



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NO MATO GROSSO DO
SUL**

EDUARDO DE SOUZA VILAS BÔAS

CAMPO GRANDE

2019

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NO MATO GROSSO DO
SUL**

EDUARDO DE SOUZA VILAS BÔAS

Projeto para qualificação do Mestrado Profissional apresentada na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração de Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dr. SANDRO PETRY LAUREANO LEME

**CAMPO GRANDE
AGOSTO / 2019**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Redação final do Trabalho de qualificação de Curso defendida por **EDUARDO DE SOUZA VILAS BOAS**, aprovado pela Comissão Julgadora em 30 de Agosto de 2019, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.



Prof. Dr. Sandro Petry Laureano Leme – Orientador
FAENG/UFMS

Prof. Dra. Andréa Riccio Barbosa – Membro Titular
FAENG/UFMS

Prof. Dr. Andrés Batista Cheung – Membro Titular
FAENG/UFMS



RESUMO

O sol é a maior fonte de energia disponível, e a menos aproveitada pela humanidade. A geração de energia solar fotovoltaica, oferece uma solução prática e sustentável para o crescente desafio de abastecimento energético. O ganho de eficiência das células solares, novas tecnologias, e o aumento na escala de produção proporciona uma redução contínua nos custos da geração fotovoltaica.

O estado do Mato Grosso do Sul, encontra-se localizado na região Centro Oeste do Brasil e possui 2,65 milhões de habitantes (SEINFRA-MS, 2015). A geração de energia elétrica é principalmente hídrica (73%) (SEINFRA-MS, 2015), e apesar da elevada radiação solar recebida, a geração fotovoltaica é ainda muito pouco explorada no estado, ocupando apenas a 13ª posição no Brasil (ANEEL, 2019).

Esta modalidade de geração requer investimentos de médio e longo prazos, que são altamente impactados por oscilações das taxas de juros, câmbio e políticas tarifárias.

Este trabalho apresenta os custos de implantação de sistemas fotovoltaicos no MS, avaliando 8 módulos fotovoltaicos em 6 diferentes regiões do estado, apresentando a produtividade fotovoltaica em cada região.

Ainda efetua uma análise da viabilidade econômica para a implantação da geração solar fotovoltaica em 136 unidades consumidoras dos grupos A e B, de diferentes portes e regiões, simulando cenários macroeconômicos com variação de câmbio, taxa básica de juros e política de reajuste tarifário, possibilitando aos futuros investidores desta tecnologia, uma melhor visualização dos riscos envolvidos em cada cenário macroeconômico, permitindo uma tomada de decisão mais assertiva, com menor risco e melhor resultado econômico.

Palavras-chaves: Energia, Solar, Fotovoltaica, Viabilidade, Cenários Macroeconômicos, Mato Grosso do Sul, MS.

ABSTRACT

The sun is the largest available source of energy, and the least exploited by mankind. The solar photovoltaic power generation offers a practical and sustainable solution to the energy supply challenge. The efficiency gains of solar cells, new technologies, and an increase in its scale of production results in a continuous reduction in the costs of photovoltaic generation.

The state of Mato Grosso do Sul, located in the Midwest of Brazil, has almost 3 million inhabitants. The generation of electricity is mainly hydro (73%), and despite the high solar radiation received, the photovoltaic generation is still very little explored in the state, occupying only 13th position in Brazil.

This type of generation requires medium and long-term investments, which are highly impacted by fluctuations in interest rates, exchange rates and tariff policies.

This work presents the costs of implantation of photovoltaic systems in the Mato Grosso do Sul, evaluating 8 photovoltaic modules in 6 different regions of the state, presenting the photovoltaic productivity in each region.

It also performs an economic feasibility analysis for the implantation of solar photovoltaic generation in 136 consumer units of groups A (Medium Voltage) and B (Low Voltage), of different sizes and regions, simulating macroeconomic scenarios with exchange variation, basic interest rate and tariff adjustment policy, enabling future investors of this technology to a better understand the risks involved in each macroeconomic scenario, allowing more assertive decision making, with lower risk and better economic results.

Keywords: Photovoltaic, Energy, Feasibility, Macroeconomic Scenarios, Mato Grosso do Sul. MS, Brazil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1– EVOLUÇÃO NO CUSTO DAS CÉLULAS FV (DÓLAR / WATT).....	14
FIGURA 2 - COMPONENTES DA RADIAÇÃO SOLAR AO NÍVEL DO SOLO	17
FIGURA 3 – IRRADIAÇÃO MÉDIA NA SUPERFÍCIE TERRESTRE.....	18
FIGURA 4 – IRRADIAÇÃO MÉDIA ANUAL NO BRASIL	18
FIGURA 5 – IRRADIAÇÃO MÉDIA ANUAL NO MS	19
FIGURA 6 – EXPERIMENTO DE EDMOND BEQUEREL - 1839.....	20
FIGURA 7 – IMPACTO DA TEMPERATURA NA PRODUTIVIDADE	25
FIGURA 8 - IMPACTO DA IRRADIAÇÃO NA PRODUTIVIDADE	26
FIGURA 9 – SUNDATA V3.0.....	28
FIGURA 10 - IRRADIAÇÃO MÉDIA EM CAMPO GRANDE/MS	28
FIGURA 11 – FLUXO DE CAIXA DE UM INVESTIMENTO DE CAPITAL.....	36
FIGURA 12 - CÁLCULO DO COEFICIENTE DE PERDA TÉRMICA	45
FIGURA 13 - CALCULO DA ENERGIA MENSAL PRODUZIDA(IDEAL) EM CAMPO GRANDE	46
FIGURA 14 - CÁLCULO DA ENERGIA REAL PRODUZIDA	47
FIGURA 15 - DETERMINAÇÃO DA TECNOLOGIA DE MELHOR CUSTO/BENEFÍCIO	48
FIGURA 16 - DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	50
FIGURA 17 - DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA NOMINAL DA PLANTA FOTOVOLTAICA	51
FIGURA 18 - DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE INVERSORES.....	52
FIGURA 19 - EVOLUÇÃO DA TAXA DE CÂMBIO US\$ X REAL EM 5 ANOS	54
FIGURA 20 - EVOLUÇÃO TARIFA DE ENERGIA GRUPO B1.....	55
FIGURA 21 - VARIAÇÃO DA TAXA SELIC ENTRE 2014 E 2019	56
FIGURA 22 - PAY BACK DESCONTADO – REAJUSTE 5%.....	58
FIGURA 23 - PAY BACK DESCONTADO – REAJUSTE 9%.....	58
FIGURA 24 - IMPACTO DA TAXA DE JUROS NO VPL (REAJUSTE 5%)	59
FIGURA 25 - IMPACTO DA TAXA DE JUROS (REAJUSTE 9%)	60
FIGURA 26 - ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS BASEADAS EM SILÍCIO – 1ª GERAÇÃO	21
TABELA 2 - TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS TFSC – 2ª GERAÇÃO	22
TABELA 3 - TECNOLOGIAS FOTOVOLTAICAS – 3ª GERAÇÃO	23
TABELA 4 - PRINCIPAIS DEFINIÇÕES EM RELAÇÃO A TARIFAÇÃO ENERGÉTICA	33
TABELA 5 - TARIFAS COM IMPOSTOS - ENERGIA – MS – AGOSTO,2019	34
TABELA 6 - PRINCIPAIS FONTES DE FINANCIAMENTO	34
TABELA 7 - CONSUMIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA SIMULADOS	41
TABELA 8 - TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS NO HORÁRIO DIURNO	42
TABELA 9 - INSOLAÇÃO MÉDIA MENSAL (HORAS)	43
TABELA 10 - IRRADIAÇÃO SOLAR MÉDIA [KWH/M2.DIA]	44
TABELA 11 - MÓDULOS FOTOVOLTAICOS AVALIADOS.....	44
TABELA 12 - PRODUTIVIDADE SOLAR FOTOVOLTAICA NO MS.....	47
TABELA 13 - TECNOLOGIA DE MELHOR CUSTO-BENEFÍCIO NO MS	49
TABELA 14 - DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE "STRING-BOXES" (PROTEÇÕES).....	50
TABELA 15 - CUSTO ESTIMADO DE MÃO DE OBRA US\$ / KWP	52
TABELA 16 - INVESTIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANTA FOTOVOLTAICA NO MS	53
TABELA 17 - CENÁRIOS DE TAXA DE CÂMBIO	54
TABELA 18 - INFLAÇÃO (IPCA) NOS ÚLTIMOS 5 ANOS	55
TABELA 19 - CENÁRIOS DE REAJUSTE TARIFA.....	56
TABELA 20 - TIR	61

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BandGap	Energia necessária para iniciar o fluxo de elétrons
BEN	Balanco Energético Nacional
BIPV	“Build Integrated Photovoltaic” ou Fotovoltaico integrado aos edifícios
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CO2	Gás Carbônico
CONFAZ	Conselho de Política Fazendária
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
CST	Concentrador Solar Térmico
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas
FCO	Fundo Constitucional do Centro Oeste
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IEA	International Energy Agency – Agência Internacional de Energia
IGPM	Índice Geral de Preços
IL	Índice de Lucratividade
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
kWp	Kilo Watt Pico
NASA/SSE	NASA Surface Meteorology and Solar Energy
NOCT	Condições Nominais de Temperatura de Operação das Células
PDE	Plano Decenal de Energia Elétrica
PIB	Produto Interno Bruto
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SEINFRA	Secretaria de Estado de Infraestrutura do Mato Grosso do Sul.
SIN	Sistema Interligado Nacional
SINIEF	Sistema Nacional Integrado de Informações Econômico Fiscais
STC	Condições de Teste Padrão
Tep	Tonelada Equivalente de Petróleo – Equivalente à 11,63 x 103 kWh
TFSC	“Thin Film Solar Cells” ou Células Solares de Filmes Finos

TIR	Taxa Interna de Retorno
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
TMA	Taxa mínima de atratividade
USEIA	Agência de Informação de Energia nos EUA
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

T_{Cell}	Temperatura da Célula Fotovoltaica	(°C)
T_{amb}	Temperatura ambiente Local	(°C)
I_{rr}	Irradiação Local	(kW/m ²)
T_{NOCT}	Temperatura NOCT	(°C)
P_{NOCT}	Potência nas condições NOCT	(kWp)
P_{STC}	Potência nas condições STC	(kWp)
C_T	Coeficiente de Temperatura	(%/°C)
T_{Cell}	Temperatura da Célula Fotovoltaica	(°C)
K_T	Fator de Correção Térmico	
C_T	Coeficiente Térmico do Módulo	
T_A	Temperatura Ambiente do local da instalação	(°C)
E_{ideal}	Energia Mensal Produzida _(Ideal)	(kWh)
n	Nº de dias no mês	
I_{rr}	Irradiância diária do local da Instalação	(kW/m ² /dia)
P_{max}	Potência Nominal do Módulo nas condições Standard (STC)	(kWp)
E_{real}	Energia Mensal Produzida _(Real)	(kWh)
E_{ideal}	Energia Mensal Produzida _(Ideal)	(kWh)
η_{cabos}	Rendimento dos Cabos	
η_{inv}	Rendimento dos Inversores	
N_M	Número de módulos	
C	Consumo mensal da unidade consumidora	(kWh)
P_T	Potência da Planta Fotovoltaica	(kWp)
eV	Elétron-Volt - Unidade de medida de energia. Equivale a $1,60217733 \times 10^{-19}$ joules.	

SUMÁRIO

RESUMO	XIII
ABSTRACT	XIV
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	XV
LISTA DE TABELAS	XVI
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XVII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIX
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 IRRADIAÇÃO SOLAR	17
3.2 CONVERSÃO SOLAR FOTOVOLTAICA	19
3.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS “ON GRID” & “OFF GRID”	24
3.4 PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	25
3.5 ESPECIFICAÇÕES STC E NOCT DE MÓDULOS FV	26
3.6 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	27
3.7 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL AO SETOR FOTOVOLTAICO	31
3.8 TARIFAS APLICÁVEIS NO MATO GROSSO DO SUL	33
3.9 FINANCIAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	34
3.10 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE INVESTIMENTOS.....	36
3.10.1 VPL – VALOR PRESENTE LÍQUIDO:.....	36
3.10.2 TIR – TAXA INTERNA DE RETORNO:	37
3.10.3 PAYBACK – PRAZO DE RETORNO:	38
3.10.4 IL – ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE:	38
3.11 TRABALHOS ANTERIORES.....	39

4	METODOLOGIA.....	41
4.1	REGIÕES AVALIADAS	42
4.2	TEMPERATURA MÉDIA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL	42
4.3	INSOLAÇÃO MÉDIA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL	43
4.4	IRRADIAÇÃO MÉDIA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL	43
4.5	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS COMERCIALIZADOS NO BRASIL.....	44
4.6	LEVANTAMENTO DA PRODUTIVIDADE SOLAR FOTOVOLTAICA	45
4.7	TECNOLOGIA DE MELHOR CUSTO-BENEFÍCIO NO MS.....	48
4.8	INVESTIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO FOTOVOLTAICA NO MS	49
4.9	CENÁRIOS MACROECONÔMICOS.....	53
4.10	ESTUDO DE VIABILIDADE.....	56
5	RESULTADOS	58
5.1	PAYBACK DESCONTADO	58
5.2	VPL – VALOR PRESENTE LÍQUIDO	59
5.3	IL – ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE	60
5.4	TIR – TAXA INTERNA DE RETORNO	61
6	CONCLUSÕES.....	63
7	REFERÊNCIAS	66
8.1	ANEXO – (Unidades Consumidoras avaliadas)	72
8.2	ANEXO – (CODIGO FONTE - SOFTWARE EM R-STUDIO)	75

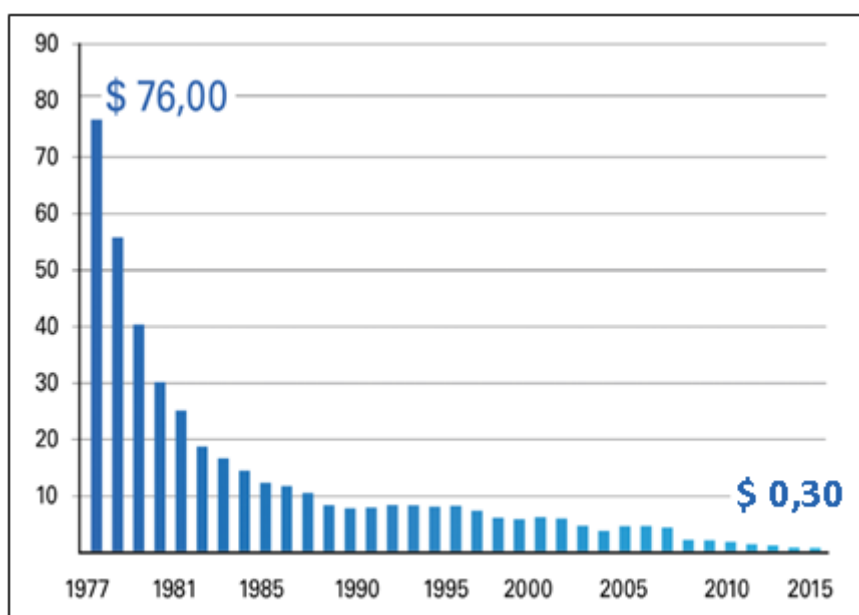
1 INTRODUÇÃO

O uso da energia começa na pré-história quando os homens das cavernas descobriram as utilidades do fogo para sua alimentação e proteção. Mais tarde, o homem domesticou os animais e passou a utilizá-los para os trabalhos mais pesados, como arar a terra, girar moendas e transportar cargas. O grande marco da utilização da energia pelo homem ocorreu com a invenção da máquina a vapor e deu início à revolução industrial na Europa, marcando definitivamente a importância da energia nos tempos modernos. Na metade do século XIX inicia-se a utilização do petróleo e eletricidade, responsáveis por um novo salto no desenvolvimento da humanidade, disponibilizando todo o conforto e perspectivas que nossas vidas passaram a ter em função dessas fontes de energia (Tessmer, 2002). O uso da energia se consolidou como fundamental para a manutenção da vida e desenvolvimento da humanidade.

Os combustíveis fósseis representam 86,0% da matriz energética mundial, seguida pela energia nuclear (4,4 %) e as fontes renováveis (hidráulica, eólica, solar e outras) com 9,6% da matriz mundial.

A geração solar fotovoltaica, que em conjunto com eólica e geotérmica representam menos de 1,6% na matriz energética mundial (EPE, 2018), vem apresentando um grande crescimento, impulsionada principalmente pela queda nos preços dos módulos fotovoltaicos solares que já foram de US\$ 76/W em 1977 e atualmente encontram-se abaixo de US\$1/W (Figura 1).

Figura 1– Evolução no Custo das Células FV (dólar / watt)



Fonte: (Bloomberg New Energy Finance, 2017)

No Brasil, a geração solar fotovoltaica apresentou o maior crescimento proporcional fechando o ano de 2017 com uma potência instalada quase quarenta vezes superior à do ano anterior. (EPE, 2018). Em agosto de 2019, o país contava com 1229 MW de potência instalada.

O estado do Mato Grosso do Sul, possui aproximadamente 2,65 milhões de habitantes e consome aproximadamente 5.569 GWh, de energia elétrica. O setor residencial consumiu 34,2%, seguido pelo setor comercial com 22,4% e o industrial com 20,5%. (EPE, 2018)

A geração de energia elétrica no MS é de maioria de fonte hídrica (73%) (SEINFRA-MS, 2015), e geração solar fotovoltaica é ainda pouco representativa na matriz energética do estado, entretanto tem apresentado um crescimento de 173% entre agosto/2019 e dezembro/2018. Atualmente, o estado conta com 34 MW de potência instalada ocupando a 12ª posição no Brasil. (ANEEL, 2019).

Assim, considerando a localização privilegiada do estado para a geração solar fotovoltaica e seu mercado consumidor em elevado crescimento, é de suma importância conhecer os custos envolvidos para a sua implantação, as regiões no estado com melhor produtividade solar, e os parâmetros econômicos que influenciam na viabilidade de tais investimentos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

A pesquisa tem como objetivo geral estudar a viabilidade econômica do uso de energia solar fotovoltaica conectada à rede de distribuição, em consumidores dos grupos A e B, em diversas regiões do estado do Mato Grosso do Sul, sob diferentes cenários macroeconômicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a produtividade fotovoltaica dos principais módulos fotovoltaicos disponíveis no mercado nas principais regiões do estado do MS.
- Estimar a necessidade de investimento para implantação de plantas fotovoltaicas nas diferentes regiões do estado;
- Fazer análise de viabilidade econômica sob diferentes cenários macroeconômicos (taxas básicas de juros, câmbio e reajuste de tarifas).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 IRRADIAÇÃO SOLAR

A média anual de luz irradiada é de cerca de 10.000 vezes a necessidade energética da humanidade (Palz, 1995). Dados recentes da WMO (World Meteorological Organization) indicam um valor médio de irradiação solar extraterrestre na ordem de 1367 W/m^2 com erro de 1% (Duffie, et al., 1991) e uma variação adicional de $\pm 3\%$ em decorrência da órbita elíptica da terra em torno do sol (Guimarães, 2003).

Apenas uma fração de toda esta irradiação atinge a superfície terrestre (Figura 2). Uma parte desta irradiação é refletida pela atmosfera, e outra absorvida em forma de calor. Uma terceira parte atinge a superfície da terra, sendo parcialmente absorvida e parcialmente refletida novamente para a atmosfera. Fatores como latitude, altitude, nebulosidade, umidade, poluentes, vegetação e cor do solo impactam na quantidade de radiação recebida na superfície terrestre. Esta fração que atinge o solo é constituída por um componente direta (ou de feixe) e por uma componente difusa.

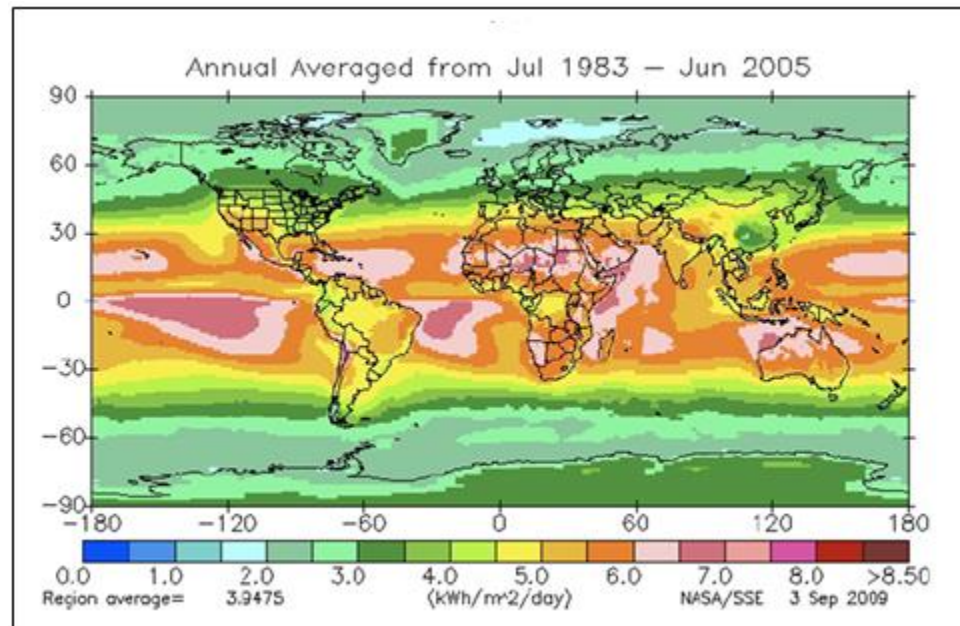
Figura 2 - Componentes da Radiação Solar
ao nível do Solo



Fonte CRECESB/CEPPEL

A partir do número de horas de insolação e dados solarimétricos disponíveis nas estações meteorológicas do mundo, modelos clássicos disponíveis na literatura estimam a irradiação solar global em média mensal no plano horizontal. A Figura 3 mostra a Irradiação média na superfície terrestre.

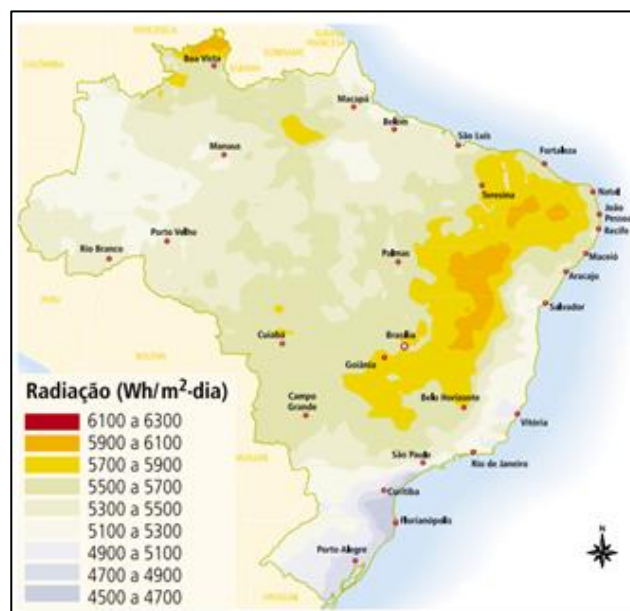
Figura 3 – Irradiação Média na Superfície Terrestre



Fonte NASA/SSE (Chandler, 2010)

A irradiação solar em algumas regiões próximas ao do Equador excede 2.300 kWh/m^2 por ano, enquanto que na maior parte da Europa estão próximos de 1.100 kWh/m^2 ao ano. O Brasil é bastante privilegiado neste ponto. A irradiação média diária está entre 4,5 e 6,1 $\text{kWh/m}^2/\text{dia}$ (Figura 4), o que é suficiente para gerar até 2.200 kWh/m^2 por ano.

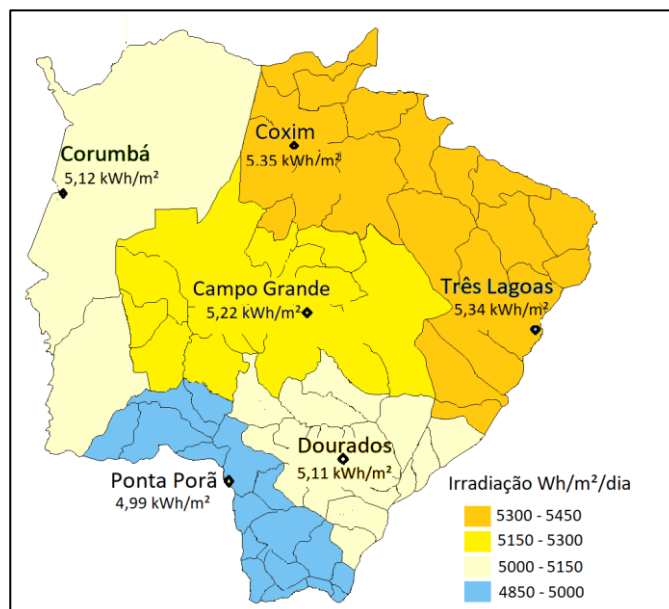
Figura 4 – Irradiação média anual no Brasil



Fonte: Site www.Atomra.com.br

O estado do MS apresenta bons níveis de irradiação médias que podem ser observados na Figura 5.

Figura 5 – Irradiação média anual no MS



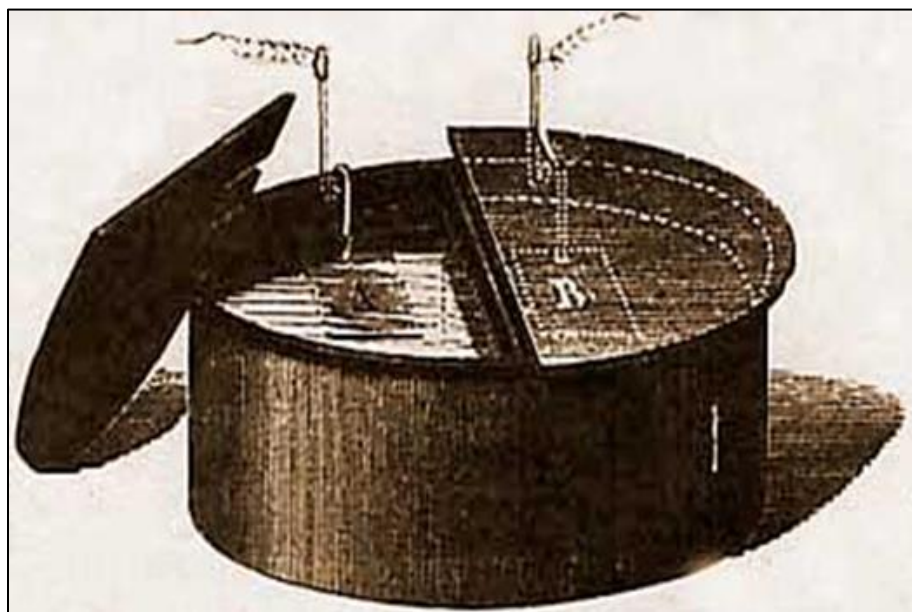
Fonte SUNDATA/ CRESESB – adaptado pelo autor

3.2 CONVERSÃO SOLAR FOTOVOLTAICA

A geração de energia fotovoltaica ocorre em uma única etapa, convertendo energia da luz em energia elétrica. A explicação está na teoria quântica. A luz é feita de pacotes de energia (fótons), cuja energia é proporcional a sua frequência. A luz visível possui energia suficiente para excitar elétrons “presos” em materiais sólidos para níveis de energia maiores, “empurrando-os” para fora do dispositivo, alimentando um circuito externo.

Os primeiros experimentos com energia solar foram desenvolvidos por Edmond Becquerel (Figura 6), na França em 1839 (Grätzel, 2001) (Kretzer, 2013). Em seu experimento, eletrodos de platina foram mergulhados em uma solução ácida com cloreto de prata. Becquerel observou a ocorrência de corrente elétrica sempre que o eletrodo estivesse submetido a luz. Após vários anos de estudo, em 1954 os laboratórios Bell desenvolveram a primeira placa fotovoltaica a base de Silício, que gerava energia a partir da luz solar e tinha eficiência de 6%, semelhante à dos motores a combustão da época.

Figura 6 – Experimento de Edmond Bequerel - 1839



Fonte: (Grätzel, 2001)

Uma célula solar é a unidade básica de um sistema fotovoltaico. Usualmente, consiste de uma fina camada de material semicondutor de cerca de 100 cm² de área. A superfície é tratada, apresentando aparência escura para que o mínimo de luz visível seja refletido. Uma rede de contatos metálicos é impressa na superfície para fazer contato elétrico.

A tensão gerada por uma célula varia entre 0,5 e 1 V, e uma corrente da ordem de mili-amperes por cm². Como a tensão é muito pequena para o uso, normalmente se conecta as células em série as encapsulam em módulos. Um módulo contém tipicamente de 28 a 36 células em série, gerando cerca de 12 V de tensão em corrente contínua. Um inversor é instalado na saída para conversão de corrente contínua em corrente alternada padrão.

Existem diversas tecnologias para a conversão solar fotovoltaica. As mais consolidadas e com maior participação no mercado são as células a base de Silício Monocristalino e Multicristalino. Esta tecnologia é considerada como a 1ª Geração das células fotovoltaicas.

A Tabela 1, ilustra as principais diferenças destas tecnologias:

Tabela 1 - Tecnologias Fotovoltaicas baseadas em Silício – 1ª Geração

Tipo	Características Principais	Eficiência
Silício Mono Cristalino	• Silício de Alta Pureza (> 99,99999%) • Produzido em Lingotes e fatiados (Espessura dos wafers caiu de 400 μm de até 180 μm) • Área da célula aumentou de 100 cm^2 para 200 cm^2 • Custos de produção elevados devido a pureza do material e consumo de energia na fabricação • Requer um bom alinhamento e luminosidade	20,8% comercial (Hutchins, 2018) 25,6% laboratório (Panasonic, 2014)
Silício Multicristalino	• Usa-se um silício de produção mais simples e barata • Menor vida útil se comparado ao Monocristalino	17,7% comercial (Canadian Solar, 2018) 18,5% laboratório (Green, et al., 2014)

Fonte: (Polman, et al., 2016)

Possuindo as maiores reservas mundiais de quartzo, o Brasil exporta silício nível metalúrgico à US\$ 2 / kg (Davies, et al., 2018), e importa módulos fotovoltaicos ao custo de US\$ 200 o módulo fotovoltaico de 320 Wp (Neosolar, 2018).

Aproximadamente 50% do silício inicial utilizado (antes de ser processado) é perdido com a manufatura, mesmo com a reciclagem. No início dos anos 2000, eram necessários de 15 a 17 gramas de Silício por Wp. Dez anos depois, eram necessários de 7 a 9 gramas de Silício por Wp (LÜDKE, 2018). Estima-se ser possível atingir 2 g/W, com melhorias na manufatura, o que contribui para a redução de custos dos módulos fotovoltaicos.

Por outro lado, avanços tecnológicos permitem uma crescente melhoria na eficiência de conversão. Um aumento de 1% na eficiência do módulo pode, sozinho, reduzir o custo US\$/W do módulo em 5-7%.

A montagem do módulo solar também demanda muito material. Com o objetivo de proteger a célula do ambiente externo por 25 anos, sem bloquear o espectro de irradiação útil do módulo, usa-se tipicamente um encapsulamento de polímero e vidro com um quadro de alumínio, que chega a representar 30% do custo da célula. (Dienstamnn, 2009)

A segunda geração de células fotovoltaicas é também chamada por TFSC (Thin Film Solar Cells ou Células Solares de Filmes Finos). As principais tecnologias desta geração são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 - Tecnologias Fotovoltaicas TFSC – 2ª Geração

Tipo	Características Principais	Eficiência
GIGS (Cobre, Índio, Gálio, Selênio)	• O mais eficiente material de células solares de filme fino até o momento • Excelente Durabilidade • Processo de produção por pulverização ou evaporação dos CIGS, que são depositados em um filme de Molibdênio que é aplicado em um substrato de vidro, aço inox ou alumínio. • Custo de fabricação baixo (US\$ 1,00/W) • A camada típica tem espessura é de 2 a 3 μm. • O índio é um elemento chave nos filmes CIGS, e a sua escassez é limitante para a ampliação em alta escala da Produção do módulo CIGS. • Produção “<i>Roll-to-Roll</i>” (filme flexível) favorece aplicação BIPV.	21,7% Laboratório
Filmes Finos de Silício	• Filme fino na ordem de 1 μm • Formando no mínimo três camadas: ▪ Camada frontal transparente; ▪ Camada absorvente; ▪ Camada de fundo. • As camadas são depositadas sobre um substrato, painéis de vidro ou folhas metálicas. • Depósitos de cristais amorfos de silício são utilizados • Processo de produção à vácuo • Permite produção em escala • Menos dependente da Radiação Solar • Pode ser utilizado em dias nublados • Custo US\$ 1,5/W	11,4% Laboratório
aSI (Silício Amorfo)	• O Si amorfo (a-Si: H) é um semicondutor com absorção óptica muito mais forte do que o Si cristalino, mas com um “<i>BandGap</i>” bem acima do ótimo. • É produzido por deposição de Silício à vácuo. Usa menos silício que as placas monocristalinas e Multicristalinas. • A qualidade eletrônica deste material é bastante baixa, com grande perda de tensão. • Possibilidade de fabricar módulos que utilizam um processo “<i>roll-to-roll</i>” fornecem um potencial de aplicação na arquitetura (BIPV)	10,2% Laboratório
CdTe	• Junção Cádmio-Telúrio ▪ Camada n de Sulfeto de Cádmio ▪ Camada do meio de CdTe ▪ Camada inferior de Zinco Telúrio	21,5% Laboratório

(Cádmio - Telúrio)	• Baixo custo de produção • Cádmio é tóxico e requer encapsulamento e descarte especial. • Telúrio é material raro na natureza	
• GaAs (Gálio, Arsênio)	• Este material tem um “<i>BandGap</i>” próximo ao ótimo (1,42 eV) • Elevado coeficiente de absorção óptica possibilita uma baixa espessura da célula ($\sim 2 \mu\text{m}$). • Produzido por deposição química de vapor. • É um processo relativamente intensivo em energia. • Usadas em aplicações que exigem alta eficiência em uma área pequena, como a tecnologia espacial. • A grande desvantagem é a toxicidade do elemento As (Arsênio), o que exige um cuidadoso encapsulamento. • No fim de vida, deve-se proceder o descarte adequado para evitar contaminação do solo e água.	• 28,8% laboratório

Fonte: (Polman, et al., 2016)

Por fim, a terceira geração de células fotovoltaicas são formadas por células fotovoltaicas do tipo multijunção, células sensibilizadas por corante e células orgânicas ou polímeras. Todas elas devem ter elevada eficiência, baixo custo e utilizar materiais abundantes na natureza. Essas tecnologias ainda estão em desenvolvimento e não contam ainda com produção em larga escala, o que justifica seu alto custo. Os principais representantes desta geração são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Tecnologias Fotovoltaicas – 3ª Geração

Tipo	Características Principais	Eficiência
Perovskite	• Tem a fórmula geral ABX_3, onde A é um cátion orgânico (metil amônio, CH_3NH_3), B é um cátion inorgânico (geralmente chumbo), e X é um Haleto (geralmente Índio). • Ainda em desenvolvimento e objeto de vários estudos, têm potencial de eficiência acima de 30%. • Tem apresentado degradação com algumas horas ou dias de operação em condições padrão. • Os sais de Perovskite são parcialmente solúveis em água, de modo que as células são sensíveis à umidade. • Devido a toxicidade do Chumbo, o encapsulamento e reciclagem são características importantes para que esta tecnologia se torne viável para aplicação em larga escala.	21% Laboratório
Células sensibilizadas por Corante	• O ativo é um corante (Rutênio organometálico, porfirina de zinco, ou corantes puramente orgânicos) • Produzidas por impressão de uma camada fina, compacta e porosa de TiO_2.	11,9% laboratório

	• Apesar da baixa eficiência, já foram comercializadas devido à sua fabricação relativamente simples, com materiais de baixo custo, e variedade de cores.	
Células orgânicas (polímero)	• Construídas com materiais plásticos. • Oferece a possibilidade de produção “roll-to-roll” de baixo custo de fabricação, em substratos flexíveis, e com variedade de cores. • Baixa eficiência e durabilidade • Baixo custo • Produção em grande escala • O problema limitante da célula solar orgânica é a perda de tensão que reduz a eficiência de conversão. • Mostram degradação mais rápida que as células de Silício convencionais. • Por outro lado, a facilidade de processamento, não toxicidade, baixo peso, baixo custo e possibilidade de formação de módulos flexíveis de diferentes formas, cores, e transparências permite aplicações que não poderiam ser possíveis com os filmes flexíveis de CIGS, CdTe ou Perovskite que têm eficiências muito mais altas.	11,5% laboratório

Fonte: (Polman, et al., 2016)

Apesar da grande variedade de tecnologias e materiais, as células solares de 1ª geração ainda dominam 90% do mercado de geração solar fotovoltaica.

3.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS “ON GRID” & “OFF GRID”

Existem basicamente duas formas de utilização para os sistemas fotovoltaicos: (Araújo, 2017)

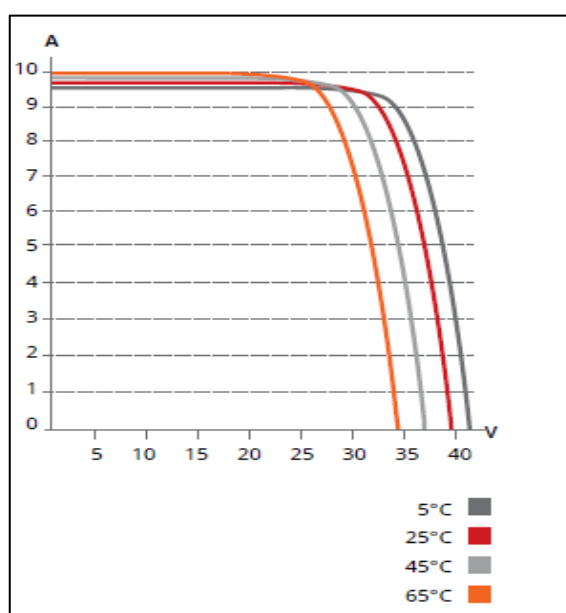
- **Sistemas Isolados (“Off Grid”):** Não estão conectados à rede pública de distribuição, armazenando energia em baterias para uso durante o período noturno.
- **Sistemas Interligados (“On Grid”):** Neste tipo de aplicação, o sistema é interligado à rede de energia elétrica, não sendo necessário armazenamento da energia gerada em baterias. No Brasil, tais sistemas são enquadrados como sistemas de micro e mini geração e regulamentados pela Resolução Normativa ANEEL N° 482/2012 e 687/2015. O excedente de energia produzida e não consumida pela própria unidade é injetada na rede de distribuição e registrada separadamente pelo medidor bidirecional. No período noturno, onde não existe geração, a unidade consumidora é abastecida normalmente pela rede de distribuição.

3.4 PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Os principais fatores que implicam na produtividade dos sistemas solares fotovoltaicos são:

- i. **ângulo de inclinação (“tilt angle”):** O melhor ângulo de inclinação para um módulo fotovoltaico é aquele que produz o máximo de energia para uma determinada localização. O arco do sol varia com a estação do ano; assim, ângulos menores produzem mais energia no verão, enquanto ângulos maiores produzem mais energia no inverno. Um ângulo fixo deve ser calculado para o compromisso de fornecer a maior energia em uma base anual (Dienstamnn, 2009).
- ii. **Azimuth:** Ou desvio do verdadeiro sul/norte. A performance ótima tipicamente ocorre com o módulo alinhado com o verdadeiro eixo norte/sul. Em geral, no entanto, o impacto de um azimuth muito desviado não é tão grande quanto o de “tilt angle”, pois há um simples movimento na curva de saída de energia ao invés de uma significativa redução da mesma (Dienstamnn, 2009).
- iii. **Temperatura da célula:** O aumento na temperatura de operação do módulo impacta na diferença de potencial do módulo (Figura 7), e tem grande influência na produtividade. Na média, ocorre uma perda de aproximadamente de 0,5% por °C. (Mattos, 2016)

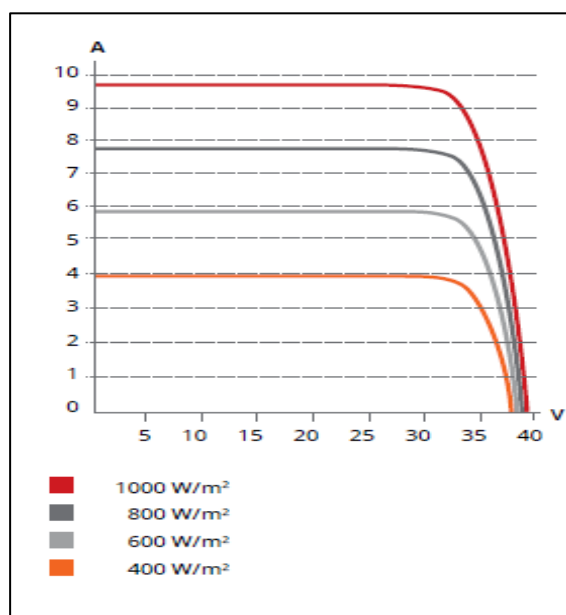
Figura 7 – Impacto da Temperatura na Produtividade



Fonte: Canadian Solar

- iv. **Intensidade Luminosa:** A corrente gerada nos módulos aumenta linearmente com o aumento da intensidade luminosa (Figura 8). Fatores secundários que merecem atenção, como o sombreamento dos painéis por nuvens, árvores, construções, sujeira ou neve, alteram a produtividade do módulo fotovoltaico. (Mattos, 2016)

Figura 8 - Impacto da irradiação na Produtividade



Fonte: Canadian Solar

- v. **Irradiação típica da região:** Cada região possui índices de Irradiação Solar peculiares à sua localização geográfica, latitude, altitude, relevo e clima. O programa SUNDATA (GALDINO, M.A.E., 2018), produzido pelo CEPEL, utiliza dados históricos reais de Irradiação da estação solarimétrica mais próxima do ponto em estudo, a partir de um banco de dados contendo informações sobre 350 localidades do país. No estado do Mato Grosso do Sul, a diferença de Irradiação entre Três Lagoas (Leste) é de aproximadamente 7% superior a de Ponta Porã (Sul).

3.5 ESPECIFICAÇÕES STC E NOCT DE MÓDULOS FV

As Condições de Teste Padrão (STC) são as condições de laboratório sob as quais todos os módulos fotovoltaicos são testados. O STC é utilizado para comparar diferentes tipos de módulos fotovoltaicos, mesmo que sejam de diferentes fornecedores, e simula o pico da luz do sol em uma superfície diretamente voltada para o sol em um dia sem nuvens) (The Grid, 2017).

Seus parâmetros são:

- Irradiância: 1000 watts/m²
- Temperatura de superfície de 25 ° C
- Espectro de luz: AM 1,5 G

No entanto, estas são condições idealizadas que não refletem as condições reais do local sob as quais um módulo fotovoltaico irá operar. As Condições Nominais de Temperatura de Operação das Células (NOCT) objetivam simular a realidade mais de perto. Ele também considera condições atmosféricas ou geográficas que podem diminuir a luz do sol. Também consideram que os painéis solares aquecem consideravelmente durante o funcionamento:

- Irradiância: 800 watts/m²
- Temperatura de Superfície: 45 (+/- 3) ° C.
- Espectro de luz: AM 1,5 G
- Velocidade de vento de 1 m / s
- Temperatura Ambiente: 20 ° C

O desempenho dos painéis solares nas condições NOCT sempre serão mais baixas do que no STC. Por exemplo, em um módulo Multicristalino com um pico de 265 watts. Sua potência média é:

- 267,5 W em STC
- 197,1 W na NOCT

3.6 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

O dimensionamento do sistema solar fotovoltaico deve seguir os seguintes passos:

1) **Determinação da Irradiância Média diária do local da Instalação (kW/m²/dia):**

O CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio S. Brito), disponibiliza em seu site o Potencial Solar - SUNDATA V. 3.0 (GALDINO, M.A.E., 2018).

Com as coordenadas do local da instalação (latitude e longitude), pode-se obter a irradiância do local mês a mês, bem como a média anual (Figuras 9 e 10):

Figura 9 – SUNDATA V3.0

Coordenada Geográfica

Latitude **Longitude**

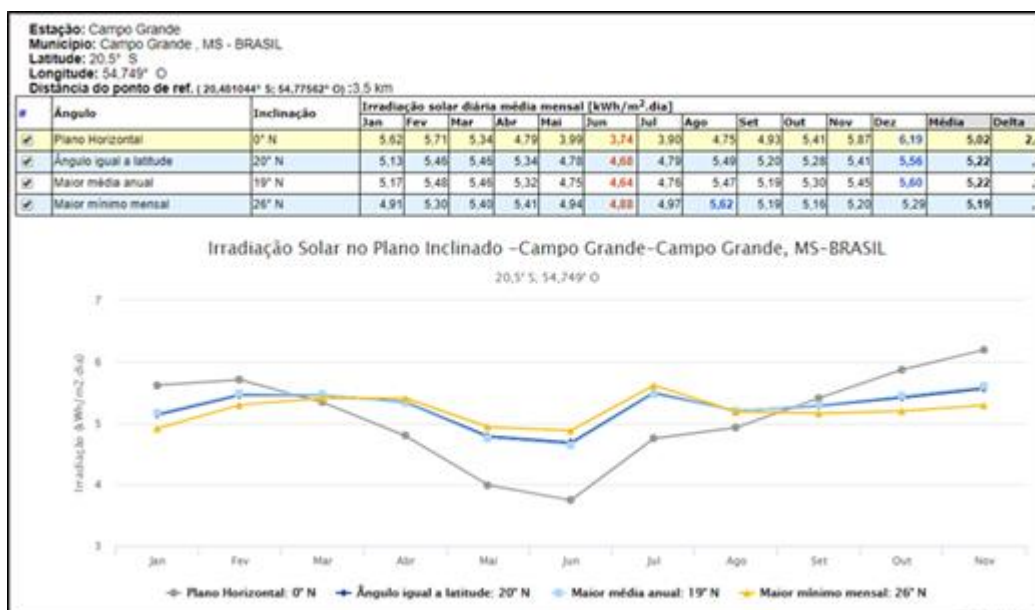
Norte:

☒ graus decimais (00.00°)

☐ graus, minutos e segundos (00°00'00")

Fonte: Site CRESESB

Figura 10 - Irradiação Média em Campo Grande/MS



Fonte: Site CRESESB

Podemos verificar na Figura 10, que a irradiância varia ao longo dos meses do ano. Isto ocorre em decorrência da órbita terrestre em torno do Sol, e da inclinação da terra em relação a este plano orbital. Assim, a superfície da Terra recebe os raios do Sol com ângulos de incidência diferentes segundo a hora do dia e a época do ano, impactando na Irradiação instantânea e no número de horas diário de sol. O Sundata (GALDINO, M.A.E., 2018) integra os valores instantâneos em médias mensais e anuais, nos planos horizontal e inclinado. Para efeito de

dimensionamento, recomenda-se escolher a inclinação de maior média anual. No caso de Campo Grande: 19°N – 5,22 kWh/m²/dia).

2) Cálculo do Fator de Correção Térmico K_T

O rendimento de um módulo de silício cristalino decresce com o aumento da temperatura de acordo com o Coeficiente de Temperatura (CT) do módulo. Esta informação encontra-se na ficha técnica do produto. Assim, o cálculo com Fator de correção se dá conforme equação 3:

$$K_T = 1 - C_T \cdot (T_A - 20 \text{ }^\circ\text{C}) \quad (3)$$

Onde:

K_T : Fator de Correção Térmico

C_T : Coeficiente Térmico do Módulo

T_A : Temperatura ambiente média do local da instalação

3) Cálculo da Energia Mensal Produzida (Ideal) E_{ideal} (kWh)

$$E_{ideal} = n \cdot K_T \cdot I_{rr} \cdot P_{max} \quad (4)$$

Onde:

E_{ideal} : Energia Mensal Produzida (Ideal) (kWh)

n : N° de dias no mês

K_T : Fator de Correção Térmico

I_{rr} : Irradiância Média diária do local da Instalação

P_{max} : Potência Nominal do Módulo nas condições Standard (STC)

4) Cálculo da Energia Mensal Produzida (real) E_{real} (kWh)

Nos inversores modernos, a conversão de corrente contínua em corrente alternada envolve perdas relativamente pequenas. O valor usual de rendimento do conjunto (Módulo FV + inversor), η_{inv} é de 90%. (Carneiro, 2009)

Além disto, quando se dimensiona as cablagens é habitual garantir que as perdas de energia sejam limitadas a cerca de 3%. Assim, o η_{cabos} é de 97%.

Neste cenário, a energia real fornecida pelo gerador solar fotovoltaico (E_{real}) é calculada de acordo com a seguinte expressão 5:

$$E_{real} = \eta_{cabos} \cdot \eta_{inv} \cdot E_{ideal} \quad (5)$$

Onde :

E_{real} : Energia Mensal Produzida _(Real) (kWh)

E_{ideal} : Energia Mensal Produzida _(Ideal) (kWh)

η_{cabos} : Rendimento dos Cabos

η_{inv} : Rendimento dos Inversores

5) Cálculo da Quantidade de Módulos Fotovoltaicos

A quantidade de módulos fotovoltaicos necessários é determinada pela equação 6:

$$N_M = C / E_{real} \quad (6)$$

Onde: N_M : Número de módulos

C : Consumo mensal da unidade consumidora (kWh)

E_{real} : Geração Mensal Real do módulo (kWh)

6) Cálculo da Potência da Planta Fotovoltaica (kWp)

A Potência da Planta Fotovoltaica, é determinada pela equação 7:

$$P_T = N_M \cdot P_{max} \quad (7)$$

Onde: P_T : Potência da Planta Fotovoltaica (kWp)

N_M : Número de módulos

P_{max} : Potência Nominal do Módulo (KWp) nas condições Standard (STC)

7) Limitação de Potência para Consumidores do Grupo A

Conforme determina a resolução ANEEL 482/12 e atualizada pela resolução 687/2015:

“A potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora será conectada, nos termos do inciso LX, art. 2º da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010.” (ANEEL, 2012)

Desta forma, a Potência da Planta Fotovoltaica, fica limitada à demanda contratada pela unidade, o que limita a geração solar fotovoltaica, em média, de 30% a 50% do consumo deste grupo de consumidores.

3.7 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL AO SETOR FOTOVOLTAICO

Além de fatores técnicos e ambientais, a viabilidade de implantação está também diretamente conectada com os aspectos da legislação e incentivos fiscais da região onde o projeto está sendo implementado.

A primeira legislação brasileira de incentivo à produção de energia solar foi a lei 10.438/2002[26], que criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE),

O marco legal que catapultou o desenvolvimento da geração solar fotovoltaica no Brasil se deu com a resolução 482/2012 (ANEEL, 2012) e 687/2015 (ANEEL, 2015), que estabeleceu as condições gerais para a interligação de sistemas fotovoltaicos às redes de distribuição de energia elétrica no Brasil, definindo que fontes geradoras renováveis conectadas à rede (dentre elas a solar), poderiam ser classificadas em:

I-Micro geração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW;

II-Mini geração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW;

Esta resolução ainda estabeleceu as regras para o sistema de compensação de energia elétrica:

- i. Os consumidores do grupo B são cobrados pelo valor mínimo de disponibilidade e para os do grupo A, o valor referente à demanda contratada.
- ii. O consumo a ser faturado refere-se à diferença entre a energia consumida e a gerada.
- iii. O excedente gerado pode ser utilizado em até 5 anos.
- iv. Para consumidores tarifados por “posto horário”, a compensação deve ocorrer primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, sendo observada a relação dos valores das respectivas tarifas de energia.
- v. A potência instalada do micro ou mini geração fica limitada à demanda contratada pela unidade consumidora (grupo A) ou a potência disponibilizada para consumidores do grupo B.
- vi. A energia gerada e que não tenham sido consumidos na própria unidade geradora, poderá ser utilizada em outros locais, desde atendidas algumas condições.

Em relação aos aspectos tributários, são aplicáveis às seguintes leis à geração solar fotovoltaica:

- i. Ajuste SINIEF 2/2015 (CONFAZ, 2015) Revogou a legislação que orientava a tributação (Convênio ICMS 6/13) da energia injetada na rede, liberando os estados para decidir a tributação.
- ii. Convênio ICMS 113/2016 (CONFAZ): Adesão do estado do MS ao convênio ICMS 16/2015 que trata da isenção de ICMS na geração solar fotovoltaica.
- iii. Lei N° 13.169/2015: Trata da isenção de impostos PIS e COFINS para geração solar fotovoltaica.

Estas legislações foram primordiais para o crescimento do número de unidades geradoras no país e no estado do MS.

Atualmente, encontra-se em consulta pública na ANEEL, uma alteração nas regras da geração distribuída. Esta alteração prevê que, o consumidor passará a pagar pelo uso da rede da distribuidora e também pelos encargos cobrados na conta de luz. A cobrança será feita proporcionalmente a energia que ele receber de volta do sistema da distribuidora.

3.8 TARIFAS APLICÁVEIS NO MATO GROSSO DO SUL

O entendimento das regras de tarifação da energia elétrica, bem como os impostos incidentes sobre a mesma, é fundamental para a tomada de decisão em relação a projetos de geração fotovoltaica. A Tabela 4 apresenta algumas definições básicas utilizadas na tarifação energética:

Tabela 4 - Principais definições em relação a tarifação energética

Consumo de Energia	Quantidade de potência elétrica (kW) consumida em um intervalo de tempo (h). É expresso em quilowatt-hora (kWh)
Demanda	Potência ativas (kW) ou reativas (kVar), solicitada ao sistema elétrico pela unidade consumidora. É medida em intervalos de tempo de 15 minutos.
Demanda Contratada	Demanda de potência ativa (kW) a ser obrigatoriamente e continuamente disponibilizada pela concessionária à unidade consumidora. Deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada.
Demanda de ultrapassagem	Parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).
Horário de Ponta	É o período de 3 (três) horas consecutivas exceto sábados, domingos e feriados nacionais. Em algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica têm preços mais elevados. No MS, o horário de ponta é das 18:00 as 21:00 hs.
Tarifa	Preço da unidade de energia elétrica (R\$/kWh) e/ou da demanda de potência ativa (R\$/kW).
Tarifa Binômia	Preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa (kWh) e à demanda faturável (kW). Esta modalidade é aplicada aos consumidores do Grupo A.
Tarifa Monômia	Constituída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa (kWh). Esta tarifa é aplicada aos consumidores do Grupo B (baixa tensão).
Grupo A	Os consumidores atendidos em alta tensão, acima de 2300 volts, como indústrias, shopping centers e alguns edifícios comerciais.
Grupo B	As unidades consumidoras atendidas em tensão abaixo de 2.300 volts (baixa tensão). Em geral, estão nesta classe as residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios residenciais, grande parte dos edifícios comerciais e a maioria dos prédios públicos federais, uma vez que, na sua maioria são atendidos nas tensões de 127 ou 220 volts. É subdividida em subgrupos: • Subgrupo B1 – residencial e residencial baixa renda; • Subgrupo B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural; • Subgrupo B3 – demais classes; • Subgrupo B4 – iluminação pública.
Tarifa Branca	Tarifa binômia aplicada a consumidores do grupo B.
Tarifa Verde	Tarifa binômia aplicada a consumidores do grupo A, onde o valor da demanda é único em todos os horários.
Tarifa Azul	Tarifa binômia aplicada a consumidores do grupo A, onde o valor da demanda e consumo são diferentes nos horários e ponta e fora de ponta.

Fonte: Energisa MS

Os valores das tarifas, com impostos, praticadas no estado do MS, e relevantes para o presente estudo, podem ser observados na Tabela 5:

Tabela 5 - Tarifas com impostos - Energia – MS – Agosto, 2019

Grupo Tarifário	Consumo por R\$/kWh		Demanda por R\$/kW
	Ponta	Fora de Ponta	
A	2,358	0,420	25,024
B1 - Residencial	0,697		
B2 - Rural	0,588		
B3 - Comercial/Industrial	0,774		

Fonte: (Energisa MS, 2019)

3.9 FINANCIAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os módulos fotovoltaicos possuem vida útil de até 25 anos e elevados custos de implantação. As fontes de financiamento são importantes para a viabilização e tomada de decisão de investimento. A Tabela 6 apresenta as principais fontes de financiamento, disponíveis atualmente são:

Tabela 6 - Principais fontes de Financiamento

Banco	Linha Financiamento	Descrição	Taxa de Juros
CEF	Construcard	Destinada para a compra de material de construção, o projeto pode ser parcelado em até 240 vezes. O financiamento está disponível para pessoas física e jurídicas.	1,95% a.m
Santander	Linha Sustentabilidade	Crédito para a instalação de sistemas fotovoltaicos com um parcelamento de até 36 vezes.	10 x s/ juros 24 x 1,10% am 36 x 1,45% am
BNDES	FINEM	Voltado para grandes projetos de energia solar, financia até 80% do custo da obra	TJLP + 0,9% a.a + Variável conforme risco
Banco do Nordeste	FNE Sol	Linha de financiamento específica para projetos de micro e minigeração de energia solar. Disponível para empresas, produtores rurais, cooperativas e associações dos estados nordestinos, além do norte de	6,5% a 10,0 % a.a. para prod. rurais 7,27 a 10,14% a.a. para empresas

		Minas Gerais e do Espírito Santo. Com um prazo de pagamento de até 144 meses, financia até 100% do custo da obra.	6.245 a.a. para pessoas físicas
SICREDI		Financiamento para energia solar para seus associados, sejam eles pessoa física ou jurídica. O prazo de pagamento é de até 60 meses.	1% a 3% a.m.
Governo do Estado de SP	Linha de Financiamento Economia Verde	Com o intuito de reduzir 20% das emissões de CO ₂ de São Paulo até 2020. Financia Sistemas Fotovoltaicos para pequenas e médias empresas do estado, com pagamento pode ser parcelado em até 120 vezes.	0,53% a.m.
Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf)	“Mais Alimentos”	Financiamento de sistemas fotovoltaicos de até R\$ 300 mil voltado para agricultores familiares. Carência de 36 meses da aquisição do crédito.	2,5% a 5,5% a.a.
Banco do Brasil	Proger Urbano Empresarial	Para ampliar ou modernizar empresas, utiliza recursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT). Os projetos de investimento devem proporcionar geração ou manutenção de empregos e renda. Até 72 meses para o financiamento com limite de financiamento de R\$1 milhão, limitado a 80% do projeto de investimento.	Variam conforme relacionamento com o banco. (De 5% a.a. a 10% a.a.)
Banco do Brasil	FCO Empresarial	Destinado a pessoas jurídicas que se dedicam à atividade produtiva de vários setores e para produtores rurais. As regiões atendidas são: Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, ou Mato Grosso do Sul.	Variam conforme relacionamento com o banco. (De 5% a.a. a 10% a.a.)
Banco da Amazônia		Tem o objetivo de estimular a utilização da energia solar na região norte do Brasil.. O prazo limite é de 144 meses, incluindo até 48 meses de carência.	0,59% e 1,02% a.m.

Fontes: (BLUESOL, 2018)

3.10 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE INVESTIMENTOS

Antes de comprometer recursos para ampliar, substituir ou renovar ativos fixos ou para realizar outros tipos de investimentos de longo prazo, as empresas avaliam cuidadosamente os custos esperados e os benefícios relacionados com essas despesas. (GITMAN, 2007)

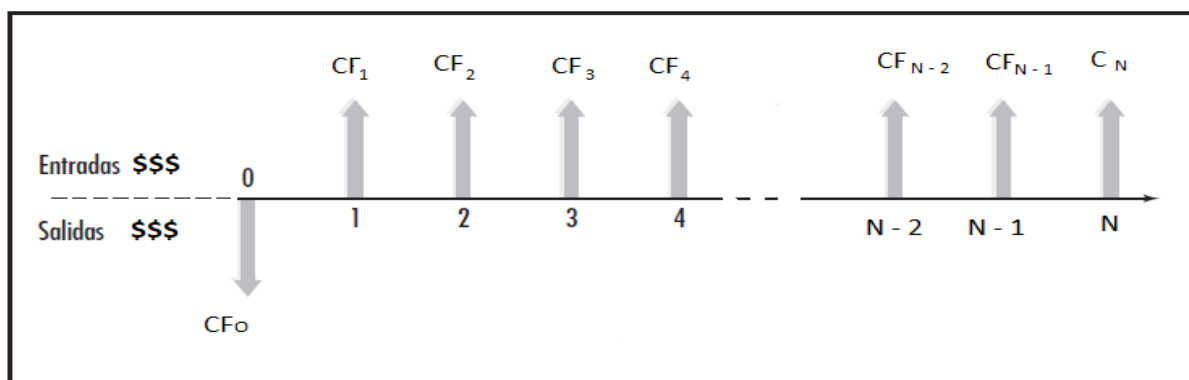
Os investimentos de longo prazo representam desembolsos significativos para qualquer empresa, e, portanto, é necessário o uso de ferramentas para analisar e selecionar adequadamente seus investimentos de longo prazo. Devemos ser capazes de medir os fluxos de caixa e aplicar as decisões técnicas apropriadas. A grande maioria das empresas possui recursos limitados e racionamento de capital para investimentos desta natureza. Isso significa eles têm apenas um montante fixo de capital disponível e que muitos projetos competirão por este dinheiro.

A análise de viabilidade permite a tomada da melhor decisão, de forma a escolher os investimentos que irão maximizar a riqueza dos acionistas.

3.10.1 VPL – VALOR PRESENTE LÍQUIDO:

O Valor Presente Líquido (VPL) considera o valor do dinheiro no tempo, descontando os fluxos de caixa futuros da empresa à uma taxa de juros específica. Esta taxa, chamada de taxa de desconto, custo de capital ou custo de oportunidade, é o retorno mínimo que deve um projeto renumerar para que o valor de mercado da empresa permaneça inalterado.

Figura 11 – Fluxo de Caixa de um Investimento de Capital



Fonte: (GITMAN, 2007) (adaptado)

O valor presente líquido (VPL) é calculado subtraindo o investimento inicial de um projeto (CF_0) do valor presente de suas entradas de caixa (CF_t) descontado ao custo de capital da empresa (k).

A equação 8 estabelece a forma de cálculo do VPL para o fluxo acima:

$$VPL = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0 \quad (8)$$

Onde: VPL : Valor Presente Líquido
 CF_0 : Fluxo de Caixa no período 0 (Investimento Inicial)
 CF_t : Fluxo de Caixa no período t
 k : Taxa de desconto
 N : Número de períodos do Fluxo de Caixa

Um projeto com $VPL \geq 0$ é considerado viável, enquanto um projeto com VPL negativo é inviável economicamente.

3.10.2 TIR – TAXA INTERNA DE RETORNO:

A taxa interna de retorno (TIR) é taxa de desconto do fluxo de caixa que iguala o VPL de uma oportunidade de investimento a Zero. É a menor taxa de desconto que possibilita o fluxo de caixa das entradas descontados no tempo, ser igual ao investimento inicial. É a taxa de retorno que a empresa ganhará se investir no projeto e receber o fluxos de caixa esperados. Matematicamente, a TIR é o valor de k na equação (9) que faz a VPN igual a Zero.

$$VPL = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+k)^t} - CF_0 = 0 \quad (9)$$

Se a TIR for maior que a TMA (Taxa Mínima de Atratividade) da empresa o projeto é viável. A TMA representa o custo do capital da empresa.

Para dois projetos concorrentes, o projeto com maior TIR (e $VPL > 0$) deverá ter a prioridade no investimento do ponto de vista econômico.

3.10.3 PAYBACK – PRAZO DE RETORNO:

“Payback” é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual as receitas acumuladas se igualam ao montante investido. O “Payback”, pode ser simples, se calculado com base no fluxo de caixa com valores nominais, ou descontado, se calculado com base no fluxo de caixa com valores trazidos ao valor presente líquido.

Trata-se de uma das técnicas de análise de investimento alternativas ao método do Valor Presente líquido (VPL). Sua principal vantagem em relação ao VPL é que o “*payback*” leva em conta o prazo de retorno do investimento sendo mais apropriado em ambientes de risco elevado. O investimento implica saída imediata de dinheiro; em contrapartida, espera-se receber fluxos de caixa que compensem essa saída ao longo do tempo. O “*payback*” consiste no cálculo desse tempo (em número de períodos, sejam meses ou anos) necessário à recuperação do investimento realizado.

A desvantagem do método de “*payback*” simples, é que este não leva em consideração a taxa de juros, nem a inflação do período, ou o custo de oportunidade. Por outro lado, tem como principais vantagens o fato de ser simples na sua forma de cálculo e de fácil compreensão. Assim, fornece uma ideia prévia de risco do projeto sendo adequado à avaliação de projetos com vida limitada.

No Payback Descontado o valor do dinheiro no tempo é levado em consideração, pois traz a valor presente os valores futuros do fluxo de caixa. Ou seja, os valores do fluxo de caixa são tratados considerando uma taxa de desconto. “O período de “*payback*” descontado é definido como o número de anos necessário para recuperar o investimento dos fluxos líquidos de caixa descontados” (Brigham, et al., 2001)

3.10.4 IL – ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE:

O Índice de Lucratividade é um método que considera a razão entre o valor presente do fluxo de caixa do investimento e o Capital Investimento (Cavalcante, 2018). O método de IL pode ser expresso pela equação 10:

$$IL = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+k)^t}}{CF_0} \quad (10)$$

Onde: IL : Índice de Lucratividade
 CF_0 : Fluxo de Caixa no período 0 (Investimento Inicial)
 CF_t : Fluxo de Caixa no período t
 k : Taxa de desconto
 N : Número de períodos do Fluxo de Caixa

Este método indica, quanto será obtido a valor presente, para cada unidade investida. Um projeto é aceitável caso seu IL seja maior que 1, e quanto maior o IL, maior será o seu retorno. Se IL for menor que 1, deve-se rejeitar o projeto.

Esta ferramenta auxilia na priorização das escolhas que envolvam vários projetos de tamanhos diferentes que apresentem VPLs e Investimentos variados, apresentando os investimentos de melhor custo-benefício. Assim, este método fornece um auxílio adicional na tomada de decisão, mas ainda deixa lacunas quando temos projetos mutuamente excludentes de diferentes escalas.

3.11 TRABALHOS ANTERIORES

A pesquisa de Nakabayashi (Nakabayashi, 2014) verificou-se a viabilidade financeira para o setor residencial (Grupo B) em 12 cenários diferentes de reajuste de tarifa. Considerando-se uma evolução de tarifas em linha com a inflação, há viabilidade na maioria das capitais brasileiras, considerando um autoconsumo a partir de 30% e, nos cenários onde o reajuste tarifário de energia elétrica se dá acima da inflação, há viabilidade em praticamente todas as capitais brasileiras.

No trabalho de Araújo F. O. (Araújo, 2017), é apresentado uma análise de viabilidade para geração solar fotovoltaica de pequenos consumidores do grupo B com uso de micro inversores na cidade de Campo Grande/MS, bem como o impacto da isenção de impostos na geração fotovoltaica. A planta de 1,55 kWp apresentou uma redução na produtividade de 15% devido a orientação e inclinação inadequada, e um “payback” descontado é 11 anos com TIR de 6,87%, considerando um aumento de energia igual à inflação. Caso a instalação fosse

realizada em condições ideais (Norte-19°) o “*payback*” descontado seria de 9 anos e o TIR de 8,84%. Analisou também um cenário com aumento na tarifa de energia de 15,65% e uma inflação de 5,12%, apresentando um “*payback*” descontado de 7 anos e o TIR subiria para 16,40%.

4 METODOLOGIA

Para atingir ao objetivo proposto neste trabalho, foram levantadas a capacidade de geração solar fotovoltaica e os investimentos necessários à sua implementação nos principais municípios do estado do Mato Grosso do Sul. O SENAI MS (Senai Empresa, 2018), contribuiu com este estudo fornecendo informações de consumo e demanda de energia elétrica em 136 unidades consumidoras localizadas em diversas regiões do estado. Estes consumidores são dos grupos A e B, de diversos segmentos (Residenciais, Rurais, Comerciais e Industriais), tamanhos e regimes tarifários, conforme apresentado na Tabela 7.

Em seguida, foram simulados a viabilidade econômica da geração solar fotovoltaica sob vários cenários macroeconômicos para cada um destes consumidores, e avaliado sob quais condições a geração solar fotovoltaica é viável ou não, e quais riscos estão associados a tais investimentos.

Tabela 7 - Consumidores de Energia Elétrica Simulados

Grupo Tarifário	Descrição	Nº Consumidores
Grupo A	Média Tensão	52
Grupo B	Baixa Tensão	84
	Total	136

Fonte SENAI-MS

Este estudo foi realizado nas etapas, descritas sucintamente a seguir:

1. Definição das principais cidades em todas as regiões do estado;
2. Levantamento da Temperatura Média de cada região..
3. Levantamento da Insolação Média em cada região..
4. Levantamento da Irradiação Média em cada região.
5. Pesquisa de Módulos Fotovoltaicos Comercializados no Mercado Brasileiro.
6. Levantamento da produtividade solar fotovoltaica nas principais cidades do estado do Mato Grosso do Sul.
7. Escolha da tecnologia de melhor custo-benefício para o estado do Mato Grosso do Sul.
8. Levantamento dos Investimentos necessários para geração solar fotovoltaica no estado do Mato Grosso do Sul.
9. Definição dos cenários macroeconômicos para simulação.
10. Cálculo dos indicadores de Viabilidade Econômica para cada consumidor em cada cenário.

4.1 REGIÕES AVALIADAS

Neste estudo, foram avaliados e comparados a aplicação de energia fotovoltaicos nas 6 principais cidades do estado do Mato Grosso do Sul (Campo Grande, Dourados, Corumbá, Três Lagoas, Coxim e Ponta Porã), levando em conta as particularidades de cada região, tais como Irradiância, Temperatura e quantidade de horas diárias de Luz Solar (Insolação Média).

4.2 TEMPERATURA MÉDIA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL

Como a temperatura ambiente é um fator de elevado impacto na produtividade solar fotovoltaica, é relevante buscar por dados de temperatura disponíveis para as regiões avaliadas neste estudo.

O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) possui nas principais cidades do território nacional, estações automáticas de informação meteorológicas de superfície. Cada estação é composta de sensores que medem as variáveis ambientais, subsistema de armazenamento local, subsistema de energia e de comunicações. (Instituto Nacional de Meteorologia, 2011).

Uma estação meteorológica automática (EMA) coleta, de minuto em minuto, as informações meteorológicas (temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade dos ventos, radiação solar) representativas da área em que está localizada. A cada hora, estes dados são integralizados, transmitidos para o INMET. Após validados, são disponibilizados ao público em geral no endereço de internet http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/pg_automaticas.php. Ficam disponíveis os dados dos últimos 365 dias de cada estação. Neste estudo, foram coletados os dados de temperatura no horário diurno (entre 7:00 hs e 19:00 hs) no período de 01/01/2018 a 31/12/2018.

As médias mensais de temperatura em cada região são apresentadas na Tabela 8:

Tabela 8 - Temperaturas Médias Mensais no horário Diurno

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
Coxim	28,0	27,5	28,7	27,4	24,9	23,8	24,7	26,1	27,5	29,1	28,3	28,4	26,9
Corumbá	28,2	28,5	28,7	28,5	26,1	22,2	22,3	24,3	24,7	29,0	28,9	29,2	26,8
Três Lagoas	28,6	28,4	30,5	28,8	26,1	24,8	25,6	23,8	26,8	29,1	28,1	29,5	27,5
Campo Grande	26,1	26,0	27,5	26,9	24,8	22,3	24,7	23,1	25,3	27,5	26,6	27,2	25,7
Dourados	25,8	26,1	27,5	26,5	23,0	19,6	22,4	20,2	23,2	25,9	26,0	26,7	24,4
Ponta Pora	25,6	25,2	26,0	25,5	21,6	18,3	20,3	18,7	22,0	24,7	24,9	26,5	23,3

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

Observa-se variações acima de 4,2°C na temperatura média entre as regiões Leste e Sul do estado.

4.3 INSOLAÇÃO MÉDIA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL

A Tabela 9 apresenta o número de horas diária de luz solar médio em cada mês do ano nas regiões foco deste estudo:

Tabela 9 - Insolação Média Mensal (Horas)

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
Coxim	5	5	6	7	7	7	7	7	4	7	6	5	6
Corumbá	5	5	6	6	6	6	7	5	4	7	6	7	6
Três Lagoas	6	6	7	7	6	7	7	7	6	7	7	6	6
Campo Grande	6	6	7	7	7	6	7	7	5	6	7	6	6
Dourados	6	6	7	7	7	6	6	6	5	6	7	6	6
Ponta Porã	7	7	6	7	7	6	6	6	5	6	7	7	6

Fonte: Fonte Atlas Solarimétrico. (Tiba, et al., 2000)

4.4 IRRADIAÇÃO MÉDIA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL

O programa SunData foi desenvolvido pelo CRESEB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito) para possibilitar o cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional. É uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

A primeira versão do programa foi elaborada em 1995. Utilizava dados de irradiação solar diária média mensal no plano horizontal para cerca de 350 pontos no Brasil e em países limítrofes (CENSOLAR, 1993).

Após a publicação da 2ª Edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar em 2017 (Pereira, et al., 2017), o CRESEB passou a utilizá-lo na manutenção da base de dados do SunData. Produzido a partir de um total de 17 anos de informações de mais de 72.000 pontos em todo o território brasileiro é o que se tem de mais moderno em informações de irradiação solar no Brasil. Vale ressaltar que as informações apresentadas são valores médios indicativos e possuem as limitações dos modelos utilizados.

A Tabela 10 apresenta os dados médios mensais de irradiação no MS:

Tabela 10 - Irradiação solar Média [kWh/m².dia]

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média
Coxim	5,18	5,50	5,53	5,53	5,02	5,06	5,12	5,81	5,33	5,37	5,43	5,41	5,36
Corumbá	5,30	5,41	5,38	5,41	4,46	4,38	4,56	5,22	5,01	5,35	5,38	5,60	5,12
Três Lagoas	5,42	5,74	5,60	5,39	4,90	4,72	4,90	5,70	5,22	5,49	5,58	5,74	5,37
Campo Grande	5,20	5,52	5,52	5,38	4,79	4,67	4,80	5,52	5,18	5,33	5,49	5,57	5,25
Dourados	5,44	5,53	5,43	5,00	4,40	4,16	4,25	5,15	5,04	5,25	5,50	5,77	5,08
Ponta Porã	5,38	5,43	5,38	4,93	4,25	4,05	4,10	5,13	4,97	5,27	5,47	5,69	5,00

Fonte: SUNDATA – CRESESB/CEPEL

4.5 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS COMERCIALIZADOS NO BRASIL

Das diversas tecnologias de conversão solar fotovoltaicas disponíveis atualmente, as células de primeira geração (Silício Monocristalino e Multicristalino) são as mais utilizadas, com aproximadamente 90% de participação no mercado mundial (LÜDKE, 2018). Desta forma, devido a disponibilidade para aquisição e menor custo de implantação, restringimos a pesquisa de mercado à esta tecnologia.

Por meio de pesquisas nas fichas técnicas dos produtos e levantamento de preços junto a empresas especializadas (Minha Casa Solar) (Neosolar, 2018), foram selecionados 8 módulos fotovoltaicos para avaliação no presente estudo, conforme apresentados na tabela 11:

Tabela 11 - Módulos Fotovoltaicos Avaliados

Potência Nominal kWp	Potência NOCT kWp	Modelo	Tecnologia	Área do Módulo	Efic. %	Coefic. de Temp. %P/°C	Custo USD
0,150	0,120	RSM36-6-150P	Multicristalino	1,0	15,15%	-0,44%	\$ 99,75
0,260	0,189	CS6P-260P-SD	Multicristalino	1,6	15,85%	-0,40%	\$142,50
0,270	0,199	CS6K-270P-FG	Multicristalino	1,6	16,42%	-0,40%	\$147,25
0,275	0,202	CS6K-275P-FG	Multicristalino	1,6	16,72%	-0,40%	\$139,25
0,300	0,222	CS6K-MS-FG	MonoCristalino	1,6	18,33%	-0,39%	\$195,00
0,320	0,233	YL320P-35b	Multicristalino	1,9	16,60%	-0,42%	\$182,25
0,325	0,236	CS6U-325P	Multicristalino	1,9	16,72%	-0,41%	\$182,25
0,330	0,235	GCL-P6/72	Multicristalino	1,9	16,70%	-0,43%	\$227,50

Fonte: Fichas Técnicas dos Módulos Fotovoltaicos Canadian Solar/Yingly/NeoSolar/GLC

4.6 LEVANTAMENTO DA PRODUTIVIDADE SOLAR FOTOVOLTAICA

Segundo (Guimarães, 2003), em decorrência da variabilidade espacial da irradiação solar e, sobretudo, da não homogeneidade climática em determinadas regiões (microclimas), a aplicação de modelos que utilizam dados de imagens de satélite, se de um lado possibilitam a cobertura geográfica total do território nacional, de outro, os resultados de tais modelos ainda apresentam desvios significativos em relação às medidas diretas das estações meteorológicas.

GALLEGOS e LOPARDO (GALLEGOS, et al., 1988) em estudo para estabelecer a melhor densidade de uma Rede Solarimétrica, acredita ser possível extrapolar, com confiabilidade de 90%, valores diários em média mensal da irradiação solar, obtidos em estações situadas até distâncias de 150km, sem exceder a precisão do sistema de medidas (que é de 6%, no caso dos pirômetros) e 225km, com erro inferior a 10%.

Conforme procedimento descrito no capítulo 3.6 deste estudo, foi calculado a produtividade solar fotovoltaica para os 8 módulos avaliados.

O primeiro passo consiste em calcular o Coeficiente de perda térmica K_T (Figura 12):

$$K_T = 1 - C_T \cdot (T_A - 20 \text{ }^\circ\text{C})$$

Onde:

K_T : Fator de Correção Térmico

C_T : Coeficiente Térmico do Módulo

T_A : Temperatura ambiente média do local da instalação

Figura 12 - Cálculo do Coeficiente de Perda Térmica

=1+\$G12*(I\$7-20)																	
A	C	G	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T			
CAMPO GRANDE			Rendimento Inversor		90%												
			Perda Cabos		3%												
			Irradiação (kWh/m²/dia)		5,20	5,52	5,52	5,38	4,79	4,67	4,80	5,52	5,18	5,33	5,49	5,57	
			Temperatura Ambiente Média		26,08	26,04	27,46	26,93	24,81	22,30	24,74	23,08	25,28	27,50	26,56	27,25	
			dias mês		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
			KT														
Potência Nominal	Modelo	Coefic. de Temp. %/°C	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ			
0,150	RSM36-6-150P	-0,44%	\$G12*(	0,973	0,967	0,970	0,979	0,990	0,979	0,986	0,977	0,967	0,971	0,968			
0,260	CS6P-260P-SD	-0,40%	0,976	0,976	0,970	0,972	0,981	0,991	0,981	0,988	0,979	0,970	0,974	0,971			
0,270	CS6K-270P-FG	-0,40%	0,976	0,976	0,970	0,972	0,981	0,991	0,981	0,988	0,979	0,970	0,974	0,971			
0,275	CS6K-275P-FG	-0,40%	0,976	0,976	0,970	0,972	0,981	0,991	0,981	0,988	0,979	0,970	0,974	0,971			
0,300	CS6K-MS-FG	-0,39%	0,976	0,976	0,971	0,973	0,981	0,991	0,982	0,988	0,979	0,971	0,974	0,972			
0,320	YL320P-35b	-0,42%	0,974	0,975	0,963	0,971	0,980	0,990	0,980	0,987	0,978	0,968	0,972	0,970			
0,325	CS6U-325P	-0,41%	0,975	0,975	0,963	0,972	0,980	0,991	0,981	0,987	0,978	0,963	0,973	0,970			
0,330	GCL-P6/72	-0,43%	0,974	0,974	0,968	0,970	0,979	0,990	0,980	0,987	0,977	0,968	0,972	0,963			

O segundo passo consistiu em calcular a Energia Mensal Produzida Ideal (Figura 13) :

$$E_{ideal} = n \cdot K_T \cdot I_{rr} \cdot P_{max}$$

Onde:

E_{ideal} : Energia Mensal Produzida (Ideal) (kWh)

n : Nº de dias no mês

K_T : Fator de Correção Térmico

I_{rr} : Irradiância Média diária do local da Instalação

P_{max} : Potência Nominal do Módulo nas condições Standard (STC)

Figura 13 - Calculo da Energia Mensal Produzida(Ideal) em Campo Grande

PL															=I\$9*I12*I\$5*\$A12														

4.7 TECNOLOGIA DE MELHOR CUSTO-BENEFÍCIO NO MS

A vida útil declarada pelos fabricantes nas fichas técnicas de seus produtos é de 25 anos. Considerou-se com módulo de melhor custo benefício, o módulo com maior geração (em kWh) durante toda sua vida útil dividido pelo investimento necessário.

O procedimento de cálculo é mostrado na Figura 15:

Figura 15 - Determinação da Tecnologia de melhor Custo/Benefício

VPL											
= \$F17*12*\$J4/\$H4											
	A	B	F	H	J	K	L	M	N	O	P
1											
2	Produção Mensal kWh / Mês										
3	Potência Nominal Wp	Modelo	Área do Módulo (m2)	Custo USD	Coxim	Corumbá	Três Lagoas	Campo Grande	Dourados	Ponta Porã	Média Estadual
4	150	RSM36-6-150P	1,0	\$ 99,75	20,7	19,8	20,7	20,4	19,8	19,6	20,1
5	260	CS6P-260P-SD	1,6	\$ 142,50	35,9	34,4	35,9	35,4	34,4	34,1	35,0
6	270	CS6K-270P-FG	1,6	\$ 147,25	37,3	35,7	37,3	36,7	35,7	35,4	36,4
7	275	CS6K-275P-FG	1,6	\$ 139,25	38,0	36,4	38,0	37,4	36,4	36,0	37,0
8	300	CS6K-MS-FG	1,6	\$ 195,00	41,5	39,7	41,5	40,9	39,7	39,3	40,4
9	320	YL320P-35b	1,9	\$ 182,25	44,2	42,3	44,1	43,5	42,3	41,9	43,0
10	325	CS6U-325P	1,9	\$ 182,25	44,9	42,9	44,9	44,2	43,0	42,6	43,7
11	330	GCL-P6/72	1,9	\$ 227,50	45,5	43,5	45,5	44,8	43,6	43,2	44,4
14											
15	Produtividade em 25 anos - kWh/US\$										
16	Potência Nominal Wp	Modelo	Vida Util anos	Custo USD	Coxim	Corumbá	Três Lagoas	Campo Grande	Dourados	Ponta Porã	Média Estadual
17	150	RSM36-6-150P	25	\$ 99,75	62	59	62	61	60	59	61
18	260	CS6P-260P-SD	25	\$ 142,50	76	72	76	75	72	72	74
19	270	CS6K-270P-FG	25	\$ 147,25	76	73	76	75	73	72	74
20	275	CS6K-275P-FG	25	\$ 139,25	82	78	82	81	78	78	80
21	300	CS6K-MS-FG	25	\$ 195,00	64	61	64	63	61	60	62
22	320	YL320P-35b	25	\$ 182,25	73	70	73	72	70	69	71
23	325	CS6U-325P	25	\$ 182,25	74	71	74	73	71	70	72
24	330	GCL-P6/72	25	\$ 227,50	60	57	60	59	57	57	58

Fonte: O autor

A Tabela 13 apresenta as tecnologias de melhor custo benefício no estado do MS. Dentre os módulos avaliados, o módulo com maior produtividade por dólar investido foi o Canadian CS6K-275P-FG.

Tabela 13 - Tecnologia de Melhor Custo-Benefício no MS

Potência Nominal Wp	Modelo	Vida Util anos	Custo USD	Produtividade em 25 anos - kWh/US\$						
				Coxim	Corumbá	Três Lagoas	Campo Grande	Dourados	Ponta Porã	Média Estadual
150	RSM36-6-150P	25	\$ 99,75	62	59	62	61	60	59	61
260	CS6P-260P-SD	25	\$ 142,50	76	72	76	75	72	72	74
270	CS6K-270P-FG	25	\$ 147,25	76	73	76	75	73	72	74
275	CS6K-275P-FG	25	\$ 139,25	82	78	82	81	78	78	80
300	CS6K-MS-FG	25	\$ 195,00	64	61	64	63	61	60	62
320	YL320P-35b	25	\$ 182,25	73	70	73	72	70	69	71
325	CS6U-325P	25	\$ 182,25	74	71	74	73	71	70	72
330	GCL-P6/72	25	\$ 227,50	60	57	60	59	57	57	58

Fonte: O autor

4.8 INVESTIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO FOTOVOLTAICA NO MS

Os principais componentes de custos envolvidos em um projeto de geração solar fotovoltaica são:

1. Módulos Fotovoltaicos (Minha Casa Solar) (Neosolar, 2018)
2. Inversores (Minha Casa Solar) (Neosolar, 2018)
3. Quadros de Proteção contra Surto (“Stringbox”) (ENELX, 2016)
4. Material Auxiliares para Instalação (Cabos, Suportes metálicos para instalação dos módulos, Conectores, Kit para aterramento, etc.
5. Mão de obra de Instalação (Portal Solar, 2018)
6. Projetos e Acessória Técnica

Os custos dos módulos fotovoltaicos, inversores e Stringboxes apresentados neste estudo foram levantados durante o mês de setembro de 2018, através de pesquisa em sites de empresas nacionais especializadas no segmento de geração solar fotovoltaica, e incluem todos os impostos.

Com base nestas premissas, estimamos o investimento necessário conforme procedimento descrito a seguir:

- 1) Determinação da quantidade de módulos por porte de planta fotovoltaica (Figura 16):

Figura 16 - Determinação da Quantidade de Módulos Fotovoltaicos

VPL X ✓ fx =ARREDONDAR.PARA.CIMA(\$H5/J\$4;0)										
	A	B	H	J	K	L	M	N	O	P
1										
2				Quantidade						
	Potência Nominal Wp	Consumo Mensal kWh		Coxim	Corumbá	Três Lagoas	Campo Grande	Dourados	Ponta Porã	Média Estadual
3										
4	275	CS6K-275P-FG	\$ 139,25	38,0	36,4	38,0	37,4	36,4	36,0	37,0
5	Quantidade de Módulos Fotovoltaicos	100 kWh	100	3	3	3	3	3	3	3
6		300 kWh	300	8	9	8	9	9	9	9
7		500 kWh	500	14	14	14	14	14	14	14
8		1000 kWh	1000	27	28	27	27	28	28	28
9		5000 kWh	5000	132	138	132	134	138	139	136
10		10000 kWh	10000	264	276	264	268	275	278	271
11		20000 kWh	20000	527	551	527	535	550	556	541
12		30000 kWh	30000	790	826	790	802	825	833	811

Fonte: O autor

Foi utilizado a função do Excel “arrendondar.para.cima” para a determinação de um número inteiro de módulos fotovoltaicos suficiente para produzir a energia necessária conforme o porte da planta fotovoltaica.

2) Determinação da quantidade de “String-Boxes”:

“String-Box” é essencialmente um equipamento de proteção que isola o sistema de produção de energia fotovoltaica para impedir o risco de propagação de acidentes elétricos, como os curtos-circuitos e os surtos elétricos. Adotamos neste estudo, o uso de 1 “String-Box” para cada 4 módulos fotovoltaicos. Assim, a tabela 14 mostra a quantidade necessária para cada porte de planta em casa região do estado.

Tabela 14 - Determinação da Quantidade de "String-Boxes" (Proteções)

Potência Nominal Wp	Consumo Mensal kWh		Quantidade						
			Coxim	Corumbá	Três Lagoas	Campo Grande	Dourados	Ponta Porã	Média Estadual
String Box	100 kWh	100	1	1	1	1	1	1	1
	300 kWh	300	1	1	1	1	1	1	1
	500 kWh	500	1	1	1	1	1	1	1
	1000 kWh	1000	2	2	2	2	2	2	2
	5000 kWh	5000	6	6	6	6	6	6	6
	10000 kWh	10000	11	12	11	12	12	12	12
	20000 kWh	20000	22	23	22	23	23	24	23
	30000 kWh	30000	33	35	33	34	35	35	34

Fonte: O autor

3) Determinação da Potência Nominal da Planta Fotovoltaica:

A Potência Nominal da Planta Fotovoltaica é proporcional a quantidade de módulos especificados no item 1. A figura 17 mostra como é calculado a Potência Nominal (kWp) da planta fotovoltaica:

Figura 17 - Determinação da Potência Nominal da Planta Fotovoltaica

VPL									
=ARREDONDAR.PARA.CIMA(J5*\$A\$4/1000;1)									
	A	B	J	K	L	M	N	O	P
4	275	CS6K-275P-FG	38,0	36,4	38,0	37,4	36,4	36,0	37,0
5	Quantidade de Módulos Fotovoltaicos	100 kWh	3	3	3	3	3	3	3
6		300 kWh	8	9	8	9	9	9	9
7		500 kWh	14	14	14	14	14	14	14
8		1000 kWh	27	28	27	27	28	28	28
9		5000 kWh	132	138	132	134	138	139	136
10		10000 kWh	264	276	264	268	275	278	271
11		20000 kWh	527	551	527	535	550	556	541
12		30000 kWh	790	826	790	802	825	833	811
24	Potencia Nominal da Planta FV em kWp	100 kWh	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
25		300 kWh	2,2	2,5	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5
26		500 kWh	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
27		1000 kWh	7,5	7,7	7,5	7,5	7,7	7,7	7,7
28		5000 kWh	36,3	38,0	36,3	36,9	38,0	38,3	37,4
29		10000 kWh	72,6	75,9	72,6	73,7	75,7	76,5	74,6
30		20000 kWh	145,0	151,6	145,0	147,2	151,3	152,9	148,8
31		30000 kWh	217,3	227,2	217,3	220,6	226,9	229,1	223,1

Fonte: O autor

4) Determinação da Quantidade de Inversores:

A quantidade e a potência dos inversores dependem da potência da planta fotovoltaica. figura 18 mostra como é calculado a quantidade de inversores para cada porte de planta fotovoltaica. Para plantas de pequeno porte (100 kWh/mês), adotou-se um inversor de 1,4 kW. Já para plantas de um porte maior, adotou-se inversores trifásicos de 27 kW, tantos quantos necessários para converter a energia produzida.

Figura 18 - Determinação da Quantidade de Inversores

VPL X ✓ f_x =ARREDONDAR.PARA.CIMA(J24/\$F34;0)											
	A	B	F	H	J	K	L	M	N	O	P
1											
2	Potência Nominal Wp	Consumo Mensal kWh			Quantidade						
Coxim					Corumbá	Três Lagoas	Campo Grande	Dourados	Ponta Porã	Média Estadual	
3											
24	Potência Nominal da Planta FV em kWp	100 kWh			0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
25		300 kWh			2,2	2,5	2,2	2,5	2,5	2,5	2,5
26		500 kWh			3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
27		1000 kWh			7,5	7,7	7,5	7,5	7,7	7,7	7,7
28		5000 kWh			36,3	38,0	36,3	36,9	38,0	38,3	37,4
29		10000 kWh			72,6	75,9	72,6	73,7	75,7	76,5	74,6
30		20000 kWh			145,0	151,6	145,0	147,2	151,3	152,9	148,8
31		30000 kWh			217,3	227,2	217,3	220,6	226,9	229,1	223,1
32											
33			Potência do Inversor kW	Custo Unitário US\$	Coxim	Corumbá	Três Lagoas	Campo Grande	Dourados	Ponta Porã	Média Estadual
34	Inversores	100 kWh	1,4	\$ 1.460	1	1	1	1	1	1	1
35		300 kWh	4	\$ 2.229	1	1	1	1	1	1	1
36		500 kWh	5	\$ 2.462	1	1	1	1	1	1	1
37		1000 kWh	12	\$ 4.810	1	1	1	1	1	1	1
38		5000 kWh	27	\$ 6.737	2	2	2	2	2	2	2
39		10000 kWh	27	\$ 6.737	3	3	3	3	3	3	3
40		20000 kWh	27	\$ 6.737	6	6	6	6	6	6	6
41		30000 kWh	27	\$ 6.737	9	9	9	9	9	9	9

Fonte: O autor

Os custos de Mão de Obra de Instalação variam inversamente proporcionais ao tamanho da planta fotovoltaica conforme Tabela 15. (Portal Solar, 2018)

Tabela 15 - Custo Estimado de Mão de Obra

Potência Planta	Custo Instalação R\$	Custo por kWp R\$	Custo por kWp US\$
1,65	R\$ 6.000,00	R\$ 3.636,36	\$ 964,55
1,98	R\$ 6.000,00	R\$ 3.030,30	\$ 803,79
2,64	R\$ 7.500,00	R\$ 2.840,91	\$ 753,56
3,3	R\$ 7.500,00	R\$ 2.272,73	\$ 602,85
3,96	R\$ 8.000,00	R\$ 2.020,20	\$ 535,86
4,62	R\$ 8.500,00	R\$ 1.839,83	\$ 488,02
5,28	R\$ 9.000,00	R\$ 1.704,55	\$ 452,13
5,94	R\$ 9.000,00	R\$ 1.515,15	\$ 401,90
6,6	R\$ 9.600,00	R\$ 1.454,55	\$ 385,82
7,26	R\$ 10.200,00	R\$ 1.404,96	\$ 372,67
8,58	R\$ 10.800,00	R\$ 1.258,74	\$ 333,88
9,24	R\$ 13.000,00	R\$ 1.406,93	\$ 373,19
10,56	R\$ 15.000,00	R\$ 1.420,45	\$ 376,78
12,54	R\$ 18.000,00	R\$ 1.435,41	\$ 380,74
15,18	R\$ 20.000,00	R\$ 1.317,52	\$ 349,48
21,12	R\$ 26.400,00	R\$ 1.250,00	\$ 331,56
29,7	R\$ 35.000,00	R\$ 1.178,45	\$ 312,59
52,8	R\$ 50.000,00	R\$ 946,97	\$ 251,19
102,3	R\$ 90.000,00	R\$ 879,77	\$ 233,36

Fonte: Portal Solar - consulta em julho de 2018 – 1 US\$ = 3,77 R\$

Os custos dos materiais auxiliares podem apresentar grande variação conforme as condições do local da instalação. Condições do telhado, distância entre módulos e inversores, e entre inversores e a leitura da concessionária podem interferir nos gastos com os materiais de instalação. Para efeito deste estudo, estimamos estes gastos em **10%** dos investimentos em módulos.

Os custos de projetos e consultoria consomem aproximadamente 5% do valor total do projeto.

Assim, considerando as premissas acima, a tabela 16, apresenta o investimento estimado, por porte de planta fotovoltaica no estado do Mato Grosso do Sul.

Tabela 16 - Investimento para Implantação de Planta Fotovoltaica no MS

CS6K-275P-FG		Investimento US\$							
Produção Esperada Mensal - kWh	Potência da Planta Fotovoltaica kWp	Coxim	Corumbá	Três Lagoas	Campo Grande	Dourados	Ponta Porã	Média Estadual	Média por kWp
100 kWh	0,9	\$ 3.136	\$ 3.136	\$ 3.136	\$ 3.136	\$ 3.136	\$ 3.136	\$ 3.136	\$ 3.485
300 kWh	2,5	\$ 6.065	\$ 6.529	\$ 6.065	\$ 6.529	\$ 6.529	\$ 6.529	\$ 6.529	\$ 2.612
500 kWh	3,9	\$ 8.996	\$ 8.996	\$ 8.996	\$ 8.996	\$ 8.996	\$ 8.996	\$ 8.996	\$ 2.307
1000 kWh	7,7	\$ 17.408	\$ 17.771	\$ 17.408	\$ 17.408	\$ 17.771	\$ 17.771	\$ 17.771	\$ 2.308
5000 kWh	37,4	\$ 53.868	\$ 55.640	\$ 53.868	\$ 54.474	\$ 55.640	\$ 55.943	\$ 55.033	\$ 1.471
10000 kWh	74,6	\$ 94.708	\$ 98.153	\$ 94.708	\$ 95.996	\$ 97.913	\$ 98.712	\$ 96.834	\$ 1.298
20000 kWh	148,8	\$ 182.291	\$ 188.658	\$ 182.291	\$ 184.553	\$ 188.393	\$ 190.124	\$ 186.075	\$ 1.251
30000 kWh	223,1	\$ 268.958	\$ 278.417	\$ 268.958	\$ 272.181	\$ 278.157	\$ 280.166	\$ 274.449	\$ 1.230

Fonte: O autor

4.9 CENÁRIOS MACROECONÔMICOS

A análise de cenários compreende o estudo de tendências futuras de variáveis relevantes ao sucesso do investimento. As empresas necessitam prever o futuro e se antecipar para ele, de forma a reduzir os seus impactos de oscilações que possam comprometer a rentabilidade dos projetos de investimento. Conforme Lobato et. al. (2007) os cenários são elaborados através do estudo de tendências do ambiente externo (ambiente geral e setorial) que podem influenciar os rumos que o ambiente de negócios da empresa pode tomar. Espera-se para investimentos em geração solar fotovoltaica, longos prazos de retorno. Quanto maior o tempo de retorno, maiores são as incertezas e maiores os riscos envolvidos.

Devido ao elevado peso de componentes importados (Módulos e Inversores) nos valores dos investimentos de implantação, as taxas de câmbio passam a ser relevantes na avaliação da viabilidade de tais investimentos.

A Figura 19 ilustra a oscilação da taxa de câmbio (fechamento mensal) entre o Real e o Dólar nos últimos 5 anos. Pode-se observar que a taxa de câmbio atingiu um pico máximo de R\$ 4,00 em agosto de 2018 e fevereiro de 2016.

Figura 19 - Evolução da taxa de câmbio US\$ x Real em 5 anos



Fonte: BR.Investing.com

Para efeito deste estudo, será avaliado o impacto na viabilidade nos seguintes cenários (Tabela 17):

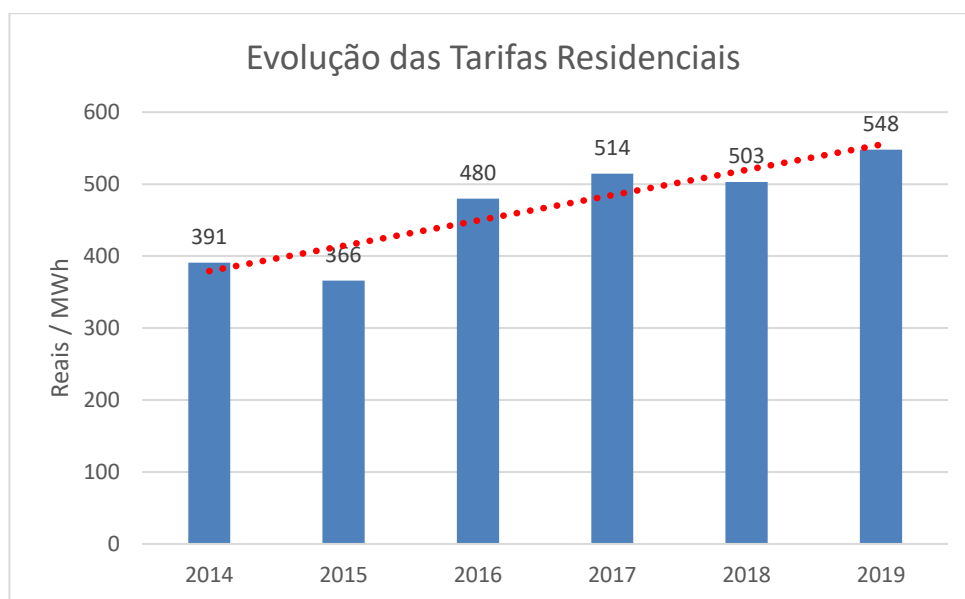
Tabela 17 - Cenários de Taxa de Câmbio

Cenário	Taxa de Câmbio
Provável / Atual	R\$ 4,00
Pessimista	R\$ 5,00

Da mesma forma, a política de reajustes das tarifas de energia também tem grande impacto no retorno do investimento, pois pode aumentar ou reduzir a economia esperada com

o investimento. Na Figura 20, pode-se observar a evolução das tarifas de energia (sem impostos) do grupo B1. Houve uma majoração de 40,15% em 5 anos (de 2014 a 2019), resultando em um reajuste médio de 6,98% ao ano.

Figura 20 - Evolução Tarifa de Energia Grupo B1



Fonte: ANEEL

A índice oficial de inflação (IPCA) para o mesmo período de 5 anos apresentou média de 6,01% ao ano (Tabela 18). A meta de inflação para 2019 é de 4,5% e para 2020 de 4%. (Campos, et al., 2017).

Tabela 18 - Inflação (IPCA) nos últimos 5 anos

Ano	%
2018	3,75
2017	2,95
2016	6,29
2015	10,67
2014	6,4
Média	6,01

Fonte: IBGE

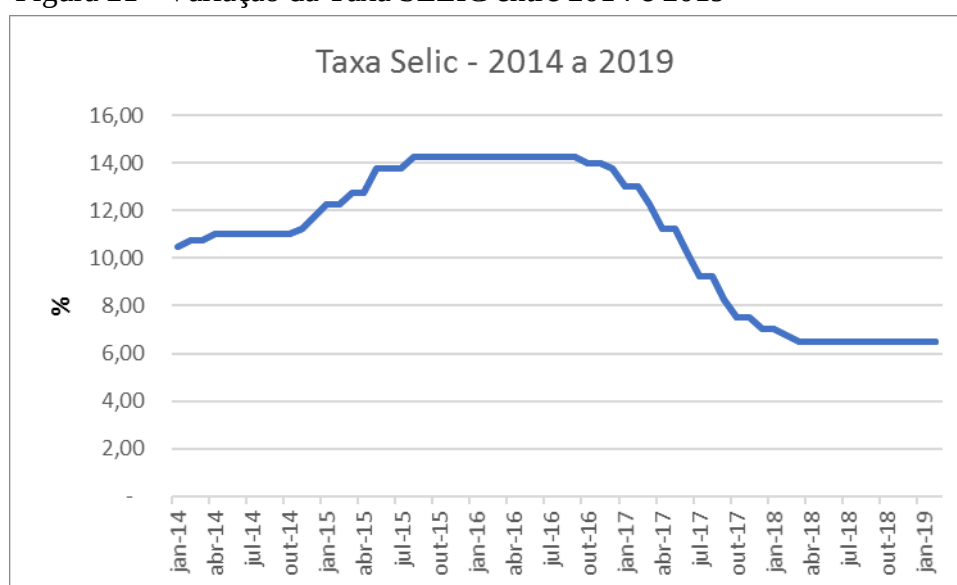
Considerando o histórico de reajustes e os indicadores de inflação, para efeito deste estudo, será avaliado o impacto na viabilidade nos seguintes cenários (Tabela 19):

Tabela 19 - Cenários de Reajuste Tarifa

Cenário	Reajuste
Pessimista	5,0%
Otimista	9,0%

Outro fator que impacta fortemente na viabilidade dos investimentos, é a taxa de juros atrelada aos financiamentos. A Figura 21 mostra o histórico da taxa SELIC nos últimos 5 anos:

Figura 21 - Variação da Taxa SELIC entre 2014 e 2019



Fonte: Banco Central

Observa-se pico de 14,25% a.a. entre 2015 e 2017, e uma queda para 6,5% a.a. no ano de 2018/2019. Serão simulados os indicadores de viabilidade para uma variação na taxa de juros básica entre 1% e 20%.

4.10 ESTUDO DE VIABILIDADE

Serão avaliados os seguintes indicadores de viabilidade econômica para o investimento em geração solar fotovoltaica nas 136 unidades consumidoras do estado do MS:

- VPL: Valor Presente Líquido
- Payback
- IL – Índice de Lucratividade
- TIR – Taxa interna de retorno

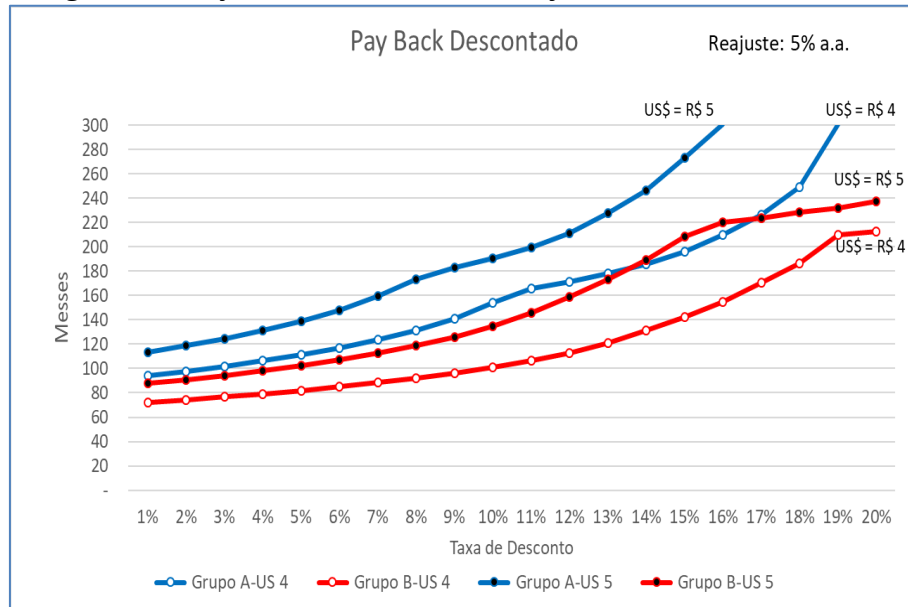
Também será avaliado o impacto dos cenários na viabilidade econômica da geração fotovoltaica em tais unidades consumidoras.

5 RESULTADOS

5.1 PAYBACK DESCONTADO

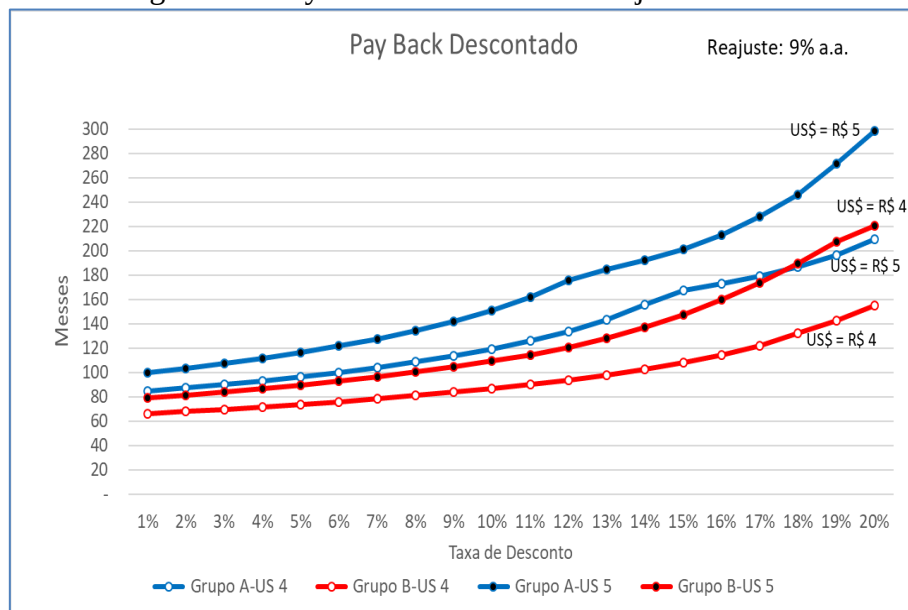
As figuras 22 e 23 apresentam o prazo de retorno do investimento, descontado à taxas entre 1% a 20% em dois cenários de Câmbio diferentes (R\$4,00 / R\$5,00).

Figura 22 - Pay Back Descontado – Reajuste 5%



Fonte: O autor

Figura 23 - Pay Back Descontado – Reajuste 9%



Fonte: O autor

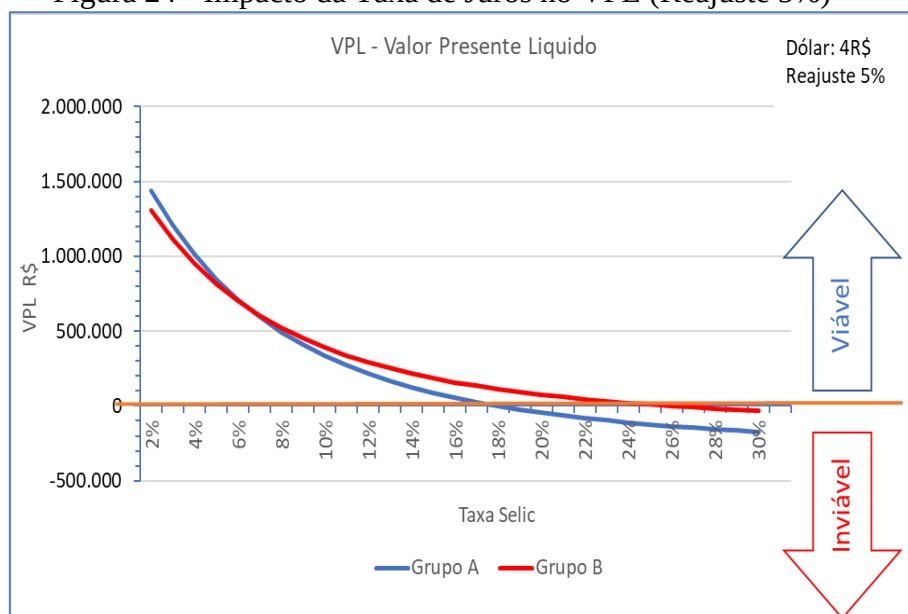
Considerando o cenário de reajuste de 5% a.a, Taxa Básica de Juros (Selic) de 5% a.a. e um dólar de R\$ 4,00, a implantação de Sistema Solar Fotovoltaico **é viável** para todos os grupos de consumidores, com prazo de retorno entre 6,8 anos (Grupo B) e 9,3 anos (Grupo A). Uma variação cambial para 1 US\$ = R\$ 5,00 eleva o prazo de retorno para 8,6 anos (Grupo B) e 11,6 anos (Grupo A), mantendo ainda assim viável economicamente. Neste cenário, os projetos do grupo A, seriam inviáveis para taxas de desconto superiores a 18 % a.a..

Em um cenário com maior reajuste da tarifa de energia (9% ao ano), mantendo-se as demais variáveis inalteradas (1 US\$ = R\$ 4,00 – Selic 5% a.a.), o prazo de retorno reduz para 6,2 anos (Grupo B) a 8 anos (Grupo A). Uma variação cambial para 1 US\$ = R\$ 5,00, elevaria o prazo de retorno para 7,5 anos (Grupo B) e 9,7 anos (Grupo A).

5.2 VPL – VALOR PRESENTE LÍQUIDO

De forma complementar, a influência das taxas Selic e do reajuste de tarifas no VPL do projeto pode ser observado nas Figuras 24 e 25. A Lucratividade cai com o aumento da taxa de Juros (Selic). No cenário atual (Selic de 5%), ambos grupos tarifários apresentam viabilidade econômica. Entretanto, em ambientes com elevação da taxa de juros, projetos do Grupo A deixariam de ser viáveis a partir de uma Selic superior a 18% a.a.

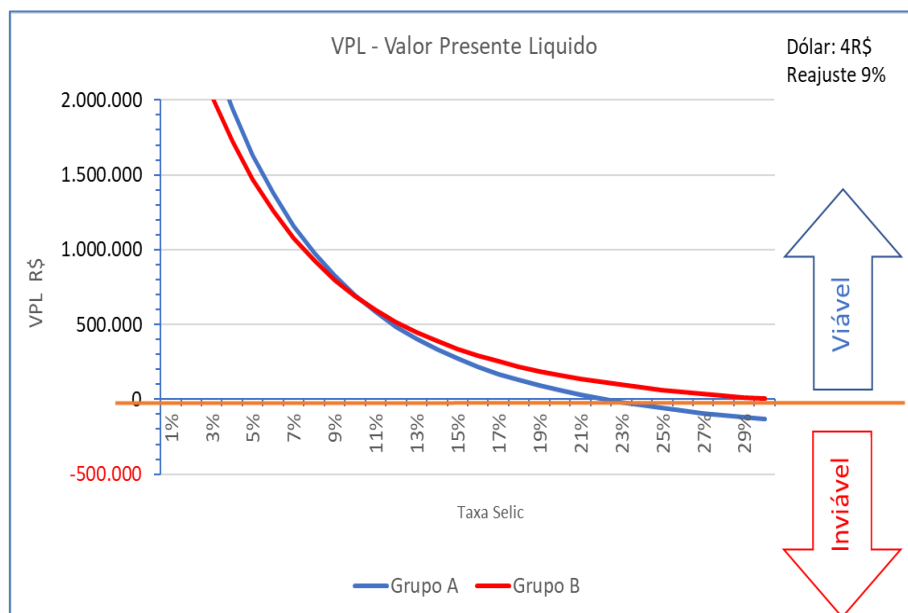
Figura 24 - Impacto da Taxa de Juros no VPL (Reajuste 5%)



Fonte: O autor

Reajustes tarifários de 9% a.a. (Figura 25) melhoram significativamente o retorno dos investimentos.

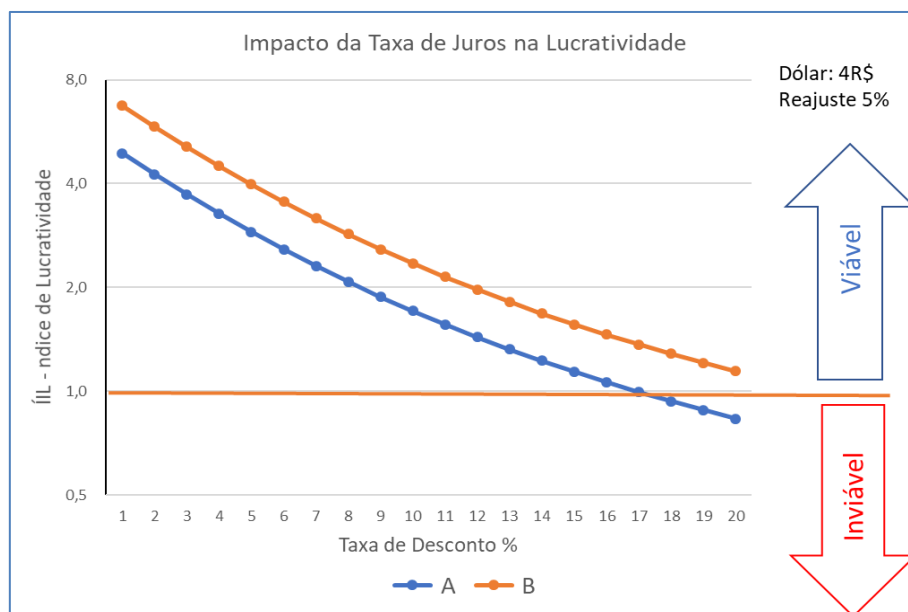
Figura 25 - Impacto da Taxa de Juros (Reajuste 9%)



5.3 IL – ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE

Uma melhor forma de avaliar e priorizar os investimentos, é através do indicador de Índice de Lucratividade, pois avalia a relação Retorno x Investimento. Os resultados deste indicador para este estudo de caso são mostrados na Figura 26. Podemos observar que os projetos de geração fotovoltaica em consumidores do grupo B apresentam uma relação retorno/investimento 1,4 vezes melhor que os consumidores do grupo A, o que pode ser utilizado como critério de priorização de projetos mutuamente excludentes ou em casos de escassez de capital.

Figura 26 - Índice de Lucratividade



Fonte: O autor

5.4 TIR – TAXA INTERNA DE RETORNO

A TIR nos permite identificar as taxas de desconto limiares que inviabilizam os projetos em cada cenário. Ela é apresentada na Tabela 20 para as unidades consumidoras avaliadas.

Tabela 20 - TIR

Grupo	(US\$ 1 = R\$ 4)		(US\$ 1 = R\$ 5)	
	Reajuste Tarifário de 5% a.a	Reajuste Tarifário de 9% a.a	Reajuste Tarifário de 5% a.a	Reajuste Tarifário de 9% a.a
A4	18%	22%	14%	18%
B1	16%	20%	13%	17%
B2	19%	23%	15%	20%
B3	26%	31%	21%	26%

Fonte: O autor

Em um cenário com reajuste tarifário de até 5% a.a., o aumento das taxas de juros acima de 18% a.a. inviabilizaria os projetos de investimento para consumidores do grupo A. Entretanto, tal cenário, atualmente, apresenta uma pouca provável que ocorra, visto que no passado recente, a taxa SELIC atingiu pico de 14,25% a.a..

Por outro lado, cenário com reajustes tarifários superiores 9% a.a. e considerando o histórico da taxa Selic, todos os projetos de geração fotovoltaico apresentariam viabilidade.

6 CONCLUSÕES

Esse trabalho apresentou uma discussão sobre os custos de implantação e viabilidade econômica de projetos de geração solar fotovoltaico no estado do Mato Grosso do Sul.

Foram avaliados fatores que climáticos e geográficos que impactam na produtividade solar, investigando a temperatura, insolação e irradiação média solar nas 6 principais cidades do estado e calculado a produtividade (kWh/mês) de geração de cada região.

Também foram avaliados a produtividade por US\$ investido de oito módulos fotovoltaicos, ou seja, a capacidade de geração (em kWh) durante a vida útil esperada do equipamento, dividido pelo custo do módulo fotovoltaico. Os módulos foram avaliados e apresentaram médias entre 57 kWh/US\$ a 82 kWh/US\$, sendo que o CS6K-275P-FG (Canadian Solar) apresentou a maior produtividade.

Com base na produtividade deste módulo, foram levantados os custos de implantação de geração solar fotovoltaica em cada região, levando em conta os investimentos necessários com módulos fotovoltaicos, inversores, proteções, cabos e outros materiais auxiliares, além de custos com mão de obra de instalação, projetos e assistência técnica. Pode ser observado um ganho de escala alinhado com o porte da planta fotovoltaica, ou seja, o investimento/kWp é decrescente com o aumento da planta fotovoltaica. Outra informação obtida é que as regiões com menor necessidade de investimento para a implantação estão localizadas nas regiões leste e norte do estado (Coxim/Três Lagoas) devido a maior Irradiação Solar média nestes locais.

Foram levantadas informações de consumo de 136 unidades consumidoras, dos grupos A e B localizadas no estado do Mato Grosso do Sul, e calculado o investimento necessário para geração solar fotovoltaica em cada uma, bem com o retorno esperado (redução nas contas de energia) com este investimento. Em seguida analisado a viabilidade econômica sob diversos cenários macroeconômicos.

Observou-se que nas condições macroeconômicas atuais (US\$ = 4 / Selic = 5% a.a. / Reajuste tarifário de 9% a.a.) a implantação de Sistema Solar Fotovoltaico **é viável** para todos os grupos de consumidores, com prazo de retorno entre 6,8 anos (Grupo B) e 9,3 anos (Grupo A).

Em um cenário macroeconômico pessimista com dólar elevado e reajuste tarifário baixo (US\$ = R\$ 5 e reajuste tarifário de 5% a.a.), a implantação de Sistema Solar Fotovoltaico seria **inviável** para Consumidores do Grupo A quando Selic > 14% a.a. Para consumidores residenciais (Grupo B1), quando a Selic > 13% a.a.. Para consumidores rurais (Grupo B2),

quando a Selic $> 15\%$ a.a. e finalmente para consumidores empresariais (Grupo B3), quando a Selic fosse maior que 21% a.a.

Os investimentos em geração fotovoltaica para consumidores do grupo B apresentam uma relação retorno/investimento (IL – Índice de Lucratividade) 1,4 vezes maior que os consumidores do grupo A, o que pode ser utilizado como critério de priorização de projetos mutualmente excludentes ou em casos de escassez de capital.

As Taxas Internas de Retorno (TIR) dos projetos de geração fotovoltaicas alcançam 31% a.a. para projetos no Grupo B, o que pode ser considerado uma excelente opção de investimento, tendo em vista o elevado retorno e baixo risco envolvido.

Por fim, as perspectivas para geração solar fotovoltaica são melhores a cada dia. Esta tecnologia apresenta-se como uma solução de geração sustentável, de menor impacto ambiental e menor geração de gases de efeito estufa, demonstrando uma evolução constante, com significativas reduções de custos e com ganhos de eficiência de conversão.

Por outro lado, mudanças na legislação propostas pela ANEEL, que preveem o pagamento pelo uso do sistema de distribuição, podem reduzir significativamente o retorno de tais investimentos, e em alguns casos, inviabilizá-los economicamente. Uma avaliação mais aprofundada dos impactos de tais alterações podem provocar neste mercado pode ser um relevante objeto de estudos futuros nesta área.

7 REFERÊNCIAS

SEINFRA-MS Balanço Energético do Estado de Mato Grosso do Sul 2015 [Relatório]. - Campo Grande : SEINFRA, 2015.

ANEEL Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril de 2012. - 2012.

ANEEL Resolução Normativa N° 687, de 24 de novembro de 2015. - 2015.

ANEEL Unidades Consumidoras com Geração Distribuída [Online] // ANEEL. - ANEEL, 10 de Jul. de 2019. - 10 de Jul. de 2019. - http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp.

Araújo Felipe de O. Análise de Viabilidade Técnica e Econômica para instalações Fotovoltaicas para Consumidores do Grupo B [Livro]. - Campo Grande : UFMS - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2017.

Bloomberg New Energy Finance Custo de energia solar despensa nos últimos 40 anos [Online] // <https://www.enelx.com.br>. - 12 de Jan. de 2017. - 09 de Nov. de 2018. - <https://www.enelx.com.br/blog/2017/01/custo-de-energia-solar-despenca-nos-ultimos-40-anos/>.

BLUESOL Financiamento de Energia Solar: As 9 Melhores Linhas Para Você Obter o Melhor Retorno Financeiro Com o Seu Sistema [Online] // BLUESOL. - 12 de Jun de 2018. - 14 de Nov. de 2018. - <https://blog.bluesol.com.br/financiamento-de-energia-solar/>.

Brigham E. F., Gapenski L. C. e Ehrhardt M. C. Administração Financeira: Teoria e Prática [Livro]. - São Paulo : Atlas, 2001.

Campos Eduardo [et al.] [Online] // Valor Econômico. - 29 de 6 de 2017. - 21 de 2 de 2019. - <https://www.valor.com.br/financas/5020956/meta-de-inflacao-e-fixada-em-425-para-2019-e-em-4-para-2020>.

Canadian Solar Dymond High Efficiency Poly Module CS6K-295-P-G [Online] // www.canadiansolar.com. - Set. de 2018. - 13 de Nov. de 2018. - https://www.canadiansolar.com/downloads/datasheets/en/new/2018-4-12-v5.562/Canadian_Solar-Datasheet-_Dymond_CS6K-P-FG_High_Efficiency_v5.562_EN.pdf.

Canadian Solar <https://www.canadiansolar.com> [Online] // <https://www.canadiansolar.com>. - 14 de Nov. de 2018. - https://www.canadiansolar.com/downloads/datasheets/en/new/2018-4-12-v5.562/Canadian_Solar-Datasheet-_Dymond_CS6K-P-FG_v5.562_EN.pdf.

Carneiro Joaquim Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos [Online]. - Universidade Minho - Portugal, 2009. - 22 de junho de 2019. - <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16965/1/DIMENSIONAMENTO%20DE%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS.pdf>.

Carneiro Joaquim Módulos Fotovoltaicos - Características e Associações [Livro]. - Minho - Pt : Universidade do Minho, 2010.

Cavalcante Francisco Como Calcular o Índice de Lucratividade [Online] // <http://www.cavalcanteassociados.com.br>. - <http://www.cavalcanteassociados.com.br>, 2018. - 14 de Nov. de 2018. - <http://www.cavalcanteassociados.com.br/utd/UpToDate211.pdf>.

CENSOLAR Valores Medios de Irradiacion Solar Sobre Suelo Horizontal [Relatório]. - Sevilla : CENSOLAR, 1993.

Chandler William S., et al Near Realtime - Global Radiation and Meteorology Web Services available from NASA [Livro]. - Hampton, VA - USA : NASA Langley Research Center (Larc), 2010.

Ciclovivo Conheça 10 linhas de financiamento para energia solar no Brasil [Online] // ciclovivo.com.br. - [ciclovivo](http://ciclovivo.com.br), 21 de Nov. de 2017. - 14 de Nov de 2018. - <https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/conheca-10-linhas-de-financiamento-para-energia-solar-no-brasil/>.

CLIMATE-DATA Clima Campo Grande: Temperatura, Tempo e Dados climatológicos Campo Grande [Online] // Climate-Data.Org. - 18 de Set. de 2018. - <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/mato-grosso-do-sul/campo-grande-3912/>.

CONFAZ // Convênio ICMS 113, de 21 de outubro de 2016.

CONFAZ Ajuste SINIEF 2, de 22 de abril de 2015. - 2015.

Davies Felipe S. , Frisso Gustavo L. e Brandão Matheus V. A Utilização do Silício Nacional para a Fabricação de Placas Solares [Livro]. - Foz do Iguaçu : VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018. - <http://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/download/491/491>.

Dienstamnn Gustavo Energia Solar - Uma Comparação de Tecnologias [Livro]. - Porto Alegre : UFRS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

Duffie J. A. e Beckman W. A. Solar Engineering of Thermal Process [Livro]. - Wiley : Interscience Publication, 1991.

ENELX Você sabe o que é um String Box no sistema de energia solar? | Enel X [Online] // ENELX.com.br. - 1 de Mai de 2016. - 14 de Nov. de 2018. - <https://www.enelx.com.br/blog/2016/05/tudo-sobre-energia-solar-string-box/>.

Energisa MS Tipos de Tarifas - Energisa - Para Sua Empresa > [Online]. - 13 de Ago de 2019. - 13 de Ago de 2019. - <https://www.energisa.com.br/empresa/Paginas/grandes-empresas/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>.

EPE Balanço Energético Nacional - Ano Base 2017 [Relatório]. - Rio de Janeiro : [s.n.], 2018.

EPE Balanço Energético Nacional - Ano Base 2017 [Relatório]. - Rio de Janeiro : [s.n.], 2018.

FARIAS L. M. e SELLITTO M. A. Uso da energia ao longo da história: [Livro]. - Novo Hamburgo : Revista Liberato, 2011. - Vols. v. 12,. - p. 01-106.

Franco José T. Ivanpah Solar Power Facility: uma impressionante "fazenda solar" no deserto do Mojave [Online] // ARCHDAILY. - ArchDaily Global , 23 de Jan de 2014. - 10 de Nov. de 2018. - <https://www.archdaily.com.br/br/01-169866/ivanpah-solar-power-facility-uma-impressionante-fazenda-solar-no-deserto-do-mojave>.

GALDINO, M.A.E. CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica [Online] // SUNDATA. - CEPEL, 25 de Jan. de 2018. - 14 de Nov. de 2018. - <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>.

GALLEGOS H.G e LOPARDO R. Spatial Variability of the Global Solar Radiation Obtained by Solarimetric Network on the Argentina Pampa Humeda [Periódico]. - [s.l.] : Solar Energy, 1988. - Vol. 40.

GCL System Intergration Technology Co., Ltd. GCL-P6/72 - High Efficiency Multicrystalline Module. - 2015.

GITMAN Lawrence J. Princípios de Administração Financeira [Livro]. - México : Pearson Addison Wesley, 2007. - 978-970-26-1014-4.

Grätzel Michael Photoelectrochemical Cells [Artigo]. - [s.l.] : Nature, 2001. - 338 : Vol. 414.

Green Martin A. e et al Solar cell efficiency tables (Version 45) [Livro]. - New Jersey : John Wiley & Sons, Ltd., 2014. - <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pip.2573>.

Guillo, Eirl R. EcoSources [Online] // ecosources.info. - 1 de Set. de 2009. - 10 de Nov. de 2018. - https://www.ecosources.info/dossiers/Centrale_solaire_tour_effet_cheminee.

Guimarães A. P. C. Estimativa de Parâmetros da Camada Atmosférica para Cálculo da Irradiação Solar Incidente na Superfície Terrestre [Livro]. - Rio de Janeiro : COPPE / UFRJ, 2003.

Hsu J. [Online] // Live Science. - 9 de Nov. de 2018. - <https://www.livescience.com/8383-study-archimedes-set-roman-ships-afire-cannons.html>.

Hutchins Mark Longi bate un nuevo récord de eficiencia de módulos PERC [Online] // PV Magazine. - PV Magazine, 9 de Nov. de 2018. - 13 de Nov. de 2018. - <https://www.pv-magazine-latam.com/2018/11/09/longi-bate-un-nuevo-record-de-eficiencia-de-modulos-perc/>.

Instituto Nacional de Meteorologia Nota Técnica Rede estações INMET [Relatório]. - Brasil : UNMET, 2011.

Kretzer Manuel Dye-Sensitized Cells [Online] // Dye-Sensitized Cells. - CAAD, ETH Zürich, 2013. - 10 de Nov. de 2018. - <http://materiability.com/portfolio/dye-sensitized-solar-cells/>.

LÜDKE MARCELO C. A Rota Metalúrgica do Silício: Da Extração do Quartzo à Obtenção do Silício de Grau Fotovoltaico [Livro]. - Araranguá : UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

Mattos Gustavo M. [Livro]. - Rio de Janeiro : UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

McCrone A. e et al Global Trends in Renewable Energy Investment [Relatório]. - Frankfurt : School of Finance & Management gGmbH, 2018.

McCrone A. e et al. Global Trends in Renewable Energy Investment [Relatório]. - Frankfurt : School of Finance & Management gGmbH, 2018.

Minha Casa Solar Minha Casa Solar – A melhor Loja de Energia Solar [Online] // Minha Casa Solar. - 04 de Jul de 2018. - <https://www.minhacasasolar.com.br/>.

Nakabayashi R. Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Condições atuais e perspectivas futuras [Livro]. - São Paulo : Programa de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2014.

Neosolar Neosolar [Online] // www.Neosolar.com.br. - 04 de Jul de 2018. - 04 de Jul de 2018. - <https://www.neosolar.com.br/loja/>.

Neosolar NeoSolar [Online] // Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL320P-35b (320Wp). - 13 de Nov. de 2018. - 13 de Nov. de 2018. - <https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-yingli-yl320p-35b-320wp.html>.

Palz Wolfgang Energia Solar e Fontes Alternativas [Livro]. - [s.l.] : Editora Hemus, 1995. - ISBN 852890394X.

Panasonic Solar Cell Achieves World's Highest Energy Conversion Efficiency of 25.6% at Research Level [Online] // News Panasonic. - 1 de Abr. de 2014. - 13 de Nov. de 2018. - <https://news.panasonic.com/global/press/data/2014/04/en140410-4/en140410-4.html>.

Pereira Enio B. e et. al Ed., Atlas Brasileiro de Energia Solar - 2a. [Livro]. - São José dos Campos : LABREN / INPE, 2017.

Polman Albert [et al.] Photovoltaic materials: Present efficiencies and future challenges [Livro]. - [s.l.] : Science, 2016. - Vol. 352. - <http://science.sciencemag.org/content/suppl/2016/04/13/352.6283.aad4424.DC1>.

Portal Solar Quanto Custa para Instalar Energia Solar [Online] // Quanto Custa para Instalar Energia Solar. - Quanto Custa para Instalar Energia Solar, Nov. de 2018. - 04 de Jul de 2018. - <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html>.

Presidência da República Lei 10.847, de 15 de março de 2004.. - 2004.

Price Henry SunShot CSP Program Review 2013 [Online] // www.energy.gov. - Abengoa Solar LLC, 01 de Abr de 2013. - 10 de Nov. de 2018. - https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/01/f7/csp_review_meeting_042513_price.pdf.

Senai Empresa Projeto “Sistemas Fotovoltaicos” [Perfil de Consumo de Unidades Consumidoras do MS]. - Campo Grande : SENAI Empresa, 2018. - <http://www.fiems.com.br/noticias/senai-empresa-vai-reiniciar-por-amambai-visitas-para-divulgar-energia-fotovoltaica/25816>.

Souza Leila V. Energia Renovável, uma necessidade dos dias de hoje.. - Niteroi : AVM - Universidade Candido Mendes, 2010.

Tessmer H. Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem [Livro]. - Novo Hamburgo : LIBERATO, 2002. - Vol. 3.

The Grid Estimation of the noct values of the pv module [Online] // The Grid. - 17 de out. de 2017. - 14 de Nov. de 2018. - <https://thegrid.rexel.com/en-us/forums/renewable-and-energy-efficiency/f/forum/4444/estimation-of-the-noct-values-of-the-pv-module/5827#5827>.

Tiba Chigueru e et al Atlas Solarimétrico do Brasil : banco de dados [Relatório]. - Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2000, 2000.

US EIA [Online] // U.S. Energy Information Administration. - 3 de Jul. de 2013. - 9 de Nov. de 2018. - <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=11951>.

World Energy Council. World Energy Resources [Relatório]. - Londres : [s.n.], 2016. - ISBN: 978 0 946121 58 8.

Yingli Green Energy Americas, Inc. Proven Performance in Large Scale Performance.

8.1 ANEXO I – (UNIDADES CONSUMIDORAS AVALIADAS)

Item	Região	Modalidade Tarifária	CONSUMO MÉDIO (kwh)		DEMANDA KW	VALOR FATURA MENSAL R\$	Geração Mensal kWh módulo - 275wp	Consumo Mensal total	Qty Placas Poly	Potência Ideal da Planta kwp	Potência Permitida da Planta kwp	Quant. Placas permitido	Produção Mensal kWh	Porte	Novo Consumo mensal kWh	Nova Fatura R\$	Saving Mensal R\$	Investimento / kwp US\$	Investimento Necessário
1	Campo Grande	B3	3000			R\$ 2.322,92	37,43	3.000	78	21,5	21,5	78	2920	4	100	R\$ 77	R\$ 2.245	\$ 2.321	R\$ 199.144,41
2	Dourados	B2	5000			R\$ 2.942,34	36,38	5.000	135	37,1	37,1	135	4911	4	100	R\$ 59	R\$ 2.883	\$ 2.308	R\$ 342.728,70
3	Dourados	B3	8500			R\$ 6.581,60	36,38	8.500	231	63,5	63,5	231	8403	5	100	R\$ 77	R\$ 6.504	\$ 1.464	R\$ 372.053,80
4	Dourados	B3	5555			R\$ 4.300,88	36,38	5.555	150	41,3	41,3	150	5456	5	100	R\$ 77	R\$ 4.223	\$ 1.464	R\$ 241.593,38
5	Coxim	B1	432			R\$ 300,99	38,01	432	9	2,5	2,5	9	342	2	100	R\$ 70	R\$ 231	\$ 2.757	R\$ 27.291,03
6	Dourados	B3	7600			R\$ 5.894,73	36,38	7.600	207	56,9	56,9	207	7530	5	100	R\$ 77	R\$ 5.807	\$ 1.464	R\$ 333.398,86
7	Dourados	B2	8457			R\$ 4.976,48	36,38	8.457	230	63,3	63,3	230	8367	5	100	R\$ 59	R\$ 4.918	\$ 1.464	R\$ 370.443,18
8	Campo Grande	B1	1360			R\$ 947,57	37,43	1.360	34	9,4	9,4	34	1273	4	100	R\$ 70	R\$ 878	\$ 2.321	R\$ 86.806,54
9	Dourados	B2	800			R\$ 470,77	36,38	800	20	5,5	5,5	20	728	3	100	R\$ 59	R\$ 412	\$ 2.307	R\$ 50.746,94
10	Ponta Porã	B3	14366			R\$ 11.123,69	36,02	14.366	397	109,2	109,2	397	14299	6	100	R\$ 77	R\$ 11.046	\$ 1.290	R\$ 563.496,72
11	Ponta Porã	B2	9700			R\$ 5.708,14	36,02	9.700	267	73,4	73,4	267	9616	5	100	R\$ 59	R\$ 5.649	\$ 1.461	R\$ 428.993,26
12	Ponta Porã	B3	8538			R\$ 6.611,03	36,02	8.538	235	64,6	64,6	235	8464	5	100	R\$ 77	R\$ 6.534	\$ 1.461	R\$ 377.578,34
13	Campo Grande	B3	3325			R\$ 2.574,57	37,43	3.325	87	23,9	23,9	87	3256	4	100	R\$ 77	R\$ 2.497	\$ 2.321	R\$ 222.122,61
14	Campo Grande	B3	8427			R\$ 6.525,08	37,43	8.427	223	61,3	61,3	223	8347	5	100	R\$ 77	R\$ 6.448	\$ 1.476	R\$ 362.127,56
15	Campo Grande	B3	10435			R\$ 8.079,89	37,43	10.435	277	76,2	76,2	277	10368	6	100	R\$ 77	R\$ 8.002	\$ 1.303	R\$ 396.878,39
16	Corumbá	B3	11448			R\$ 8.864,26	36,36	11.448	313	86,1	86,1	313	11381	6	100	R\$ 77	R\$ 8.787	\$ 1.293	R\$ 445.244,26
17	Campo Grande	B3	18855			R\$ 14.599,55	37,43	18.855	502	138,1	138,1	502	18790	6	100	R\$ 77	R\$ 14.522	\$ 1.303	R\$ 719.252,54
18	Campo Grande	B3	23191			R\$ 17.957,20	37,43	23.191	617	169,7	169,7	617	23094	7	100	R\$ 77	R\$ 17.880	\$ 1.254	R\$ 850.925,24
19	Coxim	A4	51864		120	R\$ 24.789,37	38,01	51.864	1.362	374,6	120,0	436	16572	8	35292	R\$ 17.828	R\$ 6.961	\$ 1.238	R\$ 594.109,47
20	Campo Grande	A4	29794		45	R\$ 13.641,65	37,43	29.794	794	218,4	45,0	163	6101	7	23693	R\$ 11.079	R\$ 2.563	\$ 1.254	R\$ 225.676,36
21	Campo Grande	A4	24384		50	R\$ 11.494,18	37,43	24.384	649	178,5	50,0	181	6775	7	17609	R\$ 8.648	R\$ 2.846	\$ 1.254	R\$ 250.751,51
22	Campo Grande	A4	18871		50	R\$ 9.178,33	37,43	18.871	502	138,1	50,0	181	6775	6	12096	R\$ 6.332	R\$ 2.846	\$ 1.303	R\$ 260.504,36
23	Campo Grande	A4	27144		61	R\$ 12.928,84	37,43	27.144	723	198,8	61,0	221	8272	7	18872	R\$ 9.454	R\$ 3.475	\$ 1.254	R\$ 305.916,84
24	Campo Grande	A4	24869		60	R\$ 11.948,15	37,43	24.869	662	182,1	60,0	218	8160	7	16709	R\$ 8.521	R\$ 3.428	\$ 1.254	R\$ 300.901,81
25	Dourados	A4	31932		67	R\$ 15.090,27	36,38	31.932	876	240,9	67,0	243	8839	8	23093	R\$ 11.377	R\$ 3.713	\$ 1.226	R\$ 328.541,87
26	Coxim	A4	28441		67	R\$ 13.623,81	38,01	28.441	746	205,2	67,0	243	9236	7	19205	R\$ 9.744	R\$ 3.880	\$ 1.257	R\$ 336.924,23
27	Corumbá	A4	41935		126	R\$ 20.768,63	36,36	41.935	1.151	316,5	126,0	458	16653	8	25282	R\$ 13.773	R\$ 6.995	\$ 1.225	R\$ 617.614,24
28	Ponta Porã	A4	43242		90	R\$ 20.416,82	36,02	43.242	1.198	329,5	90,0	327	11777	8	31465	R\$ 15.469	R\$ 4.947	\$ 1.223	R\$ 440.243,44
29	Coxim	A4	39244		100	R\$ 18.987,61	38,01	39.244	1.030	283,3	100,0	363	13797	8	25447	R\$ 13.192	R\$ 5.796	\$ 1.238	R\$ 495.091,22
30	Campo Grande	A4	42902	2821	110	R\$ 27.425,97	37,43	45.723	1.219	335,2	110,0	400	14972	8	30751	R\$ 22.322	R\$ 5.104	\$ 1.234	R\$ 542.881,17
31	Corumbá	A4	31418		80	R\$ 15.199,67	36,36	31.418	862	237,1	80,0	290	10545	8	20873	R\$ 10.770	R\$ 4.429	\$ 1.225	R\$ 392.136,03
32	Campo Grande	B1	774			R\$ 539,28	37,43	774	19	5,2	5,2	19	711	3	100	R\$ 70	R\$ 470	\$ 2.307	R\$ 48.209,59
33	Dourados	A4	84874	7665	370	R\$ 62.984,74	36,38	92.539	2.542	699,1	370,0	1.345	48926	8	43613	R\$ 45.652	R\$ 17.333	\$ 1.226	R\$ 1.814.335,72
34	Ponta Porã	B1	604			R\$ 420,83	36,02	604	14	3,9	3,9	14	504	3	100	R\$ 77	R\$ 351	\$ 2.307	R\$ 35.522,86
35	Corumbá	B3	6278			R\$ 4.861,10	36,36	6.279	170	46,8	46,8	170	6181	5	100	R\$ 77	R\$ 4.784	\$ 1.464	R\$ 273.805,83
36	Três Lagoas	A4	2265		50	R\$ 2.202,43	37,99	2.265	57	15,7	15,7	57	2165	4	99	R\$ 1.293	R\$ 910	\$ 2.321	R\$ 145.528,61
37	Três Lagoas	A4	1827		35	R\$ 1.643,47	37,99	1.827	46	12,7	12,7	46	1748	4	80	R\$ 909	R\$ 734	\$ 2.321	R\$ 117.444,14
38	Três Lagoas	A4	3585		65	R\$ 3.132,59	37,99	3.585	92	25,3	25,3	92	3495	4	90	R\$ 1.664	R\$ 1.468	\$ 2.321	R\$ 234.888,28
39	Três Lagoas	A4	1717		70	R\$ 2.472,88	37,99	1.717	43	11,8	11,8	43	1634	4	83	R\$ 1.787	R\$ 686	\$ 2.321	R\$ 109.784,74
40	Campo Grande	B3	1293			R\$ 1.001,18	37,43	1.294	32	8,8	8,8	32	1198	4	100	R\$ 77	R\$ 924	\$ 2.321	R\$ 81.700,27
41	Campo Grande	B1	203			R\$ 141,44	37,43	203	3	0,8	0,8	3	112	1	50	R\$ 35	R\$ 107	\$ 3.485	R\$ 11.500,29
42	Campo Grande	B3	9400			R\$ 7.278,48	37,43	9.401	249	68,5	68,5	249	9320	5	100	R\$ 77	R\$ 7.201	\$ 1.476	R\$ 404.348,71
43	Campo Grande	B1	700			R\$ 487,72	37,43	700	17	4,7	4,7	17	636	3	100	R\$ 70	R\$ 418	\$ 2.307	R\$ 43.134,90
44	Campo Grande	B3	800			R\$ 619,45	37,43	801	19	5,2	5,2	19	711	3	100	R\$ 77	R\$ 542	\$ 2.307	R\$ 48.209,59
45	Ponta Porã	B3	8008			R\$ 6.200,65	36,02	8.009	220	60,5	60,5	220	7924	5	100	R\$ 77	R\$ 6.123	\$ 1.461	R\$ 353.477,59
46	Campo Grande	A4	43167		110	R\$ 20.885,68	37,43	43.167	1.151	316,5	110,0	400	14972	8	28195	R\$ 14.596	R\$ 6.289	\$ 1.234	R\$ 542.881,17

Item	Região	Modalidade Tarifária	CONSUMO MÉDIO (Kwh)		DEMANDA kW	VALOR FATURA MENSAL R\$	Geração Mensal kWh modulo - 275wp	Consumo Mensal total	Qty Placas Poly	Potência Ideal da Planta kwp	Potência Permitida da Planta kwp	Quant. Placas permitido	Produção Mensal kWh	Porte	Novo Consumo mensal kWh	Nova Fatura R\$	Saving Mensal R\$	Investimento / kwp US\$	Investimento Necessário
			FP	Ponta															
47	Ponta Porã	B3	9181			R\$ 7.108,91	36,02	9.182	253	69,6	69,6	253	9112	5	100	R\$ 77	R\$ 7.081	\$ 1.461	R\$ 406.499,23
48	Ponta Porã	A4	841		75	R\$ 2.230,01	36,02	841	21	5,8	5,8	21	756	3	85	R\$ 1.912	R\$ 318	\$ 2.307	R\$ 53.284,28
49	Ponta Porã	B3	5892			R\$ 4.562,21	36,02	5.893	161	44,3	44,3	161	5799		100	R\$ 77	R\$ 4.485	\$ 1.461	R\$ 258.681,33
50	Ponta Porã	B3	6885			R\$ 5.331,10	36,02	6.886	189	52,0	52,0	189	6807	5	100	R\$ 77	R\$ 5.254	\$ 1.461	R\$ 303.669,39
51	Corumbá	A4	18727		157	R\$ 11.795,40	36,36	18.727	513	141,1	141,1	513	18653	6	74	R\$ 3.960	R\$ 7.836	\$ 1.293	R\$ 729.745,39
52	Campo Grande	B3	3057			R\$ 2.367,05	37,43	3.058	80	22,0	22,0	80	2994	4	100	R\$ 77	R\$ 2.290	\$ 2.321	R\$ 204.250,68
53	Campo Grande	B3	3165			R\$ 2.450,68	37,43	3.166	82	22,6	22,6	82	3069	4	100	R\$ 77	R\$ 2.373	\$ 2.321	R\$ 209.356,95
54	Campo Grande	B3	448			R\$ 346,89	37,43	449	10	2,8	2,8	10	374	2	100	R\$ 77	R\$ 269	\$ 2.612	R\$ 28.729,10
55	Campo Grande	A4	26219		160	R\$ 15.017,75	37,43	26.219	698	192,0	160,0	581	21747	7	4473	R\$ 5.883	R\$ 9.135	\$ 1.254	R\$ 802.404,83
56	Campo Grande	B3	4300			R\$ 3.329,52	37,43	4.301	113	31,1	31,1	113	4230	4	100	R\$ 77	R\$ 3.252	\$ 2.321	R\$ 288.504,09
57	Campo Grande	A4	2604		40	R\$ 2.094,84	37,43	2.604	67	18,4	18,4	67	2508	4	96	R\$ 1.041	R\$ 1.053	\$ 2.321	R\$ 171.059,94
58	Campo Grande	A4	2449		50	R\$ 2.279,72	37,43	2.449	63	17,3	17,3	63	2358	4	90	R\$ 1.289	R\$ 991	\$ 2.321	R\$ 160.847,41
59	Ponta Porã	A4	927		92	R\$ 2.691,58	36,02	927	23	6,3	6,3	23	828	3	99	R\$ 2.344	R\$ 348	\$ 2.307	R\$ 58.358,98
60	Corumbá	A4	10800		110	R\$ 7.289,36	36,36	10.800	295	81,1	81,1	295	10726	6	74	R\$ 2.784	R\$ 4.506	\$ 1.293	R\$ 419.639,16
61	Corumbá	B3	8250			R\$ 6.388,03	36,36	8.251	225	61,9	61,9	225	10781	5	100	R\$ 77	R\$ 6.311	\$ 1.464	R\$ 362.390,06
62	Corumbá	B3	3100			R\$ 2.400,35	36,36	3.101	83	22,8	22,8	83	3018	4	100	R\$ 77	R\$ 2.323	\$ 2.308	R\$ 210.714,68
63	Coxim	B3	1250			R\$ 967,88	38,01	1.251	31	8,5	8,5	31	1178	4	100	R\$ 77	R\$ 890	\$ 2.321	R\$ 79.147,14
64	Dourados	B3	8350			R\$ 6.465,46	36,38	8.351	227	62,4	62,4	227	8257	5	100	R\$ 77	R\$ 6.388	\$ 1.464	R\$ 365.611,31
65	Campo Grande	B3	8822			R\$ 6.830,93	37,43	8.823	234	64,4	64,4	234	8759	7	100	R\$ 77	R\$ 6.754	\$ 1.476	R\$ 379.990,35
66	Campo Grande	A4	5760		160	R\$ 6.423,38	37,43	5.760	152	41,8	41,8	152	5689	5	71	R\$ 4.033	R\$ 2.390	\$ 1.476	R\$ 246.831,34
67	Dourados	B3	12069			R\$ 9.345,10	36,38	12.070	330	90,8	90,8	330	12004	6	100	R\$ 77	R\$ 9.268	\$ 1.293	R\$ 469.516,43
68	Campo Grande	B1	500			R\$ 348,37	37,43	500	11	3,0	3,0	11	412	3	100	R\$ 70	R\$ 279	\$ 2.307	R\$ 27.910,81
69	Campo Grande	B3	5284			R\$ 4.091,44	37,43	5.285	139	38,2	38,2	139	5203	7	100	R\$ 77	R\$ 4.014	\$ 1.476	R\$ 225.720,76
70	Campo Grande	A4	14000		90	R\$ 8.133,11	37,43	14.000	372	102,3	90,0	327	12240	6	1760	R\$ 2.992	R\$ 5.141	\$ 1.303	R\$ 468.907,85
71	Campo Grande	B3	7190			R\$ 5.567,26	37,43	7.191	190	52,3	52,3	190	7112	5	100	R\$ 77	R\$ 5.490	\$ 1.476	R\$ 308.539,17
72	Campo Grande	B3	2800			R\$ 2.168,06	37,43	2.801	73	20,1	20,1	73	2732	4	100	R\$ 77	R\$ 2.091	\$ 2.321	R\$ 186.378,75
73	Campo Grande	B3	4830			R\$ 3.739,90	37,43	4.831	127	34,9	34,9	127	4754	4	100	R\$ 77	R\$ 3.662	\$ 2.321	R\$ 324.247,96
74	Campo Grande	B3	4545			R\$ 3.519,22	37,43	4.546	119	32,7	32,7	119	4454	4	100	R\$ 77	R\$ 3.442	\$ 2.321	R\$ 303.822,89
75	Campo Grande	B3	8300			R\$ 6.426,74	37,43	8.301	220	60,5	60,5	220	8235	5	100	R\$ 77	R\$ 6.349	\$ 1.476	R\$ 357.255,89
76	Campo Grande	A4	1620		38	R\$ 1.631,41	37,43	1.620	41	11,3	11,3	41	1535	4	85	R\$ 987	R\$ 645	\$ 2.321	R\$ 104.678,47
77	Campo Grande	B3	6140			R\$ 4.754,24	37,43	6.141	162	44,6	44,6	162	6064	5	100	R\$ 77	R\$ 4.677	\$ 1.476	R\$ 263.070,24
78	Campo Grande	B3	2384			R\$ 1.845,95	37,43	2.385	62	17,1	17,1	62	2321	4	100	R\$ 77	R\$ 1.769	\$ 2.321	R\$ 158.294,28
79	Dourados	B3	2000			R\$ 1.548,61	36,38	2.001	53	14,6	14,6	53	1928	4	100	R\$ 77	R\$ 1.471	\$ 2.308	R\$ 134.552,75
80	Dourados	B1	650			R\$ 452,88	36,38	650	16	4,4	4,4	16	582	3	100	R\$ 70	R\$ 383	\$ 2.307	R\$ 40.597,55
81	Dourados	B1	150			R\$ 104,51	36,38	150	2	0,6	0,6	2	73	1	30	R\$ 21	R\$ 84	\$ 3.485	R\$ 7.666,86
82	Dourados	B3	850			R\$ 658,16	36,38	851	21	5,8	5,8	21	764	3	100	R\$ 77	R\$ 581	\$ 2.307	R\$ 53.284,28
83	Dourados	B1	600			R\$ 418,05	36,38	600	14	3,9	3,9	14	509	3	100	R\$ 70	R\$ 348	\$ 2.307	R\$ 35.522,86
84	Ponta Porã	A4	18000		100	R\$ 10.063,63	36,02	18.000	497	136,7	100,0	363	13074	6	4926	R\$ 4.572	R\$ 5.492	\$ 1.290	R\$ 516.140,80
85	Campo Grande	A4	2430		30	R\$ 1.771,48	37,43	2.430	63	17,3	17,3	63	2358	4	72	R\$ 781	R\$ 991	\$ 2.321	R\$ 160.847,41
86	Campo Grande	A4	23850		90	R\$ 12.270,81	37,43	23.850	635	174,6	90,0	327	12240	7	11610	R\$ 7.129	R\$ 5.141	\$ 1.254	R\$ 451.352,72
87	Campo Grande	A4	1183		70	R\$ 2.248,59	37,43	1.183	29	8,0	8,0	29	1085	4	98	R\$ 1.793	R\$ 456	\$ 2.321	R\$ 74.040,87
88	Campo Grande	B1	400			R\$ 278,70	37,43	400	9	2,5	2,5	9	337	2	100	R\$ 70	R\$ 209	\$ 2.612	R\$ 25.856,19
89	Campo Grande	B3	1200			R\$ 929,17	37,43	1.201	30	8,3	8,3	30	1123	4	100	R\$ 77	R\$ 852	\$ 2.321	R\$ 76.594,01
90	Campo Grande	A4	2826		30	R\$ 1.937,83	37,43	2.826	73	20,1	20,1	73	2732	4	94	R\$ 790	R\$ 1.148	\$ 2.321	R\$ 186.378,75
91	Campo Grande	B1	450			R\$ 313,53	37,43	450	10	2,8	2,8	10	374	2	100	R\$ 70	R\$ 244	\$ 2.612	R\$ 28.729,10
92	Campo Grande	B3	12000			R\$ 9.291,68	37,43	12.001	318	87,5	87,5	318	11903	6	100	R\$ 77	R\$ 9.214	\$ 1.303	R\$ 455.622,13

Item	Região	Modalidade Tarifária	CONSUMO MÉDIO (kwh)		DEMANDA kW	VALOR FATURA MENSAL R\$	Geração Mensal kWh modulo - 275wp	Consumo Mensal total	Qty Placas Poly	Potência Ideal da Planta kWp	Potência Permitida da Planta kWp	Quant. Placas permitido	Produção Mensal kWh	Porte	Novo Consumo mensal kWh	Nova Fatura R\$	Saving Mensal R\$	Investimento / kwp US\$	Investimento Necessário
			FP	Ponta															
93	Campo Grande	B3	930			R\$ 720,10	37,43	930	23	6,3	6,3	23	861	3	100	R\$ 77	R\$ 643	\$ 2.307	R\$ 58.358,98
94	Campo Grande	B1	675			R\$ 470,30	37,43	675	16	4,4	4,4	16	599	3	100	R\$ 70	R\$ 401	\$ 2.307	R\$ 40.597,55
95	Campo Grande	B3	5350			R\$ 4.142,54	37,43	5.350	141	38,8	38,8	141	5278	5	100	R\$ 77	R\$ 4.065	\$ 2.307	R\$ 228.968,54
96	Campo Grande	B3	800			R\$ 619,45	37,43	800	19	5,2	5,2	19	711	3	100	R\$ 77	R\$ 542	\$ 2.307	R\$ 48.209,59
97	Campo Grande	B3	7400			R\$ 5.729,87	37,43	7.400	196	53,9	53,9	196	7336	5	100	R\$ 77	R\$ 5.652	\$ 1.476	R\$ 318.282,52
98	DOURADOS	B3	700			R\$ 542,01	36,38	700	17	4,7	4,7	17	618	3	100	R\$ 77	R\$ 465	\$ 2.307	R\$ 43.134,90
99	Campo Grande	B3	2885			R\$ 2.233,87	37,43	2.885	75	20,6	20,6	75	2807	4	100	R\$ 77	R\$ 2.156	\$ 2.321	R\$ 191.485,01
100	Campo Grande	B3	5600			R\$ 4.336,12	37,43	5.600	147	40,4	40,4	147	5502	5	100	R\$ 77	R\$ 4.259	\$ 1.476	R\$ 238.711,89
101	Campo Grande	B3	3057			R\$ 2.367,05	37,43	3.057	80	22,0	22,0	80	2994	4	100	R\$ 77	R\$ 2.290	\$ 2.321	R\$ 204.250,68
102	Campo Grande	B3	4125			R\$ 3.194,01	37,43	4.125	108	29,7	29,7	108	4042	4	100	R\$ 77	R\$ 3.117	\$ 2.321	R\$ 275.738,42
103	Campo Grande	B3	3165			R\$ 2.450,68	37,43	3.165	82	22,6	22,6	82	3069	4	100	R\$ 77	R\$ 2.373	\$ 2.321	R\$ 209.356,95
104	Campo Grande	B3	1600			R\$ 1.238,89	37,43	1.600	41	11,3	11,3	41	1535	4	100	R\$ 77	R\$ 1.161	\$ 2.321	R\$ 104.678,47
105	Coxim	A4	51207			R\$ 22.961,92	38,01	51.207	1.345	369,9	58,0	210	7982	8	4325	R\$ 19.609	R\$ 3.353	\$ 1.238	R\$ 287.152,91
106	Coxim	A4	51923			R\$ 23.487,91	38,01	51.923	1.364	375,1	67,0	243	9236	8	42687	R\$ 19.608	R\$ 3.880	\$ 1.238	R\$ 331.711,12
107	Campo Grande	A4	49655			R\$ 23.611,20	37,43	49.655	1.374	364,1	110,0	400	14972	8	34683	R\$ 17.322	R\$ 6.289	\$ 1.234	R\$ 542.881,17
108	DOURADOS	B3	920			R\$ 712,36	36,38	920	23	6,3	6,3	23	837	3	100	R\$ 77	R\$ 635	\$ 2.307	R\$ 58.358,98
109	Campo Grande	B3	1100			R\$ 851,74	37,43	1.100	27	7,4	7,4	27	1011	4	100	R\$ 77	R\$ 774	\$ 2.321	R\$ 68.934,60
110	Campo Grande	A4	17630			R\$ 9.157,50	37,43	17.630	469	129,0	70,0	254	9507	6	8123	R\$ 5.164	R\$ 3.994	\$ 1.303	R\$ 364.706,11
111	Coxim	A4	14725			R\$ 7.186,48	38,01	14.725	385	105,9	40,0	145	5511	6	9214	R\$ 4.871	R\$ 2.315	\$ 1.305	R\$ 208.722,64
112	Campo Grande	A4	49534			R\$ 23.059,90	37,43	49.534	1.321	363,3	90,0	327	12240	8	37294	R\$ 17.918	R\$ 5.141	\$ 1.234	R\$ 444.175,50
113	Ponta Porã	B1	400			R\$ 278,70	36,02	400	9	2,5	2,5	9	324	2	100	R\$ 70	R\$ 209	\$ 2.612	R\$ 25.856,19
114	Ponta Porã	B3	8363			R\$ 6.475,52	36,02	8.363	230	63,3	63,3	230	8284	5	100	R\$ 77	R\$ 6.398	\$ 1.461	R\$ 369.544,75
115	DOURADOS	A4	53453			R\$ 24.581,04	36,38	53.453	1.467	403,4	85,0	309	11240	8	42213	R\$ 19.859	R\$ 4.722	\$ 1.226	R\$ 416.806,86
116	Campo Grande	A4	32885			R\$ 15.065,06	37,43	32.885	876	240,9	50,0	181	6775	8	26110	R\$ 12.219	R\$ 2.846	\$ 1.234	R\$ 246.764,17
117	Corumbá	A4	64536			R\$ 29.111,56	36,36	64.536	1.773	487,6	80,0	290	10545	8	53991	R\$ 24.682	R\$ 4.429	\$ 1.225	R\$ 392.136,03
118	Campo Grande	B3	750			R\$ 580,73	37,43	750	18	5,0	5,0	18	674	3	100	R\$ 77	R\$ 503	\$ 2.307	R\$ 45.672,24
119	Ponta Porã	B3	6003			R\$ 4.648,16	36,02	6.003	164	45,1	45,1	164	5907	5	100	R\$ 77	R\$ 4.571	\$ 1.461	R\$ 263.501,48
120	Corumbá	A4	77243			R\$ 35.325,23	36,36	77.243	2.122	583,6	115,0	418	15199	8	62044	R\$ 28.941	R\$ 6.384	\$ 1.225	R\$ 563.695,54
121	Campo Grande	B3	6126			R\$ 4.743,40	37,43	6.126	161	44,3	44,3	161	6026	5	100	R\$ 77	R\$ 4.666	\$ 1.476	R\$ 261.446,35
122	Campo Grande	A4	106554			R\$ 47.387,68	37,43	106.554	2.845	782,4	105,0	381	14261	8	92293	R\$ 41.397	R\$ 5.991	\$ 1.234	R\$ 518.204,76
123	Campo Grande	B3	900			R\$ 696,88	37,43	900	22	6,1	6,1	22	823	3	100	R\$ 77	R\$ 619	\$ 2.307	R\$ 55.821,63
124	Ponta Porã	B3	2293			R\$ 1.775,48	36,02	2.293	61	16,8	16,8	61	2197	4	100	R\$ 77	R\$ 1.698	\$ 2.308	R\$ 154.862,60
125	Coxim	A4	67365			R\$ 30.675,30	38,01	67.365	1.770	486,8	95,0	345	13113	8	54252	R\$ 25.167	R\$ 5.508	\$ 1.238	R\$ 470.336,66
126	Campo Grande	A4	44739			R\$ 20.044,75	37,43	44.739	1.193	328,1	50,0	181	6775	8	37964	R\$ 17.199	R\$ 2.846	\$ 1.234	R\$ 246.764,17
127	Campo Grande	B3	9623			R\$ 7.451,15	37,43	9.623	255	70,1	70,1	255	9545	5	100	R\$ 77	R\$ 7.374	\$ 1.476	R\$ 414.092,05
128	Campo Grande	B1	700			R\$ 487,72	37,43	700	17	4,7	4,7	17	636	3	100	R\$ 70	R\$ 418	\$ 2.307	R\$ 43.134,90
129	Ponta Porã	B3	4850			R\$ 3.755,39	36,02	4.850	132	36,3	36,3	132	4754	4	100	R\$ 77	R\$ 3.678	\$ 2.308	R\$ 335.112,51
130	Campo Grande	A4	46860			R\$ 21.185,92	37,43	46.860	1.250	343,8	60,0	218	8160	8	38700	R\$ 17.758	R\$ 3.428	\$ 1.234	R\$ 296.117,00
131	Coxim	A4	60255			R\$ 27.813,71	38,01	60.255	1.583	435,3	100,0	363	13797	8	46458	R\$ 22.018	R\$ 5.796	\$ 1.238	R\$ 495.091,22
132	Ponta Porã	B3	6244			R\$ 4.834,77	36,02	6.244	171	47,0	47,0	171	6159	5	100	R\$ 77	R\$ 4.757	\$ 1.461	R\$ 274.748,49
133	Campo Grande	B3	5300			R\$ 4.103,82	37,43	5.300	139	38,2	38,2	139	5203	5	100	R\$ 77	R\$ 4.026	\$ 1.476	R\$ 225.720,76
134	Campo Grande	A4	100281			R\$ 54.488,82	37,43	101.704	2.715	746,6	360,0	1.309	48996	8	52708	R\$ 34.505	R\$ 19.984	\$ 1.234	R\$ 1.776.702,02
135	DOURADOS	A4	4915	33		R\$ 7.897,88	36,38	4.948	134	36,9	36,9	134	4874	4	74	R\$ 5.864	R\$ 2.034	\$ 2.308	R\$ 340.189,97
136	Campo Grande	A4	23847	1753		R\$ 16.402,86	37,43	25.600	682	187,6	90,0	327	12240	7	13360	R\$ 11.998	R\$ 4.405	\$ 1.254	R\$ 451.352,72

8.2 ANEXO II – (CODIGO FONTE - SOFTWARE EM R-STUDIO)

```
# selecionando pasta de trabalho
setwd( "C:/rstudio" )
getwd()
# lendo arquivo
tab <- read.csv2("tabfinal2.csv", header=TRUE)
# exibindo arquivo
fix (tab)

##### inicio #####
inflacao <- 0.05
ano <- 1
mes <- 1
i <- 0
Payback <- matrix( 0, nrow=136, ncol=30)
VPL <- 0;
IL <- 0;
VP <- 0.0
VP_Aux <- 0.0
dolar <- 4
ANO_PB <- matrix( 0, nrow=136, ncol=20)
InflacaoAcumulada <- matrix( 0, nrow=300)

tab_aux <- tab[5]
kw_permitido <- tab[7] / 5 / tab[6]
Investimento <- (kw_permitido * dolar * tab[6])

for (ano in 1:25)
{
  for (mes in 1:12)
  {
    i <- i + 1
    InflacaoAcumulada[i] <- ( inflacao + 1 ) ^ (ano - 1)
  }
}

for (x in 1:30)
{
  VP_Aux <- 0.0
  selic <- x / 100
  selic_mensal <- (1+selic)^(1/12)-1

  for (i in 1:300)
  {
    VP_Aux <- VP_Aux + (tab_aux * InflacaoAcumulada[i]) / ((1+selic_mensal)^i)
    VPL[[x]] <- VP_Aux - Investimento
  }
}
```

```

for (j in 1:136)
{
  if ((VPL[[x]][j,] > 0) && (Payback[j,x] == 0))
  {
    Payback[j,x] <- i
  }
}

IL[[x]] <- VP_Aux / Investimento
}

# gerando planilhas txt

write.table( IL, "IL_d5i9.txt", sep=";", dec = ",")
write.table( Payback, "PB__d5i9.txt", sep=";", dec = ",")
write.table( VPL, "VPLd5i9.txt", sep=";", dec = ",")

# Por Eng. Eduardo de Souza Vilas Boas
# email: boases1968@gmail.com
# +55 (67) 9-9292-1505

```