia. Além de vasta quantidade de pesquisas em andamento, há constantes mudanças e inovações na indústria que vêm reduzindo surpreendentemente o custo por unidade de energia assegurada das tecnologias disponíveis mercadologicamente através dos produtos inovadores e seus meios de fabricação, montagem, comercialização, financiamento e execução.

A ideologia deste trabalho de conclusão de curso busca apurar em tempo presente a viabilidade da implantação com base no custo de produtos, montagem e implantação do projeto de energia solar fotovoltaico enfatizando empreendimentos comerciais de consumo médio de 30 kW usuários da energia disponibilizada pela rede concessionária Mineira – CEMIG.

É notável que em países Europeus e Asiáticos, além dos Estados Unidos, haja elevado crescimento do parque fotovoltaico instalado, enquanto a participação desta fonte de energia ainda seja praticamente insignificante no mercado nacional. Projeções matemáticas de consumo aparente dão conta de uma demanda doméstica de no máximo 7 MWp em 2011, ao passo que a capacidade instalada na Alemanha em locais onde a irradiação solar dos melhores parques é inferior à dos locais de menor irradiação brasileiros já se aproxima dos 25.000 MWp acumulados até 2011 (EPIA – Market Report 2011).

Em alguns países, muitos incentivos foram dados para que as pessoas gerassem energia elétrica a partir de suas residências, utilizando sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Os programas de incentivo geralmente são justificados por questões ambientais, segurança energética, geração de empregos, desenvolvimento de tecnologia e de uma cadeia produtiva. Estes programas variam de acordo com o país e com a fonte de energia (EPE, 2012).

No que tange à geração distribuída de pequeno porte, por sua vez, é conveniente destacar as recentes iniciativas para incentivar esse tipo de geração

distribuída, por exemplo, a Resolução Normativa da ANEEL nº482/2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, entre outras. Ainda que a micro geração e mini geração de eletricidade venha se expandindo a taxas elevadas possibilitadas por subsídios em países desenvolvidos, no Brasil, há perspectiva, para a geração fotovoltaica, que a paridade tarifária seja atingida ainda nesta década (EPIA, 2014).

A problemática do trabalho consiste em confrontar os custos da implantação do sistema solar fotovoltaico e conseqüente despesas envolvidas ao consumo como usuário da distribuidora CEMIG, diretamente com ferramentas matemáticas de análise de viabilidade como: ROI – Retorno sobre o investimento, TMA – Taxa mínima de atratividade, VPL – Valor presente líquido, TIR – Taxa interna de retorno e Payback – Tempo de recuperação do investimento; essenciais para investidores nortear suas aplicações.

Este trabalho contempla cinco capítulos. O primeiro trata sobre a demanda por energias alternativas com enfoque na geração fotovoltaica, no mercado brasileiro ainda ínfimo de produção; diferentemente do segundo capítulo o qual descreve o momento presente da energia solar em si e sua potencial capacidade de expansão nacional. O terceiro capítulo retrata conceitos matemáticos financeiros almejando orientar investidores dos resultados possíveis esperados. O quarto capítulo descreve o conjunto necessário para implantação do sistema solar fotovoltaico na ordem de 30 kW; sucessivamente paramentado no quinto capítulo com a representação dos resultados obtidos da analítica da viabilidade apurada.

CAPÍTULO 1

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor a unidade fundamental desse processo de conversão.

As principais tecnologias aplicadas na produção de células e módulos fotovoltaicos são classificadas em três gerações. A primeira geração é dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representam mais de 85% do mercado, por ser considerada uma tecnologia consolidada e confiável, e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível. (CEPEL & CRESESB 2014).

A segunda geração, comercialmente denominada de filmes finos, é dividida em três cadeias produtivas: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Esta geração apresenta menor eficiência do que a primeira e tem uma modesta participação do mercado, competindo com a tecnologia c-Si³. Existem dificuldades associadas à disponibilidade dos materiais, vida útil, rendimento das células e, no caso do cádmio, sua toxicidade, que retardam a sua utilização em maior escala.

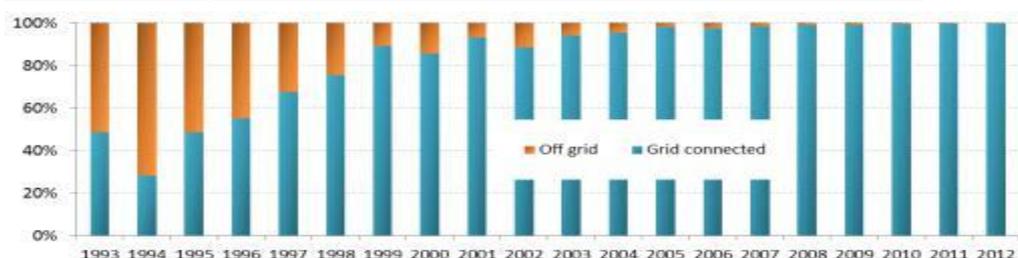
A terceira geração, ainda em fase de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), testes e produção em pequena escala, é dividida em três cadeias produtivas: célula fotovoltaica multijunção e célula fotovoltaica para concentração (CPV – *Concentrated Photovoltaics*), células sensibilizadas por corante (DSSC – *Dye-Sensitized Solar Cell*) e células orgânicas ou poliméricas (OPV – *Organic Photovoltaics*). A tecnologia CPV, por exemplo, demonstrou ter um potencial para produção de módulos com altas eficiências, embora o seu custo ainda não seja competitivo com as tecnologias que atualmente dominam o mercado. (CEPEL & CRESESB 2014).

As primeiras aplicações da tecnologia ocorreram no final da década de 50 e início da década de 60 em aplicações espaciais e satélites. Posteriormente, surgiram aplicações no setor de telecomunicações na década de 70 e, finalmente, na década de 80 a energia solar fotovoltaica começa a se tornar interessante, devido ao

decaimento do preço, para fornecer energia elétrica para usuários distantes da infraestrutura convencional de eletricidade (redes elétricas). Assim, na década de 90 os sistemas fotovoltaicos se consolidam como tecnologia economicamente viável para fornecer energia em sistemas isolados (PERLIN, 1999). Nota-se que a alternativa para fornecer energia elétrica utilizando sistemas fotovoltaicos em sistemas isolados é interessante devido aos altos custos incorridos na construção de infraestrutura elétrica até locais distantes e, na maioria das vezes lugares com baixa densidade de carga.

Na década de 90, os sistemas fotovoltaicos eram aplicados, na maioria, em sistemas isolados e, a partir da década seguinte, os sistemas passaram a ser, predominantemente, conectados à rede elétrica. Observa-se (Gráfico 1) a capacidade instalada, em percentual, dos sistemas conectados à rede e isolados para os países membros da *International Energy Agency* (IEA, 2013).

Gráfico 1 - Evolução dos sistemas fotovoltaicos isolados e conectados à rede



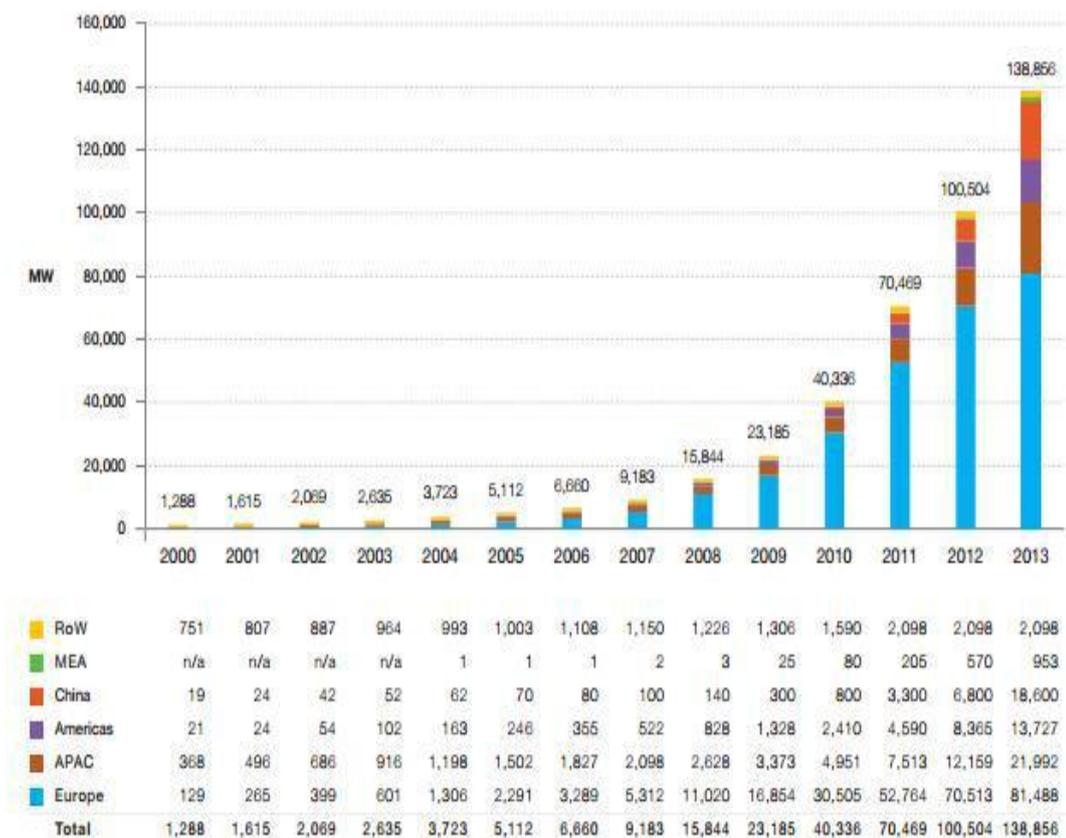
Fonte: IEA, 2013

A capacidade instalada mundial da energia fotovoltaica cresceu aproximadamente 43% de 2011 a 2012 e 38% de 2012 a 2013 (EPIA, 2014). Na última década nota-se um crescimento expressivo da energia solar fotovoltaica no mundo, especialmente na Europa, onde houve maior aplicação de incentivos. No final de 2009, a capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos estava próxima a 23 GW, enquanto em 2013 havia quase 139 GW de capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos instalados no mundo, uma evolução de quase 500% em menos de cinco anos e, maior do que 10.000% em um período de 13 anos (2000 a 2013). (Gráfico 2).

Um dos fatores que impulsionou essa diversificação da matriz energética brasileira foi à introdução do PROINFA, Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. Este programa foi criado pela Lei nº 10.438/2002, pelo Ministério de Minas e Energia em parceria com a Eletrobrás, com o intuito de

buscar alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, além de permitir a valorização das características e potencialidades regionais e locais (MME, 2008).

Gráfico 2 - Evolução da capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos



RoW: Rest of the World. MEA: Middle East and Africa. APAC: Asia Pacific.
 Methodology used for RoW data collection has changed in 2012.

Fonte: EPIA, 2014

O objetivo do PROINFA é aumentar a participação de fontes alternativas renováveis (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos a biomassa) no Sistema Interligado Nacional, privilegiando a compra de energia de empreendedores que não tenham vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição. Para isso, a Eletrobrás assinou um contrato com cada produtor, garantindo o valor a ser pago pela energia adquirida e também a contratação por 20 anos (ANEEL, 2013).

No que tange à geração distribuída de pequeno porte, por sua vez, é conveniente destacar as recentes iniciativas para incentivar esse tipo de GD, por exemplo, a Resolução Normativa da ANEEL nº482/2012, que estabelece as

condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, entre outras. Ainda que a micro geração e mini geração de eletricidade venha se expandindo a taxas elevadas possibilitadas por subsídios em países desenvolvidos, no Brasil conforme apresentado no Gráfico 3, há perspectiva, para a geração fotovoltaica, que a paridade tarifária seja atingida ainda nesta década (EPIA, 2014).

Gráfico 3 - Estimativa da viabilidade econômica da fonte fotovoltaica



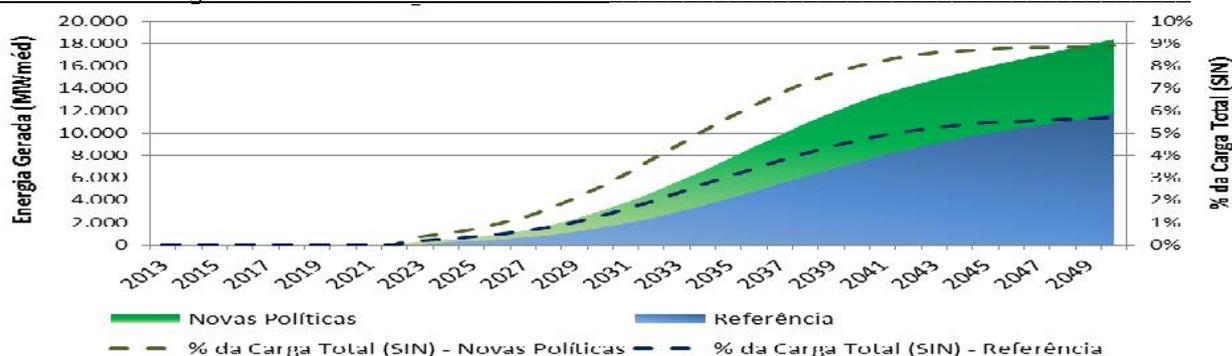
Fonte: EPE, 2012

Após o cálculo de viabilidade econômica e da estimativa de mercado potencial fotovoltaico para o final do horizonte do Plano, foi traçada a curva de inserção desta tecnologia. Os sistemas fotovoltaicos de pequeno porte conectados à rede podem ser interpretados como uma inovação que depende da decisão dos consumidores para ser adotada, fundada em suas percepções quanto à mesma, sendo estas construídas socialmente, majoritariamente. Este processo de difusão de inovações ficou conhecido pelo trabalho de Rogers, em 1962, havendo sido base para diversos estudos posteriores em diversas áreas. Bass (1969) descreve um modelo matemático que representa a teoria de Rogers, sendo que o formato da curva de difusão segue uma curva sigmoide, no número acumulado de adotantes. Assim sendo, foi utilizado como base o modelo de Bass para delinear a inserção dos sistemas fotovoltaicos, tendo seu início, inclinação, ponto de inflexão e saturação delimitados de acordo com as características de cada setor.

Através dos modelos descritos anteriormente se geraram as curvas de difusão da geração distribuída fotovoltaica no Brasil para longo prazo. Os resultados para o cenário referência foram sumarizados a seguir, em conjunto com os resultados da análise de sensibilidade que formam a trajetória novas políticas. Nos

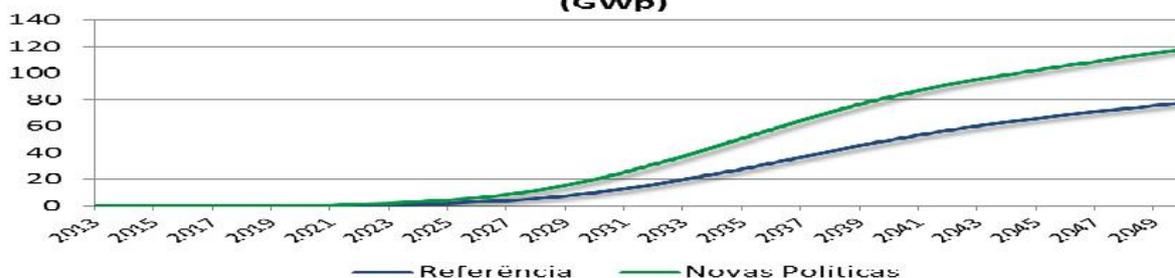
Gráficos 4 e 5 são apresentadas as projeções da capacidade instalada acumulada conseqüente energia gerada pelos sistemas.

Gráfico 4 - Energia Gerada Fotovoltaica Distribuída



Fonte: EPE, 2012

Gráfico 5 - Potência Instalada Fotovoltaica Distribuída Acumulada (GWp)



Fonte: EPE, 2012

1.1 Geração de empregos

De acordo à publicação *National Solar Jobs Census 2011*, a quantidade de empregos Gerados pela indústria solar fotovoltaica é bastante significativa nos EUA. Em 2011, A indústria gerou cerca de 100 mil empregos diretos, a maior parte concentrada em empresas de instalação dos sistemas fotovoltaicos. O total instalado nos EUA em 2011, de acordo ao *U.S. Solar Market Insight*, Foi da ordem de 1.855 MW, O que significa uma oferta de 54 empregos por MW instalado.

1.2 Significado das siglas W, Wp, kWp, Wh e kWh

W (Watt) é uma unidade de medida para potência (equivalente a um Joule por segundo). Potência é a quantidade de energia cedida por uma unidade de tempo.

Wp (Watt-pico) é a unidade de medida utilizada para painéis fotovoltaicos e significa a potência em W fornecida por um painel em condições específicas e reproduzidas em laboratório. É a potência máxima que um painel pode fornecer em condições ideais.

kWp (kilo-Watt-pico) são 1000 Wp sendo que k se refere a 1000 para qualquer unidade de medida.

Wh (Watt-hora) é uma unidade de medida de energia gerada. Ex: Uma potência de 100 W exercida por 3 horas equivale a $100 \times 3 = 300$ Wh.

kWh (kilo-Watt-hora) são 1000 Wh sendo que k se refere a 1000 para qualquer unidade de medida. kWh é a unidade de medida de nossa conta de luz.

1.3 Resolução Normativa 482 ANEEL

A resolução, normativa nº 482, publicada pela Aneel em 17 de abril de 2012, define a microgeração e a minigeração distribuídas e cria o sistema de compensação de energia para consumidores atendidos por concessionárias de distribuição.

A partir da publicação da resolução as distribuidoras de eletricidade tiveram o prazo de 240 dias, a vencer em dezembro de 2012, para adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso dos sistemas de auto produção de eletricidade às suas redes. Essas normas devem utilizar como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (Prodist), as normas técnicas brasileiras e as normas internacionais.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. O Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) define, no Convênio ICMS 6, de 5 de Abril de 2013, questões fiscais relacionadas ao Sistema de Compensação de Energia proposto pela Resolução 482 da ANEEL, conforme cita a sua Cláusula primeira: “A emissão de documentos fiscais nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa Nº 482, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, de 17 de abril

de 2012, deverá ser efetuada de acordo com a disciplina prevista neste convênio, observadas as demais disposições da legislação aplicável”.

De acordo com o Convênio, em sua Cláusula segunda, a base de cálculo para a cobrança do ICMS é “o valor integral da operação, antes de qualquer compensação, correspondente à quantidade total de energia elétrica entregue ao destinatário, nele incluídos;”. Na prática, este convênio implica em um valor da energia injetada na rede pelo micro/minigerador menor do que o pago para a energia convencional, da rede elétrica.

1.4 Composição genérica fotovoltaica

Pela baixa tensão e corrente de saída em uma célula fotovoltaica, agrupam-se várias células formando um módulo. Os arranjos das células nos módulos podem ser feitos conectando-as em série ou em paralelo. Ao conectar as células em paralelo, somam-se as correntes de cada módulo e a tensão do módulo é exatamente a tensão da célula, (CRESESB, 2006).

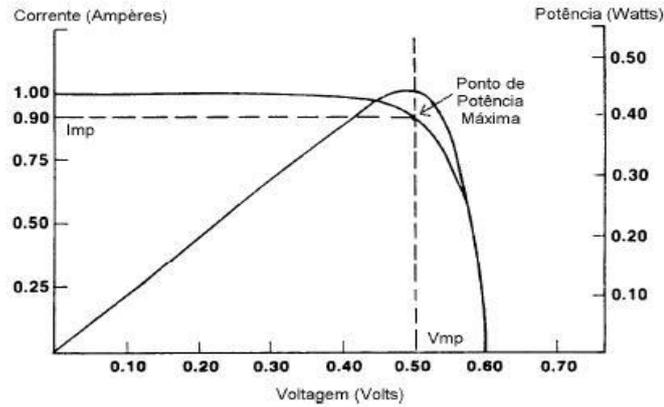
Existem características elétricas que melhor caracterizam o funcionamento do módulo. As principais características elétricas dos módulos fotovoltaicos são:

- a) Tensão de Circuito Aberto (V_{oc});
- b) Corrente de Curto Circuito (I_{sc});
- c) Potência Máxima (P_m);
- d) Tensão de Potência Máxima (V_{mp});
- e) Corrente de Potência Máxima (I_{mp});

A condição padrão para se obter as curvas características dos módulos é definida para radiação de $1000W/m^2$ (radiação recebida na superfície da Terra em dia claro, ao meio dia), e temperatura de $25^{\circ}C$ na célula (a eficiência da célula é reduzida com o aumento da temperatura). (CRESESB, 2000).

Para cada ponto na curva $I \times V$, o produto corrente-tensão representa a potência gerada para aquela condição de operação. O Gráfico 6 mostra que, para uma célula fotovoltaica, e conseqüentemente, para o módulo, existe somente uma tensão e uma corrente, para a qual a potência máxima pode ser extraída. O ponto de potência máxima corresponde, então, ao produto da tensão de potência máxima (V_{mp}) e corrente de potência máxima (I_{mp}).

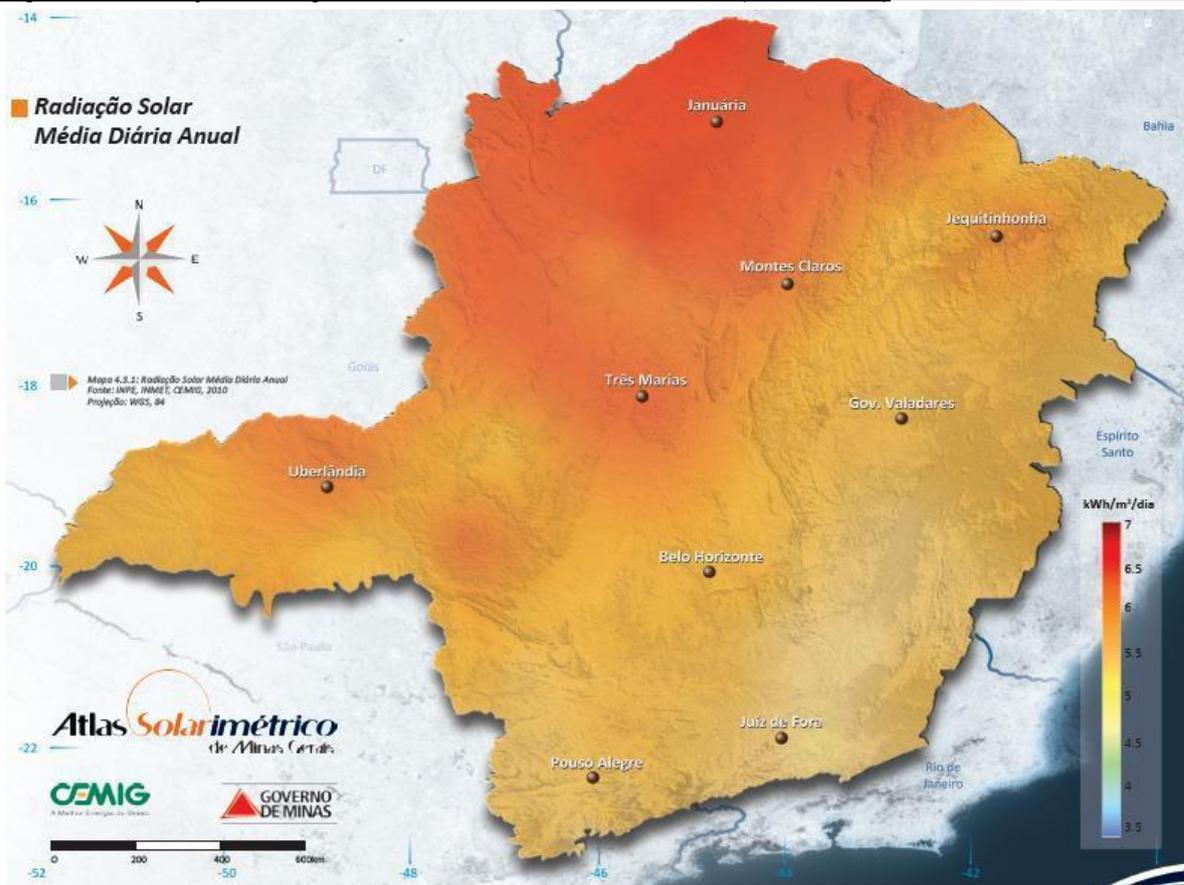
Gráfico 6 - Parâmetros de potência máxima



Fonte: CRESESB, 2006

Considerando todos os mapeamentos e aspectos relevantes e tendo como foco a definição de regiões mais apropriadas para empreendimentos de produção de energia elétrica, é apresentado na Figura 1 o produto final do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais.

Figura 1 - Radiação solar global diária horizontal média anual (kWh/m²/dia)



Fonte: Atlas Sulamérico de Minas Gerais, 2009

Uma pesquisa em uma das principais fontes de dados de irradiação solar, o SWERA, parceria do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) com o NREL (Laboratório Nacional de Energias Renováveis – EUA). O resultado pode ser conferido no Gráfico 7.

Como se pode observar, o resultado não é tão obvio. A maior parte dos participantes imaginou que a posição geográfica mais próxima da linha do Equador ou as altas temperaturas médias de cidades como Manaus, São Luís e Cuiabá, favoreceria a irradiação solar nestes locais. No entanto, nestes lugares há grande incidência de chuvas, o que atrapalha a absorção da radiação solar devido às sombras das nuvens nos dias nublados e chuvosos. E Florianópolis, apesar de ser uma cidade litorânea com grande insolação durante o verão, tem a sua média de irradiação solar mais baixa devido ao período curto de sol nos dias de inverno por estar mais ao sul do País. Portanto, Belo Horizonte é uma das capitais mais ensolaradas do Brasil e propícia à geração fotovoltaica.

Gráfico 7 – Irradiação solar média no ângulo da latitude (kWh/m²/dia)

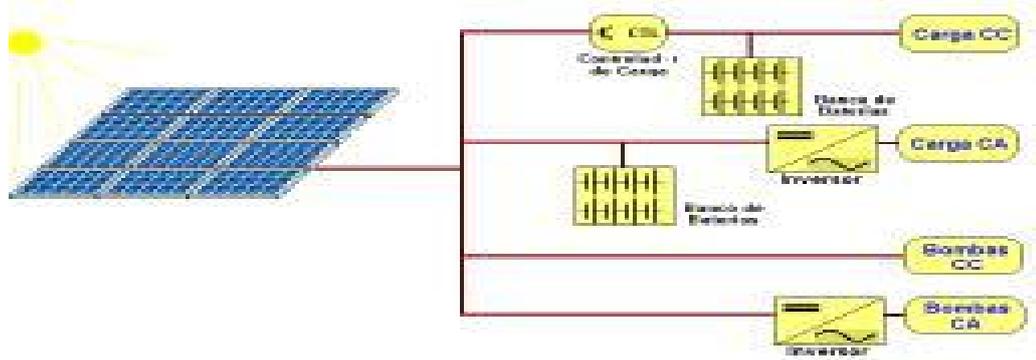


Fonte: Swera – INPE, 2006

1.5 Geração fotovoltaica offgrid

Os sistemas isolados (Figura 2) necessitam de armazenamento de energia em baterias. O controlador de carga é usado em sistemas pequenos onde os aparelhos utilizados são de baixa tensão e corrente contínua (CC). Para alimentação de equipamentos de corrente alternada (CA) é necessário um inversor. Este dispositivo geralmente incorpora um seguidor de ponto de máxima potência necessário para otimização da potência final produzida. Este sistema é usado quando se deseja mais conforto na utilização de eletrodomésticos convencionais. (CRESESB, 2006)

Figura 2 - Diagrama de sistemas fotovoltaico em função da carga utilizada

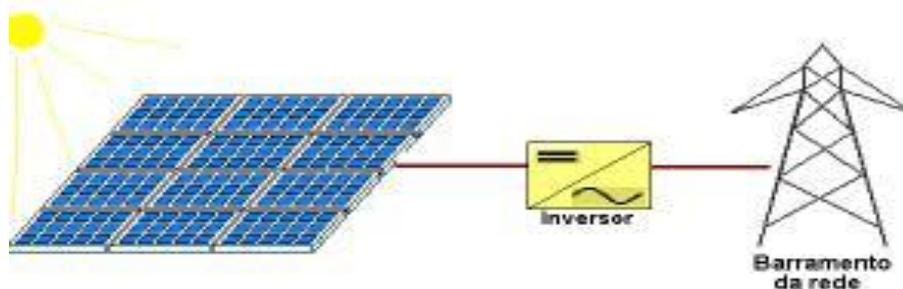


Fonte: CRESESB, 2006

1.6 Geração fotovoltaica ongrid

Estes sistemas utilizam grandes números de painéis fotovoltaicos, e não utilizam armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente na rede. Representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual está conectado. Todo o arranjo é conectado aos inversores e logo em seguida guiado diretamente na rede (Figura 3). Estes inversores devem satisfazer as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada. (CRESESB, 2006).

Figura 03 - Sistema conectado a rede

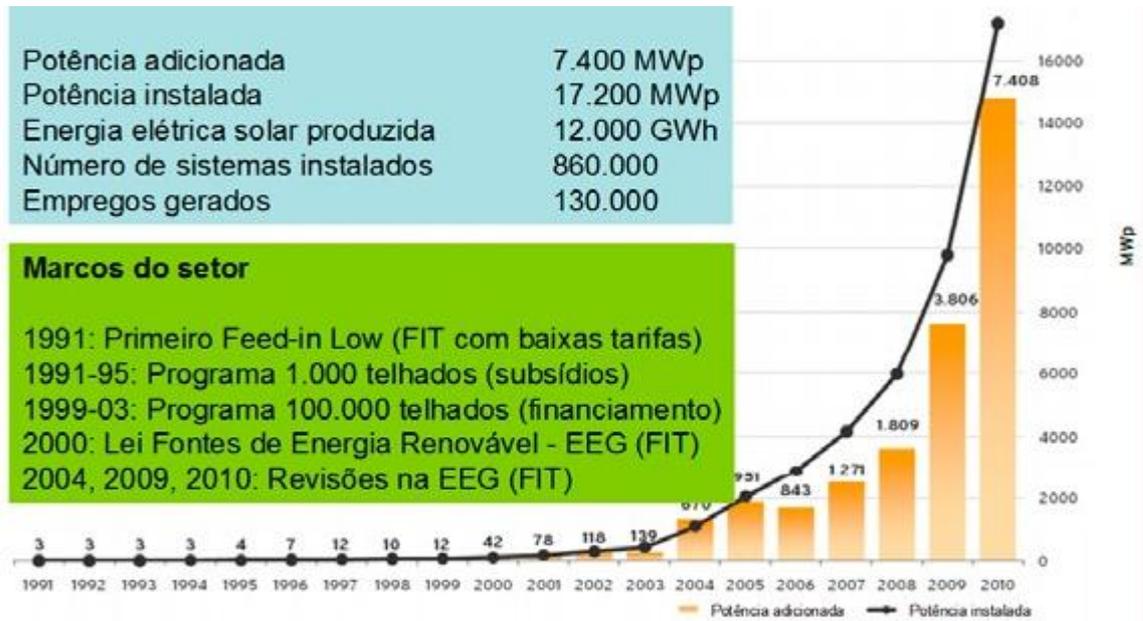


Fonte: CRESESB, 2006

De acordo com os dados da German Solar Industry Association (BSw Solar), a geração de eletricidade a partir da fonte solar fotovoltaica atendeu a demanda de mais de 3,4 milhões de domicílios no país em 2010, com 12 mil GWh produzidos (mais de 2% do total de eletricidade gerada no país).² O volume de emissões de CO evitadas no ano foi estimado em 6,2 milhões de toneladas, um crescimento de 78% em relação a 2009. Aproximadamente oito pessoas foram empregadas por MWp instalado no ano, resultado bastante inferior ao observado para os Estados Unidos

(~ 55 empregos/MWp). O impacto da adoção do mecanismo de tarifa prêmio sobre o desenvolvimento do mercado pode ser observado no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Dados do Mercado Fotovoltaico Alemão em 2010



Fonte: BSW Solar

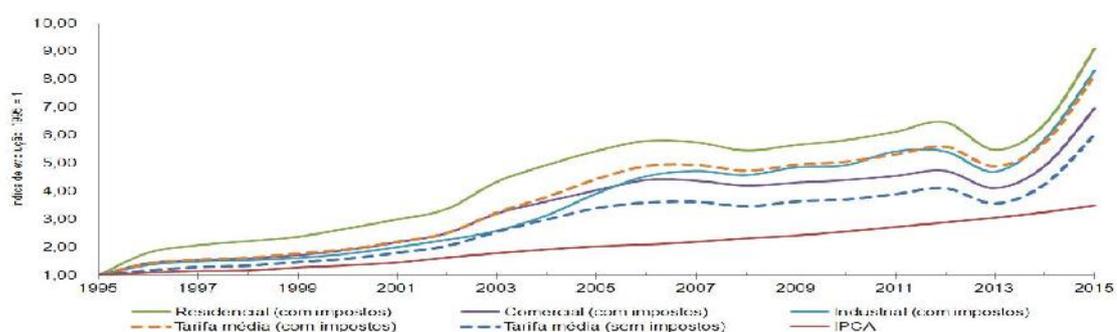
CAPÍTULO 2

ESTUDO ANALÍTICO DOS FATOS

Dados históricos de tarifas de energia elétrica, considerados para a média nacional, são apresentados na figura abaixo, as tarifas de energia elétrica podem não seguir uma trajetória bem definida suas alterações podem ser explicadas em razão de políticas adotadas, intervenções governamentais e diferentes fases do próprio setor elétrico brasileiro. Para o modelo de fluxo de caixa é necessário adotar uma premissa para a projeção para as tarifas de energia elétrica para o horizonte de avaliação financeira do projeto.

Para o período apresentado no Gráfico 9, 1995 a 2014, a evolução média geométrica da tarifa média com impostos foi de 9,6% a.a., enquanto o IPCA evoluiu a uma média geométrica de 6,4%. É possível observar para diferentes períodos (Gráfico 8) a evolução das tarifas de energia elétrica para diferentes classes de consumo e do IPCA.

Gráfico 9 - Evolução das tarifas de energia elétrica e do IPCA



Fonte: ANEEL, 2015

Para o ano de 2015 considera-se o efeito médio da Revisão Tarifária Extraordinária de fevereiro de 2015 (23,4%) e um reajuste anual aproximado de 15%.

Nota-se que no período de 1995 a 2004, as tarifas cresceram acima do índice de inflação (IPCA), com destaque para a classe residencial, que teve o maior aumento de tarifas no período. Pode-se observar, ainda, que as tarifas para as classes comercial e residencial ficaram próximas, além disso, a tarifa média com impostos cresceu mais do que a tarifa média sem impostos. O período é caracterizado pela consolidação do processo de privatização do setor e a criação da

ANEEL, determinada pela Lei 9427/1996. Além disso, em Junho de 2001 o Governo Federal decreta o racionamento de energia, com meta de redução de 20% no consumo de energia elétrica. No ano seguinte, em 2002 é declarado o fim do racionamento e o consumidor começa a pagar o Encargo de Capacidade Emergencial (taxa extra para custear térmicas emergenciais). Neste ano é criado o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico.

Em 2003, no período pós-acionamento, empresas do setor apresentaram problemas financeiros devido ao desequilíbrio de mercado e mais de dois bilhões de reais são financiados pelo BNDES pelo Programa emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica.

No período de 2005 a 2012 as tarifas evoluíram abaixo da inflação, ou seja, têm crescimento real negativo. Ainda assim, a tarifa média com impostos cresce mais do que a tarifa média sem impostos, isto é, proporcionalmente, os impostos aumentam mais do que as tarifas. Nota-se, também, que neste período as tarifas para a classe industrial evoluíram mais do que para as classes residenciais e comerciais. O período é marcado pela implantação do chamado Novo Modelo do Setor Elétrico no Brasil a partir de 2004 (Leis nº 10.847 e 10.848, de 15 de março de 2004, e Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004), além da criação da EPE (Empresa de Pesquisa Energética) e CCEE (Câmara Comercializadora de Energia Elétrica). São definidos dois ambientes para a contratação de energia elétrica, o ACR (Ambiente de Contratação Regulado) e o ACL (Ambiente de Contratação Livre).

No ano de 2005 é concluído o primeiro ciclo de revisão tarifária, que tem a formulação de sua metodologia baseada em três pontos principais: Empresa de Referência, Base de Remuneração e Fator X, que revê os ganhos de produtividade.

Em 2007 é iniciado o segundo ciclo de revisão tarifária e em 2011 é aprovada a metodologia para o terceiro ciclo (2012 a 2014). Neste ciclo a remuneração das distribuidoras passa de 9,95% para 7,5%, fato que se justifica, segundo a ANEEL, devido à melhora da conjuntura macroeconômica do país.

No período de 2012 a 2013 houve uma redução média de 13,2% na tarifa, fruto da Medida Provisória 579, convertida na lei 12.783 em janeiro de 2013, que tratou da renovação antecipada das concessões dos ativos de geração de energia. Notar que a expectativa do governo era de redução média de 20% nas tarifas de energia elétrica, a qual não foi atingida.

2.1 Preço do Watt-pico

O ano de 2014, conforme mencionado anteriormente, foi marcado pelo baixo nível de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas e acionamento de usinas térmicas com elevados custos de operação. Em boa parte do período o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) se manteve em 822 R\$/MWh, o preço-teto estabelecido pela ANEEL até o final daquele ano.

Tabela 01 - Efeito médio ponderado da RTE de fevereiro de 2015

Distribuidora	Efeito	Distribuidora	Efeito
SULGIPE	7,50%	ENERSUL	27,90%
ENERGISA SE	8,00%	CEMIG	28,80%
CPFL STA CRUZ	9,20%	CPFL PIRATININGA	29,20%
COELCE	10,30%	EDEVP	29,40%
MOCOCA	16,20%	CPFL PAULISTA	31,80%
CERON	16,90%	HIDROPAN	31,80%
CPEE	19,10%	CFLO	31,90%
JOAOCESA	19,80%	ELETROPAULO	31,90%
COOPERALIANÇA	20,50%	FORCEL	32,20%
ELETROACRE	21,00%	CAIUA	32,40%
SANTAMARIA	21,00%	DEMEI	33,70%
CHESP	21,30%	MUXFELDT	34,30%
CSPE	21,30%	COCEL	34,60%
CEEE	21,90%	CNEE	35,20%
LIGHT	22,50%	RGE	35,50%
CJE	22,80%	COPEL	36,40%
IENERGIA	23,90%	UHENPAL	36,80%
CEB	24,10%	BRAGANTINA	38,50%
ELEKTRO	24,20%	AES SUL	39,50%
CELPE	2,20%	CELESC	24,80%
COSERN	2,80%	BANDEIRANTE	24,90%
CEMAR	3,00%	ENF	26,00%
CEPISA	3,20%	ESCELSA	26,30%
CELPA	3,60%	CEMAT	26,80%
ENERGISA PB	3,80%	ENERGISA MG	26,90%
CELTINS	4,50%	EFLUL	27,00%
CEAL	4,70%	ELETROCAR	27,20%
COELBA	5,40%	CELG	27,50%
ENERGISA BO	5,70%	DME-PC	27,60%

Fonte: ANEEL, 2014

Tabela 02 - Tarifa média de fornecimento para a classe residencial (estimativa)

Estado	Cidade	Distribuidora	R\$/MWh	
			s/impostos	c/impostos
Amapá	Macapá	CEA	355,15	398,67
Roraima	Boa Vista	CERR	398,85	398,85
Amazonas	Manaus	AmE	368,78	454,06
Rio Grande do Norte	Natal	COSERN	404,98	538,06
Distrito Federal	Brasília	CEB	432,83	552,64
São Paulo	São Paulo	ELETROPAULO	418,16	555,89
Pernambuco	Recife	CELPE	412,68	584,27
Bahia	Salvador	COELBA	408,22	605,18
Sergipe	Aracaju	ESSE	428,14	611,35
Paraíba	João Pessoa	EPB	439,02	624,34
Ceará	Fortaleza	COELCE	455,61	629,81
Piauí	Teresina	CEPISA	480,22	647,44
Santa Catarina	Florianópolis	CELESC	508,55	648,31
Maranhão	São Luis	CEMAR	496,18	653,2
Rondônia	Porto Velho	CERON	508,34	654,94
Alagoas	Maceió	CEAL	479,28	673,29
Acre	Rio Branco	ELETROACRE	495,43	679
Tocantins	Palmas	CELTINS	504,14	698,96
Mato Grosso do Sul	Campo Grande	ENERSUL	525,17	714,32
Mato Grosso	Cuiabá	CEMAT	555,64	726,76
Espírito Santo	Vitória	ESCELSA	532,74	734,13
Paraná	Curitiba	COPEL	512,01	765,32
Goiás	Goiânia	CELG	513,81	766,21
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	LIGHT	542,9	772,51
Rio Grande do Sul	Porto Alegre	CEEE	544,6	773,56
Pará	Belém	CELPA	571,34	807,2
Minas Gerais	Belo Horizonte	CEMIG	587,17	848,65

Fonte: ANEEL, 2014

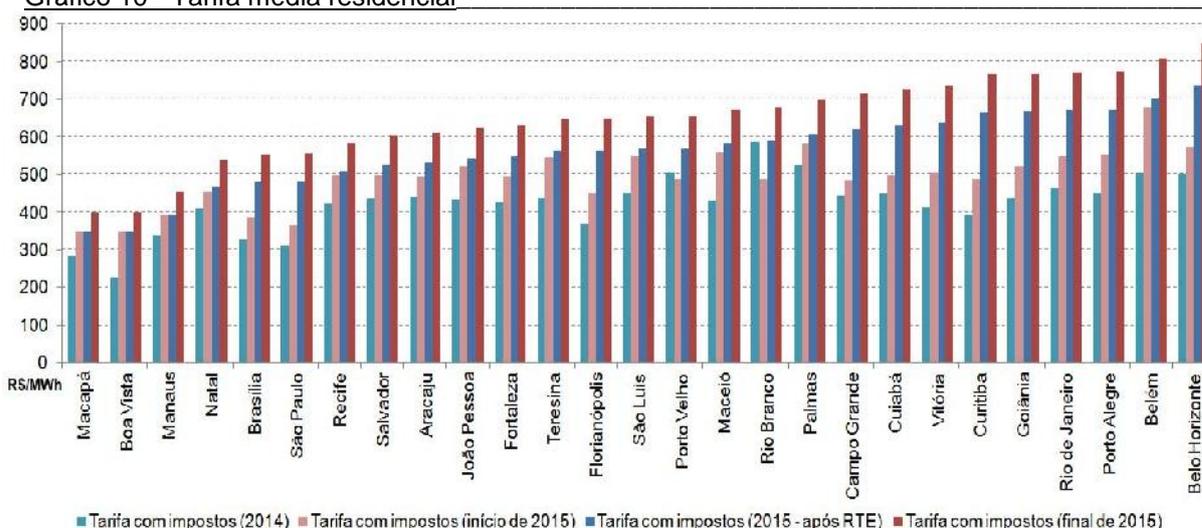
O ano de 2015 inicia-se com reajustes expressivos nas tarifas de energia elétrica. Em fevereiro foi aprovada a Revisão Tarifária Extraordinária (RTE) para 58 distribuidoras com a intenção de cobrir custos do setor. Para as concessionárias das regiões sul, sudeste e centro-oeste, o impacto médio ponderado foi de 28,7% e, para as distribuidoras das regiões norte e nordeste, o impacto médio foi de 5,5%. O efeito médio ponderado para a RTE de fevereiro de 2015 pode ser observado na Tabela 1. Além disso, neste ano entrou em vigor o sistema de bandeiras tarifárias que, quando

o nível dos reservatórios está baixo e, portanto, a bandeira é da cor vermelha, são cobrados dos consumidores R\$ 5,50 para cada 100 kWh consumidos, além dos impostos.

Para os cálculos dos resultados apresentados nesta nova tabela foram tomados os dados das tarifas referentes ao mês de dezembro de 2014 e aplicados os reajustes percentuais aprovados na Revisão Tarifária Extraordinária de fevereiro de 2015. Além disso, aplica-se um reajuste ordinário (anual) de 15% para todas as concessionárias. Valor que pode ser considerado razoável, visto que além do efeito da RTE devem ser consideradas outras correções, tais como inflação, encargos setoriais e outras despesas com manutenção e operação.

São estimativas (Tabela 3 e Gráfico 5) para as tarifas médias no final de 2015, considerando-se o efeito da RTE e um reajuste ordinário de 15% para todas as concessionárias. Nota-se que não foram considerados os efeitos das bandeiras tarifárias. Pois é fator individual de cada consumidor, já que depende do consumo.

Gráfico 10 - Tarifa média residencial



Fonte: ANEEL, 2014

Como exposto, as tarifas não seguem uma trajetória bem definida (Figura 6), para a análise de viabilidade da energia solar fotovoltaica sob a condição de microgeração, são avaliados diferentes cenários com as seguintes premissas de reajuste das tarifas: acima, abaixo e igual à inflação. Os reajustes tarifários considerados, para a composição dos cenários, serão de 3,3%, 5,59% e de 9,6%. A inflação considerada de 5,59% é dada pela média geométrica da evolução anual do IPCA prevista pelo Banco Central do Brasil até 2020.

Figura 06 – Fatura de cobrança Cemig 2017

2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA																																						
Classe Residencial Bifásico	Subclasse Residencial	Datas de Leitura Anterior: 08/02 Atual: 10/03 Próxima: 08/04			Datas da Nota Fiscal Emissão: 13/03 Apresentação: 10/03	Nº DA INSTALAÇÃO 3006244016																																
Tipo de Medição Energia kWh	Medição APD16/186924	Leitura Anterior 110	Informações Técnicas Leitura Atual 259		Constante de Multiplicação 1	Consumo kWh 259																																
Informações Gerais Tarifa vigente conforme Res Ansel nº 2.076, de 24/05/2016. Nota fiscal de 02/2017 quitada em 13/03/2017 F-EV/2017 / Band. Verde - MAH/2017 / Band. Amarela Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas. Faça sua adesão para recebimento da conta de energia por e-mail acessando www.cemig.com.br Leitura realizada conforme calendário de faturamento			Valores Faturados <table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>Quantidade</th> <th>Tarifa/Preço (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>259</td> <td>0,84813414</td> <td>219,64</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Encargos/Cobranças</td> </tr> <tr> <td>Contrib. Custeio Ilum. Pública</td> <td></td> <td></td> <td>20,41</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Tarifas Aplicadas (sem impostos)</td> </tr> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td></td> <td>0,53788667</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</td> </tr> <tr> <td>Bandeira Amarela</td> <td></td> <td></td> <td>2,71</td> </tr> </tbody> </table>				Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)	Energia Elétrica kWh	259	0,84813414	219,64	Encargos/Cobranças				Contrib. Custeio Ilum. Pública			20,41	Tarifas Aplicadas (sem impostos)				Energia Elétrica kWh		0,53788667		Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar				Bandeira Amarela			2,71
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)																																			
Energia Elétrica kWh	259	0,84813414	219,64																																			
Encargos/Cobranças																																						
Contrib. Custeio Ilum. Pública			20,41																																			
Tarifas Aplicadas (sem impostos)																																						
Energia Elétrica kWh		0,53788667																																				
Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar																																						
Bandeira Amarela			2,71																																			
Indicadores de Qualidade de Fornecimento BH Adoçado Mês: 01/2017			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Apurado Mensal</th> <th>Mensal</th> <th>Trimestral</th> <th>Anual</th> <th>Valores Permitidos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DIC</td> <td>0,00</td> <td>4,59</td> <td>9,19</td> <td>18,38</td> </tr> <tr> <td>FIC</td> <td>0,00</td> <td>3,05</td> <td>6,10</td> <td>12,20</td> </tr> <tr> <td>DMIC</td> <td>0,00</td> <td>2,02</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>DICMI</td> <td></td> <td>12,20</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> Tensão: Nominal - 127/220 V Min. - 117/202 V Mês - 122/224 V VARIACIONES: 1,50 Suf. LIMITAÇÃO: HS				Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual	Valores Permitidos	DIC	0,00	4,59	9,19	18,38	FIC	0,00	3,05	6,10	12,20	DMIC	0,00	2,02	-	-	DICMI		12,20	-	-							
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual	Valores Permitidos																																		
DIC	0,00	4,59	9,19	18,38																																		
FIC	0,00	3,05	6,10	12,20																																		
DMIC	0,00	2,02	-	-																																		
DICMI		12,20	-	-																																		
Informações de Faturamento			<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARCELAS</th> <th>VALOR(R\$)</th> <th>%</th> <th>PARCELAS</th> <th>VALOR(R\$)</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energia</td> <td>50,00</td> <td>23,17</td> <td>Enc. adesão</td> <td>21,52</td> <td>14,53</td> </tr> <tr> <td>Distribuição</td> <td>42,38</td> <td>19,31</td> <td>Tributos</td> <td>80,33</td> <td>38,57</td> </tr> <tr> <td>Transmissão</td> <td>2,54</td> <td>1,51</td> <td>Totais</td> <td>219,64</td> <td>100,00</td> </tr> <tr> <td>Bandeira</td> <td>10,57</td> <td>4,81</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%	Energia	50,00	23,17	Enc. adesão	21,52	14,53	Distribuição	42,38	19,31	Tributos	80,33	38,57	Transmissão	2,54	1,51	Totais	219,64	100,00	Bandeira	10,57	4,81					
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%																																	
Energia	50,00	23,17	Enc. adesão	21,52	14,53																																	
Distribuição	42,38	19,31	Tributos	80,33	38,57																																	
Transmissão	2,54	1,51	Totais	219,64	100,00																																	
Bandeira	10,57	4,81																																				
			VENCIMENTO 11/04/2017		VALOR A PAGAR R\$ 240,08																																	

Fonte: Fatura do próprio autor, 2017

O cenário adotado como padrão será o de evolução das tarifas acima da inflação (9,6% a.a. nominal), já que os dados históricos demonstram que a evolução das tarifas nos últimos 20 anos se deu acima da inflação (média) e as perspectivas para o setor elétrico brasileiro são de pressão nas tarifas nos próximos anos. Além disso, a tendência é que as novas usinas sejam proporcionalmente mais caras do que as implantadas há 20 ou 30 anos atrás, já que as restrições ambientais são cada vez maiores, as usinas serão mais distantes dos centros de consumo e observa-se dificuldade no gerenciamento de obras deste porte no país.

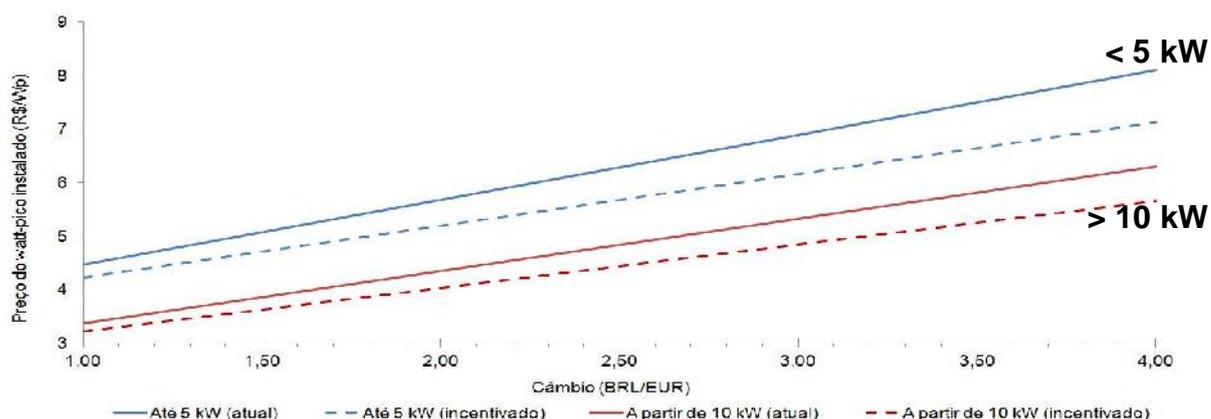
2.2 Determinantes e variações

Como método utilizado para o cálculo do Watt-pico utiliza como referência preço internacional de módulos, o preço final está sujeito à volatilidade cambial e, no momento em que o preço foi calculado para este trabalho, a taxa de câmbio estava em 3,25 BRL/EUR.

Para o período de jan/2002 a mar/2015 a média é de 2,84 BRL/EUR e o desvio padrão 0,45 BRL/EUR. Os valores para a média mais 1 desvio e média menos 1 desvio são de 2,39 BRL/EUR e 3,29 BRL/EUR, respectivamente. Foi realizada uma simulação a fim de verificar o impacto da variação da taxa de câmbio no preço final do watt-pico instalado e também foi simulado o preço final por watt-pico de um possível cenário incentivado, desconsiderando-se os tributos II, IPI e

ICMS sobre os equipamentos. O Gráfico 11 ilustra os resultados, com destaque para o fato de que o preço do watt-pico instalado em sistemas de até 5 kW, considerando-se a média da taxa de câmbio subtraída ou somada de um desvio padrão, ficaria entre 6,18 R\$/Wp e 7,28 R\$/Wp, faixa de valores na qual compreendem-se os preços de outros estudos.

Gráfico 11 - Preço do Watt-Pico instalado vs. Taxa de câmbio (BRL/EUR)



Fonte: ANEEL, 2014

2.3 Aprovação de projeto fotovoltaico

Desde 2012 as concessionárias de distribuição de energia elétrica recebem Solicitações de Acesso” de consumidores interessados na implantação de mini ou micro geração Distribuída, visando se beneficiarem do sistema de compensação.

A Resolução Normativa Aneel nº 482/2012 estabeleceu os conceitos de Mini e Microgeração, o funcionamento do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, bem como os critérios para conexão das usinas às distribuidora posterior revisado pela Resolução Normativa Aneel nº 687 de 24 de novembro de 2015 como segue abaixo.

Art. 1º Estabelecer as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.

Art. 2º

I – Micro geração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize co-geração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica,

conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II – Mini geração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para co-geração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

III - Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com micro geração ou mini geração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;

IV - Melhoria: instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações de distribuição existentes, ou a adequação destas instalações, visando manter a prestação de serviço adequado de energia elétrica;

V - Reforço: instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações de distribuição existentes, ou a adequação destas instalações, para aumento de capacidade de distribuição, de confiabilidade do sistema de distribuição, de vida útil ou para conexão de usuários;

VI – Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com micro geração ou mini geração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias pública de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento;

VII – Geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com micro geração ou mini geração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;

VIII – Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com micro geração ou mini geração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.

Art. 10. A distribuidora deverá adequar o sistema de medição e iniciar o sistema de compensação de energia elétrica dentro do prazo para aprovação do ponto de conexão.

2.4 Créditos Cemig

Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com micro geração distribuída ou mini geração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda.

2.5 Perspectivas para os próximos anos

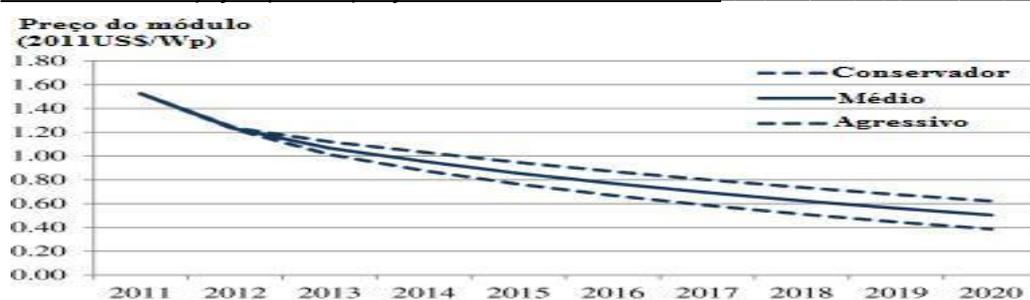
A fim de se determinar o preço de determinada tecnologia para os próximos anos, uma abordagem muito utilizada é a de curva de aprendizado, a qual consiste em verificar a correlação entre os preços da tecnologia e a produção acumulada. As curvas de aprendizado são baseadas na teoria *learning-by-doing* e *learning by searching*, a partir das quais se afirma que ao longo do tempo, a experiência acumulada, em pesquisa ou capacidade instalada, pode trazer maior eficiência nos processos de produção e uma diminuição de custos.

Na indústria solar fotovoltaica, a experiência mostra que cada vez que se dobra a capacidade instalada dos módulos, seus preços sofrem uma diminuição de aproximadamente 20% (DE LA TOUR; GLACHANT; MÉNIÈRE, 2013). Nos últimos anos, houve um crescimento expressivo da capacidade instalada de sistemas

fotovoltaicos, uma evolução de quase 500% no período de 2009 a 2013 (EPIA 2014), o que contribui significativamente para a diminuição dos preços de módulos fotovoltaicos.

Partindo de diversas experiências de curva de aprendizado e no preço do silício, em (DE LA TOUR; GLACHANT; MÉNIÈRE, 2013) é apresentada uma projeção para o preço dos módulos fotovoltaicos para o período de 2011 a 2020. A projeção (Gráfico 12) é apresentada em 3 cenários: um conservador, um médio e outro agressivo. As taxas médias apresentadas para o decréscimo de preço dos módulos são de 5,4%, 5,9% e 6,3%, respectivamente.

Gráfico 12 – Projeção para o preço de módulos fotovoltaicos



Fonte: Adaptado de (DE LA TOUR; GLACHANT; MÉNIÈRE, 2013)

Embora boa parte do preço do sistema fotovoltaico esteja relacionada aos módulos (aproximadamente 35%), a fim de se estimar os preços do Watt-pico instalado do sistema completo, deve-se também considerar a diminuição dos custos relacionados aos outros componentes e serviços.

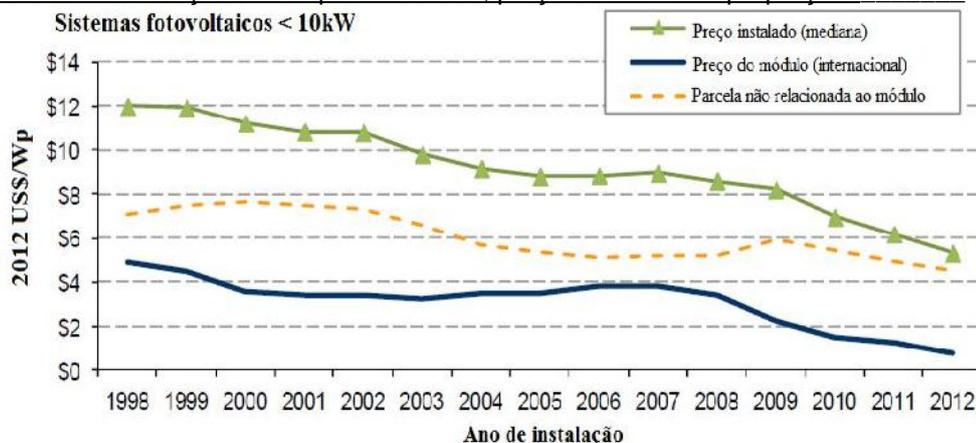
Embora boa parte do preço do sistema fotovoltaico esteja relacionada aos módulos (aproximadamente 35%), a fim de se estimar os preços do Watt-pico instalado do sistema completo, deve-se também considerar a diminuição dos custos relacionados aos outros componentes e serviços.

(BARBOSE et al., 2013) mostra que no período de 1998 a 2013, o decréscimo dos custos não relacionados ao módulo representaram aproximadamente 38% do total da queda do preço do watt-pico instalado de sistemas fotovoltaicos (< 10 kW), o que demonstra um impacto expressivo dos componentes BOS (*balance of system*) na redução dos preços dos sistemas fotovoltaicos (Gráfico 13).

De acordo com (BARBOSE et al., 2013), diferentemente dos custos relacionados ao módulo, que seguem a tendência do mercado internacional, os custos extra-módulo consistem de uma variedade de componentes que podem ser

diretamente afetados pelas condições locais de mercado, como por exemplo, políticas de incentivo em nível nacional.

Gráfico 13 - Preço do watt-pico instalado, preço do módulo e proporções



Fonte: Adaptado de (BARBOSE et al, 2013)

De maneira geral, pode-se dizer que na medida em que um mercado fotovoltaico se desenvolve, reduções de custos ocorrem. Segundo (CANDELISE; WINSKEL; GROSS, 2013), o desenvolvimento de um mercado fotovoltaico permite os seguintes fatores:

- a) Maior competição dos instaladores de sistemas e projetistas;
- b) Desenvolvimento dos prestadores de serviço relacionados ao mercado, trazendo economia de escala à cadeia de suprimentos;
- c) Maior poder de compra de módulos e componentes do sistema por parte dos instaladores e desenvolvedores de projetos;
- d) Regras mais transparentes, que promovem maior eficiência no processo de conexão dos sistemas à rede. (EPIA, 2011).

Os fatores citados contribuem para a queda nos custos relacionados aos sistemas fotovoltaicos e, portanto, a uma realimentação ao desenvolvimento do mercado. Por fim, (EPIA, 2011) apresentam uma projeção de queda dos preços dos sistemas instalados para os próximos anos, consideradas as seguintes premissas: 20% de taxa de aprendizagem para módulos e inversores em pequena escala, além de diminuição de custo em componentes estruturais e serviços. Em (EPIA, 2011), é apresentado (para a década 2011-2020) um potencial entre 5,14% e 6,89% de diminuição anual do preço para o watt-pico instalado de sistemas residenciais, enquanto que, para sistemas de maior porte se espera uma queda anual entre 4,36% a 5,98%.

CAPÍTULO 3

CONCEITOS DE MATEMÁTICA FINANCEIRA

Decisões financeiras fazem parte da rotina de empresas e das pessoas; por mais que geralmente, para tomar decisões, as pessoas não utilizem tantas ferramentas de análise como apresentado neste trabalho, seus recursos financeiros são finitos e levam em conta as vantagens e desvantagens para a tomada de decisões. Por exemplo, ao decidir entre financiar um imóvel ou fazer uma poupança para a aquisição do bem à vista, talvez as pessoas não calculem explicitamente o VPL (valor presente líquido) ou a TIR (taxa interna de retorno) do projeto, embora o risco e o retorno da decisão sejam levados em conta (além dos critérios não racionais, é claro), mesmo que de maneira inconsciente, como ilustra a palavra *economia* que, do grego (*oikonomos*), significa “aquele que administra um lar” (MANKIW, 2009).

Outra figura de mérito utilizado em avaliação financeira de projetos é a TIR (Taxa Interna de Retorno). (KEYNES, 1936) aponta a TIR como sendo a eficiência marginal do capital. Do ponto de vista matemático, a TIR é a taxa em que, empregada como a taxa de desconto no cálculo do VPL faz com que seu valor fique igual a zero, ou seja, é a raiz da função VPL, onde a variável independente é a taxa de desconto.

3.1 ROI - Retorno sobre o Investimento

O ROI é a melhor estimativa da rentabilidade que um projeto de investimento pode oferecer. Ele representa em termos percentuais a riqueza gerada pelo projeto. Este indicador é o análogo percentual do conceito de Valor Econômico Agregado (EVA), sendo derivado da taxa equivalente ao IBC para cada período do projeto.

Através dos indicadores podemos classificar este projeto como de baixa rentabilidade, contudo, a decisão depende de uma série de fatores que vão desde o apetite de riscos da empresa ou do responsável pela decisão até a necessidade de realização daquele investimento.

Com o ROI, finalizamos a análise dos indicadores associados à rentabilidade (ganho ou criação de riqueza) do projeto habitualmente multiplicado por 100 para representação em percentual.

A expressão mais simples do ROI, que é aplicada sobre as informações extraídas da contabilidade, é dada pela seguinte equação: $ROI = \text{Lucro} \div \text{Ativo}$.

Essa relação pode ser desmembrada pelos elementos que compõe o retorno de investimento: a Margem e o Giro e que são definidos pelas seguintes equações: [Margem (%) = $\text{Lucro} \div \text{Vendas}$ e Giro = $\text{Vendas} \div \text{Ativo}$].

A MARGEM é expressa em valores percentuais e representa a margem de lucro que uma empresa obteve sobre o montante de suas vendas, ou ainda, do faturamento, após deduzir os impostos e abatimentos, os custos e as despesas, o imposto de renda e as contribuições restam a margem de lucro.

O GIRO é expresso em número de vezes que a empresa consegue girar o seu próprio ativo, ou ainda, quantas vezes, num período, consegue vender o seu próprio ativo. A margem e o giro são grandezas, normalmente, inversamente proporcionais. Em uma empresa quando se aumenta a margem de lucro, naturalmente as vendas são reduzidas; diminuindo-se, assim, o giro.

3.2 TMA – Taxa mínima de atratividade

De acordo com Pilão e Hummel (2003, p.89) “a taxa que identificamos como TMA representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento, ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar ao fazer um financiamento.” Ainda, segundo os autores a TMA é formada, basicamente, a partir de três componentes: o custo de oportunidade, o risco do negócio e a liquidez do negócio. O custo de oportunidade representa a remuneração que teríamos pelo capital, a exemplo a remuneração da caderneta de poupança. O risco do negócio, uma vez que o ganho deve remunerar o risco inerente à nova ação. A liquidez que pode ser descrita como a facilidade, a velocidade de mudar de posição no mercado para assumir outra.

O critério básico de atratividade pode ser definido pela equação: $[-Cfo + \sum C_{fj} \div (1+i)^J > 0]$. Porém é necessário determinar na equação qual o valor da taxa “i” para

ser usada no processo de descapitalização do fluxo de caixa. Essa taxa é conhecida como Taxa de Mínima de Atratividade (TMA).

3.3 VPL - Valor Presente Líquido

Por considerar explicitamente o valor do dinheiro no tempo, o valor presente líquido (VPL) é considerado uma técnica sofisticada para análise de investimentos. Esse tipo de técnica, de uma forma ou de outra, desconta os fluxos de caixa da empresa a uma taxa especificada. Essa taxa, freqüentemente chamada de taxa de desconto, custo de oportunidade ou custo de capital.

Samanez (2007, p. 20) cita que o método do valor presente líquido (VPL) “tem como finalidade calcular, em termos de valor presente, o impacto dos eventos futuros associados a uma alternativa de investimento. Em outras palavras, ele mede o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil.”

3.4 TIR - A Taxa Interna de retorno

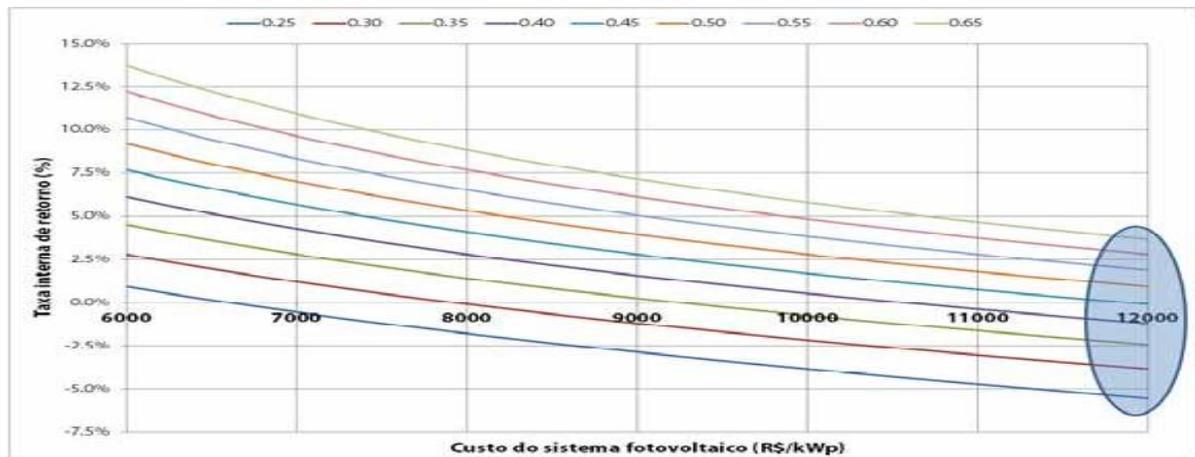
A taxa interna de retorno (TIR) de um investimento é uma taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial. Em outras palavras, a (TIR) é a taxa de desconto que faz com que o valor presente líquido (VPL) de uma oportunidade de investimento iguale-se a zero (GROPPELLI e NIKBAKHT, 2010). Pilão e Hummel (2003) sobressaem que o método da taxa interna de retorno (TIR) é aquele que nos permite descobrir a remuneração do investimento em termos percentuais. De acordo com os autores encontrar a TIR de um investimento é o mesmo que encontrar sua potência máxima, o percentual adequado de remuneração que o investimento oferece.

Em resumo, esta é a taxa que torna o Valor Presente Líquido (VPL) de um fluxo de caixa igual à zero. A TIR é a taxa “i” necessária para tornar verdadeira a seguinte sentença: $VPL = \sum [CF_t / (1+i)^t] = 0$.

Na dimensão retorno ela pode ser interpretada como um limite superior para a rentabilidade de um projeto de investimento: $[(1+TMA) \cdot (1+ROIA) - 1] < TIR$.

Se **TIR > TMA** é porque há mais ganho no projeto do que na TMA. Taxa interna de retorno (TIR) real sem inflação (Gráfico 14) de sistema fotovoltaico em função do custo de instalação e tarifa final da concessionária com impostos (variando entre 0,25 R\$/kWh e 0,65 R\$/kWh).

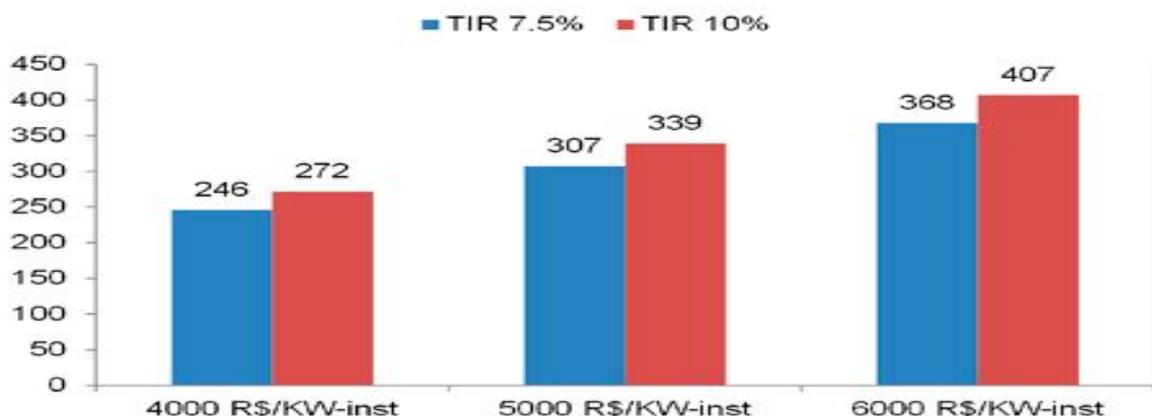
Gráfico 14 – TIR real sem inflação



Fonte: ABINEE, 2012

O Gráfico 15 mostra o valor de venda da energia para contrato com duração de 25 anos com montante igual à energia produzida pela usina (geração média igual a 18,5% da capacidade instalada) para uma faixa de investimentos variando entre 4.000 R\$/ W e 6.000 R\$/ W. Considera duas hipóteses de taxas internas de retorno (TIR) real (ou seja, descontada a inflação) exigida pelos acionistas e o *preço de venda de contratos de 25 anos (R\$/MWh) com incentivos fiscais análogos aos oferecidos aos projetos de energia eólica.*

Gráfico 15 – Amortização SAC



Fonte: ABINEE, 2012

3.5 Payback Descontado - Tempo de recuperação do Investimento

De acordo com Groppelli e Nikbakht (2010, p. 134) “o número de anos necessários para recuperar o investimento inicial é chamado de período de recuperação de investimento (*Payback*). Se o período *Payback* encontrado representa um período de tempo aceitável para a empresa, o projeto será selecionado.” O método *Payback* consiste em mostrar quanto tempo um investimento leva para ser ressarcido, porém a taxa de desconto é ignorada. O conceito de *Payback* descontado atua justamente nesta falha, porquanto 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 (TMA) (OLIVEIRA, 2008).

Seguindo nosso exemplo (Tabela 3), vamos calcular em quanto tempo o capital de \$380 investido inicialmente é recuperado. Desta forma, fica simples verificarmos que o investimento inicial de \$380 seria recuperado entre sete e oito anos.

Tabela 3 – Exemplo Payback Descontado

Período “K”	Fluxo de caixa	Valor recuperado com “K” parcelas
0	0	-
1	30	26,79
2	50	66,65
3	70	116,47
4	90	173,67
5	110	236,08
6	130	301,95
7	130	360,75
8	130	413,26
9	130	460,14

Fonte: Autoria Própria

3.6 Debêntures - CDI

As debêntures são títulos emitidos por empresas de capital aberto. O objetivo é obter recursos de médio e longo prazo para financiar as suas atividades ou quitar

dívidas. Conferem ao debenturista (detentor do título) um direito de crédito contra as mesmas, formalizado através de um documento legal, que declara as condições, tais como: prazo, remuneração, garantias, periodicidade de pagamento de juros etc. Cada debênture emitida representa uma fração da dívida contraída pela companhia no ato de sua emissão. As empresas são beneficiadas por terem uma maior flexibilidade quanto à utilização dos recursos captados dos aplicadores, já que não necessitam apresentarem projetos de como serão utilizados os recursos adquiridos através da emissão das mesmas, a remuneração e o pagamento de juros aos debenturistas pela emissão dos títulos são menores do que se recorresse a financiamentos bancários, de modo geral é comum que as operações apresentem taxas de remuneração pós- fixadas tendo como indexador as taxas do CDI ou da Selic (CERBASI, 2008).

Em suma, o CDI é a média das taxas negociadas (Tabela 4) entre os bancos para empréstimos de curtíssimo prazo. Fundos Referenciados DI, que são fundos que investem em títulos atrelados a esta taxa negociada entre os bancos.

Tabela 04 - CDI Acumulado 2017

Taxas CDI - Mensal - Anual - Acumulada - 2017					
Mês de Referência	Taxas - %				
	Mensal	Anualizada		Acumulada	
		Ano de 252 dias úteis	Ano calendário	No ano	Em 12 meses
Set/2017	0,6377	8,34	7,93	8,03	11,53
Ago/2017	0,8015	9,14	10,05	7,34	12,05
Jul/2017	0,7972	10,00	10,00	6,49	12,51
Jun/2017	0,8081	10,14	10,14	5,65	12,85
Mai/2017	0,9256	11,13	11,69	4,80	13,25
Abr/2017	0,7853	11,57	9,84	3,84	13,45
Mar/2017	1,0504	12,13	13,36	3,03	13,75
Fev/2017	0,8638	12,80	10,87	1,96	13,88
Jan/2017	1,0846	13,15	13,82	1,08	14,03

Fonte: Portal de Finanças, 2017

CAPÍTULO 4

IMPLANTAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICO NA ORDEM DE 30 kW

A aferição da viabilidade econômica da geração solar fotovoltaica distribuída é realizada comparando-se, ano a ano, o custo nivelado da geração fotovoltaica e a tarifa final da distribuidora local de energia elétrica, assumindo-se como hipótese a manutenção do valor da tarifa em termos reais ao longo do horizonte (EPE, 2012). O custo nivelado, por sua vez, considera parâmetros tais como: custo de investimento inicial, custos de operação e manutenção, e fatores de capacidade. Como premissa de redução de custos ao longo das próximas décadas, adotam-se como referência as projeções de redução percentual dos custos, segundo IEA (2012), sobre os custos de instalação no Brasil em 2013: R\$ 7,00/Wp para o setor residencial (Montenegro, 2013), R\$ 6,5/Wp para o setor comercial e poder público e R\$ 6,0/Wp para o setor industrial. A perspectiva ao longo das décadas é apresentada na tabela abaixo.

Tabela 5 - Perspectiva de redução de custos dos sistemas fotovoltaicos (R\$/Wp)

	2013	2020	2030	2040	2050
Residencial	7,0	4,4	3,2	2,7	2,3
Comercial	6,5	4,2	3,0	2,5	2,1
Industrial	6,0	3,4	2,7	2,3	2,0

Fonte: EPE, 2014

Segundo as projeções de reduções de custos, estima-se que a geração fotovoltaica distribuída atinja a paridade tarifária em praticamente todo o território nacional, para os consumidores (Tabela 5) atendidos em baixa tensão, por volta de 2022, enquanto que para consumidores atendidos em média tensão (grupo A4) a paridade tarifária deve se tornar realidade apenas ao final da década de 2020.

4.1 Aplicação do Sistema solar fotovoltaico

Para calcular o dimensionamento do sistema solar será simulado a aplicação da energia solar através da fotoconversão em dois de cenários diferentes para

depois simular quanto sua viabilidade representa em comparativo com a rede comercial disponível em Belo Horizonte – CEMIG.

A simulação residencial utilizada é composta por sistema fotovoltaico de 3 kW e na simulação comercial utilizaremos a base 30 kW capaz de suprir auto-produção de uma empresa de médio porte. Existem regiões que, de acordo com a irradiação solar, pode-se obter um melhor rendimento (Tabela 6). Para análise e implantação dos cenários, será considerada a radiação da cidade de Belo Horizonte.

Tabela 6 - Radiação diária média em Belo Horizonte

Município: Belo Horizonte - MG															
Latitude: 19,920833° Sul															
Longitude: 43,937777° Oeste															
Radiação diária média mensal (kWh/m².dia)															
Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	4,28	5,56	4,06	4,28	3,69	3,72	3,97	4,36	4,69	4,44	4,81	4,33	4,35	1,87
Ângulo igual à latitude	20° N	3,96	5,31	4,11	4,71	4,36	4,82	4,88	4,98	4,92	4,33	4,46	3,96	4,55	1,36
Maior média anual	21° N	3,93	5,29	4,10	4,72	4,38	4,66	4,90	5,00	4,92	4,31	4,41	3,93	4,55	1,36
Maior mínimo mensal	12° N	4,12	5,47	4,13	4,59	4,14	4,31	4,56	4,70	4,80	4,42	4,64	4,14	4,51	1,35

Fonte: CRESESB, 2011

4.2 Relação de produtividade da composição do sistema

Para determinar o dimensionamento correto dos equipamentos, foi utilizado o método que a Universidade Federal de Lavras utiliza em seus cursos de pós-graduação para a geração fotovoltaica (BITTENCOURT, 2011).

- Potência mínima do gerador (Wp): Potência mínima total do conjunto de módulos necessária para produzir a energia solicitada pela carga;
- Consumo total (Wh/dia): Retirar da Tabela o consumo Wh/dia correspondente a cada cenário.
- Horas Equivalente de sol Pleno (Horas/dia):
- Depende da latitude e nível de nebulosidade do local.

Considerar o nível médio do mês mais crítico no plano escolhido para instalar os módulos. O módulo deve ter uma inclinação que privilegie o pior mês. Considerar entre 3,5 e 5 horas/dia de sol pleno para o pior mês de acordo com a localização escolhida (CRESESB, 2011).

Potência mínima do gerador (W_p) = [Consumo total (Wh/dia) ÷ horas equivalentes de sol pleno x fpp x fps](1).

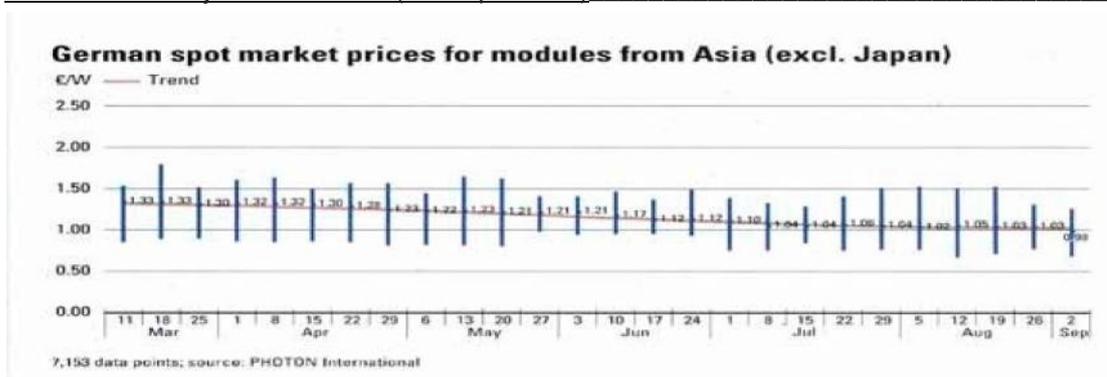
4.3 Custos para implantação do sistema fotovoltaico

4.3.1 Módulos

Levantamento sobre preço de mercado feito pela publicação *PHOTON International* indica que o preço médio do módulo fotovoltaico de origem asiática vendido na Alemanha (maior mercado comprador) rompeu a barreira de 1 €/watt, numa amostra de 7.153 modelos. Os preços (Gráfico 16) seguem trajetória declinante, como indicado no gráfico abaixo. Há uma dispersão de valores em torno do valor médio 0,98 €/watt, com módulos variando entre 0,70 e 1,25 €/watt.

Conforme indicação do Manual de Engenharia Fotovoltaica 2014; Fabricantes de módulos de silício cristalino garantem os seus produtos por 25 anos, um desafio paralelo para a indústria é o desenvolvimento de acessórios e equipamentos complementares para sistemas fotovoltaicos com qualidade e vida útil comparáveis às dos módulos.

Gráfico 16 – Preço dos Módulos (euros por Watt)



Fonte: PHOTON International, 2011

4.3.2 Inversores

A amostra levantada pela *PHOTON International* conta com 1.301 modelos levantados no mercado alemão (Gráfico 17). Observa-se clara dispersão neste item, como indicado a seguir, com preços ao início de setembro na faixa de 0,19 €/watt

O MercadoLivre é uma empresa de tecnologia que oferece soluções de comércio eletrônico para que pessoas e empresas possam comprar, vender, pagar, anunciar e enviar produtos por meio da internet. Opera em 19 países e tem cerca de 4 mil funcionários e é o site de e-commerce mais popular da América Latina em número de visitantes. A empresa mantém operações na Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Panamá, Paraguai, Peru, Portugal, República Dominicana, Uruguai e Venezuela. Até 2016, o MercadoLivre contava com 174,2 milhões de usuários na América Latina. Todas as informações e consultas estão disponíveis no site oficial: mercadolibre.com.

Como premissa, o preço dos equipamentos importados e adquirido aos valores médios mencionados da seção anterior; Incidência de imposto de importação (II) sobre módulos (NCM 8541.40.32) igual a 12% e inversores importados (14%); A alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) incidente sobre módulos fotovoltaicos (NCM 8541.40.32) continua sendo de 0%, conforme Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (TIPI) anexa ao Decreto nº 7.660, de 23/12/2011. Os inversores nacionais recebem redução no IPI, como parte dos incentivos da Lei da Informática, que pode chegar a 100% sob alguns condicionantes; Incidência de ICMS sobre inversores (alíquota variando por Estado);

Incidência de PIS (1,65%) e COFINS (7,6%) sobre os módulos e inversores “por dentro”, ou seja, com efeito combinado de $1 / (1 - 0,0165 - 0,076) = 10,2\%$; utilização de valores representativos de serviços aduaneiros;

Aquisição de projetos e demais componentes nacionais (estrutura de fixação de módulos, disjuntores, cabos etc.) que compõem sistemas fotovoltaicos são relacionados como estimativa geral representarem custo igual à soma do custo dos módulos e inversores. Valor é próximo ao divulgado em artigo de Paula Scheidt (GIZ/Instituto Ideal) na Revista Brasil Energia nº. 373 (dezembro de 2011, p. 85).

Cabe ressaltar que há produção nacional de inversores, com alíquota nula sobre o IPI e, dependendo do Estado, existe também isenção de ICMS para equipamentos fotovoltaicos.

4.5 Pesquisas dinâmicas no site MercadoLivre

A Tabela 8 estima o custo médio nacional de um sistema residencial e comercial de médio porte empregando módulos e inversores adquiridos no mercado interno nacional contabilizado a partir dos diversos orçamentos oriundos do e-commerce MercadoLivre pesquisados dia 23 de agosto de 2017 12horas conforme apêndices.

Tabela 8 – Pesquisa de preços Mercado Livre 2017

Tipo de aplicação/uso	Un. Medida	Residencial	Comercial
Gasto médio mensal anterior a implantação	R\$	330,77	3.224,60
Consumo médio mensal	kWh/mês	390	3.802
Produção total estimada	kWh/mês	390	3.802
Preço kW/h Cemig – março 2017	R\$	0,848134	0,848134
Potência do inversor	kW	3,0	30,0
Produtividade média por módulo 260W	kWp/mês	32,5	32,5
Quantidade de módulos necessários	pç	12	117
Área base mínima para implantação c/acabamento	m2	26,56	277,72
Garantia média comercial dos produtos	anos	5	5
Investimento total em módulos fotovoltaicos	R\$	7.200,00	70.200,00
Investimento total com inversor	R\$	6.000,00	26.500,00
Demais Investimentos: (Elaboração, instalação, aprovação e conexão do projeto, espaço útil com princípio de reaproveitamento de áreas inativas disponíveis).	R\$	13.200,00	96.700,00
Vida útil estimada do sistema fotovoltaico	anos	35	35
Pro-rata revisão e manutenção do sistema (420 meses)	R\$	62,86	460,48
Custo da autoprodução com recursos próprios	R\$/kWp-mês	0,161179	0,121115
Investimento total para autoprodução	R\$	26.400,00	193.400,00
Economia mensal estimada	R\$	267,91	2.764,12
Retorno mensal bruto do investimento	%	1,25%	1,67%

Fonte: Autoria própria

CAPÍTULO 5

RESULTADOS APLICADOS DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DO PROJETO COM RECURSOS PRÓPRIOS

5.1 ROI - Retorno sobre o Investimento

O ROI é a melhor estimativa da rentabilidade que um projeto de investimento pode oferecer. Ele representa em termos percentuais a riqueza gerada pelo projeto. A expressão mais simples do ROI, que é aplicada sobre as informações extraídas da contabilidade, é dada pela seguinte equação: $[ROI = \text{Lucro} \div \text{Ativo}]$ (Tabela 8).

Tabela 8 – Resultado ROI

Tipos de aplicação/uso	Un. medida	Residencial	Comercial
Lucro – gasto médio mensal anterior a implantação	R\$	330,77	3.224,60
Ativo – Investimento total para autoprodução	R\$	26.400,00	193.400,00
ROI	%	1,25%	1,67%

Fonte: Autoria própria

5.2 TMA – Taxa mínima de atratividade

De acordo com Pilão e Hummel (2003, p.89) “a taxa que identificamos como TMA representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento, ou o máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar ao fazer um financiamento.”

O CDI é a média das taxas negociadas entre os bancos para empréstimos de curtíssimo prazo. Fundos Referenciados DI, que são fundos que investem em títulos atrelados a esta taxa negociada entre os bancos; portanto CDI será nossa TMA.

(GITMAN, 2002). Samanez (2007, p. 20) cita que o método do valor presente líquido (VPL) “tem como finalidade calcular, em termos de valor presente, o impacto dos eventos futuros associados a uma alternativa de investimento. Em outras palavras, ele mede o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto ao longo de sua vida útil.”

5.3 TIR - A Taxa Interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR) de um investimento é uma taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial. Em outras palavras, a (TIR) é a taxa de desconto que faz com que o valor presente líquido (VPL) de uma oportunidade de investimento iguale-se a zero (GROPPELLI e NIKBAKHT, 2010). Pilão e Hummel (2003) sobressaem que o método da taxa interna de retorno (TIR) é aquele que nos permite descobrir a remuneração do investimento em termos percentuais.

Encontrando os valores de 'VPL' e 'TIR', utilizando a calculadora HP 12C.

Uso residencial:

<f> <CLX>

<26400> <CHS> <G> <CF0>

<3969,24> <G> <CFj>

<35> <G> <Nj>

<13,5> <i>

<f> <NPV>

No visor aparecerá o valor do VPL R\$ 2.652,22

Para encontrar a TIR: <f> <IRR>

No visor aparecerá o valor da TIR 14,92% AA

Uso Comercial:

<f> <CLX>

<193400,00> <CHS> <G> <CF0>

<38695,20> <G> <CFj>

<35> <G> <Nj>

<13,5> <i>

<f> <NPV>

No visor aparecerá o valor do VPL R\$ 89.823,36

Para encontrar a TIR: <f> <IRR>

No visor aparecerá o valor da TIR 19,97% aa

5.4 Payback Descontado - Tempo de recuperação do Investimento

O conceito de *Payback* descontado (Tabela 9) considera o valor do dinheiro no tempo, 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 (TMA) taxa mínima de atratividade. (OLIVEIRA, 2008)

Tabela 9 – Payback descontado

RESIDENCIAL 3 Kw					
Ano	Fluxo de caixa	Payback simples	VPL	Payback Descontado	
0	-R\$ 26.400,00	-R\$ 26.400,00	-R\$ 26.400,00	-R\$ 26.400,00	
1	R\$ 3.969,24	-R\$ 22.430,76	R\$ 3.780,23	-R\$ 22.619,77	
2	R\$ 3.969,24	-R\$ 18.461,52	R\$ 3.600,22	-R\$ 19.019,55	
3	R\$ 3.969,24	-R\$ 14.492,28	R\$ 3.428,78	-R\$ 15.590,77	
4	R\$ 3.969,24	-R\$ 10.523,04	R\$ 3.265,50	-R\$ 12.325,27	
5	R\$ 3.969,24	-R\$ 6.553,80	R\$ 3.110,00	-R\$ 9.215,27	
6	R\$ 3.969,24	-R\$ 2.584,56	R\$ 2.961,91	-R\$ 6.253,36	
7	R\$ 3.969,24	R\$ 1.384,68	R\$ 2.820,86	-R\$ 3.432,50	
8	R\$ 3.969,24	R\$ 5.353,92	R\$ 2.686,54	-R\$ 745,96	
COMERCIAL 30 kW					
Ano	Fluxo de caixa	Payback simples	VPL	Payback Descontado	
0	-R\$ 193.400,00	-R\$ 193.400,00	-R\$ 193.400,00	-R\$ 193.400,00	
1	R\$ 38.695,20	-R\$ 154.704,80	R\$ 36.852,57	-R\$ 156.547,43	
2	R\$ 38.695,20	-R\$ 116.009,60	R\$ 35.097,69	-R\$ 121.449,74	
3	R\$ 38.695,20	-R\$ 77.314,40	R\$ 33.426,37	-R\$ 88.023,37	
4	R\$ 38.695,20	-R\$ 38.619,20	R\$ 31.834,64	-R\$ 56.188,74	
5	R\$ 38.695,20	R\$ 76,00	R\$ 30.318,70	-R\$ 25.870,03	
6	R\$ 38.695,20	R\$ 38.771,20	R\$ 28.874,95	R\$ 3.004,92	

Fonte: Autoria própria

5.5 Viabilidade econômica

Em suma exponho os resultados globais aplicados objetivando análise integral; são formalizados números da viabilidade econômica em prol da representação expressa aos possíveis investidores do seguimento. Os dados contemplam informações relativas ao fluxo de caixa, payback simples e descontado, valor presente líquido, investimento inicial, retorno sobre o investimento, TIR, TMA, retorno econômico mensal e anual (Tabela 10 e Tabela 11).

Tabela 10 – Resultados globais enfoque residencial 3 kW

RESIDENCIAL 3 kW				
Ano	Fluxo de caixa	Payback simples	VPL	Payback Descontado
0	-R\$ 26.400,00	-R\$ 26.400,00	-R\$ 26.400,00	-R\$ 26.400,00
1	R\$ 3.969,24	-R\$ 22.430,76	R\$ 3.780,23	-R\$ 22.619,77
2	R\$ 3.969,24	-R\$ 18.461,52	R\$ 3.600,22	-R\$ 19.019,55
3	R\$ 3.969,24	-R\$ 14.492,28	R\$ 3.428,78	-R\$ 15.590,77
4	R\$ 3.969,24	-R\$ 10.523,04	R\$ 3.265,50	-R\$ 12.325,27
5	R\$ 3.969,24	-R\$ 6.553,80	R\$ 3.110,00	-R\$ 9.215,27
6	R\$ 3.969,24	-R\$ 2.584,56	R\$ 2.961,91	-R\$ 6.253,36
7	R\$ 3.969,24	R\$ 1.384,68	R\$ 2.820,86	-R\$ 3.432,50
8	R\$ 3.969,24	R\$ 5.353,92	R\$ 2.686,54	-R\$ 745,96
9	R\$ 3.969,24	R\$ 9.323,16	R\$ 2.558,61	R\$ 1.812,65
10	R\$ 3.969,24	R\$ 13.292,40	R\$ 2.436,77	R\$ 4.249,42
11	R\$ 3.969,24	R\$ 17.261,64	R\$ 2.320,73	R\$ 6.570,15
12	R\$ 3.969,24	R\$ 21.230,88	R\$ 2.210,22	R\$ 8.780,37
13	R\$ 3.969,24	R\$ 25.200,12	R\$ 2.104,97	R\$ 10.885,35
14	R\$ 3.969,24	R\$ 29.169,36	R\$ 2.004,74	R\$ 12.890,08
15	R\$ 3.969,24	R\$ 33.138,60	R\$ 1.909,27	R\$ 14.799,35
16	R\$ 3.969,24	R\$ 37.107,84	R\$ 1.818,35	R\$ 16.617,71
17	R\$ 3.969,24	R\$ 41.077,08	R\$ 1.731,77	R\$ 18.349,47
18	R\$ 3.969,24	R\$ 45.046,32	R\$ 1.649,30	R\$ 19.998,78
19	R\$ 3.969,24	R\$ 49.015,56	R\$ 1.570,76	R\$ 21.569,54
20	R\$ 3.969,24	R\$ 52.984,80	R\$ 1.495,96	R\$ 23.065,50
21	R\$ 3.969,24	R\$ 56.954,04	R\$ 1.424,73	R\$ 24.490,23
22	R\$ 3.969,24	R\$ 60.923,28	R\$ 1.356,88	R\$ 25.847,12
23	R\$ 3.969,24	R\$ 64.892,52	R\$ 1.292,27	R\$ 27.139,39
24	R\$ 3.969,24	R\$ 68.861,76	R\$ 1.230,73	R\$ 28.370,12
25	R\$ 3.969,24	R\$ 72.831,00	R\$ 1.172,13	R\$ 29.542,25
26	R\$ 3.969,24	R\$ 76.800,24	R\$ 1.116,31	R\$ 30.658,56
27	R\$ 3.969,24	R\$ 80.769,48	R\$ 1.063,15	R\$ 31.721,71
28	R\$ 3.969,24	R\$ 84.738,72	R\$ 1.012,53	R\$ 32.734,24
29	R\$ 3.969,24	R\$ 88.707,96	R\$ 964,31	R\$ 33.698,55
30	R\$ 3.969,24	R\$ 92.677,20	R\$ 918,39	R\$ 34.616,95
31	R\$ 3.969,24	R\$ 96.646,44	R\$ 874,66	R\$ 35.491,61
32	R\$ 3.969,24	R\$ 100.615,68	R\$ 833,01	R\$ 36.324,62
33	R\$ 3.969,24	R\$ 104.584,92	R\$ 793,34	R\$ 37.117,96
34	R\$ 3.969,24	R\$ 108.554,16	R\$ 755,56	R\$ 37.873,52
35	R\$ 3.969,24	R\$ 112.523,40	R\$ 719,58	R\$ 38.593,11
TMA	13,50% aa.		ROI	1,17% am.
VPL	R\$ 2.652,22		Período	35 anos
TIR	14,92% aa.		Investimento	R\$ 26.400,00
Payback simples	6,65 anos		Retorno mensal	R\$ 330,77
Payback descontado	7,96 anos		Retorno anual	R\$ 3.969,24

Fonte: Aatoria própria

Tabela 10 – Resultados globais enfoque residencial 3kW

COMERCIAL 30 kW				
Ano	Fluxo de caixa	Payback simples	VPL	Payback Descontado
0	-R\$ 193.400,00	-R\$ 193.400,00	-R\$ 193.400,00	-R\$ 193.400,00
1	R\$ 38.695,20	-R\$ 154.704,80	R\$ 36.852,57	-R\$ 156.547,43
2	R\$ 38.695,20	-R\$ 116.009,60	R\$ 35.097,69	-R\$ 121.449,74
3	R\$ 38.695,20	-R\$ 77.314,40	R\$ 33.426,37	-R\$ 88.023,37
4	R\$ 38.695,20	-R\$ 38.619,20	R\$ 31.834,64	-R\$ 56.188,74
5	R\$ 38.695,20	R\$ 76,00	R\$ 30.318,70	-R\$ 25.870,03
6	R\$ 38.695,20	R\$ 38.771,20	R\$ 28.874,95	R\$ 3.004,92
7	R\$ 38.695,20	R\$ 77.466,40	R\$ 27.499,96	R\$ 30.504,88
8	R\$ 38.695,20	R\$ 116.161,60	R\$ 26.190,43	R\$ 56.695,31
9	R\$ 38.695,20	R\$ 154.856,80	R\$ 24.943,27	R\$ 81.638,58
10	R\$ 38.695,20	R\$ 193.552,00	R\$ 23.755,50	R\$ 105.394,08
11	R\$ 38.695,20	R\$ 232.247,20	R\$ 22.624,28	R\$ 128.018,36
12	R\$ 38.695,20	R\$ 270.942,40	R\$ 21.546,94	R\$ 149.565,29
13	R\$ 38.695,20	R\$ 309.637,60	R\$ 20.520,89	R\$ 170.086,19
14	R\$ 38.695,20	R\$ 348.332,80	R\$ 19.543,71	R\$ 189.629,89
15	R\$ 38.695,20	R\$ 387.028,00	R\$ 18.613,05	R\$ 208.242,94
16	R\$ 38.695,20	R\$ 425.723,20	R\$ 17.726,72	R\$ 225.969,66
17	R\$ 38.695,20	R\$ 464.418,40	R\$ 16.882,59	R\$ 242.852,25
18	R\$ 38.695,20	R\$ 503.113,60	R\$ 16.078,65	R\$ 258.930,90
19	R\$ 38.695,20	R\$ 541.808,80	R\$ 15.313,00	R\$ 274.243,91
20	R\$ 38.695,20	R\$ 580.504,00	R\$ 14.583,81	R\$ 288.827,72
21	R\$ 38.695,20	R\$ 619.199,20	R\$ 13.889,35	R\$ 302.717,07
22	R\$ 38.695,20	R\$ 657.894,40	R\$ 13.227,95	R\$ 315.945,02
23	R\$ 38.695,20	R\$ 696.589,60	R\$ 12.598,05	R\$ 328.543,06
24	R\$ 38.695,20	R\$ 735.284,80	R\$ 11.998,14	R\$ 340.541,20
25	R\$ 38.695,20	R\$ 773.980,00	R\$ 11.426,80	R\$ 351.968,00
26	R\$ 38.695,20	R\$ 812.675,20	R\$ 10.882,67	R\$ 362.850,67
27	R\$ 38.695,20	R\$ 851.370,40	R\$ 10.364,44	R\$ 373.215,11
28	R\$ 38.695,20	R\$ 890.065,60	R\$ 9.870,90	R\$ 383.086,01
29	R\$ 38.695,20	R\$ 928.760,80	R\$ 9.400,86	R\$ 392.486,87
30	R\$ 38.695,20	R\$ 967.456,00	R\$ 8.953,20	R\$ 401.440,07
31	R\$ 38.695,20	R\$ 1.006.151,20	R\$ 8.526,85	R\$ 409.966,92
32	R\$ 38.695,20	R\$ 1.044.846,40	R\$ 8.120,81	R\$ 418.087,73
33	R\$ 38.695,20	R\$ 1.083.541,60	R\$ 7.734,11	R\$ 425.821,84
34	R\$ 38.695,20	R\$ 1.122.236,80	R\$ 7.365,82	R\$ 433.187,66
35	R\$ 38.695,20	R\$ 1.160.932,00	R\$ 7.015,06	R\$ 440.202,72
TMA anual	13,50% aa.		ROI	1,53% am.
VPL anual	R\$ 89.823,36		Período	35 anos
TIR anual	19,97% aa.		Investimento	R\$ 193.400,00
Payback simples	5,00 anos		Retorno mensal	R\$ 3.224,60
Payback descontado	5,85 anos		Retorno anual	R\$ 38.695,20

Fonte: Autoria própria

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A analítica apresentada neste trabalho demonstra através de um olhar descontaminado de maldade, nortear a sociedade ora polarizada por um mundo cada vez mais exploratório e capitalista, ferramentas condutoras sustentáveis aplicadas ao uso da energia solar fotovoltaica.

O presente estudo objetivou analisar a viabilidade econômica do sistema de energia solar fotovoltaico com enfoque conectado a rede, destinado a consumo comercial estimado de 30 kW. Para tal, realizou-se pesquisa de mercado, com abordagens matemáticas comparando diretamente o investimento à taxa mínima de atratividade proporcional aos melhores índices de investimentos financeiros do mercado (CDI) que por sua vez nos últimos anos tem representado 13,5% (treze e meio por cento).

Concluiu-se que o sistema apesar da constante evolução quando montado sob demanda 30 kW na cidade de Belo Horizonte é largamente atrativo, projeta retornos anuais médios de 20 % (vinte por cento) e conseqüente prazo de retorno do investimento próximo de 5 anos, sem deixar de mencionar a vida útil estimada superior a 35 anos e suas produções de riquezas estimadas em R\$ 440.000,00 (quatrocentos e quarenta mil reais) já deduzido o investimento inicial e corrigidos no período. Conclui-se ainda, além de reduzir custos e de apresentar viabilidade econômica para o empreendimento analisado, a energia solar é uma das mais importantes fontes de energias renováveis, acarretará benefícios inestimáveis também ao meio ambiente por ser uma fonte limpa e sustentável.

O resultado representa um grande avanço para o seguimento fotovoltaico e poderá agora nortear pequenos investidores os quais vivenciam cenários nacionais desmotivadores com instabilidade econômica e política presente. O investimento possibilitará reduzir custos fixos de médio/longo prazo dos pequenos comerciantes de diversos seguimentos. Na analítica viabilizamos a utilização de recursos próprios; todavia os investidores podem recorrer a financiamentos externos ou até cooperativismo conforme interesses e recursos dos indivíduos ou organizações.

Os estudos futuros seriam salutares maiores aprofundamentos envolvendo a multidimensionalidade financeira do tema; viés dos investimentos consumindo

capitais externos e cooperativismo. Desenvolvimento, aplicações e simulações das linhas de financiamentos disponibilizadas pelas diversas entidades financeiras, e ainda; a possibilidade dos agrupamentos de pessoas com mesmo objetivo, através do emprego do cooperativismo, favorecendo projetos de monta maior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº. 482 de 17 de abril de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 abr. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira**. ABINEE, 2012.

BARBOSE, G. et al. **Tracking the Sun VI**: an historical summary of the installed price of photovoltaics in the United States from 1998 to 2012. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2013.

CANDELISE, C; WINSKEL, M; GROSS, R. J K. The dynamics of solar PV costs and prices as a challenge for technology forecasting. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/13640321>. v. 26, p. 97-107. 2013.

CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA; CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ: Especial 2014.

CERBASSI, Gustavo, 1974. Investimentos inteligentes: **para conquistar e multiplicar seu primeiro milhão**. Rio de Janeiro: Thomas Nelson Brasil, 2008.

DE LA TOUR, A; GLACHANT, M; MÉNIÈRE, Y. Predicting the costs of photovoltaic solar modules in 2020 using experience curve models. **Energy**, v. 62, p. 341-348, 2013.

Demanda de energia, 2050. Rio de Janeiro: EPE, 2014b. Nota Técnica DEA 13/14 EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Global market outlook for photovoltaics (2014-2018)**. EPIA, 2014.

EIA. **World Energy Consumption, Independent Statistics and Analysis**. Washington: EIA, U.S. Energy Information Administration, 2014. Disponível em: <http://www.eia.gov/analysis/> Acesso: 20/10/2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira**. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Nota Técnica. Rio de Janeiro, 2014.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira - Essencial**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GROPELLI, A.A.; NICKBAKHT, Ehsan. **Administração Financeira**. Tradução: André Olímpio Mosselman Du Chenoy Castro. 3ª ed. São Paulo:Saraiva, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas brasileiro de energia solar**. Enio Bueno Pereira et al. São Paulo: São José dos Campos: 2006.

KEYNES, J. M. **The General theory of employment, interest, and money**. Macmillan. New York, 1936.

MANKIW, N. G. **Introdução à economia**, 5ª ed. Cengage Learning. São Paulo: 2009.

Mercadolivre. **Comércio eletrônico**. Disponível em: <http://www.mercadolivre.com.br> Acesso: 05 set. 2017.

MONTENEGRO, A. A. **Avaliação do retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos integrados a residências unifamiliares urbanas no Brasil.** 175 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, SC., 2013.

NAKABAYASHI, R. K. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras.** 2014. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, S. H. **Geração distribuída de eletricidade: inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no Estado de São Paulo.** 198 p. 2002. Tese (Doutorado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo.

PILÃO, NIVALDO ELIAS. HUMMEL, PAULO ROBERTO VAMPRÉ. **Matemática Financeira e Engenharia Econômica: a teoria e a prática da análise de projetos de investimentos.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

PORTAL DE FINANÇAS. **Taxa de Juros DI (CDI).** Outubro de 2017. Disponível em: < <http://www.portaldefinancas.com/cdidiaria17.htm> >. Acesso em: 03 nov.2017.

SAMANEZ, C. P. **Gestão de investimentos e geração de valor.** São Paulo: Editora Pearson – Prentice Hall, 2007.

SCHEIDT (GIZ/Instituto Ideal) **Revista Brasil Energia nº. 373** (dezembro de 2011, p. 85). São Paulo, Paula Scheidt, 2011

Solar photovoltaics competing in the energy sector : on the road to competitiveness. EPIA, 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Orçamento MercadoLivre – Kit 3,12 kWp

The screenshot shows the Mercado Livre product page for a 'Kit Solar Fotovoltaico 3.12 Kwp 430kwh/mês Modulo 260w'. The price is R\$ 18.599⁰⁰. The product is described as 'Novo'. The main image shows a diagram of the solar system components: 'Painel Solar', 'Inversor', 'Banco de Baterias', 'Medidor de Energia', and 'Rede Elétrica'. The price is broken down as '12x R\$ 1.549⁹² sem juros com mercado pago'. The seller is 'Ibirarema, São Paulo'. The quantity is set to 1, and there is a 'Comprar agora' button. The page also mentions 'Você ganha 9.299 Mercado Pontos' and 'Compra Garantida com o Mercado Pago'.

APÊNDICE B – Orçamento MercadoLivre – Kit 3 kW

The screenshot shows the Mercado Livre product page for a 'Gerador Fotovoltaico 3,20kwp - Inversor 3,0kw Monofásico'. The price is R\$ 17.435³⁸. The product is described as 'Novo'. The main image shows a diagram of the solar generator components: '320W' panels and an 'Inversor'. The price is broken down as '12x R\$ 1.656²² com mercado pago'. The seller is 'Balneário Camboriú, Santa Catarina'. The quantity is set to 1, and there is a 'Comprar agora' button. The page also mentions 'Você ganha 6.717 Mercado Pontos' and 'Compra Garantida com o Mercado Pago'.

APÊNDICE C – Orçamento MercadoLivre – Kit 3,24 kWp

The screenshot shows a product listing on Mercado Livre for a 'Kit Solar Fotovoltaico 3,24kw'. The page features a main image of a solar panel and an inverter. The price is listed as R\$ 17.000,00. Payment options include 12x R\$ 1.642,61 with Mercado Pago. The seller is located in Guaratinguetá, São Paulo. The page also includes a 'Comprar agora' button and a 'Compra Garantida' badge.

Kit Solar Fotovoltaico 3,24kw

R\$ 17.000⁰⁰

12x R\$ 1.642⁶¹ com mercado pago
Com seu MASTERCARD terminado em 6844
[Mais opções](#)

Entrega a combinar com o vendedor
Guaratinguetá, São Paulo
[Consultar frete](#)

Único disponível!

[Comprar agora](#)

Você ganha 8.500 Mercado Pontos.

Compra Garantida com o Mercado Pago
Receba o produto que está esperando ou devolvemos o dinheiro.

APÊNDICE D – Orçamento MercadoLivre – Kit 3,0 kWp

The screenshot shows a product listing on Mercado Livre for a 'Kit Fotovoltaico Com Wifi 3,0 Kw Gera Sua Energia Solar'. The page features a main image of a blue inverter and solar panels. The price is listed as R\$ 17.820,00. Payment options include 12x R\$ 1.692,79 with Mercado Pago. The seller is located in Florianópolis, Santa Catarina. The page also includes a 'Comprar agora' button and a 'Compra Garantida' badge.

Kit Fotovoltaico Com Wifi 3,0 Kw Gera Sua Energia Solar

R\$ 17.820⁰⁰

12x R\$ 1.692⁷⁹ com mercado pago
Com seu MASTERCARD terminado em 6844
[Mais opções](#)

Entrega a combinar com o vendedor
Florianópolis, Santa Catarina
[Consultar frete](#)

Único disponível!

[Comprar agora](#)

Você ganha 8.910 Mercado Pontos.

Compra Garantida com o Mercado Pago
Receba o produto que está esperando ou devolvemos o dinheiro.

INVERSOR 3,0kW + 12 MÓDULOS 250W

ENVIÓ IMEDIATO | WI-FI INCLUSO | MELHOR PÓS VENDA | INVISTA NA SUA ENERGIA

APÊNDICE E – Orçamento MercadoLivre – Inversor Growatt 3 kW



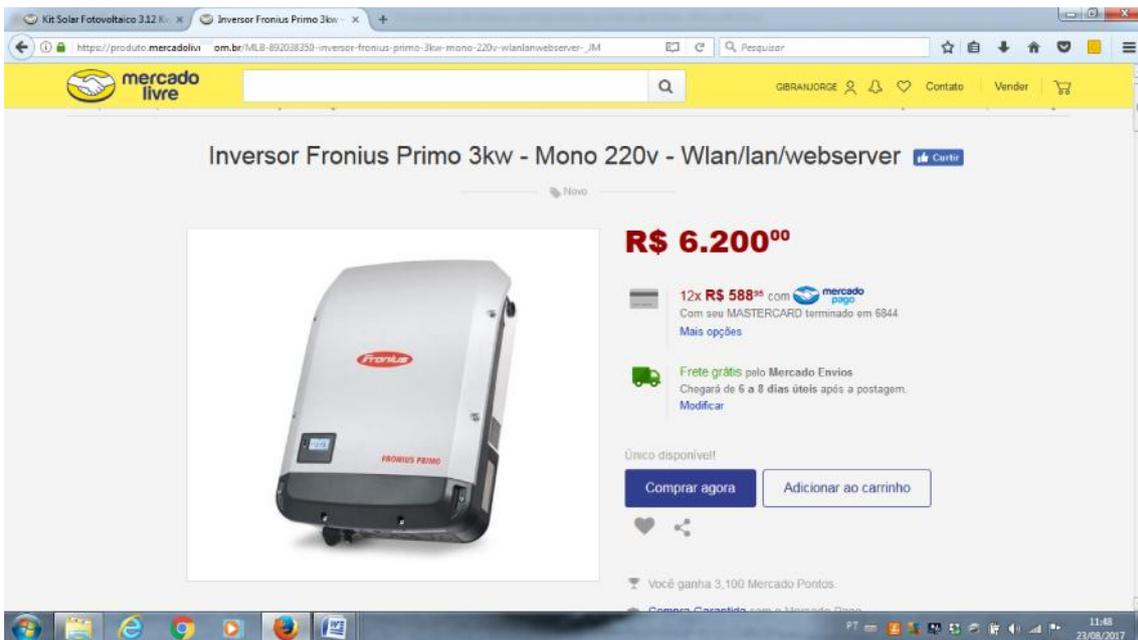
The screenshot shows a web browser window displaying the Mercado Livre product page for a Growatt PV Inverter. The browser's address bar shows the URL: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-882468441-inversor-ongrid-growatt-grid-tie-3kw-3000-s-5-anos-garantia-_JM. The page title is "Inversor Ongrid Growatt Grid Tie 3kw 3000-s 5 Anos Garantia". The product image is a white rectangular box with the Growatt logo and "PV INVERTER" printed on it. The price is listed as **R\$ 3.799⁰⁰**. Below the price, there is a financing option: "12x R\$ 316⁸⁸ sem juros com mercado pago" using a MASTERCARD. There is also a note about free shipping: "Frete grátis pelo Mercado Envios" with a delivery date of "Chegará entre os dias 4 e 6 de setembro". The quantity is set to 1, and there are buttons for "Comprar agora" and "Adicionar ao carrinho". The browser's taskbar at the bottom shows the date as 23/09/2017 and the time as 11:46.

APÊNDICE F – Orçamento MercadoLivre – Inversor Blue 3 kW



The screenshot shows a web browser window displaying the Mercado Livre product page for a Blue Inverter. The browser's address bar shows the URL: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-707394943-inversor-grid-tie-homologado-inmetro-3kw-_JM. The page title is "Inversor Grid Tie Homologado Inmetro 3kw". The product image is a blue rectangular box with the "blue" logo. The price is listed as **R\$ 8.154⁰⁰**. Below the price, there is a financing option: "12x R\$ 774⁸⁸ com mercado pago" using a MASTERCARD. There is also a note about free shipping: "Frete grátis pelo Mercado Envios" with a delivery date of "Chegará de 6 a 9 dias úteis após a postagem". The quantity is set to 1, and there are buttons for "Comprar agora" and "Adicionar ao carrinho". The browser's taskbar at the bottom shows the date as 23/09/2017 and the time as 11:47.

APÊNDICE G – Orçamento MercadoLivre – Inversor Fronius 3 kW



The screenshot shows a web browser window displaying a product page on Mercado Livre. The browser's address bar shows the URL: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-892038350-inversor-fronius-primo-3kw-mono-220v-wlanlanwebserver-_JM. The page title is "Inversor Fronius Primo 3kw - Mono 220v - Wlan/lan/webserver". The product image shows a white Fronius Primo inverter with a red logo. The price is listed as **R\$ 6.200⁰⁰**. Below the price, there is a financing option: "12x R\$ 588⁸⁵ com mercado pago" and a note "Com seu MASTERCARD terminado em 6844". There is also a shipping notice: "Frete grátis pelo Mercado Envios" and "Chegará de 6 a 8 dias úteis após a postagem." The page includes buttons for "Comprar agora" and "Adicionar ao carrinho". The bottom of the browser window shows the taskbar with various application icons and the system clock displaying 11:48 on 23/08/2017.

APÊNDICE H – Orçamento MercadoLivre – Inversor Tek 3 kW



The screenshot shows a web browser window displaying a product page on Mercado Livre. The browser's address bar shows the URL: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-895844032-inversor-30kw-abb-pvi-3.0-tl-outd-s-grid-tie-_JM. The page title is "Inversor 3.0kw Abb Pvi-3.0-tl-outd-s Grid-tie". The product image shows a white Tek Energy inverter with a red logo. The price is listed as **R\$ 5.601⁰⁰**. Below the price, there is a financing option: "12x R\$ 532⁸⁴ com mercado pago" and a note "Com seu MASTERCARD terminado em 6844". There is also a shipping notice: "Frete grátis pelo Mercado Envios" and "Chegará de 7 a 10 dias úteis após a postagem." The page includes a quantity selector set to "1" and buttons for "Comprar agora" and "Adicionar ao carrinho". The bottom of the browser window shows the taskbar with various application icons and the system clock displaying 11:55 on 23/08/2017.

APÊNDICE I – Orçamento MercadoLivre – Módulo Era Solar 260w

Novo

Módulos De Energia Solar Fotovoltaica 260w Era Solar

R\$ 490

12x R\$ 46⁸⁸
Com seu MASTERCARD terminado em 6844
[Mais opções](#)

Entrega a combinar com o vendedor
São Paulo
[Consultar frete](#)

Quantidade: 1

Compra Garantida, recebe o produto que está esperando ou devolvemos o dinheiro.

APÊNDICE J – Orçamento MercadoLivre – Módulo Policristalino 260w

Novo - 6 vendidos

Módulo Fotovoltaico Painel Placa Solar 260w - Policristalino

R\$ 689⁹⁰

12x R\$ 57⁹⁰ sem juros
Com seu MASTERCARD terminado em 6844
[Mais opções](#)

Entrega a combinar com o vendedor
São Paulo
[Consultar frete](#)

Quantidade: 1

Compra Garantida, recebe o produto que está esperando ou devolvemos o dinheiro.

Energia (Elétrica)

Fabricante: **MODULO FOTVOLTAICO**
Marca: **AD DO BRASIL INFORMATICA**
Modelo: **260W**

Mais eficiente	A	A
B		
C		
D		
Menos eficiente	E	

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (%) **16,00**

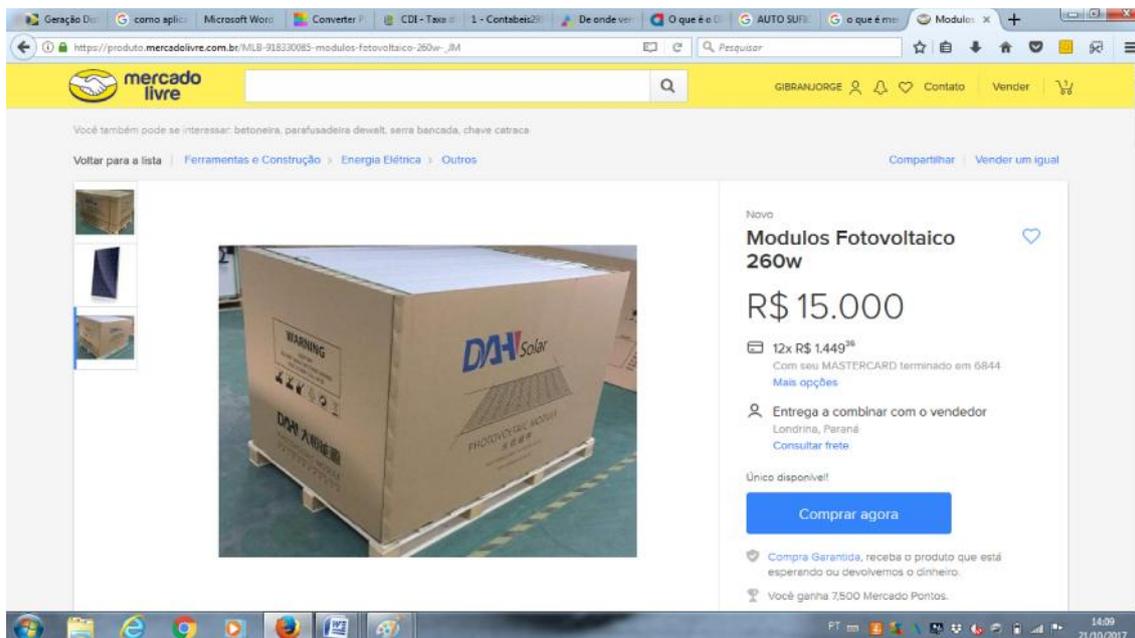
Área Externa do Módulo (m²): 1,63
Produção Média Mensal de Energia (kWh/mês): 31,20
Potência nominal (W): 260,00

Resposta a reclamações de consumidores: Respondo em 1 hora
Disponibilidade de instalação e manutenção de pós-venda: Não é oferecida
Atendimento ao cliente: 24h

PROCEL **INMETRO**

IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTA DE SACARCO COM O CÓDIGO DE BARRAS DO CONSUMIDOR.

APÊNDICE K – Orçamento MercadoLivre – Módulo 260w atacado



The screenshot shows a product listing on Mercado Livre for 'Modulos Fotovoltaico 260w'. The main image is a large cardboard box on a pallet, with 'DAH Solar' and 'PHOTOVOLTAICO 260W' printed on it. The price is R\$ 15.000. Financing options are listed as '12x R\$ 1.449⁹⁶' with a MASTERCARD. The seller is 'Entrega a combinar com o vendedor' from Londrina, Paraná. A blue 'Comprar agora' button is prominent. The page also includes a search bar, navigation links, and a taskbar at the bottom.

Novo

Modulos Fotovoltaico 260w

R\$ 15.000

12x R\$ 1.449⁹⁶
Com seu MASTERCARD terminado em 6844
[Mais opções](#)

Entrega a combinar com o vendedor
Londrina, Paraná
[Consultar frete](#)

Único disponível!

[Comprar agora](#)

Compra Garantida, receba o produto que está esperando ou devolvemos o dinheiro.

Você ganha 7500 Mercado Pontos.

APÊNDICE L – Orçamento MercadoLivre – Inversor Serrana 30 kW



The screenshot shows a product listing on Mercado Livre for 'Inversor Solar On Grid 30000w Triplo Mppt Wifi Com Inmetro'. The main image is a tall, orange inverter unit with 'SERRANA' branding. The price is R\$ 26.500⁰⁰. Financing options are listed as '12x R\$ 2.208³³ sem juros' with Mercado Pago. A 'Frete grátis' badge is present. A '60 MESES DE GARANTIA' badge is also visible. The page includes a search bar, navigation links, and a taskbar at the bottom.

Inversor Solar On Grid 30000w Triplo Mppt Wifi Com Inmetro

R\$ 26.500⁰⁰

12x R\$ 2.208³³ sem juros com Mercado Pago
Com seu MASTERCARD terminado em 6844
[Mais opções](#)

Frete grátis pelo Mercado Envios
Benefício Mercado Pontos
Chegará entre os dias 4 e 6 de setembro.
[Modificar](#)

Quantidade: 1

[Comprar agora](#) [Adicionar ao carrinho](#)

60 MESES DE GARANTIA

APÊNDICE M – Orçamento MercadoLivre – Inversor Fronius 27 kW

The screenshot shows the Mercado Livre product page for the 'Inversor Solar Fronius Eco Light 27 Kw Trifásico 380v'. The product is displayed as a white and black unit on wheels. The price is listed as R\$ 23.508⁸⁰. Financing options are shown: 12x R\$ 2.233¹⁴ with Mercado Pago using a MASTERCARD. Shipping is free (Frete grátis) and arrives in 7 to 10 business days. The quantity is set to 1. Buttons for 'Comprar agora' and 'Adicionar ao carrinho' are visible. The browser address bar shows the URL: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-890589245-inversor-solar-fronius-eco-light-27-kw-trifasico-380v-_JM.

APÊNDICE N – Orçamento MercadoLivre – Acessórios

The screenshot shows the Mercado Livre product page for 'Painel Placa Solar Fotovoltaica 250w-controlador-30a-lcd-_JM'. The price is R\$ 999. The page features a customer question and answer section. The question asks about connecting multiple panels to a single controller. The answer explains that the kit can support up to 3 panels in parallel and provides detailed information about different kit configurations (KIT 1, 2, 3) based on power output and cost. The browser address bar shows the URL: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-884745687-painel-placa-solar-fotovoltaica-250w-controlador-30a-lcd-_JM.

Olá, eu posso ligar duas ou mais placas em série em um único controlador? Ou cada placa tem que usar apenas um controlador?

Neste kit pode ligar até 3 placas EM PARALELO... 09/11/2017 14:49

Boa tarde amigo. Na minha casa tenho 5 lâmpadas led, uma geladeira duplex, um microondas, um chuveiro elétrico e um ar condicionado e um PC. Mas a maioria das vezes só tem gente em casa a noite é nós finais de semana tem gente. Qual o melhor aparelho pro meu perfil. Obrigado.

O consumo em kWh/mês você localiza na conta de energia. Seguem os valores dos kits ongrid disponíveis: 1) KIT 1,5kw (produção de até 180kwh/mês ideal para quem gasta em média R\$150,00 de energia) = R\$7630,00 ou 12x no cartão de R\$740,00 composto por 6 painéis 250w Kript + string box + inversor Growatt 2kw 2) KIT 3,0kw (produção de até 360kwh/mês ideal para quem gasta em média R\$300,00 de energia) = R\$12.400,00 ou 12x no cartão de R\$1199,00) composto por 12 painéis 250w Kript + string box + inversor Growatt 3kw 3) KIT 5,0kw (produção de até 600kwh/mês ideal para quem gasta em média R\$480,00 de energia) = R\$20020,00 ou 12x no cartão de R\$1953,00 composto por 20 painéis 250w kript + string box + Inversor Growatt 5kw. Obs.: Mão de obra e instalação não inclusa. Frete não incluso. Com a economia na conta de energia poderá pagar parcialmente os custos com o parcelamento no cartão o que torna o investimento mais atrativo. Preços sujeitos a alteração a qualquer momento dependendo da cotação do dólar e disponibilidade em nosso estoque. Garantia dos produtos: 20 anos painéis solares (vida útil superior a 30 anos), inversor 5 anos (vida útil superior a 15 anos). 09/11/2017 13:25

Meu consumo e de 500 kWh por mês quantas placas teria que estalar e quanto eu gastaria para