

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP**

RAFAEL AMÉRICO PEREIRA PIRES

**Análise de Viabilidade Técnico-Econômica de Usina Solar Fotovoltaica de
5MW na Modalidade de Aluguel de Equipamentos na Geração Distribuída**

**SÃO PAULO - SP
2018**

RAFAEL AMÉRICO PEREIRA PIRES

Análise de Viabilidade Técnico-Econômica de Usina Solar Fotovoltaica de 5MW na Modalidade de Aluguel de Equipamentos na Geração Distribuída

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Orientadora: Prof^a. Virginia Parente

**SÃO PAULO - SP
2018**

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de viabilidade técnica-financeira de uma usina solar fotovoltaica de 5MWp para investidores nacionais ou estrangeiros em um modelo de negócio ainda pouco utilizado no Brasil. Este modelo de negócio se resume em, após a construção e homologação da usina, realizar aluguel completo ou parcial para clientes que estão conectados em baixa tensão e com custo de energia elevado, acima dos R\$0,60 kWh. O aluguel dos equipamentos propicia aos clientes redução na conta de energia elétrica sem fazer nenhum investimento, apenas se beneficiando da energia gerada pela usina com créditos em sua conta de luz e pagando um valor até 20% menor do que o original, referente ao contrato de aluguel dos equipamentos da usina. O trabalho ainda detalha os principais tópicos para o desenvolvimento de um plano de negócio de usina solar nessa modalidade, como por exemplo: projeto básico, avaliação do local, definição de clientes, principais custos, riscos existentes, modelo de compensação de acordo com as normas, modelagem financeira, enquadramento fiscal, topologia do empreendimento, conexão à rede, seleção de fornecedores, custos de O&M, cotação com EPCs, contratos, construção, comissionamento, entre outros. Depois de feita essa análise, foi definido o local e potência da usina, de acordo com a necessidade levantada, bem como foi definido o modelo de negócio e levantados todos os custos para construção da mesma. Por fim o trabalho demonstrou haver ganhos para os investidores que venham a colocar seus recursos nesse tipo de projeto com estrutura financeira específica de aluguel dos equipamentos da usina. Todo o estudo foi realizado respeitando as REN 482/2012 e 687/2015 vigentes no Brasil.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica. Geração distribuída. Aluguel de equipamentos. Viabilidade financeira.

ABSTRACT

This work presents a complete technical and financial feasibility study of a 5MWp photovoltaic power plant in a business model still little used in Brazil, open to national or foreign investors. This business model is summarized in: after the construction and homologation of the plant; the rental of the complete or partial power plant for customers who are connected at low voltage and with high energy cost, more than R\$0,60 kWh. The rental of the equipment may offer to the customers a reduction in the energy bill without needing any investment, only buying credits generated by the photovoltaic power plant. That credits in energy bill will be cost of up to 20% less than paid in the traditional electricity bill. This work also presented all the main topics for the development of a business plan for that investment in detail, such as: Basic design; site evaluation; customer definition; main costs; existing risks; compensation model according to the standard; financial modeling; Brazilian tax system; topology of the enterprise; connection to the grid; selection of suppliers; O&M (Operation and Maintenance); evaluation of EPCs (Engineering Acquisition and Construction); contracts; construction; seller commissioning; among others. After analyzing all these factors, it was chosen: the location with the best generation potential, the best business model and the science of the total cost of construction of the power unit.

Therefore, the work showed the gains that investors can have when investing their resources in this type of project with that specific financial model of rent of the equipment of the plant. The entire study was carried out in compliance with REN 482/2012 and 687/2015 in force in Brazil.

Keywords: Photovoltaic solar energy. Distributed generation. Rental of equipment. Financial feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro da Radiação Eletromagnética do Sol.....	16
Figura 2 - Declinação Solar e as Estações do Ano.....	17
Figura 3 - Relações Geométricas Sol-Terra-Painel Solar.....	18
Figura 4 - Relação entre o Ângulo de Incidência e a Massa de Ar.....	20
Figura 5 - Gráfico do Espectro da Radiação Solar Dentro e Fora da Atmosfera Terrestre	21
Figura 6 – Piranômetro.....	22
Figura 7 - Radiação Solar Global Anual - Atlas Solarimétrico do Brasil.....	23
Figura 8 - Mapas de Radiação Solar - Atlas Brasileiro de Energia Solar.....	23
Figura 9 - Gráfico das Horas de Sol Pico.....	24
Figura 10 - Gap de Energia nos Semicondutores.....	25
Figura 11 - Comparativo do Gap entre os Tipos de Materiais.....	26
Figura 12 - Cristal de Silício Intrínseco (i).....	27
Figura 13 - Silício Dopado com Fósforo.....	27
Figura 14 - Silício Dopado com Boro.....	28
Figura 15 - Difusão de Elétrons na Junção P-N.....	28
Figura 16 - Aproveitamento da Radiação Solar pelas Células Fotovoltaicas.....	29
Figura 17 - Representação de uma Célula Fotovoltaica de Silício Cristalizado.....	30
Figura 18 - Células de Silício Monocristalino.....	32
Figura 19 - Células de Silício Policristalino.....	33
Figura 20 – Projeção do PIB.....	47
Figura 21 – Projeção do Consumo do Brasil na Rede para os Próximos 15 anos no cenário de Referência.....	49
Figura 22 – Evolução Esperada de Domicílios.....	49
Figura 23 – Evolução da GD Acumulada.....	51
Figura 24 – Evolução Principais Estados.....	51
Figura 25 – Evolução por Distribuidora.....	52
Figura 26 – Previsão de Módulos Dez/2018.....	52
Figura 27 – Sistema de Compensação de Energia.....	54
Figura 28 – Geração Compartilhada.....	56
Figura 29 – Exemplo de Parecer de Acesso.....	59
Figura 30 - Procedimento de Construção.....	61

Figura 31 – Risco na Construção.....	65
Figura 32 – Ganhos de Geração com o Overload.....	68
Figura 33 – Rastreador Solar - Tracker.....	72
Figura 34 – Ganhos de Produção com o Tracker.....	73
Figura 35 – Layout da Usina.....	81
Figura 36 – Produção e Perdas do Sistema.....	82
Figura 37 – Todas as Perdas da Usina.....	82
Figura 38 – Gráfico de Coluna do Payback Simples.....	89
Figura 39 – Gráfico de Coluna do Payback Descontado.....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aproveitamento da Radiação Solar pelas Células de Silício Cristalino.....	29
Tabela 2 - Eficiência dos Diferentes Tipos de Células Fotovoltaicas.....	33
Tabela 3 – Payback Simples.....	36
Tabela 4 – Payback Descontado.....	38
Tabela 5 – Payback Descontado 2.....	38
Tabela 6 – Exemplo de Cálculo do VPL.....	43
Tabela 7 – Expectativa de Crescimento de PIB (% a.a) – 2018-2022.....	48
Tabela 8 – Projeção de Expansão em Diferentes Fontes de Energia.....	50
Tabela 9 – Tecnologias de Inversores.....	67
Tabela 10 – Capex da Usina Solar de 5MW/6,5MW.....	80
Tabela 11 – Custos OPEX da Usina.....	80
Tabela 12 – Estudo de Receita Menos o Custo do Cliente.....	85
Tabela 13 – Resultado Contábil após a Depreciação da Usina.....	86
Tabela 14 – Resultado Menos os Custos e Impostos da Usina.....	87
Tabela 15 – Resultado Final do Fluxo de Caixa.....	88
Tabela 16 – Planilha de Viabilidade Financeira do Projeto.....	89
Tabela 17 – Planilha de Resultado para o Cliente Final.....	91

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Conceitos	9
1.2 Objetivos.....	9
1.3 Motivação	10
2 ESTADO DA ARTE	12
2.1 Energias Renováveis e o Clima	12
2.2 Energia Solar	13
2.3 Potencial Solar no Brasil	14
2.4 Um Pouco da História da Energia Solar Fotovoltaica	15
2.5 Radiação Solar	15
2.6 Efeito Fotovoltaico	25
2.7 Células Fotovoltaicas.....	30
2.8 Conceitos de Ferramentas Financeiras	34
3 ESTUDO DE CASO	45
3.1 Introdução	45
3.2 Análise do Mercado de Energia no Brasil	46
3.3 Resolução Normativa Aneel Nº 482/2012.....	53
3.4 Resolução Normativa Aneel Nº 687/2015.....	54
3.5 Plano de Negócio.....	57
3.6 Desenvolvimento para Geração Distribuída.....	59
3.7 Estruturação do Projeto GD.....	59
3.8 Implantação do Projeto	60
3.9 Operação e Manutenção (O&M)	61
3.10 Riscos Envolvidos em Todo o Processo de Implementação de Usinas em GD	62
3.11 Otimização de Topologia.....	65
3.12 Otimização de Inversores	67
3.13 Otimização da Conexão à Rede.....	68
3.14 Otimização a Gestão	69
3.15 Otimização Técnica	72

3.16 Otimização Financeira	73
3.17 Principais Custos do Projeto	74
3.18 Documentação de Projetos	75
3.19 Participação no Investimento	76
3.20 Rentabilidade	76
3.21 Enquadramento Fiscal	77
3.22 Premissas para Modelagem Financeira da Usina	77
3.23 Premissas da Usina	79
3.24 Levantamento de Custo da Usina	80
3.25 Layout da Usina	81
3.26 Viabilidade Financeira	83
3.27 Viabilidade Financeira da Usina	83
4 CONCLUSÃO	92
BIBLIOGRAFIA	94
ANEXOS	96

1 INTRODUÇÃO

1.1 Conceitos

Quando Edmond Bequerel observou pela primeira vez o efeito fotovoltaico em 1839, não imaginava o papel fundamental que a energia solar teria enquanto fonte alternativa para a produção de eletricidade no século XXI. Na antiguidade, a importância do Sol em nosso planeta já era cultuada por diversas crenças em todo o mundo. Entretanto, a viabilidade econômica para se transformar a energia do sol em energia elétrica é algo relativamente recente, mas que já demonstra ser uma tendência para a matriz energética mundial.

Em 2015, as usinas solares representavam 1,2% da eletricidade produzida no mundo, mas as projeções para os próximos 15 anos são bastante otimistas: estima-se que a energia solar venha a representar de 8 a 13% da produção mundial. Já a geração distribuída, produzida de forma descentralizada pelos próprios consumidores, teve um crescimento bastante acelerado ao redor do mundo nos últimos anos. Estima-se que, no Brasil, painéis fotovoltaicos deverão estar presentes em 18% dos domicílios até 2050, segundo dados do Plano Nacional de Energia.

Independentemente do modelo, a verdade é que a energia solar representa uma ponte para o futuro, uma maneira mais sustentável e também rentável de produzir eletricidade. E quem se interessa pelo assunto ou deseja investir em energia solar já deve ter se deparado com diversas dúvidas sobre aspectos técnicos da tecnologia e sua viabilidade financeira.

1.2 Objetivos

O estudo a ser desenvolvido analisa os atos relevantes a serem considerados na construção e investimento em usinas solares fotovoltaicas de 1 a 5MW, aplicados na modalidade de aluguel de equipamentos dentro da Geração Distribuída e oferta aos clientes desconto de 20% na tarifa de energia, no contexto da REN 687 da ANEEL. Assim, o estudo apresenta uma análise completa dos riscos e da viabilidade econômica para esse tipo de modalidade.

Nesse estudo utiliza os seguintes documentos:

- REN - Resolução Normativa nº482/2012 – ANEEL

- REN – Resolução Normativa nº687/2015 – ANEEL
- CONVENIO ICMS nº16/2015 – CONFAZ
- Módulo 3 – Rev.7PRODIST – Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – ANEEL
- Ofício nº 0275/2016-SRD-SGT-SRM-SCG – ANEEL
- Ofício nº 0284/2016-SRD – ANEEL
- Caderno Temático Micro e Mini Geração Distribuída –05/2016 – ANEEL
- Guia de Perguntas e Respostas sobre Micro e Mini geração Distribuída 06/2017 – ANEEL

1.3 Motivação

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou no dia 17 de abril uma nova resolução normativa (482/2012) para facilitar a conexão à rede de distribuição de mini e micro geradores a partir de fontes renováveis. Além de estabelecer os procedimentos gerais para a conexão à rede de mini e microgeradores, a resolução propõe a criação de um sistema de compensação de energia conhecido internacionalmente como *net metering*.

Com ele, o proprietário de um pequeno gerador não precisa consumir toda a energia produzida no momento da geração uma vez que ela poderá ser injetada na rede e, nos meses seguintes, o consumidor receberá créditos em kWh na conta de luz que poderão ser compensados pela energia consumida da rede.

O efetivo faturamento das primeiras unidades consumidoras no sistema de compensação de energia começou a ocorrer em 2013 e, ao final de 2015, já eram contabilizados mais de mil geradores conectados à rede, sendo mais de 90% sistemas fotovoltaicos. Hoje já ultrapassamos a barreira dos 30 mil geradores.

Em dezembro de 2015, a ANEEL publicou a revisão da RN 482/2012, a Resolução Normativa 687/15, aprimorando alguns pontos tais como permitir a instalação de geração distribuída em condomínios, com a repartição em porcentagens da energia gerada entre os condôminos, esse será nosso principal tema nesse estudo.

O aumento da capacidade instalada de geração de energia renovável no mundo bateu novo recorde em 2016 – 161 giga watts (GW). E, pela primeira vez, a fonte que mais cresceu foi a solar fotovoltaica (47%), seguida pela eólica (34%) e hidroelétrica (15,5%). Os dados são do Relatório Estado Global das Renováveis (GSR)2017, produzido pela Rede de Políticas de Energias Renováveis para o Século 21 (REN 21). “O mundo agora adiciona mais capacidade de energia renovável anualmente do que adiciona capacidade de todos os combustíveis fósseis combinados”, apontou o relatório.

Em relação à energia solar fotovoltaica (FV), o aumento foi de 75 GW ao redor do mundo em 2016, totalizando 303 GW. Isso equivale à instalação de 31 mil módulos solares por hora. O tamanho do mercado mundial de energia solar FV, como apontou o estudo do ano anterior, é cerca de 10 vezes maior que o de uma década atrás.

No fim de 2016, todos os continentes, exceto a Antártica, produziam energia solar. E pelo menos 24 países tinham mais de 1 GW de capacidade instalada. E ao menos 114, tinham capacidade superior a 10 MW.

O Brasil ainda não está neste seleto grupo, mas caminha para chegar a este patamar. Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), em 2018 o país já atingiu a capacidade instalada de 1,5 GW e deve fechar o ano de 2018 com 2,4GW, contabilizando o mercado de geração distribuída e centralizado de leilões de energia.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Energias Renováveis e o Clima

O aumento da temperatura global, resultante das emissões de gases do efeito estufa na atmosfera, já começa a provocar alterações no clima trazendo prejuízos sociais, ambientais e econômicos. “O aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações do aumento das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar”, declararam os cientistas no quarto Relatório de Avaliação do IPCC, publicado em 2007.

Entre as consequências do aquecimento global previstas pelos 2,5 mil cientistas do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC – *Intergovernmental Pannelon Climate Change*) estão: aumento na frequência e intensidade de fenômenos climáticos extremos como fortes chuvas, tornados e secas, aumento no nível dos oceanos e desaparecimento das calotas polares.

Os cientistas do IPCC afirmam que “muito provavelmente” a causa do problema é o excesso de gases do efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), lançados pelas atividades humanas na atmosfera desde 1750 e que, agora, ultrapassam “em muito” os valores pré-industriais. A principal origem destas emissões está na queima de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, que são usados para produzir energia.

A gravidade dessas consequências dependerá da capacidade da humanidade de controlar as emissões a partir de medidas de mitigação, tais como a substituição do uso de fontes fósseis de energia por renováveis.

Existem hoje diversas opções energéticas mais limpas como a obtida a partir do vento (eólica), do sol (solar), das ondas e da biomassa. Cientistas e especialistas ambientais não param de repetir que o uso de energias renováveis é uma das principais maneiras de minimizar as mudanças climáticas.

2.2 Energia Solar

O desenvolvimento da sociedade humana está atrelado à transformação do meio ambiente e obtenção de energia. Durante o desenvolvimento da nossa sociedade ficou evidente a carência de energia em todos possíveis locais da convivência humana, e nas últimas décadas temos visto o apelo de várias vozes que nos mostram o iminente do fim dos combustíveis fósseis, o imenso impacto ambiental causado por essas fontes de energia e a insustentabilidade do modo como obtemos a energia que nos move.

Enquanto isso, em muitas frentes, temos o desenvolvimento de novas formas de geração de energia e recentemente tivemos o reconhecimento das fontes renováveis, não mais como fontes de energia alternativa, mas como fontes de energia primárias, cujas principais representantes são:

- Energia Hidrelétrica;
- Biomassa;
- Energia Eólica;
- Energia Solar.

Todas as formas de energia que conhecemos derivam da energia solar. É a energia do sol que altera o estado físico da água, fazendo com que essa migre e possa ser represada e aproveitada nas usinas hidrelétricas. O aquecimento das massas de ar provoca os ventos, que são aproveitados nos aerogeradores dos parques eólicos e a energia solar, absorvida na fotossíntese, que dá vida às plantas utilizadas como fonte de energia de biomassa. Até mesmo o petróleo, que vem de restos de vegetação e animais pré-históricos, também é derivado do sol, pois este deu a energia necessária ao aparecimento da vida na terra em eras passadas. Podemos, através desse ponto de vista, considerar que todas as formas de energia são renováveis, infelizmente não em escala humana.

As formas de energia renovável citadas acima são as que se renovam a cada dia, permitindo um desenvolvimento sustentável da vida e sociedade humana. A energia solar que chega à Terra em um ano é muito maior que o consumo humano de energia no mesmo período. Infelizmente todo esse potencial não é aproveitado.

2.3 Potencial Solar no Brasil

Parece não haver um símbolo tão brasileiro quanto o sol que brilha para nós, ilumina nossas festas, faz nosso povo tão acolhedor e, porque não, a energia que ilumina nossas casas?

O país possui um grande potencial para gerar eletricidade a partir do sol. Só para se ter uma ideia, no local menos ensolarado no Brasil é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica (FV). Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, diariamente incide entre 4.444 Wh/m² a 5.483 Wh/m² no país.

Apesar dessas condições favoráveis, o uso de energia solar para geração elétrica pode e tem as condições de ser considerado como uma opção para alimentar nossas indústrias, casas e edifícios. Como o país já possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, a melhor integração da energia solar FV vem sendo como fonte complementar, aproximando a geração do consumo e reduzindo assim perdas com transmissão.

A publicação da Resolução Normativa 482 em abril de 2012, pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e sua revisão, a REN 687/2015, ampliou essas possibilidades, introduzindo o sistema *net metering* no Brasil, mais conhecido como Sistema de Compensação de Energia. Desta forma, reduziu as barreiras para a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede de distribuição como a exigência de que as distribuidoras disponibilizem um processo online de solicitação da instalação junto à empresa, além do aumento do prazo para a utilização dos créditos dos consumidores referente ao excedente da fatura – de 36 meses para 60 meses.

Se nas cidades há vastas áreas sobre as edificações para a instalação de painéis fotovoltaicos, no meio rural, essa fonte energética é a opção mais limpa e segura para levar eletricidade a comunidades isoladas e de difícil acesso.

Além disso, o Brasil possui uma das maiores reservas de silício do mundo. Isso faz com que o país seja um local privilegiado para desenvolver uma indústria local de produção de células solares, gerando empregos e retorno em impostos pagos. Para isso, seria preciso investir em

pesquisas para desenvolver um conhecimento de purificação do silício até o chamado “grau solar”, que é superior ao do silício empregado na siderurgia.

2.4 Um pouco da história da Energia Solar Fotovoltaica

No Hemisfério Norte, desde a década de 1970, a energia solar está na pauta permanente dos governos. O físico francês Edmund Bequerel a descobriu, ainda no século XIX, quando experimentava o efeito fotovoltaico com dois eletrodos metálicos numa solução condutora. Bequerel percebeu o aumento na geração de energia elétrica com a luz e, a partir daí a tecnologia fotovoltaica passou por vários estágios até chegar ao uso em grande escala do silício.

Em 1873, Willoughby Smith descobriu o efeito fotovoltaico em sólidos com o selênio. A produção da primeira célula fotovoltaica neste metal veio quatro anos mais tarde, com W. G. Adams e R.E. Day. Em 1904, Albert Einstein publicou um artigo sobre o efeito fotovoltaico, ao mesmo tempo em que divulgava ao mundo sua teoria da relatividade. Com a explicação do efeito fotovoltaico em 1923, Einstein ganhou seu primeiro Prêmio Nobel.

A primeira célula de silício foi produzida em 1954, nos Laboratórios Bell, em Murray Hill, Nova Jérsei, Estados Unidos. E no ano seguinte começou no mesmo país a produção de elementos solares fotovoltaicos para aplicação espacial. Daí por diante, esta indústria foi se aprimorando e as placas tornaram-se mais eficientes.

Em 1980, Israel foi o primeiro país estabelecer uma política pública de energia solar fotovoltaica. Nesta década, a produção mundial ainda era pequena. Em 1983, por exemplo, não passava de 20 MW. Em 1994, ocorreu a primeira Conferência Mundial Fotovoltaica, no Havaí, e o século XX terminou com pouco mais de 1000 MW em sistemas instalados no mundo.

2.5 Radiação Solar

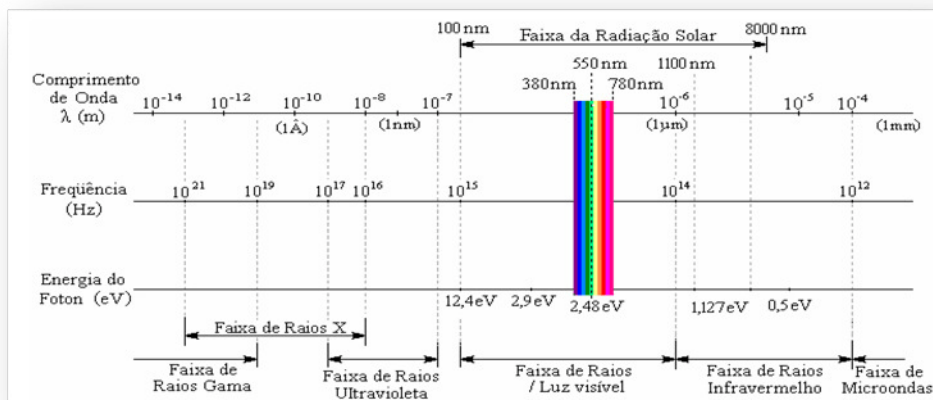
A energia irradiada pelo sol em um segundo é muito maior que a energia consumida pela humanidade desde o seu aparecimento na face da Terra, até os dias de hoje. Toda essa energia, claro, não chega até a Terra.

A energia solar é produzida pelas reações nucleares que acontecem no interior do sol a grandes profundidades. Em uma dessas reações os átomos de hidrogênio se combinam formando átomos de hélio, e liberam energia. Esta energia viaja do interior do sol até a sua superfície (chamada de fotosfera), e daí se irradia em todas as direções.

Essa energia irradiada chega à Terra vinda do espaço através das partículas de energia chamadas de fótons. Os fótons se deslocam a uma velocidade de 300.000 km/s, por isso demoram cerca de 8 minutos para chegar à Terra, que está a aproximadamente 150 milhões de quilômetros do sol.

A radiação solar é radiação eletromagnética que tem distribuição espectral conforme a figura abaixo:

Figura 1 - Espectro da Radiação Eletromagnética do Sol



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

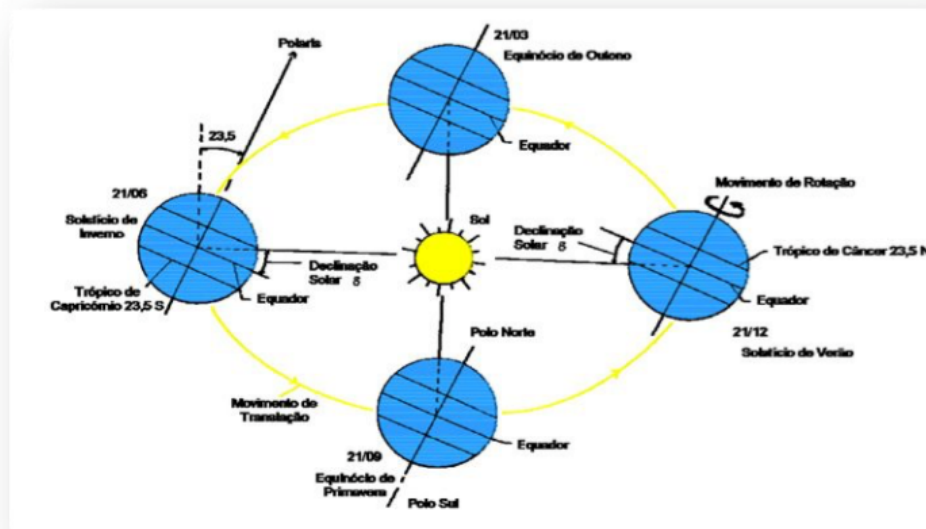
2.5.1 Geometria Solar

Sabemos que o sol nasce no Leste e se põe no Oeste, elevando no céu. Essa elevação é maior ou menor de acordo à época do ano.

A Terra se move em uma órbita elíptica em torno do Sol e o eixo de rotação da Terra forma um ângulo de $23,5^\circ$ com a normal ao plano da elipse da órbita da Terra. Esse ângulo é o responsável pela duração do dia e da noite nas distintas estações do ano, e também é o responsável pela variação da elevação do sol no horizonte à mesma hora, ao longo do ano.

A posição angular do Sol ao meio dia solar, em relação ao equador é chamada de Declinação Solar (δ). A declinação varia de acordo com o dia do ano, com valores entre: $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$, sendo positivo ao Norte e negativo ao Sul:

Figura 2 - Declinação Solar e as Estações do Ano

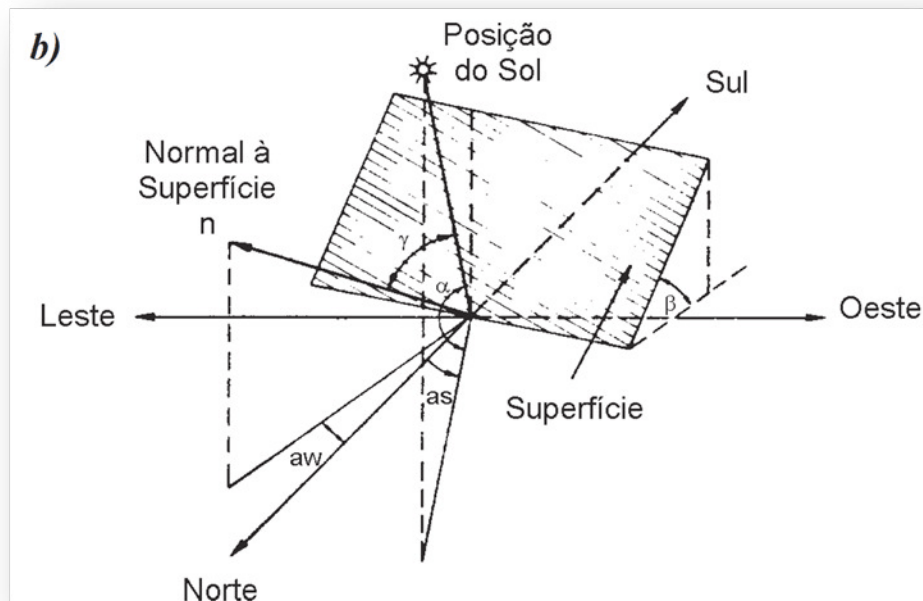


Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

A observação da latitude da localidade e da declinação determina a trajetória do Sol no céu, para um dia determinado.

A seguir, detalhamos as relações geométricas entre a superfície terrestre e os raios solares. Estes ângulos variam de acordo ao movimento aparente do sol na abóbada celeste:

Figura 3 - Relações Geométricas Sol-Terra-Painel Solar



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

- **Ângulo de Incidência (γ):** é formado entre os raios solares e a normal à superfície de captação. Quanto menor esse ângulo, mais energia será captada.
- **Ângulo Azimutal De Superfície (aw):** Entre a projeção da normal à superfície do painel solar e a direção norte-sul. Para o hemisfério sul o azimute é o norte e, portanto, o deslocamento angular será a partir deste ponto cardeal, sendo positivo em sentido horário (leste) e negativo no sentido anti-horário (oeste). O ângulo Azimutal de superfície estará entre: $-180^\circ \leq aw \leq 180^\circ$. Internacionalmente convencionou-se o azimute 0° como sendo o Sul, e o Norte tem ângulo azimutal de 180° .
- **Ângulo Azimutal do Sol (as):** é o ângulo entre a projeção dos raios solares no plano horizontal e a direção Norte-Sul. Tem as mesmas convenções que o Ângulo Azimutal de Superfície.
- **Altura Solar (α):** ângulo entre os raios solares e sua projeção sobre um plano horizontal.
- **Inclinação (β):** ângulo entre o painel solar e o plano horizontal.
- **Ângulo Horário do Sol ou Hora Angular (ω):** é o deslocamento angular do sol, no sentido Leste-Oeste, a partir do meridiano local, devido ao movimento de rotação da Terra. A

Terra dá uma volta completa (360°) em torno de si mesma em 24 horas. Portanto, cada hora corresponde a um deslocamento de 15° .

- **Ângulo Zenital** (θ_z): é o ângulo formado entre os raios solares e a vertical (Zênite). O ângulo zenital é o inverso da altura solar. O sol só alcança o Zênite nas localidades entre os trópicos (zona tropical). Fora dos trópicos, em nenhuma localidade haverá, ao meio dia solar, ângulo zenital igual a zero.

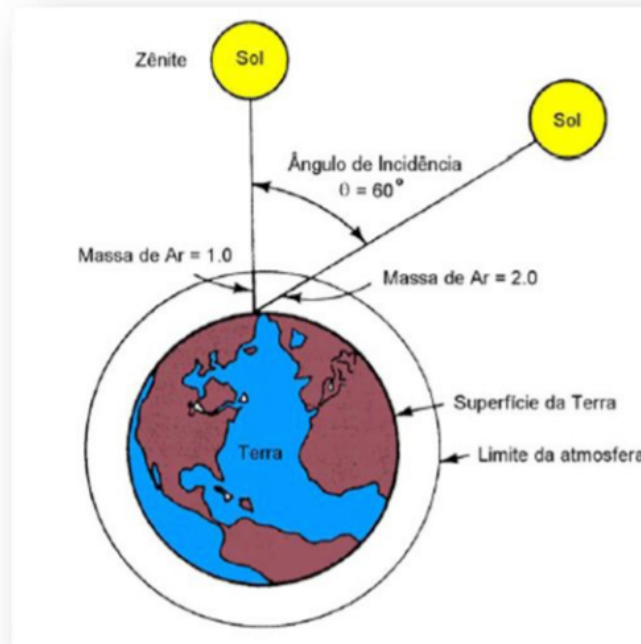
2.5.2 Radiação Solar ao Nível do Solo

A intensidade da radiação solar que chega à Terra é em torno de $1,3 \text{ kW/m}^2$ acima da atmosfera. A quantidade de radiação que chega ao chão, no plano horizontal depende da localização geográfica, mas também das condições atmosféricas, assim como do período (estação) do ano. A atmosfera terrestre age como um filtro, que bloqueia uma parte dessa energia. Quanto mais espessa for a camada atmosférica a ser vencida, menor será a Irradiância solar ao nível do solo.

A camada atmosférica será mais ou menos espessa, de acordo à elevação do sol, no momento da medição. Essa espessura é medida através de um coeficiente chamado Massa de Ar (AM). A massa de ar influencia através dos efeitos de absorção e dispersão (Rayleigh e Mie), por isso, quanto mais elevado o Sol estiver no céu, menores serão os efeitos da camada atmosférica.

É importante salientar que a poluição atmosférica potencializa esses efeitos de absorção e dispersão.

Figura 4 - Relação entre o Ângulo de Incidência e a Massa de Ar



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

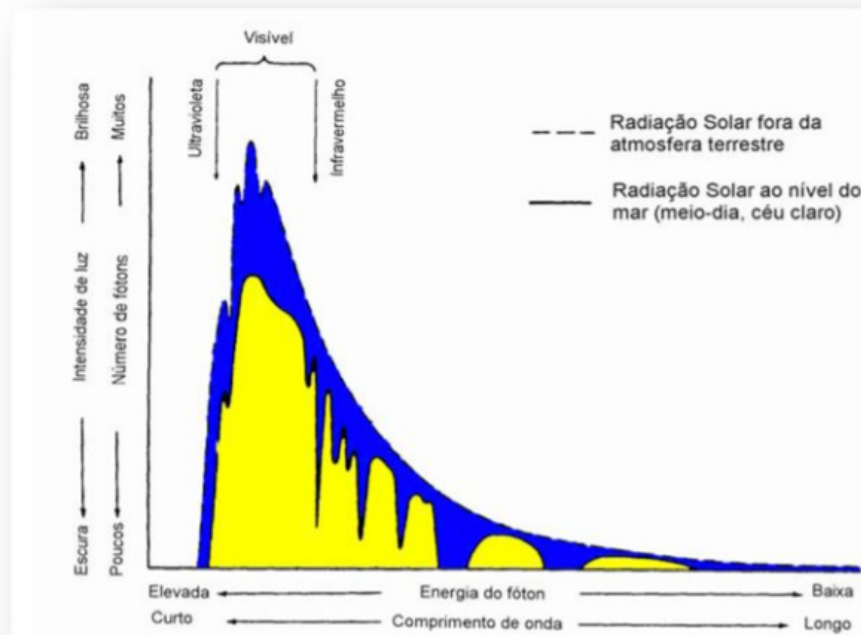
A relação entre o coeficiente AM e a altura solar e ângulo zenital é a seguinte:

$$AM = \frac{1}{\cos \theta} AM = \frac{1}{\cos \theta}$$

$$AM = \frac{1}{\sin \alpha} AM = \frac{1}{\sin \alpha}$$

Devido a esses fatores, a máxima irradiância que chega à superfície terrestre é em torno de 1.000 W/ m². A radiação que vem diretamente do sol é chamada de Radiação Direta, e a que vem da abóbada celeste é chamada de difusa. Além dessas duas, temos também a Radiação de Albedo, que a energia solar refletida da Terra, seja por vegetação, construções, etc. A Irradiância de Albedo é muito pequena. A soma dessas irradiações é chamada de Irradiação Solar Total.

Figura 5 - Gráfico do Espectro da Radiação Solar Dentro e Fora da Atmosfera Terrestre



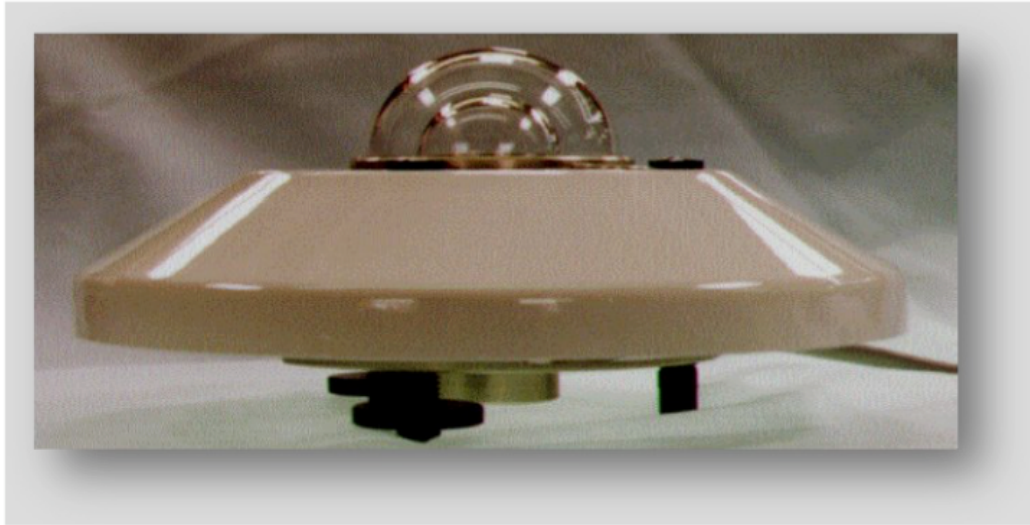
Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

2.5.3 Medindo o Potencial Solar

Para viabilizar os projetos comerciais de sistemas de aproveitamento de energia solar são necessários estudos sobre a radiação solar na superfície terrestre. Esses estudos têm como base a medição da radiação extraterrestre (realizada por satélites meteorológicos), juntamente com a adoção de métodos de cálculos matemáticos e a medição da radiação solar ao nível do solo. Para calcular a radiação ao nível do solo são utilizados dispositivos específicos normalizados pela Organização Mundial de Meteorologia. Os piranômetros, pireliômetros, heliógrafos e acinógrafos são alguns desses aparelhos.

Esses estudos levam alguns anos para retornarem dados concretos, já que tem que considerar vários fatores como, por exemplo, as mudanças climáticas.

Figura 6 – Piranômetro



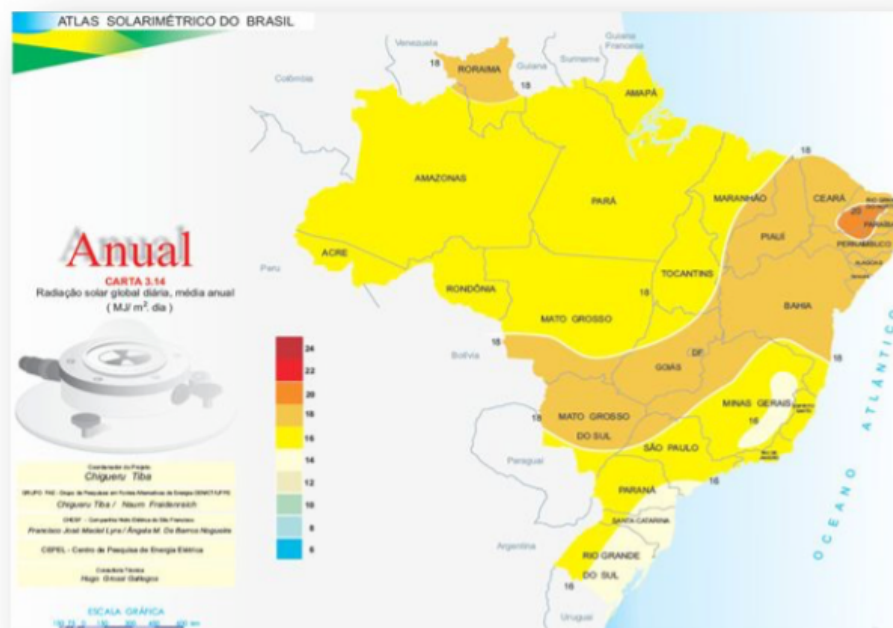
Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

No Brasil temos dois principais estudos sobre a radiação solar em território brasileiro: o “Atlas Solarimétrico do Brasil” – produzido pelo CRESESB (Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito); e o “Atlas Brasileiro de Energia Solar” – produzido pela Universidade Federal de Santa Catarina em conjunto/para com o Projeto SWERA.

Os dois estudos são complementares e mostram as variações na radiação captada na superfície do território brasileiro ao longo de um ano.

O Atlas Solarimétrico apresenta os valores da radiação no plano horizontal (H) em megajoules por metro quadrado (MJ/m²).

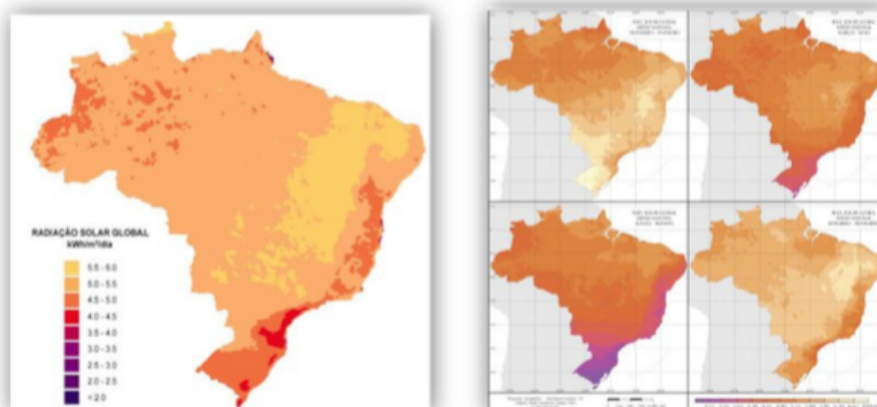
Figura 7 - Radiação Solar Global Anual - Atlas Solarimétrico do Brasil



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

O Atlas Brasileiro de Energia Solar apresenta os resultados em quilowatts hora por metro quadrado. O valor dado em kWh/m² é chamado de Horas de Sol Pico (HSP) ou Horas de Sol Pleno.

Figura 8 - Mapas de Radiação Solar - Atlas Brasileiro de Energia Solar



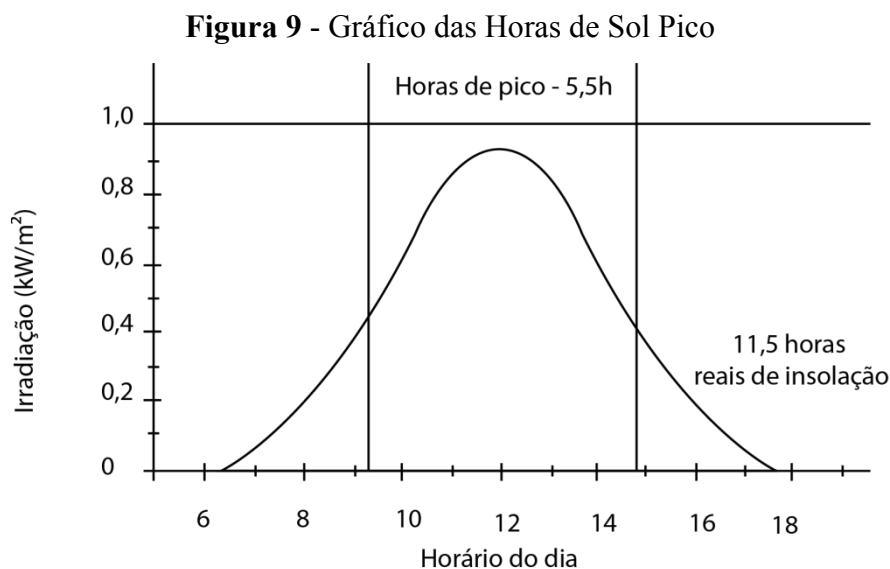
Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

2.5.4 Horas de Sol Pico

A Radiação solar varia durante o dia e tem sua maior intensidade ao meio-dia-solar.

A partir do momento em que o sol aparece no horizonte até o ocaso, a radiação solar vai do mínimo ao máximo (ao meio-dia-solar), e de volta ao mínimo. As nuvens influenciam a Irradiância Direta, fazendo com que mesmo ao meio-dia-solar possamos captar menos energia que no começo da manhã ou final da tarde.

Se colocarmos em um gráfico a variação da Irradiância em um dia médio, podemos observar as horas do dia em que a Irradiância é próxima ou igual a 1000 W/m^2 .



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

Esse valor é de extrema importância para o cálculo de sistemas fotovoltaicos, pois é nessas horas que um painel fotovoltaico estará gerando o seu máximo durante o dia. As horas de sol pico estão compreendidas entre duas a três horas antes e depois do meio-dia-solar. O meio-dia-solar acontece quando os raios de sol estão se projetando na direção Norte-Sul, no meridiano local. Como o meio dia solar varia ao longo do ano, na maioria das vezes será diferente do meio dia no horário civil.

O CRESESB disponibiliza uma ferramenta de acesso ao banco de dados de radiação solar em território brasileiro. Acesse esta ferramenta de nome Sundata pelo seguinte link: <http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php>

2.6 Efeito Fotovoltaico

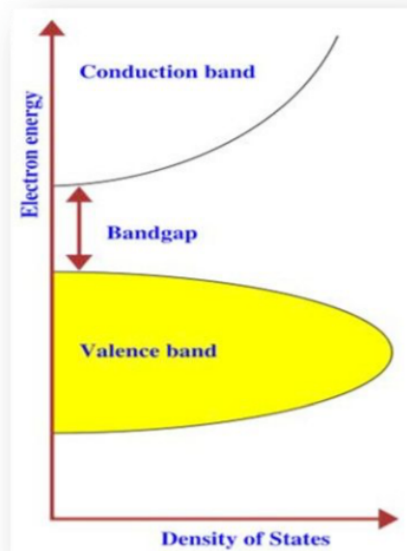
O termo fotovoltaico significa a transformação da radiação solar diretamente em corrente elétrica, utilizando as células fotovoltaicas, também chamadas de células solares.

As células fotovoltaicas são constituídas de materiais semicondutores como: silício, arseneto de gálio, telureto de cádmio ou disseleneto de cobre e índio (gálio). O silício cristalino é o mais utilizado, mas as tecnologias de película fina ganharam mercado com a produção em larga escala.

2.6.1 Princípios de Funcionamento

Os semicondutores possuem a banda de valência totalmente preenchida e a banda de condução totalmente vazia a temperaturas muito baixas. A separação entre as duas bandas de energia, chamada de Gap de Energia, é em torno de 1 eV.

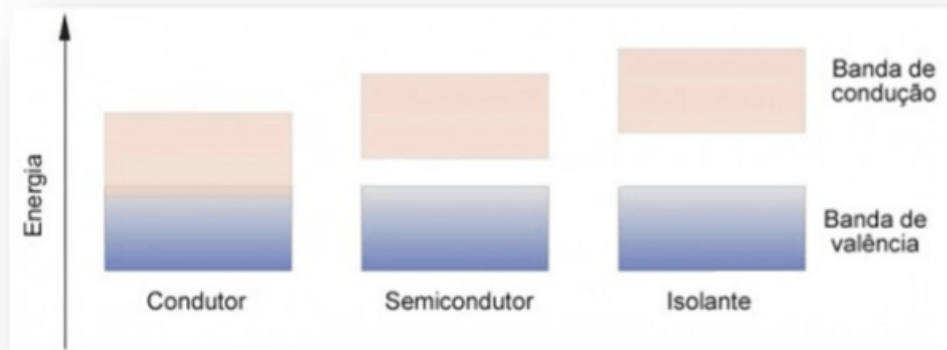
Figura 10 - Gap de Energia nos Semicondutores



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

Nos isolantes, o Gap é de vários eVs, variando conforme o material.

Figura 11 - Comparativo do Gap entre os Tipos de Materiais



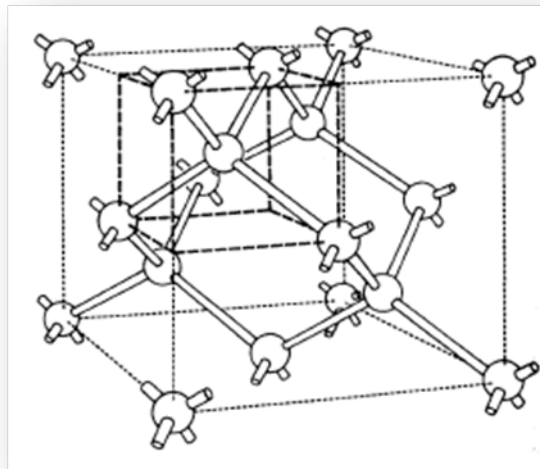
Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

Isso dá aos semicondutores determinadas características especiais, como o aumento da sua condutividade com o aumento da temperatura, devido à excitação dos elétrons da banda de valência para a banda de condução. Outra característica importante é a possibilidade de fótons, na faixa do visível e com energia suficiente, excitarem os elétrons. Esse efeito que acontece nos semicondutores puros, chamados de intrínsecos (i), por si só não permite o funcionamento do material com célula fotovoltaica, pois a maioria dos elétrons volta a se recombinar.

Será descrito a seguir o funcionamento e a preparação de uma célula fotovoltaica de silício.

Cada átomo de silício tem quatro elétrons de valência, e para atingir uma configuração estável se ligam a quatro átomos vizinhos, formando uma rede cristalina. Nesse caso, não há elétrons livres.

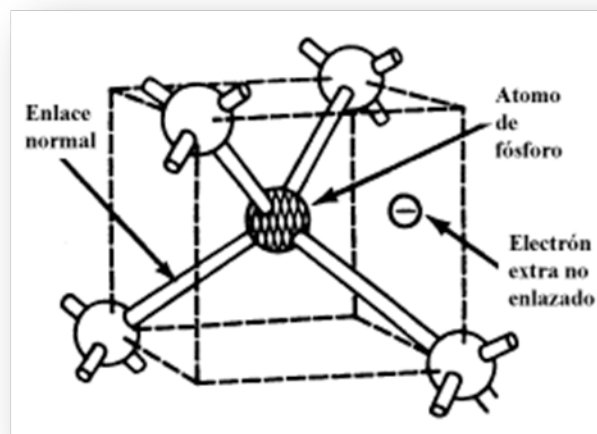
Figura 12 - Cristal de Silício Intrínseco (i)



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

Para potencializar o efeito fotovoltaico o cristal de silício é dopado com substâncias que alteram a sua rede cristalina. Se ao silício forem misturados átomos de Arsênio ou de Fósforo que possuem 5 elétrons de valência, um desses elétrons ficará livre, permitindo que com pouca energia térmica esse elétron salte para a banda de condução. Esse tipo de impureza é chamado de doadora de elétrons, ou dopante n.

Figura 13 - Silício Dopado com Fósforo

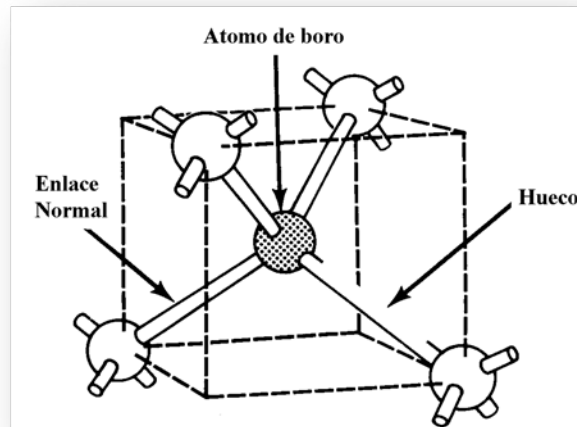


Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

Se doparmos o silício com materiais como o alumínio ou boro, que possuem 3 elétrons de valência, faltará um elétron para criar uma ligação covalente. Esse buraco se comporta como

uma carga positiva, já que com pouca energia térmica um elétron vizinho vem ocupar esse buraco, deixando um buraco onde estava fazendo com que haja uma movimentação do buraco. Esse tipo de impureza é chamado de dopante p.

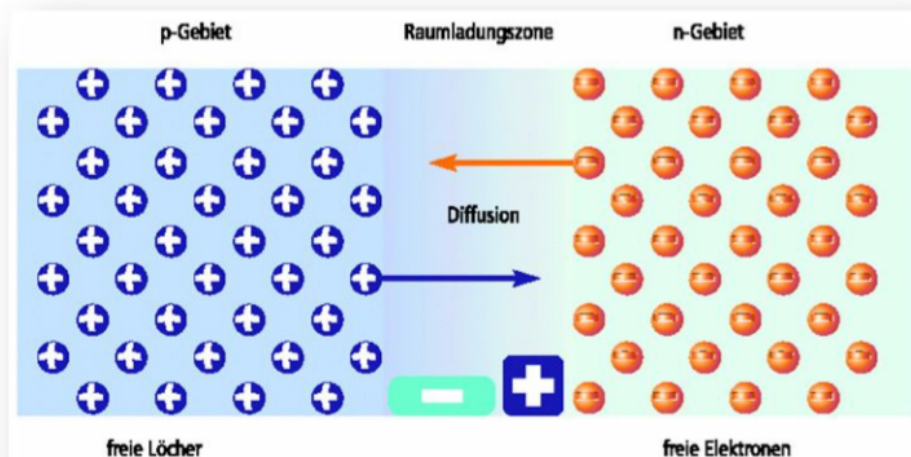
Figura 14 - Silício Dopado com Boro



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

Se combinarmos as duas impurezas no mesmo cristal intrínseco de silício, formamos uma Junção P-N. Na área de contato da junção, os elétrons livres do semiconductor Tipo-N fluem para os buracos do semiconductor Tipo-P até que se forme um campo elétrico que impede o fluxo permanente de elétrons.

Figura 15 - Difusão de Elétrons na Junção P-N

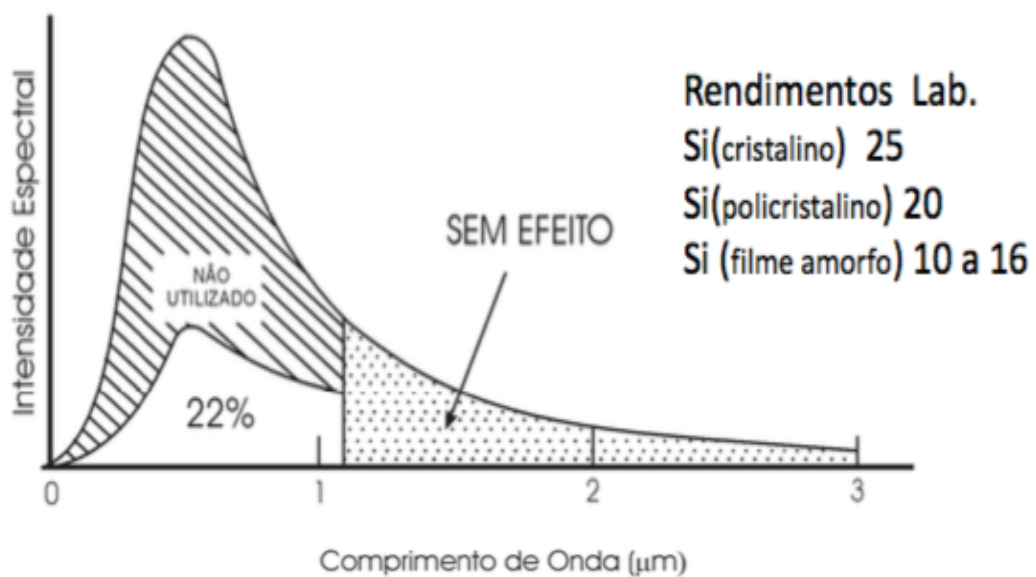


Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

Se a Junção P-N for exposta à radiação solar, os fótons com energia superior ao Gap liberam mais buracos-elétrons livres que criam uma corrente elétrica na área da junção.

Alguns dos elétrons liberados são recombinados, se não forem capturados. Além disso, nem todo o espectro da radiação é aproveitado.

Figura 16 - Aproveitamento da Radiação Solar pelas Células Fotovoltaicas



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

Fótons com energia superior ou inferior à necessidade geram calor desnecessário, que diminui a eficiência da célula fotovoltaica. Veja na tabela abaixo o balanço energético de uma célula fotovoltaica de silício cristalino:

Tabela 1 - Aproveitamento da Radiação Solar pelas Células de Silício Cristalino

100%	Irradiação Solar Total
-3,0%	Reflexão e sombreamento dos contatos frontais
-23,0%	Fótons com energia insuficiente na Irradiância de ondas compridas
-32,0%	Fótons com energia excedente na Irradiância de ondas curtas
-8,5%	Recombinação de elétrons
-20,0%	Gradiente elétrica, especialmente na região do campo elétrico
-0,5%	Resistência em série (perdas térmicas na condução elétrica)
= 13,0%	Energia elétrica utilizável.

Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

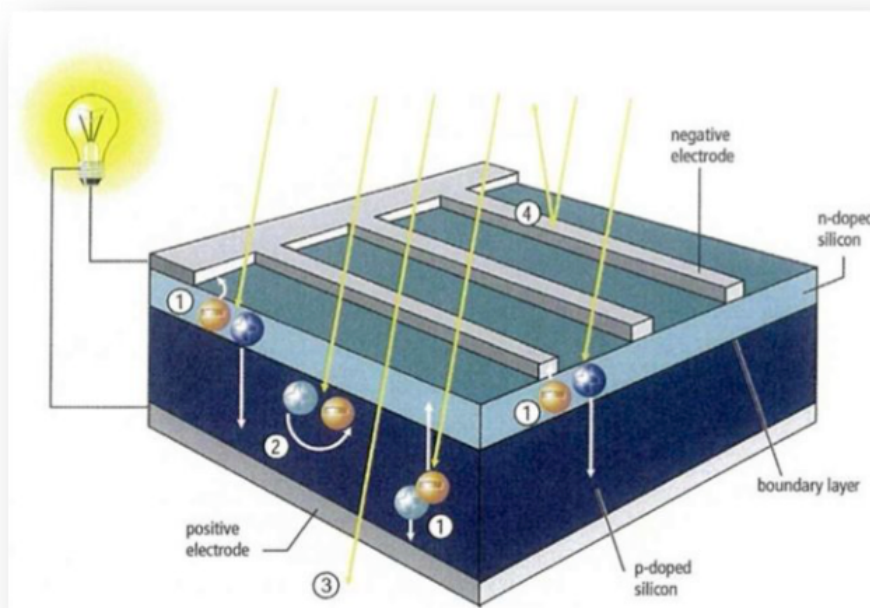
2.7 Células Fotovoltaicas

Uma célula fotovoltaica é a unidade básica de um sistema fotovoltaico. É a responsável pela conversão da radiação solar em eletricidade.

Como uma única célula não é suficiente para gerar potências elétricas elevadas, os fabricantes associam várias células, e as encapsulam para proteção, formando assim um módulo fotovoltaico.

Os módulos comerciais diferem entre si por vários fatores, como a capacidade de gerar potencial, chamado de potência-pico, fator de forma, área, etc. E esses valores se alteram de acordo ao tipo de célula fotovoltaica utilizada.

Figura 17 - Representação de uma Célula Fotovoltaica de Silício Cristalizado



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

2.7.1 Silício Cristalino

O silício é o segundo material mais abundante na natureza, perdendo apenas para o oxigênio. Entretanto, o silício está naturalmente combinado a outros materiais, e se apresenta como

dióxido de silício e silicatos. A areia e o quartzo são as formas mais comuns. A areia contém demasiado teor de impurezas para serem processados, já os depósitos de quartzito chegam a possuir 99% de Si. É essa areia sílica que é processada para a obtenção da matéria pura.

Para a utilização do silício como matéria prima para a fabricação das células fotovoltaicas, esse deve ser purificado.

São dois, os graus de purificação do silício:

1 – Silício metalúrgico, onde se combina ao quartzito quantidades controlada de carbono a altas temperaturas. O oxigênio presente no quartzito é removido na forma de CO₂ e, depois de outros processos, serão obtidas barras de silício com pureza de 98%.

2 – Silício grau semicondutor (eletrônico e solar), onde o silício é convertido através de ácido clorídrico (HCl) a triclosano: $\text{Si} + 3 \text{HCl} \Rightarrow \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$. Devido ao seu baixo ponto de ebulição (31,8 °C), este pode ser purificado pelo método de destilação fracionada, processo semelhante ao utilizado em refinarias de petróleo. Com a adição de H₂ acontece a seguinte reação química: $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \Rightarrow \text{Si} + 3 \text{HCl}$.

Após essa purificação, teremos criado um cristal de silício com até 99,9999% de pureza, que é um dos materiais mais puros produzidos pelo homem. É justamente esse processo de purificação que encarece a criação das células fotovoltaicas.

A seguir, os dois principais tipos de células fotovoltaicas produzidas em escala comercial e suas principais características.

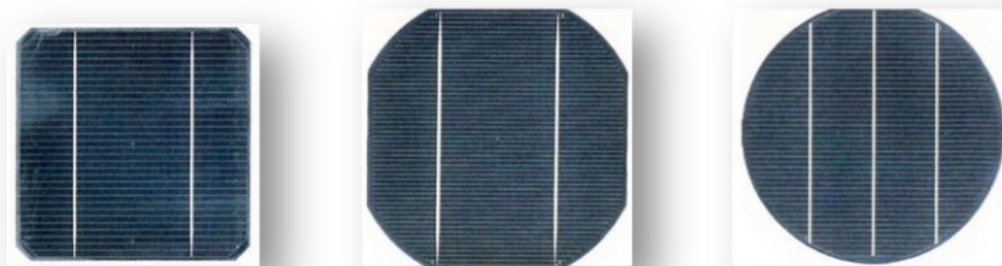
2.7.2 Silício Monocristalino

Uma das formas de se obter o cristal único de silício é através do método Czochralski. Durante esse processo, uma semente de cristal de silício é inserida numa caldeira com silício policristalino e, enquanto o conjunto gira lentamente, essa semente é erguida. A semente de silício orienta os átomos do mosto que se cristaliza em uma única formação cristalina, por isso o nome: monocristal.

Após o corte do cristal em pastilhas, é depositado o fósforo, através de difusão de vapor a temperaturas entre 800-1200°C, e criada a rede de contatos frontais e traseiras que recolherão os elétrons liberados pelo efeito fotovoltaico. Também é feito um tratamento antirreflexo na parte posterior.

- Eficiência: 15 – 18% (Czochralski).
- Forma: Geralmente arredondadas, ou em formato de faixa de pizza.
- Tamanho: geralmente 10x10 cm² ou 12,5x12,5 cm²; diâmetro 10, 12,5 ou 15 cm.
- Espessura: 0,3 mm.
- Cor: geralmente azul-escuro ou quase preto (com antirreflexo), cinza ou azul-acinzentado (sem antirreflexo).
- Fabricantes: a Astro Power, Bharat Electronics, BHEL, BP Solar, Canrom, CEL, CellSiCo, Deutsche Cell, Eurosolare, GE Energy, GPV, Helios, Humaei, Isofoton, Kaifeng Solar Cell Factory, Kwazar JSC, Maharishi, Matsushita Seiko, Microsolpower, Ningbo Solar Energy Power, Pentafour Solec Technology, Photowat, RWE Schot Solar, Sharp, Shell Solar, Solartec, Solar Wind Europe, Solec, Solmecs, Solterra, Suntech, Sunways, Telekom-STV, Tianjin Jinneng Solar Cell, Viva Solar, Webel SL, Yunnan Semiconductor.

Figura 18 - Células de Silício Monocristalino



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

2.7.3 Silício Policristalino

Um dos processos de criação de silício policristalino mais utilizado é o de fundição de lingotes, onde o silício em estado bruto é aquecido no vácuo até uma temperatura de 1.500°C e depois resfriado até uma temperatura de 800°C. Pode-se aproveitar o processo de purificação do silício, e já adicionar o Boro. Nesse processo é utilizado menos energia. Serão

criados blocos de silício de 40x40 cm² com altura de 30 cm. O processo segue como o do silício monocristalino, com o corte, tratamento antirreflexo e criação dos contatos frontais.

- Eficiência: 13 – 15% (com antirreflexo).
- Forma: geralmente quadrada.
- Tamanho: 10x10 cm², 12,5x12,5 cm², 15x15 cm².
- Espessura: 0,3 mm
- Estrutura: durante o resfriamento, formam-se vários cristais de silício com orientações diversas. Essa formação multicristalina é facilmente reconhecida.
- Cor: azul (com antirreflexo), cinza prateado (sem antirreflexo).
- Fabricantes: Al-Afandi, Bpsolar, Deutsche Cell, ErSol, Eurosolare, GPV, KwazarJSC, Kyocera, Maharishi, Mitsubishi, Motech, Photovoltech, Photowat, Q-Cells, RWE Schot Solar, Sharp, Shell Solar, Solar Power Industries, Solartec, Solterra, Suntech, Sunways, Tianjin Jinneng Solar Cell.

Figura 19 - Células de Silício Policristalino



Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

2.7.4 Tabela de Eficiências

Tabela 2 - Eficiência dos Diferentes Tipos de Células Fotovoltaicas

Material	Eficiência em Laboratório	Eficiência em produção	Eficiência em produção em série
Silício Mono	24,7%	18%	14%
Silício Poly	19,8%	15%	13%
Silício Amorfo	13%	10,5%	7,5%
CIS, CIGS	18,8%	14%	10%
CdTe	16,4%	10%	9%

Fonte: Bluesol – Livro digital de introdução aos sistemas solares (2017)

2.8 Conceitos de Ferramentas Financeiras

Agora entraremos na área financeira com um estudo das ferramentas mais utilizadas pelos investidores para fazer uma análise de viabilidade de qualquer tipo de projeto

2.8.1 TMA (Taxa Mínima de Atratividade), Custo de Capital e de Oportunidade

A **taxa mínima de atratividade (TMA)** é a taxa mínima que um investidor exige para aceitar um novo investimento. Normalmente o ativo livre de risco de uma economia pode ser utilizado para este fim, como é o caso da taxa SELIC para o contexto brasileiro.

O custo de capital é o custo de uma empresa ter recursos financeiros (dinheiro) circulando dentro dela. Este custo é composto pelo custo do capital de terceiros (dívidas – empréstimos e financiamentos) e pelo custo do capital próprio (recursos dos sócios ou acionistas).

O custo de oportunidade é a opção que foi deixada de lado. Sempre que há uma escolha, há também uma renúncia, como diz o ditado popular. O custo de oportunidade representa a opção que foi renunciada.

Portanto, o custo de oportunidade não implica necessariamente em uma taxa. É um contexto econômico de ampla interpretação. Porém, quando trazido ao contexto financeiro o custo de oportunidade pode representar a rentabilidade que o investidor obteria na aplicação que não fez.

A taxa mínima de atratividade (TMA) e a análise de viabilidade econômica

No ambiente empresarial os gestores possuem diversas opções de projetos de investimentos para serem escolhidos. São exemplos dessas escolhas: a construção de uma nova linha de produção, trocar as máquinas do fornecedor A por máquinas do fornecedor B (com diferentes preços e capacidades), alugar ou comprar uma frota de carros, criar um novo produto ou oferecer um novo serviço.

A taxa mínima de atratividade, a TMA, é a taxa que será utilizada nos métodos de análise de viabilidade econômica para que um investimento seja (ou não) considerado viável. Normalmente neste contexto a TMA é igual ao capital da empresa.

Em outras palavras, para que um novo projeto de investimento seja aceito no âmbito empresarial é preciso que a rentabilidade esperada seja pelo menos superior ao custo que a empresa tem por manter recursos circulando dentro dela, seja na forma de capital próprio ou de capital de terceiros.

Os principais métodos para realizar análise de viabilidade econômica, também chamados de métodos de engenharia econômica, são: *payback* descontado, VPL, TIR e TIRM.

Veja como a taxa mínima de atratividade impacta em cada um dos métodos de análise de viabilidade econômica:

- ***Payback* descontado:** para encontrar o período que um investimento leva para pagar seu investimento inicial os fluxos de caixa são trazidos a valor presente utilizando a TMA;
- **Valor presente líquido – VPL:** a TMA é também utilizada para trazer os fluxos de caixa futuros de um projeto para valor presente;
- **Taxa interna de retorno – TIR – e Taxa interna de retorno modificada – TIRM:** a taxa mínima de atratividade – TMA – é usada para fins de comparação com a TIR. Um projeto será aceito se possuir uma TIR (ou TIRM) superior à TMA.

2.8.2 Payback

O *payback*, ou período de *payback*, refere-se ao tempo que um investimento leva para pagar o seu investimento inicial. Quando o *payback* é calculado sem descontar os fluxos de caixa futuros, então é chamado de *payback* simples.

Quando o cálculo utiliza uma taxa de desconto (a TMA – taxa mínima de atratividade) então é chamado de período de *payback* descontado.

2.8.3 Payback Simples

O *payback* simples (ou período de *payback*), ou período de *payback* é o método mais simples para se analisar a viabilidade de um investimento. É definido como o número de períodos (anos, meses, semanas etc.) para se recuperar o investimento inicial. Para se calcular o período de *payback* de um projeto, basta somar os valores dos fluxos de caixa auferidos, período a período, até que essa soma se iguale ao valor do investimento inicial.

Uma vez que o período de *payback* é encontrado quando os fluxos de caixa “pagam” o investimento, então basta somar os fluxos de caixa ao valor do investimento inicial, conforme a tabela a seguir:

Tabela 3 – Payback Simples

N	FC	SALDO
0	-1500	-1500
1	150	-1350
2	1350	0
3	150	
4	-80	
5	-50	

No exemplo, o *payback* é de **2 anos!**

Fonte: WR Prates (2018)

Vantagens do payback simples:

- Simplicidade e rapidez;
- É uma medida de risco do investimento, pois quanto menor o período de *payback*, mais líquido é o investimento e, portanto menos arriscado.

Desvantagens do payback simples:

- Não considera o valor do dinheiro no tempo;
- Não considera os fluxos de caixa após o período de *payback*;

- Não leva em conta o custo de capital da empresa.

O método do payback não é um método recomendado, embora seja muito usado na prática, principalmente por leigos em matemática financeira.

O principal problema deste método está em não considerar o valor do dinheiro no tempo, o que o torna um método matematicamente incorreto, pois destoa dos conceitos de relações de equivalência entre taxas da matemática financeira.

2.8.4 Payback Descontado

Este método é semelhante ao payback simples, mas com o adicional de usar uma taxa de desconto antes de se proceder à soma dos fluxos de caixa. Em geral esta taxa de desconto será a TMA.

Neste método, todos os fluxos de caixa futuro deverão ser descontados por esta taxa em relação ao período ao qual o fluxo está atrelado. Por exemplo, se desejássemos trazer a valor presente (VP) um fluxo que estivesse a 5 períodos futuros, o procedimento seria o seguinte:

$$VP_{FC_5} = \frac{FC_5}{(1 + TMA)^5},$$

Suponha que o valor desse fluxo é R\$500 e a TMA é 12%, então:

$$VP_{FC_5} = \frac{500}{(1,12)^5} = 283,71.$$

Logo, o payback descontado é igual ao payback simples, com a diferença de que considera os fluxos descontados (trazidos a valor presente) para encontrar quando os fluxos de caixa pagam o investimento inicial.

Confira agora o que ocorre com o payback descontado aplicado ao mesmo fluxo de caixa utilizado para exemplificar o payback simples, agora utilizando uma TMA de 10%:

Tabela 4 – Payback Descontado

N	FC	VP	VP ACUMULADO
0	-1500	-1500	-1500
1	150	136,36	-1363,64
2	1350	1115,70	-247,93
3	150	112,70	-135,24
4	-80	-54,64	-189,88
5	-50	-31,05	-220,92

Fonte: WR Prates (2018)

No caso deste exemplo, o investimento nunca irá se pagar! Isto ocorre porque o valor presente acumulado não chega a zero.

Segue outro exemplo para calcular o payback descontado, ainda com uma TMA de 10%:

Tabela 5 – Payback Descontado 2

N	FC	VP	VP ACUMULADO
0	-1500	-1500	-1500
1	0	0	0
2	0	0	0
3	450	338,09	-1161,91
4	1050	717,16	-444,74
5	1950	1210,80	766,05

Fonte: WR Prates (2018)

Percebe-se que desta vez o investimento terá, sim, um período de *payback* descontado, e este valor estará entre o fluxo de caixa 4 e o fluxo 5. Mas como encontrar o valor exato do momento em que ocorrerá o período de *payback*? Basta dividirmos o último fluxo de caixa

negativo pela soma do último fluxo negativo com o primeiro fluxo positivo, em valor absoluto, da seguinte forma:

$$\frac{|-444,74|}{|-444,74| + |766,05|} = \frac{444,74}{1210,79} = 0,37$$

Ou seja, além dos 4 anos, ainda será necessário mais 37% de um ano para que ocorra o período de payback descontado, isto é, 4,37 anos!

Vantagens do payback descontado:

- Continua simples e prático, como o payback simples;
- Resolve o problema de não considerar o valor do dinheiro no tempo.

Desvantagens do payback descontado:

- Apesar de considerar uma taxa de desconto, continua sem levar em conta os fluxos de caixa após o período de payback.

Conclusão: a diferença entre *payback* simples e descontado

O período de payback é um dos métodos mais simples para analisar a viabilidade econômica e financeira de um projeto de investimento. O payback simples é uma medida muito utilizada no dia a dia, principalmente quando precisamos fazer contas rápidas e não temos tempo para uma análise mais detalhada. Porém o período de payback simples é uma medida incorreta em termos de matemática financeira, pois não considera o valor do dinheiro no tempo.

O payback descontado resolve essa questão do valor do dinheiro no tempo, pois utiliza uma taxa de desconto em cada um dos fluxos de caixa futuros. Contudo, o payback descontado continua deixando a desejar em outros aspectos, como no fato de existirem fluxos de caixa negativos após o período de payback.

2.8.5 VPL (Valor Presente Líquido)

Um dos métodos mais conhecidos e utilizados para a análise de viabilidade econômica de projetos de investimentos é o valor presente líquido (VPL). Para entender em detalhes o que é

VPL será apresentado o conceito, a fórmula do VPL para cálculo manual e também um exemplo prático de como calcular este método e sua interpretação.

A matemática financeira ensina que não podemos simplesmente somar ou subtrair valores futuros que entrarão e sairão do caixa (fluxo de caixa) em um projeto de investimento. Isso ocorre porque deve ser considerado o valor do dinheiro no tempo!

O VPL é um método que consiste em trazer para a data zero todos os fluxos de caixa de um projeto de investimento e somá-los ao valor do investimento inicial, usando como taxa de desconto a taxa mínima de atratividade (TMA) da empresa ou projeto.

Fórmula do VPL

Matematicamente, o VPL é dado pela equação abaixo:

$$VPL = FC_0 + \frac{FC_1}{(1 + TMA)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TMA)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n}.$$

O termo FC_0 representa o fluxo de caixa do período zero, isto é, investimento inicial. Normalmente este termo entrará com sinal negativo na equação do VPL.

A fórmula do VPL também pode ser entendida da seguinte forma:

$$VPL = \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + TMA)^n}.$$

Comparativamente a outros métodos de análise de investimentos, como o payback descontado e a taxa interna de retorno, o VPL é o método mais recomendado sob o ponto de vista econômico. Veja a seguir as principais vantagens e desvantagens do VPL — Valor Presente Líquido.

Principais vantagens do VPL

- Leva em conta o valor do dinheiro no tempo.
- Leva em conta o custo de capital da empresa (TMA).
- Pode ser aplicado a qualquer fluxo de caixa (convencional e não convencional).
- Pressupõe a reinversão dos fluxos de caixa à TMA.

Principais desvantagens do VPL

- Exige o conhecimento de diversos parâmetros, principalmente no que tange uma precisa estimativa dos fluxos de caixa que serão utilizados para análise.
- O VPL é definido em termos absolutos (unidades monetárias) ao invés de relativos, não levando em conta a escala do projeto.
- O VPL também não considera a vida do projeto, isto é, o prazo de duração de cada projeto. Por isso, de forma análoga ao problema de escala, um projeto com maior duração possui um viés para apresentar um VPL superior, mesmo que não seja a melhor opção, caso fosse possível repetir o projeto de menor duração por algumas vezes.
- No VPL, projetos grandes, que envolvem um grande montante de investimento inicial, tendem a apresentar um VPL superior a projetos menores, mesmo que estes projetos grandes não sejam necessariamente melhores em termos relativos.

2.8.6 TIR (Taxa Interna de Retorno)

A TIR, a Taxa Interna de Retorno de um empreendimento, é uma medida relativa – expressa em percentual – que demonstra o quanto rende um projeto de investimento, considerando a mesma periodicidade dos fluxos de caixa do projeto.

A TIR é a taxa que zera o VPL e vem do inglês *Internal Rate of Return* – IRR. É um método de análise de investimentos e engenharia econômica muito utilizado. Porém, para entender em detalhes o que é TIR (taxa interna de retorno) é preciso ter em mente que alguns cuidados são necessários, os quais serão explicados em detalhes a seguir.

A TIR, abreviação de Taxa Interna de Retorno, é um método muito utilizado na análise de viabilidade econômica de projetos de investimentos devido à facilidade de interpretar o seu resultado: um percentual de rentabilidade do projeto que está sendo analisado.

É importante lembrar que a TIR não deve ser confundida com outras taxas de retorno, indicadores de rentabilidade ou com algum tipo de margem de lucro de uma empresa. Cada indicador possui seu próprio conceito e aplicação.

Veja um exemplo da TIR: se a taxa interna de retorno (TIR) de um projeto é de 15% e os fluxos de caixa são anuais, então significa que este projeto irá gerar um retorno anual de 15%.

Como analisar se a TIR de um projeto é boa? Para interpretar o resultado da taxa interna de retorno é preciso fazer uma comparação com a TMA — taxa mínima de atratividade. A TMA representa o percentual mínimo de retorno que um projeto deve gerar para ser aceito.

Na pessoa física, a TMA poderia ser a rentabilidade gerada por um investimento de baixo risco, como uma aplicação em Tesouro SELIC (antiga LFT), por exemplo. Já para empresas, a TMA costuma ser o custo de capital, ou seja, o custo de a empresa ter recursos próprios e de terceiros em suas mãos.

Qual é a fórmula da TIR?

Matematicamente, esta taxa interna de retorno (TIR) pode ser encontrada igualando a equação do VPL a zero e resolvendo a seguinte expressão:

$$0 = FC_0 + \frac{FC_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

Simplificando, a equação pode ser reescrita em termos gerais da seguinte forma:

$$0 = \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

Exemplo de cálculo da TIR

Aqui consideramos um fluxo de caixa já utilizado em outro artigo do blog (veja: “O que é VPL?”).

A seguir é apresentada uma tabela com a TIR calculada para os dois projetos de investimentos em questão. Também é apresentado o VPL dos projetos, considerando uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 10%.

Tabela 6 – Exemplo de Cálculo do VPL

N	FC(A)	FC(B)
0	-1500	-1500
1	150	150
2	1350	300
3	150	450
4	-80	600
5	-50	1875
VPL	R\$(220,92)	R\$796,42
TIR	0,74%	22,79%

Fonte: WR Prates (2018)

Na tabela, ao compararmos os dois projetos e considerarmos uma TMA de 10%, então o projeto B deveria ser escolhido, pois sua TIR é superior à TMA!

Vantagens da taxa interna de retorno (TIR)

- Considera o valor do dinheiro no tempo.
- É fácil para comparar projetos de investimentos, pois leva em conta a escala e a vida dos projetos, devido ao seu caráter relativo (resultado expresso em percentual) e não absoluto, como o VPL.

Desvantagens da taxa interna de retorno (TIR)

- Pressupõe a reinversão dos valores à própria TIR (resultando em taxas “sub” ou superestimadas).

- Pode haver múltiplas taxas de retorno, ou mesmo não ter solução, dependendo do fluxo de caixa do projeto.
- Não é recomendada em situações de projetos com fluxo de caixa não convencional.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Introdução

O estudo de caso foi baseado na análise de viabilidade técnico-econômica de um projeto de usina solar na potência de 5MW, na modalidade de aluguel de equipamento e no contexto da geração distribuída dentro do território brasileiro.

Esse estudo tem como objetivo principal, mostrar para possíveis investidores de fora ou de dentro do Brasil, a viabilidade financeira em um modelo de negócio ainda pouco utilizado e reconhecido dentro da energia solar. Para isso, buscamos entender todos os mínimos detalhes de custos, riscos, normas, contratos, formas de investimento, possibilidades e diferentes topologias, modelo de investimento e tudo mais. Após todas essas análises, montamos um estudo financeiro com todo embasamento dos itens citados acima e que possa estar o mais real possível para apresentação do projeto para o investidor.

O estudo foi baseado nas resoluções normativas ANEEL nº 482/2012 e 687/2015 e também no convenio CONFAZ nº 16/2015, tendo em vista o levantamento de todas as opções possíveis de utilizar ao máximo os benefícios dessas normas e convênio para que traga um melhor retorno financeiro para o investidor e para a captação de clientes que irão usufruir na energia gerada pela usina.

A modalidade que vamos trabalhar é de aluguel de equipamentos através de contrato para clientes conectados em baixa ou média tensão e oferecer a eles um desconto da tarifa atual junto à concessionária de até 20%.

Essa modalidade basicamente resume na construção de uma usina solar por uma determinada empresa e após sua construção e homologação na concessionária, pode ser feito contratos de aluguel de equipamentos para um determinado cliente de 10 a 20 anos se comprometendo a pagar um determinado valor por esse aluguel que custa menos do que ele paga na conta de luz atual. Ao assinar esse contrato, ele se beneficia da eletricidade gerada pela usina solar através de créditos em kWh na sua conta de luz, fazendo que pague unicamente sua taxa de disponibilidade ou demanda contratada.

Dessa maneira o cliente tem um incentivo direto, sem necessidade de qualquer investimento inicial ou descapitalização, praticamente zerando sua conta de luz junto à concessionária e pagando unicamente uma mensalidade com custo reduzido do aluguel do equipamento.

Agora vamos ao estudo completo de viabilidade técnico-financeiro desse modelo de negócio!

3.2 Análise do Mercado de Energia no Brasil

O primeiro passo para fazer uma apresentação a qualquer investidor de uma determinada área e produto, precisamos entender o mercado e sua projeção.

O aumento de consumo de energia dos brasileiros, assim como a maioria dos produtos, é baseado na projeção do PIB (Produto Interno Bruto).

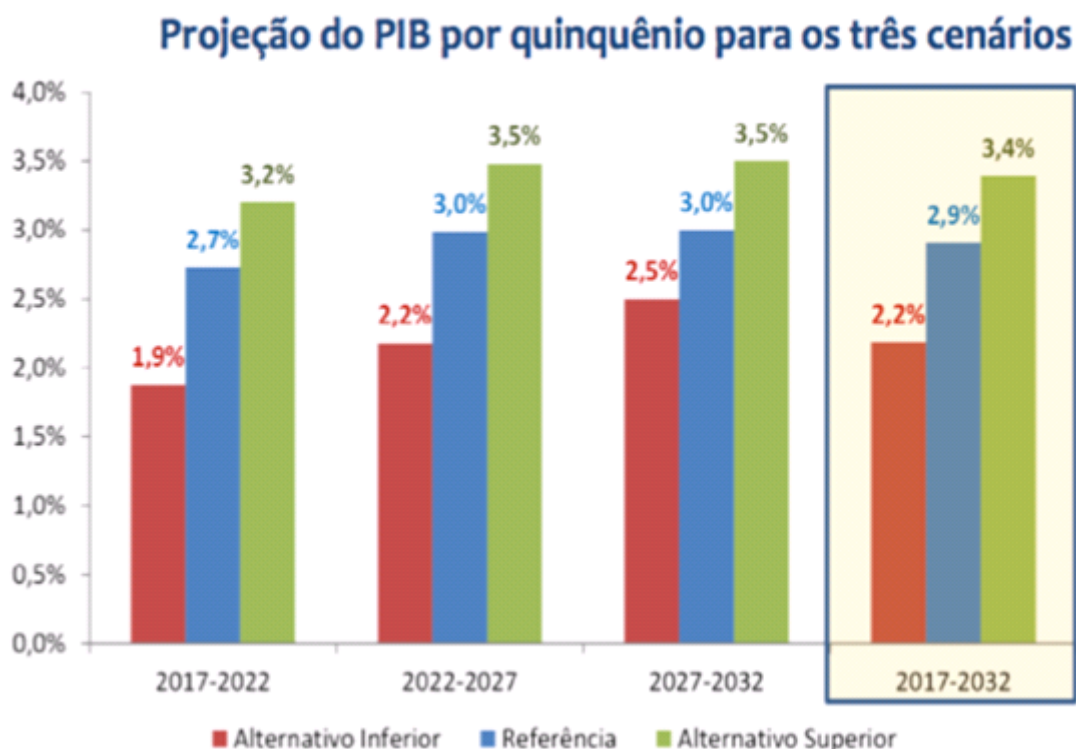
3.2.1 Projeção de Consumo no SIN (Sistema Integrado Nacional de Energia)

Um estudo feito em 2018 pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética) mostra que o PIB per capita alcança, nos cenários inferiores, referência e superior, o patamar de R\$ 39 mil, R\$ 42 mil e R\$ 47 mil, respectivamente, a preços constantes de 2016.

Com isso, espera-se um maior consumo das famílias tanto de bens quanto serviços, com impacto sobre o consumo de energia, especialmente das classes residenciais e comerciais.

O gráfico abaixo mostra a projeção do PIB por quinquênio para os três cenários.

Figura 20 – Projeção do PIB



Fonte: EPE (2018)

Essa recuperação gradual da demanda interna, iniciada em meados de 2017, foi impulsionada pela redução da inflação e da taxa de juros a patamares historicamente baixos, além da liberação do saldo das contas inativas do FGTS, ocorrida em meados de 2017. Tais fatores contribuíram para um aumento do poder de compra da população. Também pesou o cenário internacional favorável, com ambiente de alta liquidez e maior crescimento da economia americana e europeia.

Para 2018, espera-se que alguns desses fatores continuem estimulando a demanda interna. A política monetária expansionista do ano passado ainda não teve seus efeitos completamente repassados pela economia real, o que pode levar a um maior crescimento em 2018. Além disso, o alto nível de ociosidade ainda existente na indústria de transformação possibilita a expansão da produção sem necessidade de novos investimentos.

Não se pode deixar de considerar alguns riscos para o cenário. No cenário externo passou a apresentar alguns eventos de maior risco e que também impactaram no movimento recente do câmbio. Além disso, a taxa de desemprego permanece em patamares elevados (IBGE) e a

confiança dos agentes, embora crescendo, ainda permanece pessimista no caso do comércio e do consumidor, e próximo da neutralidade, no caso da indústria.

Nos anos seguintes, a continuidade de uma trajetória crescente do PIB brasileiro dependerá de um cenário de maior previsibilidade de forma a assegurar os investimentos necessários para viabilizar o crescimento econômico, especialmente, aqueles relacionados à infraestrutura, que têm impactos significativos sobre a produtividade da economia.

Sendo assim, espera-se um crescimento gradual no período 2018-2022, conforme pode ser visto na tabela abaixo, alcançando uma média de 2,7% a.a. no quinquênio.

Tabela 7 – Expectativa de Crescimento de PIB (% a.a) – 2018-2022

Indicador	2018	2019	2020	2021	2022
PIB	2,6%	2,6%	2,7%	2,8%	2,8%

Fonte: EPE (2018)

Considerando as premissas básicas, descritas anteriormente, a projeção do consumo alcança, no cenário de referência, o montante de 787,5 TWh em 2032, o que equivale a um crescimento médio anual de 3,6%. A figura abaixo ilustra a evolução por classe do consumo na rede para o cenário em questão. Comparativamente aos demais setores, a indústria é a que apresenta menor crescimento (2,9% a.a.). De fato, o setor industrial, nos últimos 15 anos, cresceu bem abaixo das demais classes, em um contexto de perda de competitividade da atividade no país, ligada a questões tributárias e logísticas, assim como também em função do ciclo econômico de recessão. Espera-se que, ao longo dos próximos quinze anos, a solução gradual desses entraves e a retomada da atividade econômica implicarão em um ritmo de perda de participação industrial mais lento, chegando a 32,6% de participação no consumo na rede em 2032.

Figura 21 – Projeção do Consumo do Brasil na Rede para os Próximos 15 anos no Cenário de Referência

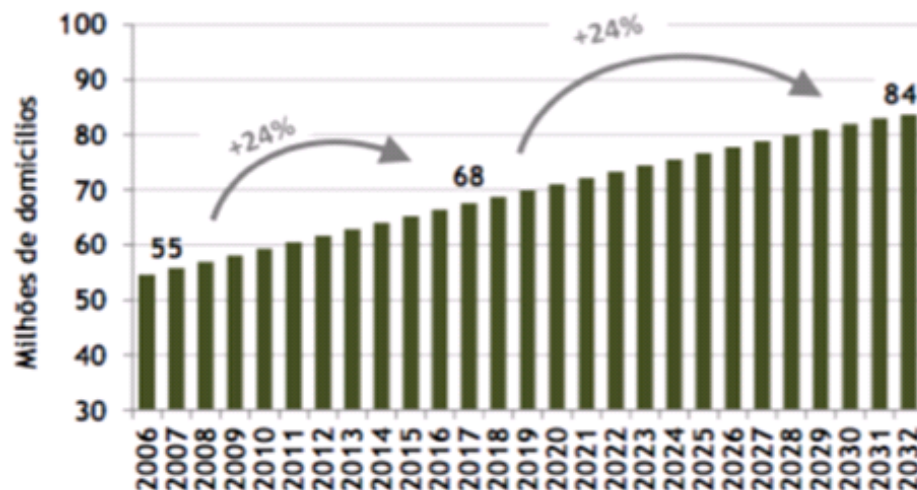


Fonte: EPE (2018)

Além de considerarmos todo o aumento de consumo dos brasileiros para os próximos anos, devemos levar em consideração também a evolução esperada de domicílios da população brasileira.

O número de domicílios particulares permanentes vem crescendo em todas as regiões do país. Para o período que se estende de 2018 a 2032, espera-se uma continuidade desta trajetória. Conforme pode ser visto na figura abaixo, em 2032, a expectativa é de que exista cerca de 84 milhões de domicílios no país, um aumento de 15 milhões em relação a 2018.

Figura 22 – Evolução Esperada de Domicílios



Fonte: EPE (2018)

A importância de se levantar todos esses dados se dá pela constatação da necessidade que o país tem de investimentos em fontes de energia para poder suprir toda essa nossa demanda futura de acordo com as projeções feitas.

Outra observação que podemos fazer é que nossa principal fonte de energia, que é a hidráulica, já estão sendo proibidas construções em determinados estados, pois apesar de ser uma fonte de energia renovável e não poluente, a usina hidrelétrica não está isenta de grandes impactos ambientais e sócias.

Por isso, outras fontes renováveis como solar e eólica, ganham muita força no atual cenário, assim como mostra a tabela abaixo.

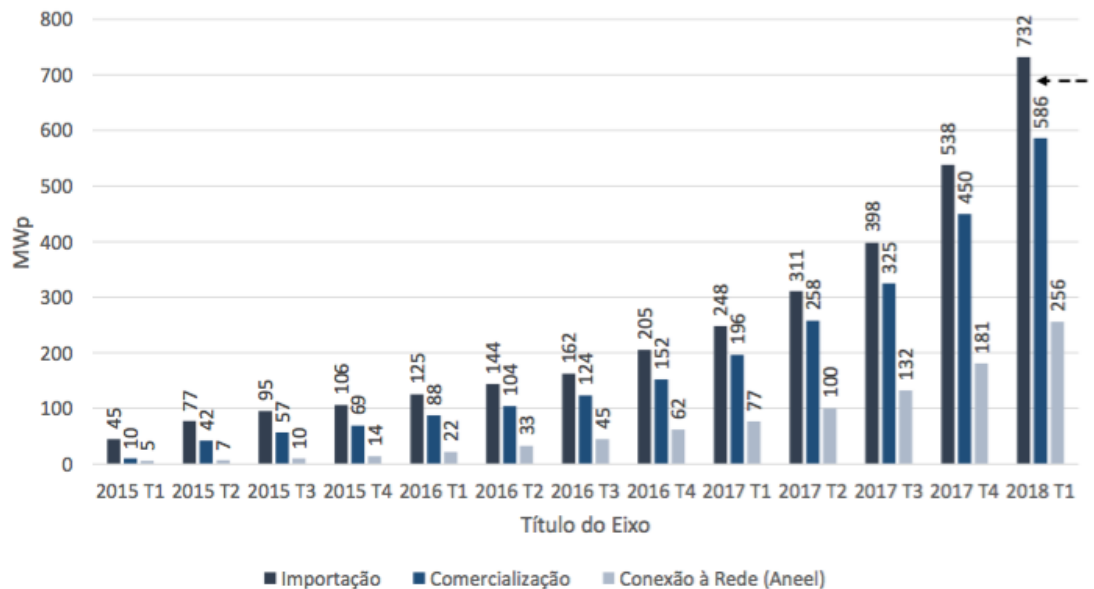
Tabela 8 – Projeção de Expansão em Diferentes Fontes de Energia

Tipo	2016		2021		Crescimento	
	MW	%	MW	%	MW	%
Hidráulica	102.008	71,47%	114.297	68,09%	12.289	12%
Gás/GNL	12.414	8,70%	14.548	8,67%	2.134	17%
Eólica	9.754	6,83%	16.589	9,88%	6.835	70%
Biomassa	7.775	5,45%	8.295	4,94%	520	7%
Óleo / Diesel	4.732	3,32%	4.732	2,82%	-	0%
Carvão	3.174	2,22%	3.478	2,07%	304	10%
Nuclear	1.990	1,39%	1.990	1,19%	-	0%
Outras	867	0,61%	1.308	0,78%	441	51%
Solar	18	0,01%	2.624	1,56%	2.606	14478%
Total	142.732	100%	167.861	100%		

Fonte: Próprio autor (2018)

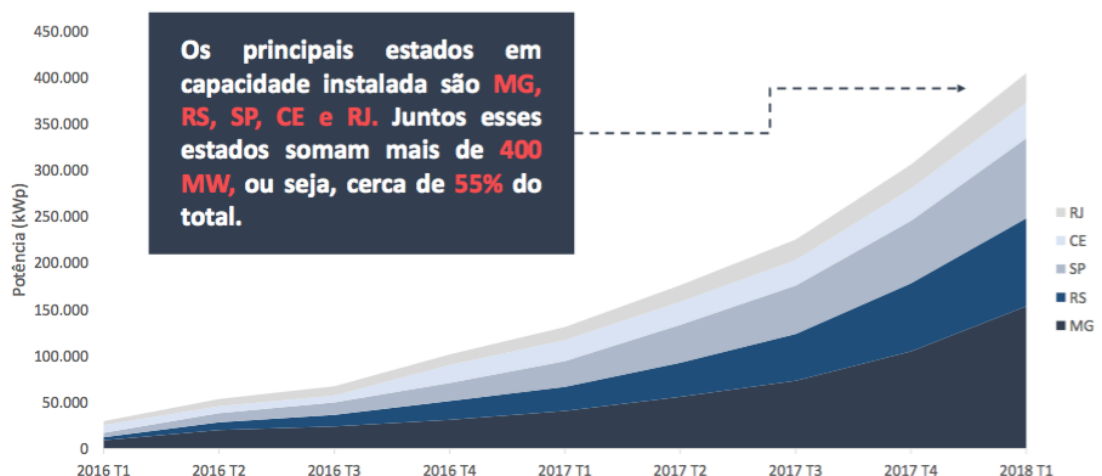
3.2.2 Evolução do Mercado de Energia Solar dentro da GD

Crescimento médio do acumulado de importação de módulos de 124% ao ano desde 2015, atingindo no 1o Trim. de 2018 um total de aproximadamente 732 MW. A comercialização atingiu 586 MW.

Figura 23 – Evolução da GD Acumulada

Fonte: Greener– Workshop usinas fotovoltaicas 2018

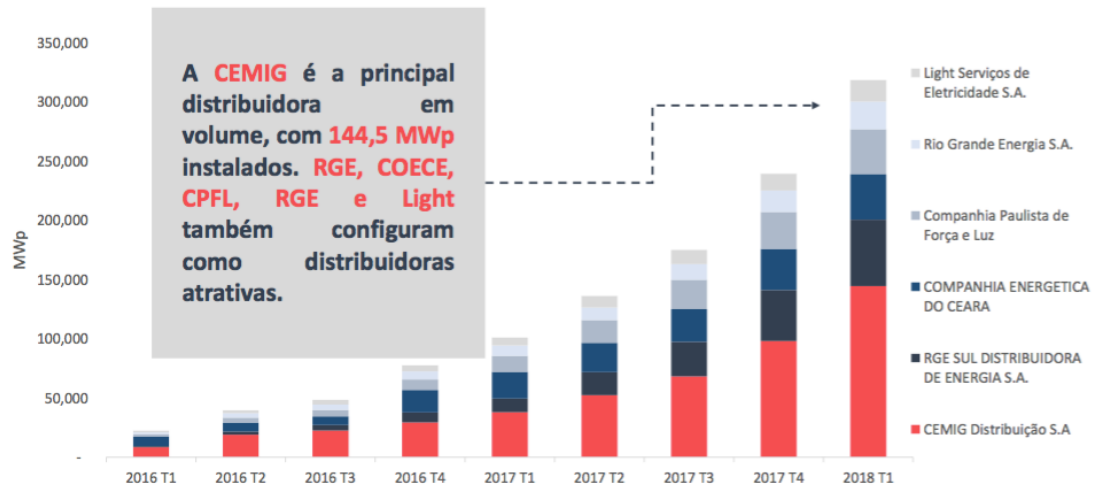
Os principais estados em capacidade instalada são MG, RS, SP, CE e RJ. Juntos esses estados somam mais de 400 MW, ou seja, cerca de 55% do total.

Figura 24 – Evolução Principais Estados

Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

Minas Gerais se destaca, muito por que foi o primeiro estado, junto com a CEMIG, a se adaptar com as normas e treinar sua equipe na distribuidora. Também ajudou muito devido ao alto custo por kW/h que os clientes pagam na região.

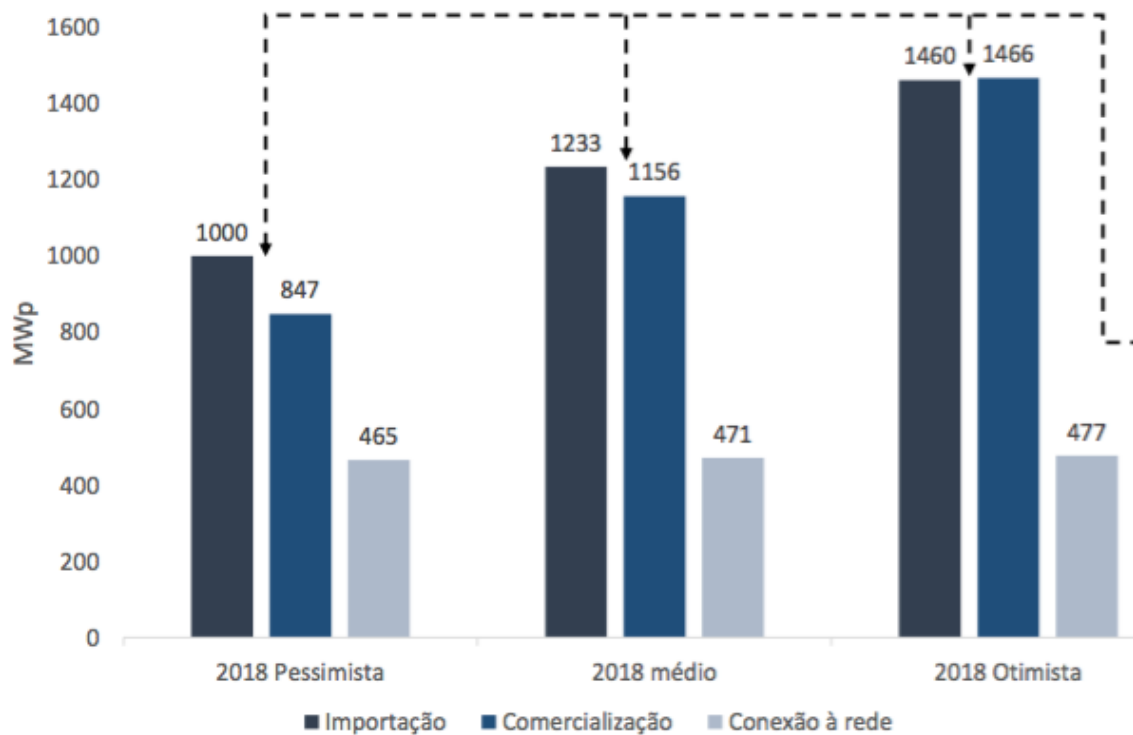
Figura 25 – Evolução por Distribuidora



Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

A previsão para a GD é que o total importado irá atingir valores em torno de 1 GW, caso não tenhamos significativa elevação dos custos dos equipamentos (preço de módulo e cambio).

Figura 26 – Previsão de Módulos Dez/2018



Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

Agora que já analisamos o mercado e identificamos a real necessidade de investimento em diferentes fontes de energia, vamos fazer uma breve introdução das normas que irão nos amparar para o estudo da nossa usina.

3.3 Resolução Normativa ANEEL N° 482/2012

A resolução 482 da ANEEL foi o marco regulatório que permitiu aos consumidores realizar a troca da energia gerada com a da rede elétrica, criando as regras e o sistema que compensa o consumidor pela energia elétrica injetada na rede.

Na regulamentação do processo de injeção e consumo de energia elétrica, criou-se o sistema de compensação de energia elétrica. Nele, toda a energia ativa, em Wh, injetada na rede pelo sistema gerador de uma unidade consumidora, é emprestada gratuitamente à distribuidora local e posteriormente compensada sobre o consumo de energia elétrica ativa, também em Wh, dessa mesma unidade consumidora ou de outra. Porém ambas devem pertencer ao mesmo titular em CPF ou CNPJ, cabendo ao consumidor definir a ordem de compensação dessas unidades, excluindo-se a unidade consumidora geradora, que deve, necessariamente, ser a primeira a ter seu consumo compensado.

Os créditos energéticos permanecem válidos podendo ser compensados em um prazo de até 36 meses, já que a energia elétrica gerada pela central pode ser superior à consumidora ocasionando o acúmulo de créditos a serem utilizados em meses posteriores.

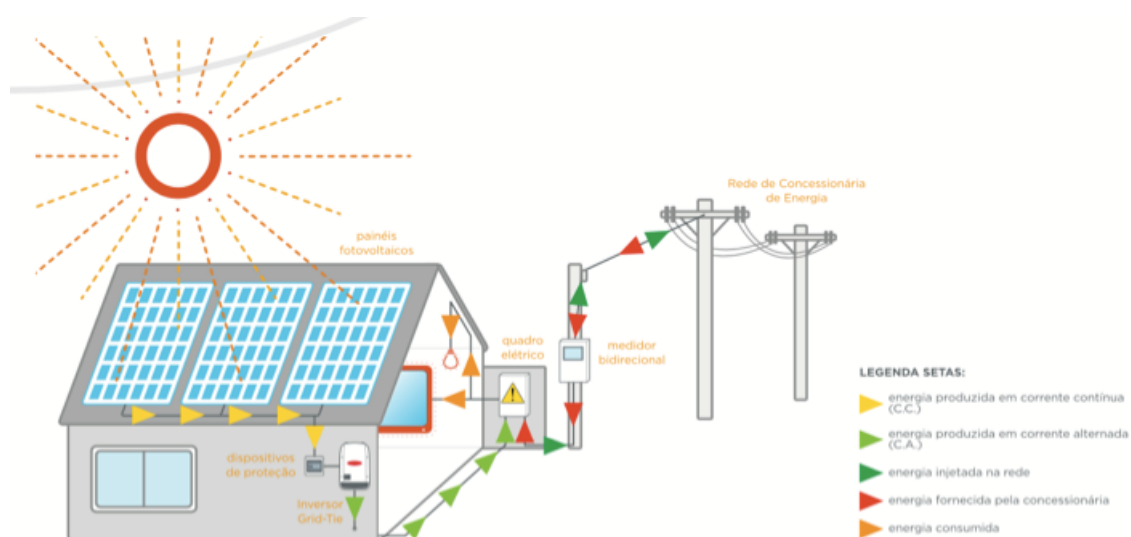
Para o dimensionamento da potência instalada das centrais geradoras, definiu-se que para os consumidores do grupo A (alta tensão), atendidos em tensão igual ou superior a 2,3 kV (quilovolt) ou por sistema subterrâneo de distribuição, caracterizado pela tarifa binômia (aplicada ao consumo e à demanda faturável), a potência total da central geradora fica limitada à demanda contratada presente na conta de energia elétrica da unidade consumidora.

Para os consumidores do grupo B (baixa tensão), que são atendidos por tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia (aplicável apenas ao consumo), a potência das centrais limita-se à carga instalada da unidade.

Ainda, segundo a Resolução 482 da ANEEL, para o faturamento dessa energia fica definido que; para consumidores do “grupo A” deve ser cobrado, no mínimo, o valor referente à demanda contratada. Pois existe a possibilidade da geração suprir completamente o consumo ativo de energia elétrica, não havendo faturamento excedente a ser cobrado.

Para os consumidores do “grupo B”, deverá ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade de acesso à rede, quando não houver consumo ativo faturado. Nos demais casos serão cobrados o consumo ativo, já subtraído os créditos energéticos do sistema de compensação da resolução 482 da ANEEL.

Figura 27 – Sistema de Compensação de Energia



Fonte: ION Energia – Apostila de treinamento (2018)

3.4 Resolução Normativa ANEEL Nº 687/2015

Com a entrada em vigor da Resolução Normativa no. 687 de 24 de novembro de 2015, em 01 de março de 2016, a Resolução 482 da ANEEL sofre grandes atualizações, impactando diretamente sobre o mercado de energia elétrica para micro e minigeradores distribuídos, pois cria novos nichos de consumidores e possibilidades de negócios.

Além disso, diminui o processo burocrático para a inserção das centrais geradoras junto às concessionárias de energia elétrica, beneficiando também de forma direta, a mão de obra capacitada, com o surgimento de novos postos de trabalho.

Das principais alterações, destacam-se o aumento no prazo para uso dos créditos energéticos, que saltou de 36 para 60 meses; o período para a aprovação do sistema fotovoltaico junto à concessionária também mudou, de 82 para 34 dias e a potência limite para micro e minigeração distribuída também sofreu alteração, compreendida por:

- Microgeração – Sistema gerador de energia elétrica através de fontes renováveis, com potência instalada inferior ou igual a 75 kW
- Minigeração – Sistema gerador de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW (para fonte hídrica) e menor ou igual a 5 MW para as demais fontes renováveis (Solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada).

Os principais pontos da Resolução 687 foram as novas modalidades para geração distribuída:

Ainda nesse sentido, as unidades consumidoras que fazem o uso da geração distribuída para compensar o consumo de energia ativa através de créditos energéticos agora podem ser classificadas por três modalidades adicionais, a saber:

- **Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras**

Condomínios verticais e/ou horizontais, situados em mesma área ou área contígua, com o sistema gerador instalado em área comum, onde as unidades consumidoras do local e a área comum do condomínio sejam energeticamente independentes entre si.

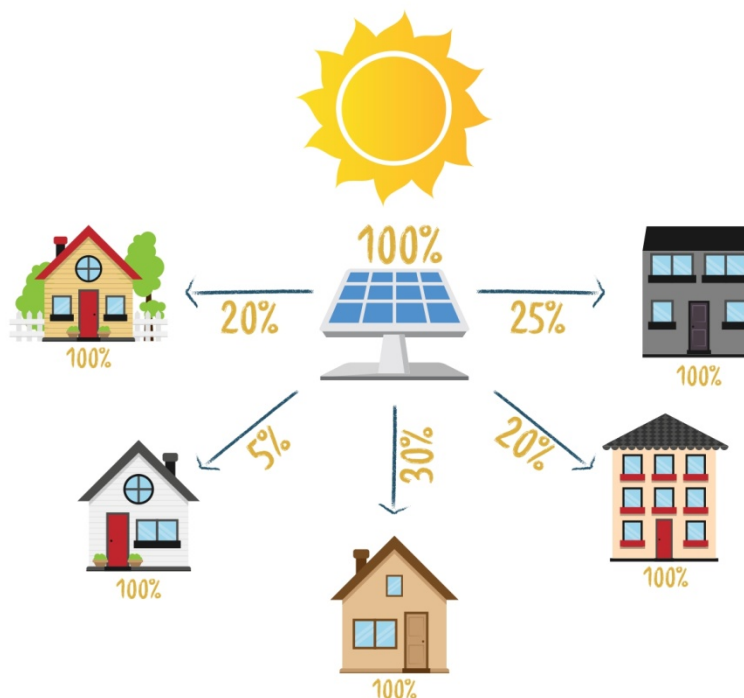
Assim, os créditos energéticos gerados são divididos entre os condôminos participantes e a área comum do empreendimento, sob responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do local.

- **Geração compartilhada**

Consumidores de CPF ou CNPJ distintos, abastecidos pela mesma concessionária distribuidora, associados por meio de cooperativa ou consórcio, respectivamente, onde a unidade micro ou minigeradora fica em local diferente das unidades consumidoras

compensatórias. Em outras palavras, através da geração compartilhada os consumidores se unem na geração de energia elétrica.

Figura 28 – Geração Compartilhada



Fonte: Segundo Sol (2018)

- **Autoconsumo remoto**

Consumidores pessoa física que possuem unidades consumidoras de mesma titularidade, onde a geração distribuída de energia elétrica está em local diferente dos locais que fazem uso dos créditos energéticos.

E, consumidores pessoa jurídica que possuem unidades consumidoras em mesmo CNPJ, incluindo matriz e filial, onde a geração distribuída de energia elétrica está em local diferente dos locais que fazem uso dos créditos energéticos.

As novas definições de potência para grupos de consumidores (A e B)

A potência da micro ou minigeração distribuída também sofre mudanças da configuração original contida na resolução 482 da ANEEL, através da nova resolução, tendo como único parâmetro limitante a potência disponibilizada pela concessionária local à unidade consumidora.

Para os consumidores do “grupo B”, que ficavam limitados pela carga instalada da unidade, agora podem estimar a potência máxima instalada do sistema gerador multiplicando-se o valor da capacidade de corrente do disjuntor geral pela tensão nominal, disponíveis no ramal de entrada (relógio de luz).

Caso necessitem de potência instalada superior, basta que solicitem o aumento da potência disponibilizada pela concessionária de energia elétrica.

No caso de empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, entende-se como potência disponibilizada àquela contratada pelo condomínio.

Por fim, ainda como um dos principais destaques da atualização da Resolução 482 da ANEEL, fica vedada a concessão do acesso à rede por parte de concessionária local quando caracterizada a venda de créditos energéticos por parte dos consumidores geradores a outrem e, no caso de geração remota em área locada, que caracterize a relação de cobrança de mensalidade em proporção a energia gerada (ANEEL, 2015).

Em nosso estudo, iremos trabalhar de acordo com REN 687 e mais em específico com as modalidades abaixo:

- **Geração compartilhada** – para construção de uma usina que será dividida entre clientes com CNPJs ou CPFs diferentes. Nesse caso com a criação de um consórcio ou cooperativa, que nos possibilita a distribuição dos créditos em kWh.
- **Autoconsumo Remoto**– para um único cliente com várias Unidades Consumidoras que deseja fazer uma usina para suprir do seu consumo.

Agora que conhecemos a necessidade de investimento em solar e quais embasamentos teremos que seguir para a construção do nosso estudo, vamos para usina solar.

3.5 Plano de Negócio

O primeiro passo para iniciarmos o estudo de um novo projeto é realizarmos um plano de negócio.

Abaixo iremos detalhar um pouco mais dos itens principais do nosso plano de negócio:

- **Modelagem Financeira**

Estruturação de uma modelagem preliminar do empreendimento, já detalhando o CAPEX e OPEX e considerando diversos tipos de estrutura de capital.

- **Aspectos Regulatórios**

Cada estado possui uma regulamentação própria referente à cobrança do ICMS ou a questões ambientais que devem ser observadas. Geralmente não é necessária licença ambiental para usinas até 5MW.

- **Definição de Clientes**

Devem-se analisar quais os possíveis clientes da usina, se a conexão é na média ou baixa tensão, o poder de compra desses clientes, o possível desconto que será dado.

- **Avaliação do Local**

Avalia-se aspectos de produtividade do local, análise de distribuidoras e tarifas, custo de arrendamento ou compra de terras, acesso a subestação ou redes de distribuição mais próxima. Nesse caso deve avaliar mais de uma opção de terreno.

1. Disponibilidade hídrica, topografia do terreno: Ter acesso a água e topografia favorável, com solo adequado e que não cause sombreamento nos painéis.
2. Acesso ao local: Vias de difícil acesso podem impactar no cronograma de execução da obra da usina ou posteriormente em possíveis manutenções.
3. Prospeção de clientes: Regiões de concentração de renda alta com tarifas elevadas de energia e com uma boa produtividade.
4. Custos do Terreno: Entre R\$ 40.000,00/ha e R\$60.000,00/ha para retornos mais atrativos.
5. Área disponível para a construção da usina: Aproximadamente 8 hectares para uma usina de 5MW.
6. Medição Solarimétrica: Para validar a medição satelital e ter uma boa projeção de geração de energia.

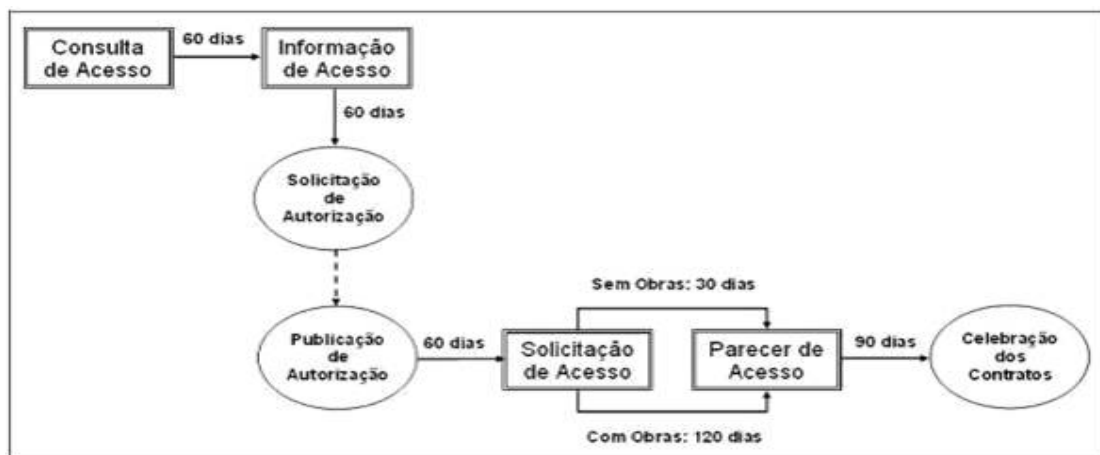
3.6 Desenvolvimento para Geração Distribuída

Agora vamos os itens necessários para um correto desenvolvimento do projeto de geração distribuída.

- Validação da Modelagem Financeira: É realizada a validação do modelo financeiro de forma que o investidor esteja seguro com a relação à rentabilidade dos projetos.
- Mapeamento dos Fornecedores.
- Engenharia Básica: Definição da Topologia e equipamentos principais da usina.
- Aspecto de Infraestrutura.
- Conexão à rede: Informações e parecer de acesso realizado junto à concessionária. Estudos para a conexão a rede: fluxo de potência, estabilidade e harmônicos.
- Estrutura Jurídica.
- RFQ (Request for Quotation): Orçamento nivelado e padronizado com diferentes fornecedores.

Exemplo do Processo de Parecer de Acesso:

Figura 29 – Exemplo de Parecer de Acesso



Fonte: Próprio autor (2018)

3.7 Estruturação do Projeto GD

Essa parte é a mais importante para o avanço do projeto, onde destacamos as principais frentes do projeto e quais ações devemos tomar para cada uma delas.

- **Engenharia Executiva:** Dimensionamento do projeto com todo seu detalhamento (especificação dos módulos, inversor, cálculo de condutores, bitolas, dispositivos de proteção, eletrodutos, entre outros).
- **Seleção de fornecedores:** É realizada a avaliação das tecnologias e equipamentos existentes no mercado e é feita a seleção de serviços e fornecedores.
- **Definição do Cronograma:** Através de informações de todos envolvidos e uma discussão em grupo, definimos o cronograma da obra, tentando ao máximo realizar serviços em paralelo para otimizar tempo.
- **Cotação de EPC:** É realizada a seleção de EPC, que pode ser no modelo *full EPC*, *lean EPC* ou *full service*.
- **Licenciamentos:** Cada estado tem suas leis para licenciamento em diferentes potências de usina. Devemos, na fase de estruturação, buscar essas leis específicas para implantação da usina solar de até 5MW. Normalmente não se exige licenciamento para essa potência, ou no máximo uma licença simples.
- **Oficialização junto aos clientes:** Elaboração dos contratos com os clientes e estruturação jurídicas do modelo de negócio que vai ser realizado.
- **Projeto Financeiro:** Montar o fluxo de caixa e o DRE (Demonstrativo do Resultado) do projeto. Nele devemos encontrar a TIR (Taxa Interna de Retorno) e VPL (Valor Presente Líquido) do estudo, que são principais indicadores onde se aprova ou reprovamos o projeto.

3.8 Implantação do Projeto

Agora vamos detalhar o processo de implantação do sistema, especificando os detalhes de cada passo.

- **Supply Chain:** Processo de fornecimento de todos os materiais, podendo ser de fornecedores locais, distribuidores ou importação. É importante analisar qual o melhor modelo de compra de equipamentos para o projeto.
- **Auditoria:** Esse nível de projeto é importante realizar uma auditoria com empresas certificadas no mercado, onde possa nos ajudar e buscar pontos que passamos

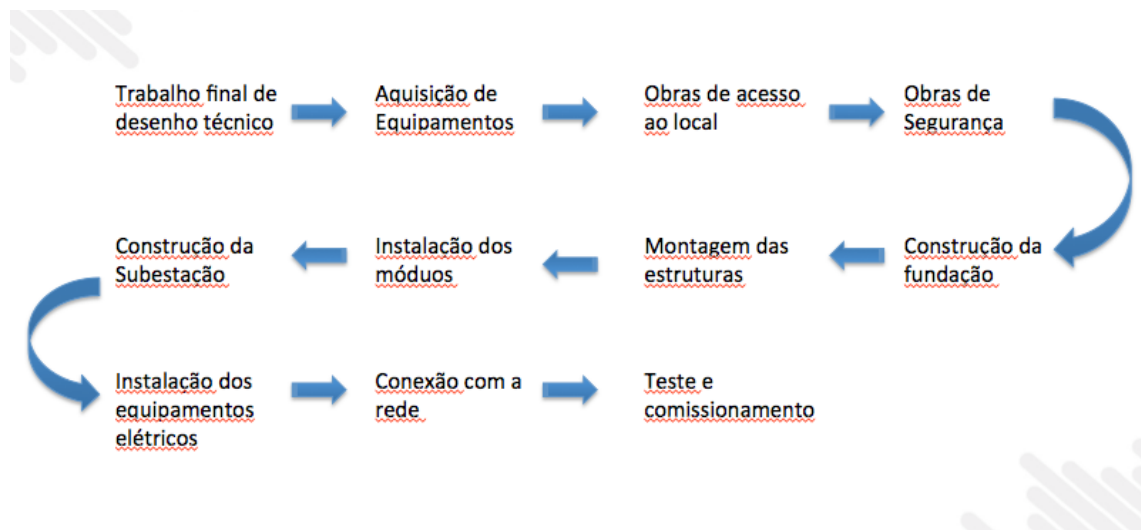
despercebidos. E no final recebemos um certificado de projeto aprovado por empresa auditora.

- **Construção:** Faz parte dessa etapa as construções referentes às obras civis, infraestrutura elétrica, montagem das estruturas mecânicas, painéis, inversores, cabamentos e sistema de proteção.
- **Conexão à rede:** A conexão à rede só é realizada após a aprovação da concessionária e por esse motivo o parecer de acesso é iniciado muito antes do fim da obra.
- **Comissionamento:** É realizado após a conclusão da obra. É nesta etapa que é feito o teste para conferir se os equipamentos foram instalados de acordo com o projeto e se estão instalados devidamente.

Exemplo do Processo de Construção

Para um bom desenvolvimento de uma usina solar, deve-se seguir o seguinte procedimento de construção:

Figura 30 - Procedimento de Construção



Fonte: Próprio autor (2018)

3.9 Operação e Manutenção (O&M)

São todos os custos que devemos nos preocupar no decorrer dos anos do projeto, após seu *start-up*, durante o processo de geração da usina.

- **Gestão de contratos e clientes:** Esta etapa só é realizada em usinas de geração compartilhada, pois este modelo necessita do controle de diversos clientes, vendas e cobranças.
- **Contratação da Manutenção:** Faz parte da manutenção de usinas a limpeza, que retira sujeira e poeira. Além da manutenção que acontece também nos elétricos e cabeamentos.
- **Monitoramento:** Deve ser realizado para aliviar o desempenho da usina, ajudando no gerenciamento e prevenindo com que falhas atrapalhem a geração.
- **Segurança:** Geralmente, os empreendimentos estão em lugares remotos e podem ser alvos de vandalismo. Equipamentos de segurança, alarme e controle remoto da usina, podem ser uma boa alternativa para a redução de custos, visto que vigias ou seguranças têm um grande impacto nos custos de O&M.

Pontos de Atenção da Operação e Manutenção

Operação e manutenção têm papel crucial para a rentabilidade do empreendimento. O seu inadequado dimensionamento pode gerar riscos aos ativos ou prejudicar a produtividade da usina.

3.10 Riscos Envolvidos em Todo o Processo de Implementação de Usinas em GD

3.10.1 Riscos Regulatórios

- **Aumento do custo de demanda da UFV:** Usinas GD São consideradas unidades consumidoras. Para usinas faturadas em média/alta tensão, há o custo fixo de demanda contratada. Assim, em caso de um único ponto de conexão à rede, haverá esse custo que irá variar anualmente devido às revisões tarifárias da ANEEL.
- **Atualização do modelo regulatório:** Questões relacionadas ao novo modelo de tarifação para o mercado cativo de baixa tensão. A tarifa binômica pode reduzir principalmente a atratividade de investimento para modelos de geração distribuída em pequenos clientes.

3.10.2 Mercado Externo

- **Crescimento da demanda chinesa:** O mercado interno chinês vem demandando mais módulos que o esperado, reduzindo a oferta para o resto do mundo, fazendo com o que os preços aumentem devido à lei de oferta/procura.

3.10.3 Mercado Interno

- **Concorrência por cliente:** Regiões com mercado consumidor promissor são visadas por muitas empresas. Estas por sua vez, devem concorrer entre si pelos clientes mais visados, o que aumenta muito o desconto praticado, podendo deixar o investimento menos atrativo.
- **Elevação de preço de produtos:** Está associada aos riscos de se aumentar a tributação sobre produtos importados, variação do dólar ou demais fatores que possam aumentar os preços do produto nacional.

3.10.4 Ambiental

- **Resolução 687:** A REN será atualizada em 2019 e não foi colocada nenhuma minuta para consulta. Assim, não se sabe quais pontos tendem a ser atualizados.
- **Dificuldades na Elaboração de Contratos:** O contrato depende do modelo de negociação da energia proposto pelo dono da usina; cada modelo tem sua ressalva. A mitigação do risco depende do modelo comprado.

3.10.5 Político

- **Planejamento:** O governo pode favorecer outras fontes de energia em relação à energia fotovoltaica e assim inviabilizá-la.
- **Incentivos:** Pode-se aumentar a tributação sobre produtos importados ou diminuir os incentivos da GD.

3.10.6 Conexão à Rede

- **Diversas leituras e interpretações:** Cada concessionária é responsável pela conexão em sua área, o que não é feita de maneira uniforme, uma vez que a regulamentação dá margem a diversas interpretações.
- **Falta de capacitação técnica:** As distribuidoras podem não possuir dados necessários a estudos exigidos pela própria distribuidora, que são solicitados por estarem no PRODIST.

3.10.7 Macroeconômico

- **Viabilidade da Economia Nacional:** O mercado nacional é muito sensível à economia externa. A dinâmica externa influencia a inflação, Selic e TJLP, que podem inviabilizar um projeto.
- **Sensibilidade ao Dólar:** Por se tratar de mercado dolarizado, seu custo é muito sensível ao mercado externo. A flutuação do dólar impacta diretamente ao valor do investimento, devido à compra de equipamentos e custo de importação dos mesmos.

3.10.8 Tributário

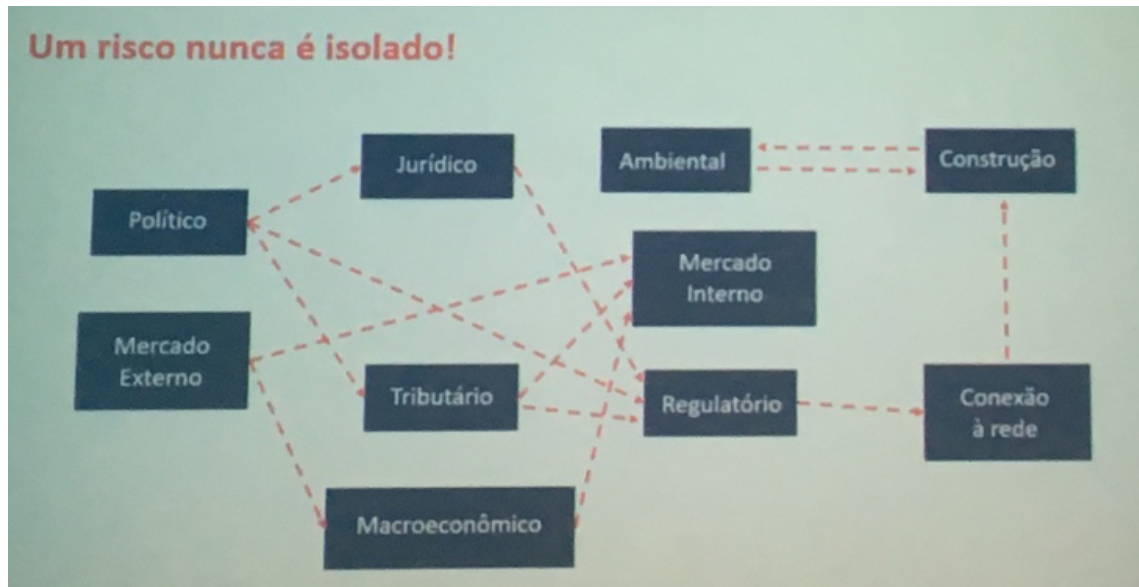
- **Falta de definição por parte da ANEEL:** A regulamentação não é clara, de forma que sua interpretação tem várias brechas e gera, além de discordância, insegurança sobre o que deve ou não ser cobrado.
- **Convênio 16/2015:** Além de não incluir isenção de ICMS sobre a TUSD, não estão isentos os modelos de GD de potência superior a 1 MW, modelo de geração compartilhada e modelo de geração de múltiplas unidades consumidoras.

3.10.9 Construção

- **Informações fracas para orçamento:** Os pedidos de orçamentos são vagos, dando margem a diferentes propostas, favorecendo empresas menos preparadas com projetos incompletos.

- **Gestão fraca:** Entendimento de cada etapa da construção como algo independente, sem considerar a interligação entre os processos.

Figura 31 – Risco na Construção



Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

3.11 Otimização de Topologia

Pensando em Topologia, existem basicamente três sistemas que podemos utilizar em usinas de grande porte. Segue abaixo um resumo de cada um e suas características:

3.11.1 Topologia com Inversor String

- Maioria do cabeamento em AC. Os cabeamentos em DC são menores e podem ser de menor área.
- Sistema possui vários MPPTs e caso uma String perca produtividade não terá um impacto tão grande na usina.
- Pode ser instalado abaixo dos módulos nas próprias estruturas metálicas dos painéis e com boa ventilação.
- A manutenção do inversor é a troca do inversor por outro que esteja em estoque.
- A maioria dos inversores *string* é importada.

3.11.2 Topologia com Inversor Central

- Maioria do cabeamento em DC. Sugere-se que a estação central esteja localizada no centro da usina para diminuir perdas elétricas e de cabeamento.
- Preço unitário dos inversores centrais é menor do que inversores string.
- Possui inversores centrais nacionais, proporcionando financiamentos específicos para este equipamento.
- É necessária uma cabine para proteger o inversor, com filtros e ventiladores para proporcionar refrigeração.
- Voltado para área que proporcionem padronização dos *arrays*, devido ao menor número de MPPT.

3.11.3 Topologia com Inversores Skid

- Assim como inversor central, a maioria do cabeamento é DC e sugere-se que seja localizado em pontos centrais da usina.
- A tensão de saída do *skid* normalmente é até 34,5kV, já disponível para conectar na rede.
- Estrutura interna com vários inversores strings e transformador já acoplado.
- Cabeamento já sai na média tensão, permitindo cabeamento de diâmetro menor.
- Instalação muito mais rápida do que inversores strings separados na mesma potência.

Tabela 9 – Tecnologias de Inversores
Comparação Tecnologias de Inversores

Atributos	Inversor Central	Inversor String
Capacidade	Até 4MW	Até 125kW
Instalação	Estrutura própria, com sistema para refrigeração	Pode ser instalado abaixo dos módulos
Cabeamento	Maioria em DC	Maioria em AC
#MPPT	Até 4 por inversor	Até 6 por inversor
Manutenção/Reposição	Manutenção no local	Troca do inversor
Garantia	5-10 anos	10 anos
Custos	Custo unitário menor	Custo unitário maior
Geração de Energia	Melhor qualidade da energia e menos perdas no chaveamento	Menor perda de produtividade por múltiplos MPPTs.
Produto Nacional	Possui produtos nacionais	Maioria Importado

Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

3.12 Otimização de Inversores

Um grande recurso que se utiliza hoje nas usinas de energia solar é aplicar o *Overload* nos inversores. Mas o que é isso?

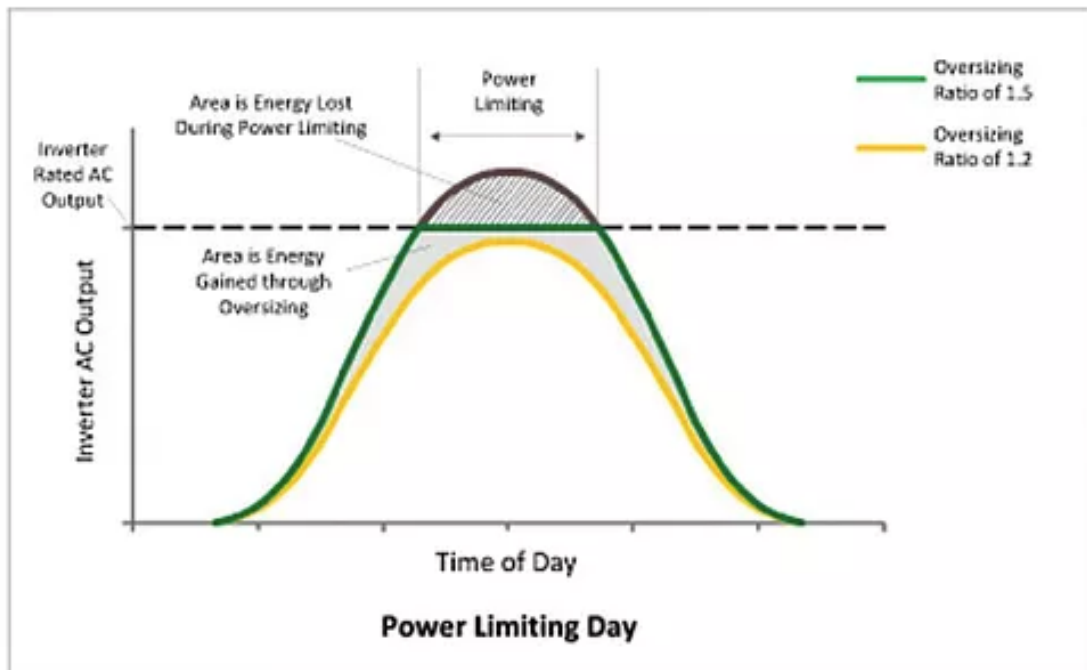
Overload no inversor é projetar uma potência maior de placas solares no sistema em comparação com a potência nominal do inversor. Ou seja, em nossa usina, iremos trabalhar com 5MW de potência dos inversores e 6,5MW de potência instalada de placas solares.

Esse recurso é utilizado principalmente para ter um aproveitamento máximo de custo/benefício dos inversores, buscando utilizar sua máxima potência a maior parte do tempo da usina, já que a curva normal do sistema solar atinge seu pico de potência apenas alguns minutos do dia, além das perdas normais de eficiência, devido à temperatura e outros.

O *Overload* ideal vai ser o balanço entre a energia gerada e o gasto financeiro gerado devido a este *Overload*. Temos que buscar um equilíbrio entre o ganho com o *Overload* em momentos de baixa geração, com a energia perdida em momentos de pico de geração que o inversor irá cortar, devido sua potencia nominal.

No gráfico abaixo podemos ver os ganhos de geração em verde.

Figura 32 – Ganhos de Geração com o Overload



Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

3.13 Otimização da Conexão à Rede

Um dos pontos mais importantes quando pensamos em instalar uma usina solar é o ponto de conexão com a concessionária.

Para realizar o despacho da energia produzida pela usina fotovoltaica de maneira adequada, devem ser analisados diversos fatores como capacidade, proximidade e disponibilidade da rede.

- **Proximidade:** A maior influência do custo de conexão com a rede será devido à distância da usina até o ponto de conexão.
- **Disponibilidade:** É a porcentagem de tempo que a rede fica disponível para receber a energia da usina.
- **Capacidade:** A capacidade depende da infraestrutura da rede e da carga que a linha já recebe. Pode-se reduzir a capacidade da usina ou melhorar a infraestrutura da rede.

Seguem algumas observações referentes à conexão à rede:

- Cada solicitação de conexão feita para a concessionária, leva em torno de 60 dias para ser concedida.
- Toda usina deve evitar conexão em ponta de rede, pois pode enfrentar problemas de trafos sem taps na linha.
- Pontos em nível de tensão mais elevados (34,5kV) têm mais chances de aprovação e menos interferências.
- Pontos de conexão em 13,8kV no início da rede e desde que não esteja mais do que 3km da SE mais próxima, tem boas chances também de aprovação rápida.

3.14 Otimização da Gestão

A fim de otimizar toda a gestão do projeto, destacamos alguns pontos importantes para início de qualquer obra.

1. **Definição prévia do plano diretor e de questões de infraestrutura:** Definir o quanto antes questões de contratos e infraestrutura para a equipe. Problemas de infraestrutura podem encarecer de 45% a 70% a obra.
2. **Evitar a contratação de vários EPC'istas:** Reduz o trabalho administrativo e facilita a gestão da obra.
3. **Preferência para a que empresa de implantação civil seja a mesma em elétrica:** Escolher empresa com maior *know how* em implantação elétrica.
4. **Possuir equipe de auditoria durante todo processo de construção da obra:** Evita atrasos e aditivos contratuais.
5. **Ótimas condições de trabalho para os funcionários:** Boas condições de trabalho evitam retaliações, greves e pausas desnecessárias.
6. **Treinamento da equipe:** Treinamento para toda equipe, auxiliando processos de montagem, fixação e comissionamento.

7. **Ter conhecimento do “custo Brasil”:** Muitos EPCs de fora do país não têm conhecimento das questões legais e da mão de obra do Brasil, podendo aumentar o orçamento previsto.
8. **Possibilidade de Gestão Compartilhada:** Gestão compartilhada entre investidor e EPC, evitando duplicidade da gestão na construção.
9. **Buscar empresas e funcionários experientes em gestão de negócios e pessoas:** Um dos maiores desafios da obra é o de gerir pessoas. Contratar empresas com essas características facilita a gestão.
10. **Simultaneidade nas atividades:** Importante trabalhar as tarefas corretas simultaneamente para evitar atrasos.
11. **Planejamento e controle da obra diariamente:** Em uma implantação no curto prazo (6 meses), qualquer atraso gera um alto custo.

3.14.1 Gestão do Empreendimento

- **Gestão da Implantação:** Elencar todas as atividades e montar um cronograma detalhado contemplando o formato de contratação, os responsáveis por cada atividade, os prazos e suas interdependências.

Destacamos as atividades que devem ser planejadas para a implementação da usina.

- **Terreno**
 - Análise Topográfica
 - Terraplanagem
 - Canaletas de Chuva
 - Acesso
 - Sondagem
 - Decisão de pluviometria

- **Infraestrutura**

- Cercamento da construção
- Segurança Patrimonial
- Alojamento
- Refeitório
- Lavagem Geral e Uniforme
- Vestiários e Sanitários
- Energia, água e iluminação
- Oficinas, escritórios, ambulâncias

- **Recursos**

- Segurança do Trabalho
- RH
- Qualidade
- Produção
- Planejamento
- Auditoria

- **Logística**

- Galpão
- Capacidade de recebimento, conferência e relatório
- Distribuição Interna
- Organização do Pátio
- Software de Controle

- **Construção**

- Cravas estacas
- Engenharia
- Civil
- Mecânica
- Elétrica
- Comissionamento

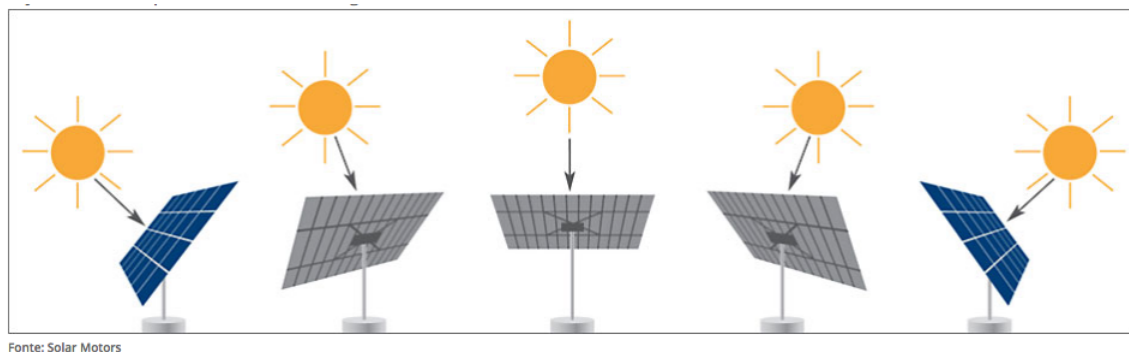
- **Gestão dos contratos:** Poderão ser inúmeros contratos, com atividades de cobrança de responsabilidades, pagamentos, entre outros.
- **Fiscalização de Serviços:** Facilitador de todo o processo. As dificuldades de campo devem ser reportadas a engenharia.

3.15 Otimização Técnica

3.15.1 Seguidor Solar – Tracker

Um seguidor solar ou *tracker* é um dispositivo que altera várias vezes a posição dos painéis fotovoltaicos durante o dia, seguindo o caminho do sol para aumentar a produção de energia solar do sistema fotovoltaico (Figura abaixo). O uso de seguidores solares é cada vez mais comum em usinas fotovoltaicas em outros países, uma vez que a indústria solar tem provado os grandes benefícios que eles têm. Mas nem todo mundo entende os benefícios, vantagens e as desvantagens que um seguidor solar pode proporcionar a um sistema fotovoltaico.

Figura 33 – Rastreador Solar - Tracker

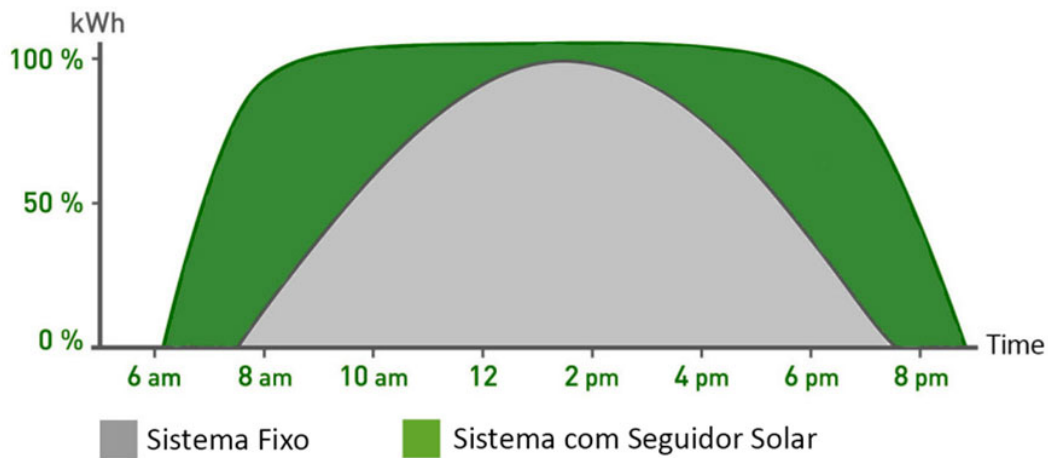


Fonte: Solar Motors

Fonte: Portal Solar – (2018)

Sistemas com seguidores solares geram mais energia do que os sistemas fixos. Isto ocorre devido ao aumento da exposição direta aos raios solares, esse ganho pode alcançar valores de 25 a 45% (vide abaixo). De certa forma e com as devidas características, faz sentido dizer que um sistema com seguidor solar que aumenta em 30% a produção de energia é semelhante a um sistema fixo 30% maior (contém mais painéis fotovoltaicos).

Veja no gráfico abaixo o ganho que temos com o *tracker* de 1 eixo.

Figura 34 – Ganhos de Produção com o Tracker

Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

Para o nosso estudo de caso, vamos utilizar o sistema com seguidor solar (*tracker*) de 1 eixo (leste/oeste). Abaixo algumas características desse sistema:

- Ganhos na captação de energia de 10% a 35% com 1 eixo.
- Aumento de 25% a 50% a área ocupado pela usina.
- Maior custo inicial
- Maior custo O&M
- Consegue chegar a +/- 60°

Mesmo com aumento da área, maior custo inicial e de O&M, o sistema com *tracker* tem se mostrado bastante vantajosa no fluxo de caixa, pelo ganho de geração de até 35%.

3.16 Otimização Financeira

Agora vamos destacar os principais pontos que iremos levar em conta para uma melhor otimização financeira do projeto:

- Parcela de Investimento próprio
- Parcela financiada e debêntures
- Prazo de financiamento
- Carência
- Linhas de financiamento

- Fontes de investimento
- Análise de custo da dívida e custo de capital próprio
- Custo médio ponderado de capital (WACC)

3.17 Principais Custos do Projeto

Após todas as análises discutidas, precisamos agora levantar todos os custos do projeto. São eles:

Obras civis

- Cercamento
- Casa de controle
- Infraestrutura
- Aterramento
- Terraplanagem
- Caixa de passagem
- Drenagem
- Base para os Inversores
- Cravação de estacas

Conexão à rede

- Transformadores
- Bay de conexão
- Postes e linhas de distribuição
- Subestação

Obras Elétricas

- Cabeamento
- Eletroduto
- Conectores
- String Box

Obras mecânicas

- Instalação das estruturas
- Montagem dos equipamentos
- Fiação dos Módulos

Equipamentos Auxiliares

- SPDA
- Controle e Vigilância
- No-Break

Implementação

- Projeto Executivo
- Desenvolvimento
- Gerenciamento
- Mobilização de Equipe
- Seguros
- Despesas Administrativas

3.18 Documentação de Projetos

Como investir ou captar um investidor?

Quanto mais detalhes no projeto e na documentação apresentada, maior a segurança passada aos investidores. Isso é feito através de um Databook.

- **Databook:** É o manual completo da usina. Este documento que conterá todas as fases do projeto, além da documentação dos materiais e respectivas garantias. É o material de consulta para todas as fases do projeto.

O que deve estar contido no Databook que será mostrado ao investidor?

- Projeto básico/executivo
- Documentação de acesso à rede

- Detalhamento do CAPEX
- Detalhamento do OPEX
- Simulação computacional (PVSyst)
- Guia de fornecedores
- Carta de intenção de clientes
- Estudo de concorrência
- Diferencias e estratégias de marketing
- Project Finance
- Business Plan

3.19 Participação no Investimento

Vamos destacar agora algumas formas de participação no Investimento

- **Sócios:** Fornecimento de dinheiro com remuneração na forma de distribuição dos lucros.
- **Investidor:** Fornecimento de dinheiro com remuneração na forma de juros.
 - Debêntures – Aquisição das dívidas do investimento, e lucro a partir dos juros do investimento.
 - Venture Capital – Aporte para uma empresa alavancar. Empresas já estabelecidas, porém sem capital próprio o suficiente.
 - Private Equity – Aporte para uma empresa de capital já consolidado.
- **Sócio-Investidor:** Fornece dinheiro e recursos como networking, experiência, entre outros. Participação a ser definida na negociação.

3.20 Rentabilidade

Vamos apenas fazer um comparativo com fundos de investimentos por risco:

- O tesouro direto possui rendimento de 5,43% a.a.
- Investimento de médio baixo risco podem ter uma rentabilidade anual de 7,83%
- Investimento de médio risco pode ter uma rentabilidade anual de 11,7%

- Investimento de médio alto risco podem ter uma rentabilidade anual de 15,63%
- Investimento de alto risco pode ter uma rentabilidade anual de 30,91%

3.21 Enquadramento Fiscal

Basicamente existem duas possibilidades de enquadramento fiscal de uma usina fotovoltaica. São eles:

- **Lucro Presumido** – Forma simplificada de tributação. Trata-se da cobrança dos impostos sobre um lucro que é presumido e tabelado que varia de acordo com o segmento da empresa. É bastante vendido devido à sua simplicidade.

Para usinas fotovoltaicas, o lucro presumido é de 32% do faturamento bruto. Se este valor é acima de R\$ 20.000,00 mensal, então será cobrado mais 10% sobre o valor ultrapassado.

Requisitos: Faturamento abaixo de 78 milhões anuais e não opere em ramos bancários ou empresas públicas.

Tributação: CSLL (9%), IRPJ (15%), PIS+COFINS (3,65%) e ISS (2%-5%)

- **Lucro Real** – É a tributação calculada sobre o lucro efetivo da empresa, calculando através de um contador ou empresa de contabilidade.

É vantajoso quando o lucro da empresa é abaixo do tabelado para o lucro presumido. Obrigatório para instituições financeiras ou para operar no exterior.

Tributação: CSLL (9%), IRPJ (15%), PIS+COFINS (9,25%) e ISS (2%-5%)

3.22 Premissas para Modelagem Financeira da Usina

Modelo de EPC

- Lean EPC

- Full EPC
- Modelo de compra de equipamentos
- Infraestrutura da obra

Topologia

- Inversor String, central ou tecnologia Skid
- Tipos de Módulos
- Estrutura de Montagem
- Trafos
- Área necessária
- Overload
- Perda de eficiência

Questões Administrativas

- Contratos e cobranças
- Monitoramento
- Marketing

Financiamento e Enquadramento fiscal

- Fonte de Recurso e estruturação do capital
- Tipo de tributação (Lucro Real ou Presumido)
- Custo de oportunidade do Investidor (WACC)

Conexão à rede

- Ponto de conexão
- Gastos com subestação e rede
- Distância da rede
- Capacidade da rede
- Tensão da rede

Operação e Manutenção

- Monitoramento remoto
- Equipe de vigilância

- Equipe de limpeza
- Troca de equipamentos
- Taxas adicionais

3.23 Premissas da Usina

Abaixo seguem as premissas da usina que vamos fazer os cálculos financeiros e buscar a viabilidade financeira.

3.23.1 Premissas da Usina

- Localização: Montes Claros – MG
- Terreno: 115.000m²
- Conexão à rede: Próximo à rede 13,8kVA - Subestação de junção e medição
- Potência da Usina: 5MW/6,5MW de potência instalada.
- Módulos: 17.810 módulos Poly 365Wp – eff: 18,40%
- Inversor: Solução Skid 1MW (8 inversores 125 kW, transformador com saída 13,8kV)
- Overload no Inversor: 30%
- Estrutura de montagem: Seguidor de 1 eixo (Inclinação -55°/55°)
- Produtividade média: 13.617 MWh/ano
- Frete de produtos do porto de Santos até Montes Claros – MG

3.23.2 Premissas de Contratações da Usina

- Lean EPC: Módulo, inversor e estrutura comprada pelo investidor
- Aquisição de componentes: Módulo e tracker importados – Inversor Nacional
- Frete: Produtos importados com chegada no porto de Santos
- Modelo de negócio: Autoconsumo Remoto – 1 cliente comercial na BT – Contrato de 20 anos
- Concessionária: CEMIG-D
- Valor da tarifa: 839,68 R\$/MWh (baixa tensão, convencional)
- Valor da demanda: 20,88 R\$/kW
- Desconto oferecido na tarifa: 20%

3.23.3 Premissas Dados Financeiros

- TMA (Taxa mínima de atratividade): 10,25%
- Capital Financiado: 0%

3.24 Levantamento de Custo da Usina

Para levantamento de todo o custo da usina, foi levada em consideração todos os estudos e levantamentos feitos anteriormente, para que nenhum item ficasse de fora do nosso custo.

Abaixo segue a relação de custo de CAPEX, através de pesquisas feitas no mercado.

Tabela 10 – Capex da Usina Solar de 5MW/6,5MW

Estruturação Capex (5 MW/ 6,5 MWp)	R\$/Wp	TOTAL	%
Módulos Fotovoltaicos	R\$ 1,637	R\$ 10.643.240,26	46,325%
Inversores skid	R\$ 0,385	R\$ 2.500.000	10,881%
Estruturas tracker	R\$ 0,559	R\$ 3.633.256,91	15,814%
Obras Cíveis, elétricas e mecânicas, infraestrutura local	R\$ 0,480	R\$ 3.118.361,81	13,573%
Controle e Segurança	R\$ 0,031	R\$ 201.520,15	0,877%
Equipamentos Auxiliares/ miscelâneas/Cabeamento	R\$ 0,123	R\$ 801.530,15	3,489%
Engenharia e desenvolvimento	R\$ 0,092	R\$ 598.059,80	1,217%
Gerenciamento	R\$ 0,043	R\$ 279.527,95	2,603%
Licença Ambiental	R\$ 0,015	R\$ 97.509,75	0,424%
Seguro Instalação	R\$ 0,005	R\$ 32.503,25	0,141%
Subestação	R\$ 0,023	R\$ 149.514,95	0,651%
Terreno	R\$ 0,142	R\$ 920.000	4,005%
Total	R\$ 3,534	R\$ 22.975.024	100,00%

Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

Abaixo segue a relação de custo de OPEX, através de pesquisas feitas no mercado.

Tabela 11 – Custos OPEX da Usina

DISTRIBUIÇÃO DE CUSTO ESTIMADA PARA UMA USINA DE 5 MW

ITEM	R\$/Wp	%
Segurança	0,026	34,7
Seguro operacional	0,005	6,7
Monitoramento	0,002	2,7
Manutenção preventiva	0,007	9,3
Manutenção corretiva	0,013	17,3
Manutenção de sítio	0,022	29,3
Total	0,075	100%

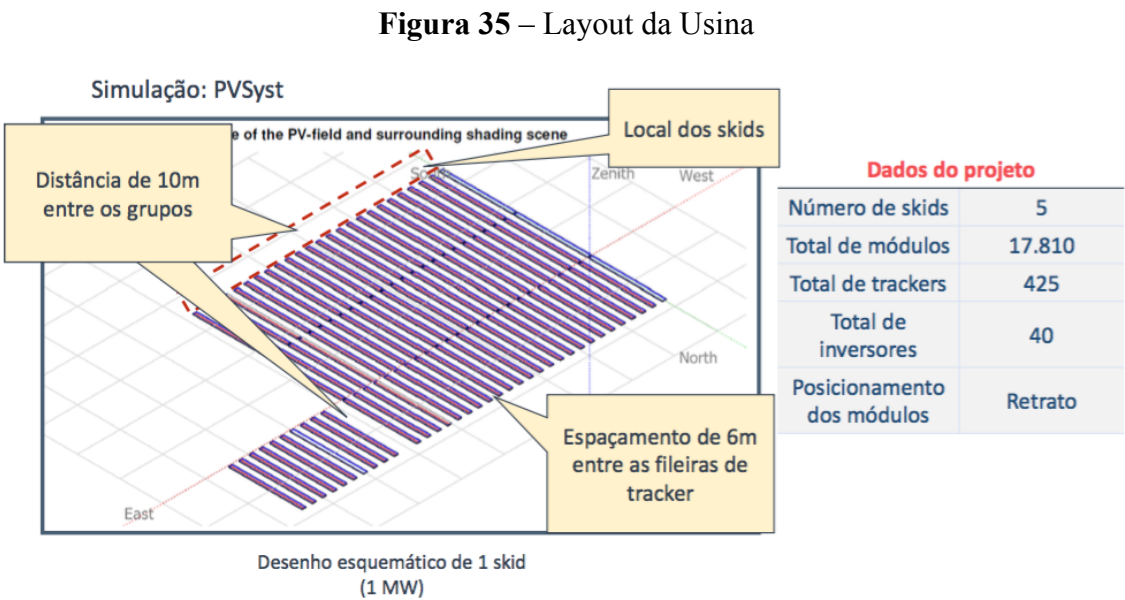
Este custo corresponde a **2,12%** do CAPEX.
A equipe técnica responsável está incluída nos respectivos custos.

Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

3.25 Layout da Usina

Todo o estudo de geração, posicionamento, perdas e eficiência da usina, nós utilizamos o software PVSyst, que é um programa suíço, específico para usinas de energia solar e reconhecido em todo o mundo pela segurança de seus dados e previsões passadas. Inclusive, muitos bancos do mundo, aceitam apenas as simulações feitas pelo PVSyst como garantia para aprovação de um financiamento do projeto.

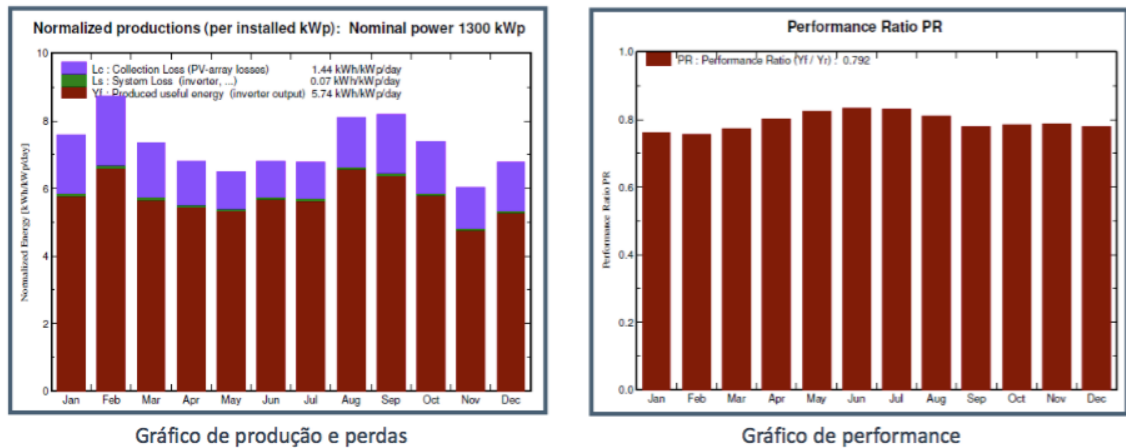
Abaixo segue o layout da usina e alguns detalhes.



Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

Agora podemos ver nos gráficos abaixo quanto temos de perdas no sistema, principalmente pela alta temperatura nas placas e devido ao sombreamento que o próprio sistema Tracker causa no início e no fim do dia, quando o sol esta baixo.

Figura 36 – Produção e Perdas do Sistema



Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

Figura 37 – Todas as Perdas da Usina

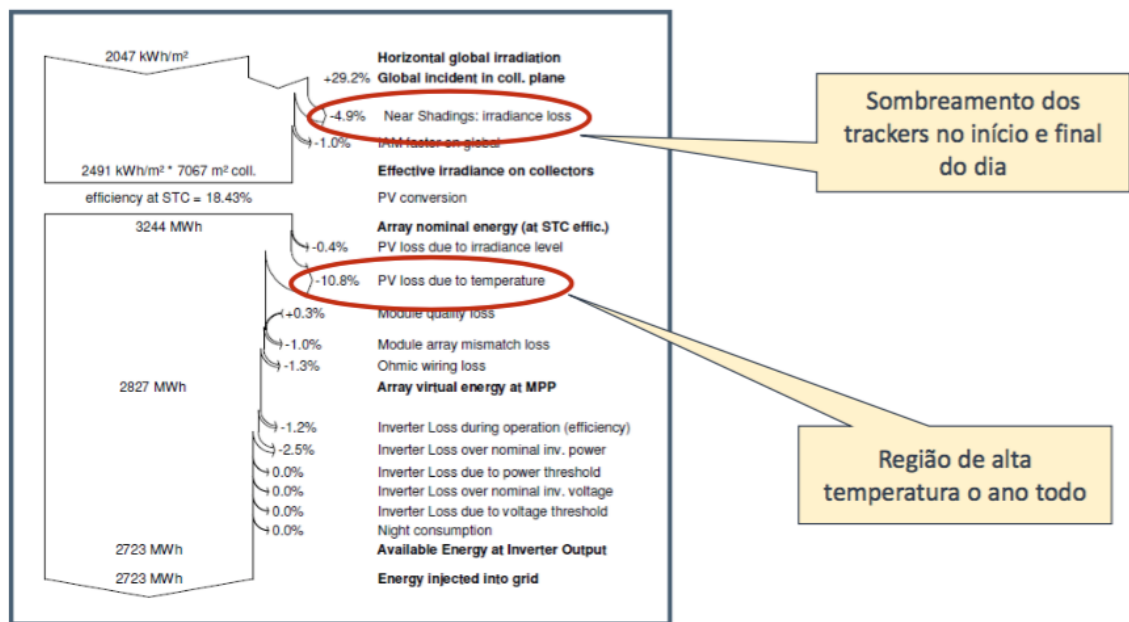


Gráfico de perdas

Fonte: Greener – Workshop usinas fotovoltaicas 2018

É importantíssimo passar todas as informações corretas para o PVSyst, de acordo com nossa premissa da usina, pois através dos resultados apresentado que iremos montar nosso fluxo de caixa que varia de acordo com real geração de energia do sistema, já contabilizando todas as perdas.

3.26 Viabilidade Financeira

Finalmente, depois de destrincharmos todo o projeto, todas as possibilidades, normas, conhecermos as modalidades, dados do mercado, todos os custos e cuidados que precisamos ter antes, durante e depois do projeto, definirmos o local e potência da usina, rodarmos o PVSyst para que nos passe uma real geração e perdas do sistema, agora sim vamos ao estudo financeiro. Mostrar e entender se realmente esse projeto é viável e pode atrair investidores de fora e dentro do Brasil.

3.27 Viabilidade Financeira da Usina

Para apresentar os cálculos finais da usina, devemos passar antes as seguintes premissas:

- Geração da usina considerando perdas: 12.798MWh/ano
 - Queda de geração por perda de eficiência de 0,5% a.a
- Faturamento com 20% de desconto na tarifa do cliente: R\$ 671,75/MWh
 - Reajuste de 5% a.a (próximo da inflação ou pelo IPCA)
- Lucro presumido: CSLL (9%), IRPJ (15%), PIS+COFINS (3,65%)
- Custos de O&M: 2,12% do Capex
 - Reajuste de 5% a.a
- Desp. Administrativas: 2,5% do Capex (Gestão de contratos e staff)
 - Reajuste de 5% a.a
- Custo da Demanda contratada da CEMIG-D: R\$20,88
 - Reajusta da Demanda contratada: 5% a.a
- Depreciação do Equipamento: 20 anos (5% a.a)
- TMA (Taxa Mínima de Atratividade): 10,25%

- Período de viabilidade do projeto: 25 anos (tempo que fabricante dos módulos nos da como garantia)

Após todas essas considerações, segue abaixo os resultados do cálculo financeiro;

3.27.1 Fluxo de Caixa

Primeiramente, vamos demonstrar o fluxo de caixa do projeto durante os 25 anos que temos de garantia das placas.

Fase 1

Destacamos as receitas que o investidor terá de acordo com as tarifas e geração que já dimensionamos.

Em seguida destacamos os custos da usina, contabilizando todo nosso estudo e necessidades para esse modelo de negócio.

Tabela 12 – Estudo de Receita Menos o Custo do Cliente

RECEITAS				CUSTOS			
Período de vida (anos)	Tarifa kWh	Geração FV MWh	Receita	Impostos (PIS/COFINS) 3,65%	Desp. Admin. 2,5%	Custos de O&M 2,12%	Demanda Contratada R\$ 20,88
1	R\$ 671,75	12.798	R\$ 8.597.056,50	R\$ 313.792,56	R\$ 574.375,60	R\$ 487.070,51	R\$ 1.252.800,00
2	R\$ 705,34	12.734	R\$ 8.981.774,78	R\$ 327.834,78	R\$ 603.094,38	R\$ 511.424,03	R\$ 1.315.440,00
3	R\$ 740,60	12.670	R\$ 9.383.709,20	R\$ 342.505,39	R\$ 633.249,10	R\$ 536.995,24	R\$ 1.381.212,00
4	R\$ 777,63	12.607	R\$ 9.803.630,19	R\$ 357.832,50	R\$ 664.911,55	R\$ 563.845,00	R\$ 1.450.272,60
5	R\$ 816,52	12.544	R\$ 10.242.342,64	R\$ 373.845,51	R\$ 698.157,13	R\$ 592.037,25	R\$ 1.522.786,23
6	R\$ 857,34	12.481	R\$ 10.700.687,47	R\$ 390.575,09	R\$ 733.064,99	R\$ 621.639,11	R\$ 1.598.925,54
7	R\$ 900,21	12.419	R\$ 11.179.543,23	R\$ 408.053,33	R\$ 769.718,24	R\$ 652.721,07	R\$ 1.678.871,82
8	R\$ 945,22	12.357	R\$ 11.679.827,79	R\$ 426.313,71	R\$ 808.204,15	R\$ 685.357,12	R\$ 1.762.815,41
9	R\$ 992,48	12.295	R\$ 12.202.500,09	R\$ 445.391,25	R\$ 848.614,36	R\$ 719.624,97	R\$ 1.850.956,18
10	R\$ 1.042,10	12.233	R\$ 12.748.561,97	R\$ 465.322,51	R\$ 891.045,07	R\$ 755.606,22	R\$ 1.943.503,99
11	R\$ 1.094,21	12.172	R\$ 13.319.060,12	R\$ 486.145,69	R\$ 935.597,33	R\$ 793.386,53	R\$ 2.040.679,19
12	R\$ 1.148,92	12.111	R\$ 13.915.088,06	R\$ 507.900,71	R\$ 982.377,20	R\$ 833.055,86	R\$ 2.142.713,15
13	R\$ 1.206,37	12.051	R\$ 14.537.788,25	R\$ 530.629,27	R\$ 1.031.496,05	R\$ 874.708,65	R\$ 2.249.848,81
14	R\$ 1.266,68	11.991	R\$ 15.188.354,27	R\$ 554.374,93	R\$ 1.083.070,86	R\$ 918.444,09	R\$ 2.362.341,25
15	R\$ 1.330,02	11.931	R\$ 15.868.033,12	R\$ 579.183,21	R\$ 1.137.224,40	R\$ 964.366,29	R\$ 2.480.458,31
16	R\$ 1.396,52	11.871	R\$ 16.578.127,61	R\$ 605.101,66	R\$ 1.194.085,62	R\$ 1.012.584,61	R\$ 2.604.481,22
17	R\$ 1.466,35	11.812	R\$ 17.319.998,82	R\$ 632.179,96	R\$ 1.253.789,90	R\$ 1.063.213,84	R\$ 2.734.705,28
18	R\$ 1.539,66	11.753	R\$ 18.095.068,76	R\$ 660.470,01	R\$ 1.316.479,40	R\$ 1.116.374,53	R\$ 2.871.440,55
19	R\$ 1.616,65	11.694	R\$ 18.904.823,09	R\$ 690.026,04	R\$ 1.382.303,37	R\$ 1.172.193,25	R\$ 3.015.012,58
20	R\$ 1.697,48	11.635	R\$ 19.750.813,92	R\$ 720.904,71	R\$ 1.451.418,53	R\$ 1.230.802,92	R\$ 3.165.763,20
21	R\$ 1.782,35	11.577	R\$ 20.634.662,85	R\$ 753.165,19	R\$ 1.523.989,46	R\$ 1.292.343,06	R\$ 3.324.051,37
22	R\$ 1.871,47	11.519	R\$ 21.558.064,01	R\$ 786.869,34	R\$ 1.600.188,93	R\$ 1.356.960,22	R\$ 3.490.253,93
23	R\$ 1.965,04	11.462	R\$ 22.522.787,37	R\$ 822.081,74	R\$ 1.680.198,38	R\$ 1.424.808,23	R\$ 3.664.766,63
24	R\$ 2.063,30	11.404	R\$ 23.530.682,11	R\$ 858.869,90	R\$ 1.764.208,30	R\$ 1.496.048,64	R\$ 3.848.004,96
25	R\$ 2.166,46	11.347	R\$ 24.583.680,13	R\$ 897.304,32	R\$ 1.852.418,72	R\$ 1.570.851,07	R\$ 4.040.405,21

Fonte: Próprio autor (2018)

Fase 2

Destacamos o resultado (fluxo de caixa) após os custos e antes do CSSL e IRPJ.

Em seguida demonstramos o resultado contábil após a depreciação do produto.

Tabela 13 – Resultado Contábil após a Depreciação da Usina

CUSTOS				RESULTADO		
Impostos (PIS/COFINS) 3,65%	Desp. Admin. 2,5%	Custos de O&M 2,12%	Demanda Contratada R\$ 20,88	Fluxo de Caixa / Antes da CSLL e IRPJ	Depreciação Equip. 5%	Fluxo de Caixa /Após Depreciação
R\$ 287.283,11	R\$ 574.375,60	R\$ 487.070,51	R\$ 1.252.800,00	R\$ 5.269.240,79	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.120.489,59
R\$ 300.139,02	R\$ 603.094,38	R\$ 511.424,03	R\$ 1.315.440,00	R\$ 5.492.889,52	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.344.138,32
R\$ 313.570,25	R\$ 633.249,10	R\$ 536.995,24	R\$ 1.381.212,00	R\$ 5.725.939,04	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.577.187,84
R\$ 327.602,51	R\$ 664.911,55	R\$ 563.845,00	R\$ 1.450.272,60	R\$ 5.968.779,67	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.820.028,47
R\$ 342.262,73	R\$ 698.157,13	R\$ 592.037,25	R\$ 1.522.786,23	R\$ 6.221.817,66	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.073.066,46
R\$ 357.578,98	R\$ 733.064,99	R\$ 621.639,11	R\$ 1.598.925,54	R\$ 6.485.475,85	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.336.724,65
R\$ 373.580,64	R\$ 769.718,24	R\$ 652.721,07	R\$ 1.678.871,82	R\$ 6.760.194,34	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.611.443,14
R\$ 390.298,38	R\$ 808.204,15	R\$ 685.357,12	R\$ 1.762.815,41	R\$ 7.046.431,15	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.897.679,95
R\$ 407.764,23	R\$ 848.614,36	R\$ 719.624,97	R\$ 1.850.956,18	R\$ 7.344.662,97	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.195.911,77
R\$ 426.011,68	R\$ 891.045,07	R\$ 755.606,22	R\$ 1.943.503,99	R\$ 7.655.385,86	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.506.634,66
R\$ 445.075,70	R\$ 935.597,33	R\$ 793.386,53	R\$ 2.040.679,19	R\$ 7.979.116,06	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.830.364,86
R\$ 464.992,84	R\$ 982.377,20	R\$ 833.055,86	R\$ 2.142.713,15	R\$ 8.316.390,77	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.167.639,57
R\$ 485.801,27	R\$ 1.031.496,05	R\$ 874.708,65	R\$ 2.249.848,81	R\$ 8.667.768,99	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.519.017,79
R\$ 507.540,87	R\$ 1.083.070,86	R\$ 918.444,09	R\$ 2.362.341,25	R\$ 9.033.832,37	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.885.081,17
R\$ 530.253,33	R\$ 1.137.224,40	R\$ 964.366,29	R\$ 2.480.458,31	R\$ 9.415.186,13	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 8.266.434,93
R\$ 553.982,17	R\$ 1.194.085,62	R\$ 1.012.584,61	R\$ 2.604.481,22	R\$ 9.812.459,95	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 8.663.708,75
R\$ 578.772,87	R\$ 1.253.789,90	R\$ 1.063.213,84	R\$ 2.734.705,28	R\$ 10.226.308,99	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.077.557,79
R\$ 604.672,95	R\$ 1.316.479,40	R\$ 1.116.374,53	R\$ 2.871.440,55	R\$ 10.657.414,84	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.508.663,64
R\$ 631.732,07	R\$ 1.382.303,37	R\$ 1.172.193,25	R\$ 3.015.012,58	R\$ 11.106.486,61	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.957.735,41
R\$ 660.002,08	R\$ 1.451.418,53	R\$ 1.230.802,92	R\$ 3.165.763,20	R\$ 11.574.261,96	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 10.425.510,76
R\$ 689.537,17	R\$ 1.523.989,46	R\$ 1.292.343,06	R\$ 3.324.051,37	R\$ 12.061.508,27		R\$ 12.061.508,27
R\$ 720.393,96	R\$ 1.600.188,93	R\$ 1.356.960,22	R\$ 3.490.253,93	R\$ 12.569.023,75		R\$ 12.569.023,75
R\$ 752.631,59	R\$ 1.680.198,38	R\$ 1.424.808,23	R\$ 3.664.766,63	R\$ 13.097.638,69		R\$ 13.097.638,69
R\$ 786.311,85	R\$ 1.764.208,30	R\$ 1.496.048,64	R\$ 3.848.004,96	R\$ 13.648.216,72		R\$ 13.648.216,72
R\$ 821.499,31	R\$ 1.852.418,72	R\$ 1.570.851,07	R\$ 4.040.405,21	R\$ 14.221.656,04		R\$ 14.221.656,04

Fonte: Próprio autor (2018)

Fase 3

Agora vamos descontar a fazer os cálculos dos impostos.

Como estamos trabalhando na classificação de lucro presumido, a usina solar está definido como base de cálculo 32% de lucro líquido, que em nosso caso, no primeiro ano, deveria ser R\$ 2.518.646,40. E caso o lucro seja mais do que R\$20.000,00 mensal, devemos pagar 10% de impostos do valor ultrapassado desses R\$20.000,00/mês.

Porém, nosso faturamento esta sendo maior do que o definido, chegando em R\$ 4.120.489,59/ano, sendo R\$ 1.601.843,59/ano de diferença e R\$133.486,97/mês. Ao retirarmos os R\$20.000,00 que era o máximo permitido, ficamos com R\$113.486,97 de excedente de faturamento/mês.

Sendo assim, a receita diz que devemos pagar mais 10% sobre o valor ultrapassado que dá R\$ 11.348,70/mês e R\$136.184,32/ano. (primeiro ano)

Ainda descontamos o CSSL e IRPJ de acordo com a classificação fiscal da usina.

Tabela 14 – Resultado Menos os Custos e Impostos da Usina

RESULTADO			CALCULO E CUSTOS IMPOSTOS			
Fluxo de Caixa / Antes da CSSL e IRPJ	Depreciação Equip. 5%	Fluxo de Caixa /Após Depreciação	Base cálculo Lucro Presumido 32%	Acréscimo 10%, ultrap. Fatur. Máximo 10%	CSSL 9%	IRPJ 15%
R\$ 5.269.240,79	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.120.489,59	R\$ 2.518.646,40	-R\$ 136.184,32	-R\$ 226.678,18	-R\$ 377.796,96
R\$ 5.492.889,52	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.344.138,32	R\$ 2.631.355,83	-R\$ 147.278,25	-R\$ 236.822,02	-R\$ 394.703,37
R\$ 5.725.939,04	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.577.187,84	R\$ 2.749.109,00	-R\$ 158.807,88	-R\$ 247.419,81	-R\$ 412.366,35
R\$ 5.968.779,67	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.820.028,47	R\$ 2.872.131,63	-R\$ 170.789,68	-R\$ 258.491,85	-R\$ 430.819,74
R\$ 6.221.817,66	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.073.066,46	R\$ 3.000.659,52	-R\$ 183.240,69	-R\$ 270.059,36	-R\$ 450.098,93
R\$ 6.485.475,85	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.336.724,65	R\$ 3.134.939,03	-R\$ 196.178,56	-R\$ 282.144,51	-R\$ 470.240,85
R\$ 6.760.194,34	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.611.443,14	R\$ 3.275.227,55	-R\$ 209.621,56	-R\$ 294.770,48	-R\$ 491.284,13
R\$ 7.046.431,15	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.897.679,95	R\$ 3.421.793,99	-R\$ 223.588,60	-R\$ 307.961,46	-R\$ 513.269,10
R\$ 7.344.662,97	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.195.911,77	R\$ 3.574.919,27	-R\$ 238.099,25	-R\$ 321.742,73	-R\$ 536.237,89
R\$ 7.655.385,86	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.506.634,66	R\$ 3.734.896,90	-R\$ 253.173,78	-R\$ 336.140,72	-R\$ 560.234,54
R\$ 7.979.116,06	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.830.364,86	R\$ 3.902.033,54	-R\$ 268.833,13	-R\$ 351.183,02	-R\$ 585.305,03
R\$ 8.316.390,77	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.167.639,57	R\$ 4.076.649,54	-R\$ 285.099,00	-R\$ 366.898,46	-R\$ 611.497,43
R\$ 8.667.768,99	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.519.017,79	R\$ 4.259.079,61	-R\$ 301.993,82	-R\$ 383.317,16	-R\$ 638.861,94
R\$ 9.033.832,37	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.885.081,17	R\$ 4.449.673,42	-R\$ 319.540,78	-R\$ 400.470,61	-R\$ 667.451,01
R\$ 9.415.186,13	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 8.266.434,93	R\$ 4.648.796,31	-R\$ 337.763,86	-R\$ 418.391,67	-R\$ 697.319,45
R\$ 9.812.459,95	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 8.663.708,75	R\$ 4.856.829,94	-R\$ 356.687,88	-R\$ 437.114,69	-R\$ 728.524,49
R\$ 10.226.308,99	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.077.557,79	R\$ 5.074.173,08	-R\$ 376.338,47	-R\$ 456.675,58	-R\$ 761.125,96
R\$ 10.657.414,84	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.508.663,64	R\$ 5.301.242,33	-R\$ 396.742,13	-R\$ 477.111,81	-R\$ 795.186,35
R\$ 11.106.486,61	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.957.735,41	R\$ 5.538.472,92	-R\$ 417.926,25	-R\$ 498.462,56	-R\$ 830.770,94
R\$ 11.574.261,96	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 10.425.510,76	R\$ 5.786.319,58	-R\$ 439.919,12	-R\$ 520.768,76	-R\$ 867.947,94
R\$ 12.061.508,27		R\$ 12.061.508,27	R\$ 6.045.257,38	-R\$ 577.625,09	-R\$ 544.073,16	-R\$ 906.788,61
R\$ 12.569.023,75		R\$ 12.569.023,75	R\$ 6.315.782,65	-R\$ 601.324,11	-R\$ 568.420,44	-R\$ 947.367,40
R\$ 13.097.638,69		R\$ 13.097.638,69	R\$ 6.598.413,93	-R\$ 625.922,48	-R\$ 593.857,25	-R\$ 989.762,09
R\$ 13.648.216,72		R\$ 13.648.216,72	R\$ 6.893.692,95	-R\$ 651.452,38	-R\$ 620.432,37	-R\$ 1.034.053,94
R\$ 14.221.656,04		R\$ 14.221.656,04	R\$ 7.202.185,71	-R\$ 677.947,03	-R\$ 648.196,71	-R\$ 1.080.327,86

Fonte: Próprio autor (2018)

Fase 4

Finalmente apresentamos o resultado final do fluxo de caixa após todos os descontos.

Apresentamos o fluxo de caixa acumulado durante os 25 anos. Vale o destaque que em apenas 5 anos, já chegamos nos R\$19.629.654,11 de faturamento acumulado.

Tabela 15 – Resultado Final do Fluxo de Caixa

CALCULO E CUSTOS IMPOSTOS				RESULTADO FINAL	
Base cálculo Lucro Presumido 32%	Acréscimo 10%, ultrap. Fatur. Máximo 10%	CSLL 9%	IRPJ 15%	Fluxo de Caixa / Após CSLL e IRPJ Lucro Líquido	Fluxo de Caixa Acumulado
R\$ 2.518.646,40	-R\$ 136.184,32	-R\$ 226.678,18	-R\$ 377.796,96	R\$ 3.516.014,45	R\$ 3.516.014,45
R\$ 2.631.355,83	-R\$ 147.278,25	-R\$ 236.822,02	-R\$ 394.703,37	R\$ 3.712.612,92	R\$ 7.228.627,37
R\$ 2.749.109,00	-R\$ 158.807,88	-R\$ 247.419,81	-R\$ 412.366,35	R\$ 3.917.401,68	R\$ 11.146.029,05
R\$ 2.872.131,63	-R\$ 170.789,68	-R\$ 258.491,85	-R\$ 430.819,74	R\$ 4.130.716,88	R\$ 15.276.745,93
R\$ 3.000.659,52	-R\$ 183.240,69	-R\$ 270.059,36	-R\$ 450.098,93	R\$ 4.352.908,17	R\$ 19.629.654,11
R\$ 3.134.939,03	-R\$ 196.178,56	-R\$ 282.144,51	-R\$ 470.240,85	R\$ 4.584.339,28	R\$ 24.213.993,39
R\$ 3.275.227,55	-R\$ 209.621,56	-R\$ 294.770,48	-R\$ 491.284,13	R\$ 4.825.388,53	R\$ 29.039.381,91
R\$ 3.421.793,99	-R\$ 223.588,60	-R\$ 307.961,46	-R\$ 513.269,10	R\$ 5.076.449,39	R\$ 34.115.831,31
R\$ 3.574.919,27	-R\$ 238.099,25	-R\$ 321.742,73	-R\$ 536.237,89	R\$ 5.337.931,14	R\$ 39.453.762,45
R\$ 3.734.896,90	-R\$ 253.173,78	-R\$ 336.140,72	-R\$ 560.234,54	R\$ 5.610.259,40	R\$ 45.064.021,85
R\$ 3.902.033,54	-R\$ 268.833,13	-R\$ 351.183,02	-R\$ 585.305,03	R\$ 5.893.876,81	R\$ 50.957.898,67
R\$ 4.076.649,54	-R\$ 285.099,00	-R\$ 366.898,46	-R\$ 611.497,43	R\$ 6.189.243,68	R\$ 57.147.142,35
R\$ 4.259.079,61	-R\$ 301.993,82	-R\$ 383.317,16	-R\$ 638.861,94	R\$ 6.496.838,69	R\$ 63.643.981,04
R\$ 4.449.673,42	-R\$ 319.540,78	-R\$ 400.470,61	-R\$ 667.451,01	R\$ 6.817.159,55	R\$ 70.461.140,59
R\$ 4.648.796,31	-R\$ 337.763,86	-R\$ 418.391,67	-R\$ 697.319,45	R\$ 7.150.723,81	R\$ 77.611.864,40
R\$ 4.856.829,94	-R\$ 356.687,88	-R\$ 437.114,69	-R\$ 728.524,49	R\$ 7.498.069,56	R\$ 85.109.933,97
R\$ 5.074.173,08	-R\$ 376.338,47	-R\$ 456.675,58	-R\$ 761.125,96	R\$ 7.859.756,25	R\$ 92.969.690,22
R\$ 5.301.242,33	-R\$ 396.742,13	-R\$ 477.111,81	-R\$ 795.186,35	R\$ 8.236.365,48	R\$ 101.206.055,70
R\$ 5.538.472,92	-R\$ 417.926,25	-R\$ 498.462,56	-R\$ 830.770,94	R\$ 8.628.501,91	R\$ 109.834.557,61
R\$ 5.786.319,58	-R\$ 439.919,12	-R\$ 520.768,76	-R\$ 867.947,94	R\$ 9.036.794,06	R\$ 118.871.351,68
R\$ 6.045.257,38	-R\$ 577.625,09	-R\$ 544.073,16	-R\$ 906.788,61	R\$ 10.610.646,49	R\$ 129.481.998,17
R\$ 6.315.782,65	-R\$ 601.324,11	-R\$ 568.420,44	-R\$ 947.367,40	R\$ 11.053.235,91	R\$ 140.535.234,08
R\$ 6.598.413,93	-R\$ 625.922,48	-R\$ 593.857,25	-R\$ 989.762,09	R\$ 11.514.019,35	R\$ 152.049.253,43
R\$ 6.893.692,95	-R\$ 651.452,38	-R\$ 620.432,37	-R\$ 1.034.053,94	R\$ 11.993.730,41	R\$ 164.042.983,84
R\$ 7.202.185,71	-R\$ 677.947,03	-R\$ 648.196,71	-R\$ 1.080.327,86	R\$ 12.493.131,47	R\$ 176.536.115,31

Fonte: Próprio autor (2018)

3.27.2 Viabilidade Financeira Final

A planilha mais importante para qualquer investidor esta abaixo.

Nela calculamos a TIR e VPL do projeto. Tudo com base na TMA.

Veja que o projeto apresenta umas TIR 20,07% que é bem maior que a TMA, na qual se torna o projeto muito atrativo.

Ainda chegamos em um VPL de R\$25.710.863,57, onde praticamente o investidor pode instalar uma outra usina do mesmo porte com sobra.

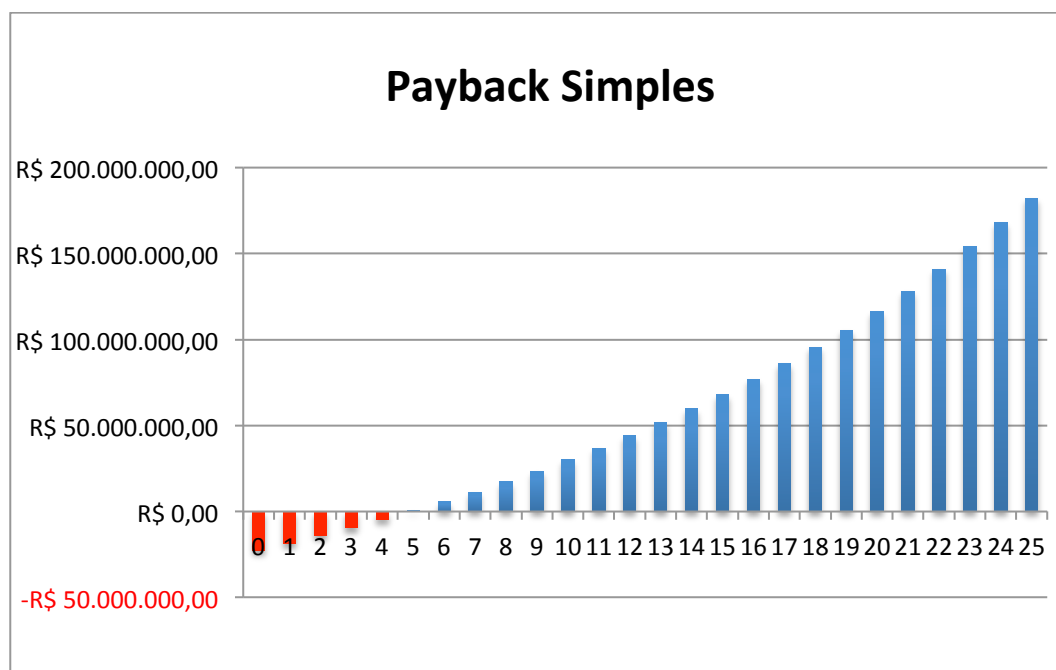
Tabela 16 – Planilha de Viabilidade Financeira do Projeto

Período de vida (anos)	Resultado da energia Gerada	Resultado Acumulado	Payback Simples	Resultado Descontado	Resultado Acumulado Descontado	Payback Descontado
0	-R\$ 22.975.024,00		-R\$ 22.975.024,00		-R\$ 22.975.024,00	-R\$ 22.975.024,00
1	R\$ 3.516.014,45	R\$ 3.516.014,45	-R\$ 19.459.009,55	R\$ 3.189.128,75	R\$ 3.189.128,75	-R\$ 19.785.895,25
2	R\$ 3.712.612,92	R\$ 7.228.627,37	-R\$ 15.746.396,63	R\$ 3.054.375,84	R\$ 6.243.504,59	-R\$ 16.731.519,41
3	R\$ 3.917.401,68	R\$ 11.146.029,05	-R\$ 11.828.994,95	R\$ 2.923.225,45	R\$ 9.166.730,04	-R\$ 13.808.293,96
4	R\$ 4.130.716,88	R\$ 15.276.745,93	-R\$ 7.698.278,07	R\$ 2.795.831,78	R\$ 11.962.561,82	-R\$ 11.012.462,18
5	R\$ 4.352.908,17	R\$ 19.629.654,11	-R\$ 3.345.369,89	R\$ 2.672.308,02	R\$ 14.634.869,84	-R\$ 8.340.154,16
6	R\$ 4.584.339,28	R\$ 24.213.993,39	R\$ 1.238.969,39	R\$ 2.552.731,65	R\$ 17.187.601,49	-R\$ 5.787.422,51
7	R\$ 4.825.388,53	R\$ 29.039.381,91	R\$ 6.064.357,91	R\$ 2.437.149,10	R\$ 19.624.750,59	-R\$ 3.350.273,41
8	R\$ 5.076.449,39	R\$ 34.115.831,31	R\$ 11.140.807,31	R\$ 2.325.579,96	R\$ 21.950.330,55	-R\$ 1.024.693,45
9	R\$ 5.337.931,14	R\$ 39.453.762,45	R\$ 16.478.738,45	R\$ 2.218.020,64	R\$ 24.168.351,20	R\$ 1.193.327,20
10	R\$ 5.610.259,40	R\$ 45.064.021,85	R\$ 22.088.997,85	R\$ 2.114.447,76	R\$ 26.282.798,96	R\$ 3.307.774,96
11	R\$ 5.893.876,81	R\$ 50.957.898,67	R\$ 27.982.874,67	R\$ 2.014.821,03	R\$ 28.297.619,99	R\$ 5.322.595,99
12	R\$ 6.189.243,68	R\$ 57.147.142,35	R\$ 34.172.118,35	R\$ 1.919.085,86	R\$ 30.216.705,84	R\$ 7.241.681,84
13	R\$ 6.496.838,69	R\$ 63.643.981,04	R\$ 40.668.957,04	R\$ 1.827.175,69	R\$ 32.043.881,53	R\$ 9.068.857,53
14	R\$ 6.817.159,55	R\$ 70.461.140,59	R\$ 47.486.116,59	R\$ 1.739.014,03	R\$ 33.782.895,56	R\$ 10.807.871,56
15	R\$ 7.150.723,81	R\$ 77.611.864,40	R\$ 54.636.840,40	R\$ 1.654.516,23	R\$ 35.437.411,79	R\$ 12.462.387,79
16	R\$ 7.498.069,56	R\$ 85.109.933,97	R\$ 62.134.909,97	R\$ 1.573.591,12	R\$ 37.011.002,91	R\$ 14.035.978,91
17	R\$ 7.859.756,25	R\$ 92.969.690,22	R\$ 69.994.666,22	R\$ 1.496.142,33	R\$ 38.507.145,23	R\$ 15.532.121,23
18	R\$ 8.236.365,48	R\$ 101.206.055,70	R\$ 78.231.031,70	R\$ 1.422.069,57	R\$ 39.929.214,80	R\$ 16.954.190,80
19	R\$ 8.628.501,91	R\$ 109.834.557,61	R\$ 86.859.533,61	R\$ 1.351.269,69	R\$ 41.280.484,49	R\$ 18.305.460,49
20	R\$ 9.036.794,06	R\$ 118.871.351,68	R\$ 95.896.327,68	R\$ 1.283.637,58	R\$ 42.564.122,07	R\$ 19.589.098,07
21	R\$ 10.610.646,49	R\$ 129.481.998,17	R\$ 106.506.974,17	R\$ 1.367.071,67	R\$ 43.931.193,74	R\$ 20.956.169,74
22	R\$ 11.053.235,91	R\$ 140.535.234,08	R\$ 117.560.210,08	R\$ 1.291.695,90	R\$ 45.222.889,64	R\$ 22.247.865,64
23	R\$ 11.514.019,35	R\$ 152.049.253,43	R\$ 129.074.229,43	R\$ 1.220.447,77	R\$ 46.443.337,41	R\$ 23.468.313,41
24	R\$ 11.993.730,41	R\$ 164.042.983,84	R\$ 141.067.959,84	R\$ 1.153.102,54	R\$ 47.596.439,95	R\$ 24.621.415,95
25	R\$ 12.493.131,47	R\$ 176.536.115,31	R\$ 153.561.091,31	R\$ 1.089.447,63	R\$ 48.685.887,57	R\$ 25.710.863,57
	TIR	20,07%	TMA	10,25%	VPL	R\$ 25.710.863,57

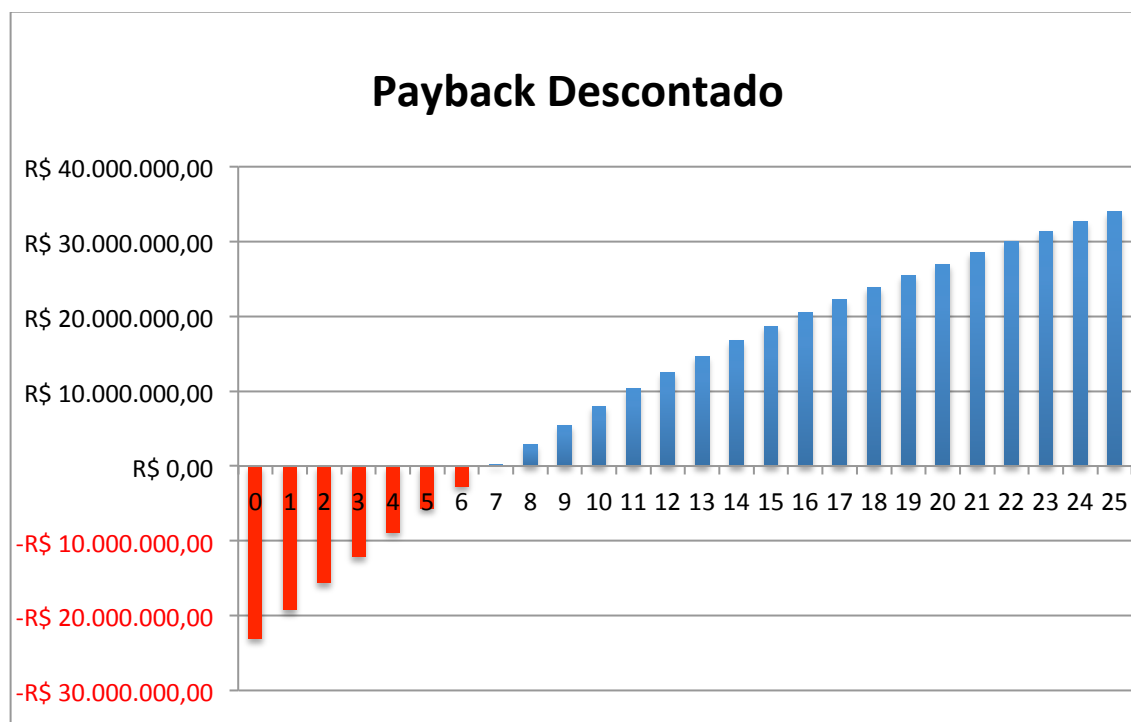
Fonte: Próprio autor (2018)

Abaixo apresentamos os gráficos de coluna para o payback simples e descontado.

Figura 38 – Gráfico de Coluna do Payback Simples



Fonte: Próprio autor (2018)

Figura 39 – Gráfico de Coluna do Payback Descontado

Fonte: Próprio autor (2018)

3.27.3 Retorno para o Cliente Final

Mesmo com toda viabilidade do projeto apresentado ao investidor, ele só pode se tornar possível caso os números para o cliente final também seja bem atrativo. Isso podemos comprovar na tabela abaixo.

O cliente paga hoje R\$0,84/kWh ligado a concessionária CEMIG/MG. Ao obter a economia de 20% oferecido no projeto, onde ele irá pagar R\$0,67/kWh no primeiro ano, trará uma economia em 10 anos de contrato de mais de 25 milhões, sendo um só cliente proprietário da usina. Na qual é muito possível se falarmos de diversas empresas que tem várias lojas pelo Brasil em um único CNPJ e que facilmente tem o consumo para uma usina de 5MW.

Detalhe que toda essa economia o cliente tem sem fazer nenhum investimento significativo. Apenas terá a economia e podendo ampliar seus negócios com essa economia.

Tabela 17 – Planilha de Resultado para o Cliente Final

PLANILHA DE GANHO CLIENTE								
DADOS DE GERAÇÃO		VALORES COM CONCESSIONÁRIA		VALOR COM USINA SOLAR		ECONOMIA COM A USINA SOLAR		
PERÍODOS (ANO)	GERAÇÃO kWh	VALOR kWh	VALOR GASTO ATUALMENTE	VALOR kWh	TOTAL INVESTIDO	ECONOMIA	%	ACUMULADO
1	12.798.000	R\$ 0,84	R\$ 10.750.320,00	R\$ 0,67	R\$ 8.600.256,00	R\$ 2.150.064,00	20,00%	R\$ 2.150.064,00
2	12.734.010	R\$ 0,88	R\$ 11.231.396,82	R\$ 0,71	R\$ 9.006.510,59	R\$ 2.224.886,23	19,81%	R\$ 4.374.950,23
3	12.670.340	R\$ 0,93	R\$ 11.734.001,83	R\$ 0,74	R\$ 9.430.838,11	R\$ 2.303.163,71	19,63%	R\$ 6.678.113,94
4	12.606.988	R\$ 0,97	R\$ 12.259.098,41	R\$ 0,78	R\$ 9.874.047,86	R\$ 2.385.050,55	19,46%	R\$ 9.063.164,49
5	12.543.953	R\$ 1,02	R\$ 12.807.693,06	R\$ 0,82	R\$ 10.336.985,34	R\$ 2.470.707,72	19,29%	R\$ 11.533.872,21
6	12.481.234	R\$ 1,07	R\$ 13.380.837,33	R\$ 0,87	R\$ 10.820.533,91	R\$ 2.560.303,42	19,13%	R\$ 14.094.175,63
7	12.418.827	R\$ 1,13	R\$ 13.979.629,80	R\$ 0,91	R\$ 11.325.616,43	R\$ 2.654.013,37	18,98%	R\$ 16.748.189,00
8	12.356.733	R\$ 1,18	R\$ 14.605.218,23	R\$ 0,96	R\$ 11.853.197,08	R\$ 2.752.021,15	18,84%	R\$ 19.500.210,15
9	12.294.950	R\$ 1,24	R\$ 15.258.801,75	R\$ 1,01	R\$ 12.404.283,16	R\$ 2.854.518,59	18,71%	R\$ 22.354.728,74
10	12.233.475	R\$ 1,30	R\$ 15.941.633,13	R\$ 1,06	R\$ 12.979.927,07	R\$ 2.961.706,05	18,58%	R\$ 25.316.434,79
11	12.172.307	R\$ 1,37	R\$ 16.655.021,21	R\$ 1,12	R\$ 13.581.228,28	R\$ 3.073.792,92	18,46%	R\$ 28.390.227,72
12	12.111.446	R\$ 1,44	R\$ 17.400.333,41	R\$ 1,17	R\$ 14.209.335,48	R\$ 3.190.997,93	18,34%	R\$ 31.581.225,65
13	12.050.889	R\$ 1,51	R\$ 18.178.998,33	R\$ 1,23	R\$ 14.865.448,74	R\$ 3.313.549,59	18,23%	R\$ 34.894.775,24
14	11.990.634	R\$ 1,58	R\$ 18.992.508,50	R\$ 1,30	R\$ 15.550.821,83	R\$ 3.441.686,67	18,12%	R\$ 38.336.461,91
15	11.930.681	R\$ 1,66	R\$ 19.842.423,26	R\$ 1,36	R\$ 16.266.764,65	R\$ 3.575.658,61	18,02%	R\$ 41.912.120,51
16	11.871.028	R\$ 1,75	R\$ 20.730.371,70	R\$ 1,43	R\$ 17.014.645,70	R\$ 3.715.726,00	17,92%	R\$ 45.627.846,52
17	11.811.673	R\$ 1,83	R\$ 21.658.055,83	R\$ 1,51	R\$ 17.795.894,70	R\$ 3.862.161,13	17,83%	R\$ 49.490.007,65
18	11.752.614	R\$ 1,93	R\$ 22.627.253,83	R\$ 1,58	R\$ 18.612.005,38	R\$ 4.015.248,45	17,75%	R\$ 53.505.256,09
19	11.693.851	R\$ 2,02	R\$ 23.639.823,44	R\$ 1,66	R\$ 19.464.538,29	R\$ 4.175.285,15	17,66%	R\$ 57.680.541,24
20	11.635.382	R\$ 2,12	R\$ 24.697.705,54	R\$ 1,75	R\$ 20.355.123,82	R\$ 4.342.581,72	17,58%	R\$ 62.023.122,96
21	11.577.205	R\$ 2,23	R\$ 25.802.927,86	R\$ 1,84	R\$ 21.285.465,32	R\$ 4.517.462,54	17,51%	R\$ 66.540.585,50
22	11.519.319	R\$ 2,34	R\$ 26.957.608,88	R\$ 1,93	R\$ 22.257.342,35	R\$ 4.700.266,54	17,44%	R\$ 71.240.852,04
23	11.461.722	R\$ 2,46	R\$ 28.163.961,88	R\$ 2,03	R\$ 23.272.614,11	R\$ 4.891.347,77	17,37%	R\$ 76.132.199,81
24	11.404.414	R\$ 2,58	R\$ 29.424.299,17	R\$ 2,13	R\$ 24.333.223,01	R\$ 5.091.076,17	17,30%	R\$ 81.223.275,98
25	11.347.392	R\$ 2,71	R\$ 30.741.036,56	R\$ 2,24	R\$ 25.441.198,35	R\$ 5.299.838,21	17,24%	R\$ 86.523.114,18

Fonte: Próprio autor (2018)

4 CONCLUSÃO

Nesse estudo, detalhamos os principais tópicos para o desenvolvimento de um plano de negócio para uma usina dessa magnitude, como por exemplo: Projeto básico, avaliação do local, definição de clientes, principais custos, riscos existentes, modelo de compensação, modelagem financeira, topologia do empreendimento, conexão a rede, seleção de fornecedores, O&M, cotação com EPCs, contratos, construção, comissionamento, entre outros.

Depois de feita essa análise, levantar os custos da usina, definir modelo de negócio e potencial cliente, fizemos finalmente o estudo financeiro de apresentação a um possível investidor/financiador do projeto. E os resultados foram surpreendentes.

O projeto apresentou uma TIR de 20,07% e um VPL de R\$ 25.710.863,57, na qual se torna muito atraente para qualquer investidor do mundo. Apesar de todos os riscos que citamos no estudo para esse mercado, consideramos ser um projeto de risco médio, já que a geração solar é muita fonte muito segura e seus equipamentos quase não tem manutenção, além de ser mercado em plena expansão na qual teremos demanda de sobra por pelo nos próximos 20 anos.

Esse resultado de TIR de 20,07% esta bem superior a fundos de investimentos no Brasil de risco médio que pode chegar em até 11,17%, segundo nossos estudos. O estudo ainda mostra que no payback descontado, quando trazemos o investimento a valor presente, no ano 10, o investidor já pagou o investimento e já tem um montante de lucro de mais de 3 milhões de reais.

Sendo assim, esse estudo mostra o quanto vantajoso e quanto ainda esse mercado pode crescer com os investimentos vindos de fora e até mesmo com fundos brasileiros. Fontes alternativas de energia é uma necessidade que já comprovamos no estudo e a energia solar é a que mais cresce pela sua facilidade, velocidade e praticidade em sua construção, além do espetacular retorno que trás, quando falamos na modalidade que apresentamos, dentro da geração distribuída e oferecendo um desconto de 20% ao cliente final, que hoje estaria pagando perto dos R\$840/MWh.

Esse tipo de projeto se mostrou muito atrativo também ao cliente final, pois ele que estava pagando em suas unidades consumidoras um valor de R\$ 840,00/MWh e passou a pagar, sem investimento algum, um valor 20% menor e chegando em R\$672,00/MWh. Isso nos mostrou que em 10 anos, ele terá uma economia que supera os 25 milhões de reais.

Em resumo, energia solar é um mercado em plena expansão e que com certeza irá movimentar muito nossa economia e trazer grandes investidores para o Brasil.

BIBLIOGRAFIA

ABSOLAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Notícias de crescimento da área e incentivos**. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

BLUESOL. **Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <<http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

BRASIL. ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa N° 687 de 24/11/15**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia PNE-2030**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/02.+Proje%C3%A7%C3%B5es+%28PDF%29/20ff8955-96fe-4f15-b387-00f14366821b?version=1.1>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Meio Ambiente proíbe construção de novas usinas hidrelétricas no rio Paranapanema**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/ECONOMIA/550444-MEIO-AMBIENTE-PROIBE-CONSTRUCAO-DE-NOVAS-USINAS-HIDRELETRICAS-NO-RIO-PARANAPANEMA.html>>. Acesso em: 17 jul. 2018.

CCEE – CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Informações do Mercado**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/infomercado?_adf.ctrl-state=g41zynznu_50&contentid%3DCCEE_640980%26%3D%26=&_afLoop=39354951399252#>. Acesso em: 17 jul. 2018.

ENGIE BRASIL. **Energia solar em números - Vale a pena?** Disponível em: <<http://minhaenergiasolar.com.br/agradecimento/materiais/ebook-energia-solar-em-numeros-vale-a-pena.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Aumento de consumo residencial e industrial**. Disponível em: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-153/topico-351/Resenha%20Mensal%20-%20Maio%202018_vf.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional.**

Disponível em: <<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf#search=pesquisa%20de%20energia%202018>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Crescimento de 3,5% no consumo de energia elétrica em 2018.** Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/resenha-mensal-o-consumo-de-energia-eletrica-cresceu-3-5-em-relacao-ao-mesmo-mes-de-2017->>. Acesso em: 17 jul. 2018.

GRENNER – RESEARCH, STRATEGY INNOVATION. **Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída.** 2018. Disponível em: <<https://www.greener.com.br/pesquisas-de-mercado/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-2o-semester-2018/>>. Acesso em: 21 jul.2018.

IDEAL - Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina. América do Sol. **O que é e como funciona o Sistema Fotovoltaico.** Disponível em: <http://americadosol.org/energia_fotovoltaica/#toggle-id-3>. Acesso em: 15 jun. 2018.

IDEAL - Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina. América do Sol. **Regulamentação.** Disponível em: <<http://americadosol.org/regulamentação>>. Acesso em: 13 jun. 2018

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Energia agora. Carga e Geração.** Disponível em: <<http://ons.org.br/paginas/energia-agora/carga-e-geracao>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

PORTAL SOLAR. **Tracker – Vantagens e Desvantagens.** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar---tracker-vantagens-e-desvantagens-parte-1.html>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

SEGUNDOSOL. **Geração Compartilhada.** Disponível em: <<http://2ndsol.com.br/admin/servicos/minimicro-geracao-fotovoltaica/saiba/>>. Acesso em: 04 ago. 2018.

WRPRATES. **Diferença do payback simples do descontado.** Disponível em: <<https://www.wrprates.com/qual-e-a-diferenca-entre-payback-simples-e-descontado/>>. Acesso em: 04 ago. 2018.

ANEXOS

ANEXO A - Cronograma de Construção da Usina

PROJETO HSP X ALIANÇA X CLIENTE

ATIVIDADES	RESPONSÁVEL	Prazo	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
CONTRATO	HSP / ALIANÇA / CLIENTE	15d									
PROJETO EXECUTIVO	ASTHOR	30d									
ENVIO / APROVAÇÃO DE PROJETO JUNTO À ENERGISA / ANEEL	ALIANÇA	60d									
PREPARAÇÃO INFRA (TERRAPLANAGEM, VALAS, MARCAÇÕES ETC)	HSP	45d									
INSTALAÇÃO BERÇOS E ELETRODUTOS	ASTHOR	30d									
PREPARAÇÃO CABINE PRIMÁRIA	ALIANÇA	45d									
OBRA CIVIL ESTRUTURA - SAPATAS OU BATE ESTACA	ASTHOR	30d									
INSTALAÇÃO ESTRUTURA	ASTHOR	30d									
PASSAGEM CABOS CC	ASTHOR	15d									
IMPORTAÇÃO MÓDULOS E INVERSOR	HSP	60d									
LIBERAÇÃO ALFANDEGÁRIA	HSP	15d									
ENTREGA PRODUTOS NO CLIENTE	HSP	milestone									
MONTAGEM DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	ASTHOR	60d									
INSTALAÇÃO DOS INVERSORES	ASTHOR	30d									
INSTALAÇÃO DE PROTEÇÕES E CABOS AC	ASTHOR / ALIANÇA	45d									
MONTAGEM CABINE PRIMÁRIA	ALIANÇA	45d									
REVISÃO GERAL DAS INSTALAÇÕES E AJUSTES DO SISTEMA	ASTHOR / ALIANÇA	30d									
APROVAÇÃO ENERGISA	HSP / ALIANÇA / CLIENTE	milestone									

ANEXO B - Fluxo de Caixa do Investidor

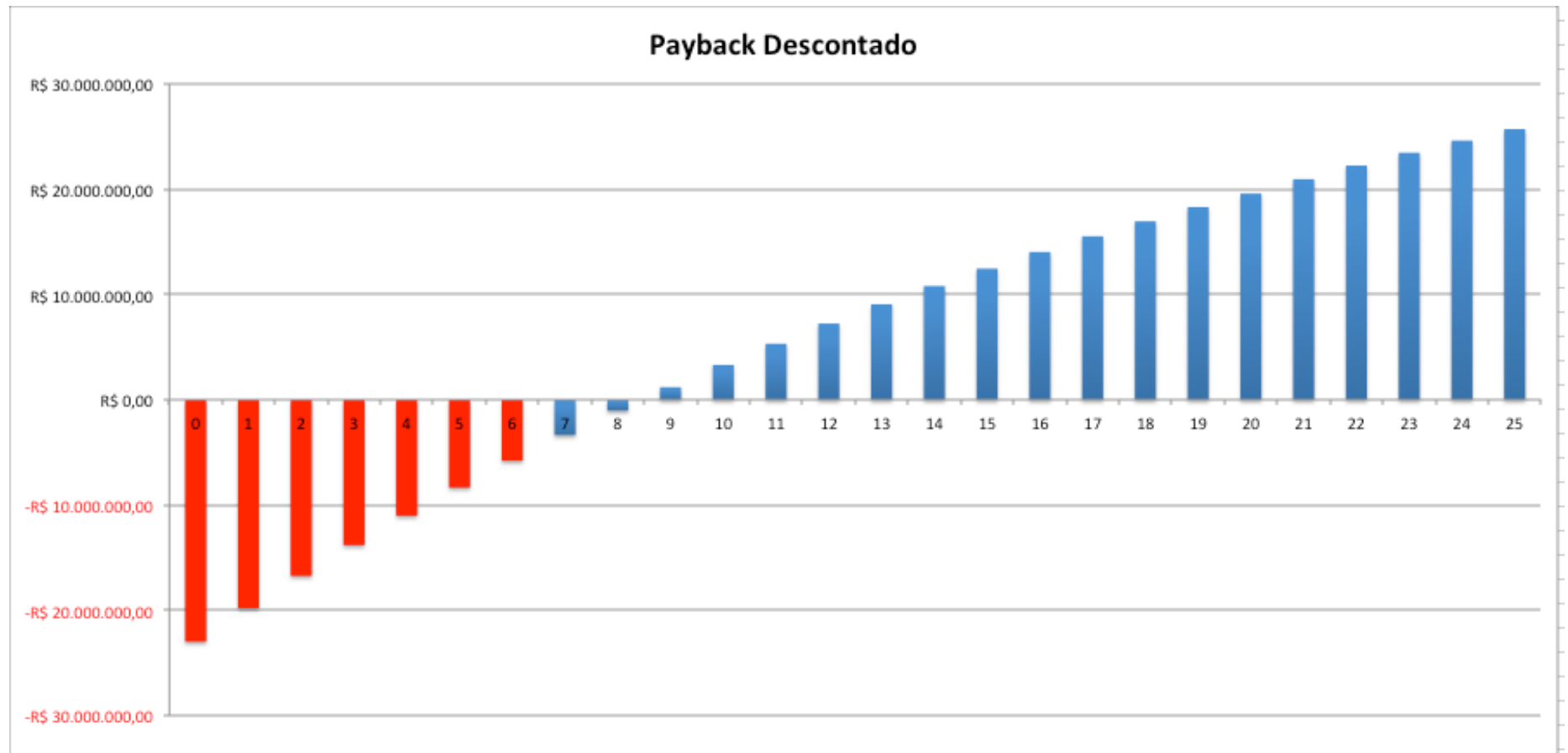
RECEITAS				CUSTOS				RESULTADO		
Período de vida (anos)	Tarifa kWh	Geração FV MWh	Receita	Impostos (PIS/COFINS) 3,65%	Desp. Admin. 2,5%	Custos de O&M 2,12%	Demanda Contratada R\$ 20,88	Fluxo de Caixa / Antes da CSLL e IRPJ	Depreciação Equip. 5%	Fluxo de Caixa / Após Depreciação
1	R\$ 615,00	12.798	R\$ 7.870.770,00	R\$ 287.283,11	R\$ 574.375,60	R\$ 487.070,51	R\$ 1.252.800,00	R\$ 5.269.240,79	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.120.489,59
2	R\$ 645,75	12.734	R\$ 8.222.986,96	R\$ 300.139,02	R\$ 603.094,38	R\$ 511.424,03	R\$ 1.315.440,00	R\$ 5.492.889,52	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.344.138,32
3	R\$ 678,04	12.670	R\$ 8.590.965,62	R\$ 313.570,25	R\$ 633.249,10	R\$ 536.995,24	R\$ 1.381.212,00	R\$ 5.725.939,04	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.577.187,84
4	R\$ 711,94	12.607	R\$ 8.975.411,34	R\$ 327.602,51	R\$ 664.911,55	R\$ 563.845,00	R\$ 1.450.272,60	R\$ 5.968.779,67	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.820.028,47
5	R\$ 747,54	12.544	R\$ 9.377.060,99	R\$ 342.262,73	R\$ 698.157,13	R\$ 592.037,25	R\$ 1.522.786,23	R\$ 6.221.817,66	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.073.066,46
6	R\$ 784,91	12.481	R\$ 9.796.684,47	R\$ 357.578,98	R\$ 733.064,99	R\$ 621.639,11	R\$ 1.598.925,54	R\$ 6.485.475,85	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.336.724,65
7	R\$ 824,16	12.419	R\$ 10.235.086,10	R\$ 373.580,64	R\$ 769.718,24	R\$ 652.721,07	R\$ 1.678.871,82	R\$ 6.760.194,34	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.611.443,14
8	R\$ 865,37	12.357	R\$ 10.693.106,21	R\$ 390.298,38	R\$ 808.204,15	R\$ 685.357,12	R\$ 1.762.815,41	R\$ 7.046.431,15	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.897.679,95
9	R\$ 908,64	12.295	R\$ 11.171.622,71	R\$ 407.764,23	R\$ 848.614,36	R\$ 719.624,97	R\$ 1.850.956,18	R\$ 7.344.662,97	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.195.911,77
10	R\$ 954,07	12.233	R\$ 11.671.552,82	R\$ 426.011,68	R\$ 891.045,07	R\$ 755.606,22	R\$ 1.943.503,99	R\$ 7.655.385,86	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.506.634,66
11	R\$ 1.001,77	12.172	R\$ 12.193.854,81	R\$ 445.075,70	R\$ 935.597,33	R\$ 793.386,53	R\$ 2.040.679,19	R\$ 7.979.116,06	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.830.364,86
12	R\$ 1.051,86	12.111	R\$ 12.739.529,82	R\$ 464.992,84	R\$ 982.377,20	R\$ 833.055,86	R\$ 2.142.713,15	R\$ 8.316.390,77	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.167.639,57
13	R\$ 1.104,45	12.051	R\$ 13.309.623,78	R\$ 485.801,27	R\$ 1.031.496,05	R\$ 874.708,65	R\$ 2.249.848,81	R\$ 8.667.768,99	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.519.017,79
14	R\$ 1.159,67	11.991	R\$ 13.905.229,44	R\$ 507.540,87	R\$ 1.083.070,86	R\$ 918.444,09	R\$ 2.362.341,25	R\$ 9.033.832,37	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.885.081,17
15	R\$ 1.217,66	11.931	R\$ 14.527.488,46	R\$ 530.253,33	R\$ 1.137.224,40	R\$ 964.366,29	R\$ 2.480.458,31	R\$ 9.415.186,13	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 8.266.434,93
16	R\$ 1.278,54	11.871	R\$ 15.177.593,57	R\$ 553.982,17	R\$ 1.194.085,62	R\$ 1.012.584,61	R\$ 2.604.481,22	R\$ 9.812.459,95	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 8.663.708,75
17	R\$ 1.342,47	11.812	R\$ 15.856.790,88	R\$ 578.772,87	R\$ 1.253.789,90	R\$ 1.063.213,84	R\$ 2.734.705,28	R\$ 10.226.308,99	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.077.557,79
18	R\$ 1.409,59	11.753	R\$ 16.566.382,27	R\$ 604.672,95	R\$ 1.316.479,40	R\$ 1.116.374,53	R\$ 2.871.440,55	R\$ 10.657.414,84	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.508.663,64
19	R\$ 1.480,07	11.694	R\$ 17.307.727,88	R\$ 631.732,07	R\$ 1.382.303,37	R\$ 1.172.193,25	R\$ 3.015.012,58	R\$ 11.106.486,61	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.957.735,41
20	R\$ 1.554,07	11.635	R\$ 18.082.248,70	R\$ 660.002,08	R\$ 1.451.418,53	R\$ 1.230.802,92	R\$ 3.165.763,20	R\$ 11.574.261,96	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 10.425.510,76
21	R\$ 1.631,78	11.577	R\$ 18.891.429,33	R\$ 689.537,17	R\$ 1.523.989,46	R\$ 1.292.343,06	R\$ 3.324.051,37	R\$ 12.061.508,27		R\$ 12.061.508,27
22	R\$ 1.713,37	11.519	R\$ 19.736.820,79	R\$ 720.393,96	R\$ 1.600.188,93	R\$ 1.356.960,22	R\$ 3.490.253,93	R\$ 12.569.023,75		R\$ 12.569.023,75
23	R\$ 1.799,04	11.462	R\$ 20.620.043,52	R\$ 752.631,59	R\$ 1.680.198,38	R\$ 1.424.808,23	R\$ 3.664.766,63	R\$ 13.097.638,69		R\$ 13.097.638,69
24	R\$ 1.888,99	11.404	R\$ 21.542.790,47	R\$ 786.311,85	R\$ 1.764.208,30	R\$ 1.496.048,64	R\$ 3.848.004,96	R\$ 13.648.216,72		R\$ 13.648.216,72
25	R\$ 1.983,44	11.347	R\$ 22.506.830,34	R\$ 821.499,31	R\$ 1.852.418,72	R\$ 1.570.851,07	R\$ 4.040.405,21	R\$ 14.221.656,04		R\$ 14.221.656,04

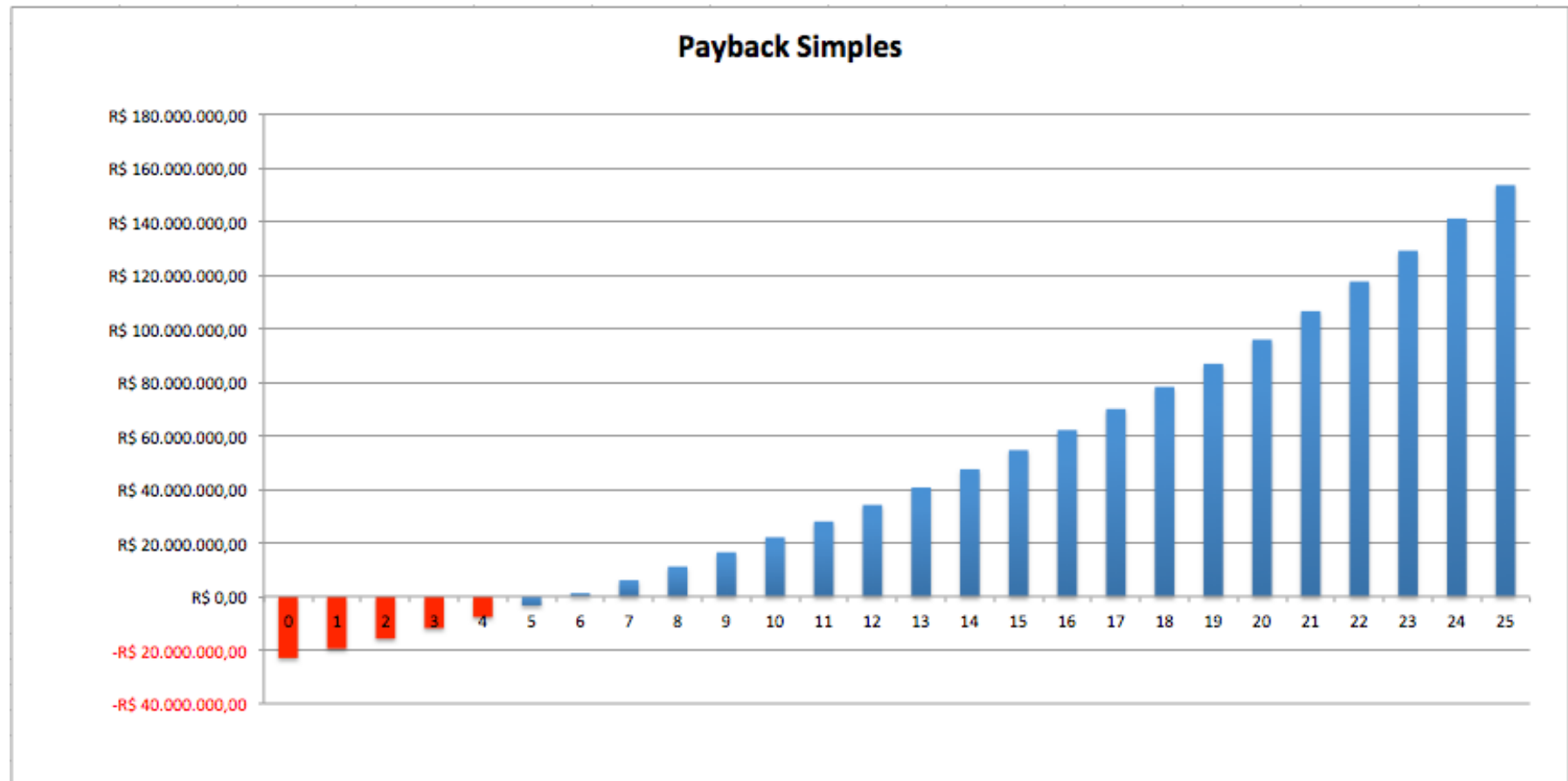
ANEXO B2 - Fluxo de Caixa do Investidor

RESULTADO			CALCULO E CUSTOS IMPOSTOS				RESULTADO FINAL	
Fluxo de Caixa / Antes da CSLL e IRPJ	Depreciação Equip. 5%	Fluxo de Caixa /Após Depreciação	Base cálculo Lucro Presumido 32%	Acréscimo 10%, ultrap. Fatur. Máximo 10%	CSLL 9%	IRPJ 15%	Fluxo de Caixa / Após CSLL e IRPJ Lucro Líquido	Fluxo de Caixa Acumulado
R\$ 5.269.240,79	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.120.489,59	R\$ 2.518.646,40	-R\$ 136.184,32	-R\$ 226.678,18	-R\$ 377.796,96	R\$ 3.516.014,45	R\$ 3.516.014,45
R\$ 5.492.889,52	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.344.138,32	R\$ 2.631.355,83	-R\$ 147.278,25	-R\$ 236.822,02	-R\$ 394.703,37	R\$ 3.712.612,92	R\$ 7.228.627,37
R\$ 5.725.939,04	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.577.187,84	R\$ 2.749.109,00	-R\$ 158.807,88	-R\$ 247.419,81	-R\$ 412.366,35	R\$ 3.917.401,68	R\$ 11.146.029,05
R\$ 5.968.779,67	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 4.820.028,47	R\$ 2.872.131,63	-R\$ 170.789,68	-R\$ 258.491,85	-R\$ 430.819,74	R\$ 4.130.716,88	R\$ 15.276.745,93
R\$ 6.221.817,66	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.073.066,46	R\$ 3.000.659,52	-R\$ 183.240,69	-R\$ 270.059,36	-R\$ 450.098,93	R\$ 4.352.908,17	R\$ 19.629.654,11
R\$ 6.485.475,85	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.336.724,65	R\$ 3.134.939,03	-R\$ 196.178,56	-R\$ 282.144,51	-R\$ 470.240,85	R\$ 4.584.339,28	R\$ 24.213.993,39
R\$ 6.760.194,34	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.611.443,14	R\$ 3.275.227,55	-R\$ 209.621,56	-R\$ 294.770,48	-R\$ 491.284,13	R\$ 4.825.388,53	R\$ 29.039.381,91
R\$ 7.046.431,15	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 5.897.679,95	R\$ 3.421.793,99	-R\$ 223.588,60	-R\$ 307.961,46	-R\$ 513.269,10	R\$ 5.076.449,39	R\$ 34.115.831,31
R\$ 7.344.662,97	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.195.911,77	R\$ 3.574.919,27	-R\$ 238.099,25	-R\$ 321.742,73	-R\$ 536.237,89	R\$ 5.337.931,14	R\$ 39.453.762,45
R\$ 7.655.385,86	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.506.634,66	R\$ 3.734.896,90	-R\$ 253.173,78	-R\$ 336.140,72	-R\$ 560.234,54	R\$ 5.610.259,40	R\$ 45.064.021,85
R\$ 7.979.116,06	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 6.830.364,86	R\$ 3.902.033,54	-R\$ 268.833,13	-R\$ 351.183,02	-R\$ 585.305,03	R\$ 5.893.876,81	R\$ 50.957.898,67
R\$ 8.316.390,77	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.167.639,57	R\$ 4.076.649,54	-R\$ 285.099,00	-R\$ 366.898,46	-R\$ 611.497,43	R\$ 6.189.243,68	R\$ 57.147.142,35
R\$ 8.667.768,99	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.519.017,79	R\$ 4.259.079,61	-R\$ 301.993,82	-R\$ 383.317,16	-R\$ 638.861,94	R\$ 6.496.838,69	R\$ 63.643.981,04
R\$ 9.033.832,37	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 7.885.081,17	R\$ 4.449.673,42	-R\$ 319.540,78	-R\$ 400.470,61	-R\$ 667.451,01	R\$ 6.817.159,55	R\$ 70.461.140,59
R\$ 9.415.186,13	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 8.266.434,93	R\$ 4.648.796,31	-R\$ 337.763,86	-R\$ 418.391,67	-R\$ 697.319,45	R\$ 7.150.723,81	R\$ 77.611.864,40
R\$ 9.812.459,95	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 8.663.708,75	R\$ 4.856.829,94	-R\$ 356.687,88	-R\$ 437.114,69	-R\$ 728.524,49	R\$ 7.498.069,56	R\$ 85.109.933,97
R\$ 10.226.308,99	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.077.557,79	R\$ 5.074.173,08	-R\$ 376.338,47	-R\$ 456.675,58	-R\$ 761.125,96	R\$ 7.859.756,25	R\$ 92.969.690,22
R\$ 10.657.414,84	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.508.663,64	R\$ 5.301.242,33	-R\$ 396.742,13	-R\$ 477.111,81	-R\$ 795.186,35	R\$ 8.236.365,48	R\$ 101.206.055,70
R\$ 11.106.486,61	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 9.957.735,41	R\$ 5.538.472,92	-R\$ 417.926,25	-R\$ 498.462,56	-R\$ 830.770,94	R\$ 8.628.501,91	R\$ 109.834.557,61
R\$ 11.574.261,96	-R\$ 1.148.751,20	R\$ 10.425.510,76	R\$ 5.786.319,58	-R\$ 439.919,12	-R\$ 520.768,76	-R\$ 867.947,94	R\$ 9.036.794,06	R\$ 118.871.351,68
R\$ 12.061.508,27		R\$ 12.061.508,27	R\$ 6.045.257,38	-R\$ 577.625,09	-R\$ 544.073,16	-R\$ 906.788,61	R\$ 10.610.646,49	R\$ 129.481.998,17
R\$ 12.569.023,75		R\$ 12.569.023,75	R\$ 6.315.782,65	-R\$ 601.324,11	-R\$ 568.420,44	-R\$ 947.367,40	R\$ 11.053.235,91	R\$ 140.535.234,08
R\$ 13.097.638,69		R\$ 13.097.638,69	R\$ 6.598.413,93	-R\$ 625.922,48	-R\$ 593.857,25	-R\$ 989.762,09	R\$ 11.514.019,35	R\$ 152.049.253,43
R\$ 13.648.216,72		R\$ 13.648.216,72	R\$ 6.893.692,95	-R\$ 651.452,38	-R\$ 620.432,37	-R\$ 1.034.053,94	R\$ 11.993.730,41	R\$ 164.042.983,84
R\$ 14.221.656,04		R\$ 14.221.656,04	R\$ 7.202.185,71	-R\$ 677.947,03	-R\$ 648.196,71	-R\$ 1.080.327,86	R\$ 12.493.131,47	R\$ 176.536.115,31

ANEXO C - Ganhos Clientes Final

PLANILHA DE GANHO CLIENTE								
DADOS DE GERAÇÃO		VALORES COM CONCESSIONÁRIA		VALOR COM USINA SOLAR		ECONOMIA COM A USINA SOLAR		
PERÍODOS (ANO)	GERAÇÃO kWh	VALOR kWh	VALOR GASTO ATUALMENTE	VALOR kWh	TOTAL INVESTIDO	ECONOMIA	%	ACUMULADO
1	12.798.000	R\$ 0,84	R\$ 10.750.320,00	R\$ 0,67	R\$ 8.600.256,00	R\$ 2.150.064,00	20,00%	R\$ 2.150.064,00
2	12.734.010	R\$ 0,88	R\$ 11.231.396,82	R\$ 0,71	R\$ 9.006.510,59	R\$ 2.224.886,23	19,81%	R\$ 4.374.950,23
3	12.670.340	R\$ 0,93	R\$ 11.734.001,83	R\$ 0,74	R\$ 9.430.838,11	R\$ 2.303.163,71	19,63%	R\$ 6.678.113,94
4	12.606.988	R\$ 0,97	R\$ 12.259.098,41	R\$ 0,78	R\$ 9.874.047,86	R\$ 2.385.050,55	19,46%	R\$ 9.063.164,49
5	12.543.953	R\$ 1,02	R\$ 12.807.693,06	R\$ 0,82	R\$ 10.336.985,34	R\$ 2.470.707,72	19,29%	R\$ 11.533.872,21
6	12.481.234	R\$ 1,07	R\$ 13.380.837,33	R\$ 0,87	R\$ 10.820.533,91	R\$ 2.560.303,42	19,13%	R\$ 14.094.175,63
7	12.418.827	R\$ 1,13	R\$ 13.979.629,80	R\$ 0,91	R\$ 11.325.616,43	R\$ 2.654.013,37	18,98%	R\$ 16.748.189,00
8	12.356.733	R\$ 1,18	R\$ 14.605.218,23	R\$ 0,96	R\$ 11.853.197,08	R\$ 2.752.021,15	18,84%	R\$ 19.500.210,15
9	12.294.950	R\$ 1,24	R\$ 15.258.801,75	R\$ 1,01	R\$ 12.404.283,16	R\$ 2.854.518,59	18,71%	R\$ 22.354.728,74
10	12.233.475	R\$ 1,30	R\$ 15.941.633,13	R\$ 1,06	R\$ 12.979.927,07	R\$ 2.961.706,05	18,58%	R\$ 25.316.434,79
11	12.172.307	R\$ 1,37	R\$ 16.655.021,21	R\$ 1,12	R\$ 13.581.228,28	R\$ 3.073.792,92	18,46%	R\$ 28.390.227,72
12	12.111.446	R\$ 1,44	R\$ 17.400.333,41	R\$ 1,17	R\$ 14.209.335,48	R\$ 3.190.997,93	18,34%	R\$ 31.581.225,65
13	12.050.889	R\$ 1,51	R\$ 18.178.998,33	R\$ 1,23	R\$ 14.865.448,74	R\$ 3.313.549,59	18,23%	R\$ 34.894.775,24
14	11.990.634	R\$ 1,58	R\$ 18.992.508,50	R\$ 1,30	R\$ 15.550.821,83	R\$ 3.441.686,67	18,12%	R\$ 38.336.461,91
15	11.930.681	R\$ 1,66	R\$ 19.842.423,26	R\$ 1,36	R\$ 16.266.764,65	R\$ 3.575.658,61	18,02%	R\$ 41.912.120,51
16	11.871.028	R\$ 1,75	R\$ 20.730.371,70	R\$ 1,43	R\$ 17.014.645,70	R\$ 3.715.726,00	17,92%	R\$ 45.627.846,52
17	11.811.673	R\$ 1,83	R\$ 21.658.055,83	R\$ 1,51	R\$ 17.795.894,70	R\$ 3.862.161,13	17,83%	R\$ 49.490.007,65
18	11.752.614	R\$ 1,93	R\$ 22.627.253,83	R\$ 1,58	R\$ 18.612.005,38	R\$ 4.015.248,45	17,75%	R\$ 53.505.256,09
19	11.693.851	R\$ 2,02	R\$ 23.639.823,44	R\$ 1,66	R\$ 19.464.538,29	R\$ 4.175.285,15	17,66%	R\$ 57.680.541,24
20	11.635.382	R\$ 2,12	R\$ 24.697.705,54	R\$ 1,75	R\$ 20.355.123,82	R\$ 4.342.581,72	17,58%	R\$ 62.023.122,96
21	11.577.205	R\$ 2,23	R\$ 25.802.927,86	R\$ 1,84	R\$ 21.285.465,32	R\$ 4.517.462,54	17,51%	R\$ 66.540.585,50
22	11.519.319	R\$ 2,34	R\$ 26.957.608,88	R\$ 1,93	R\$ 22.257.342,35	R\$ 4.700.266,54	17,44%	R\$ 71.240.852,04
23	11.461.722	R\$ 2,46	R\$ 28.163.961,88	R\$ 2,03	R\$ 23.272.614,11	R\$ 4.891.347,77	17,37%	R\$ 76.132.199,81
24	11.404.414	R\$ 2,58	R\$ 29.424.299,17	R\$ 2,13	R\$ 24.333.223,01	R\$ 5.091.076,17	17,30%	R\$ 81.223.275,98
25	11.347.392	R\$ 2,71	R\$ 30.741.036,56	R\$ 2,24	R\$ 25.441.198,35	R\$ 5.299.838,21	17,24%	R\$ 86.523.114,18

ANEXO D - Payback Descontado

ANEXO E - Payback Simples

ANEXO F - Viabilidade Financeira Investidor

Período de vida (anos)	Resultado da energia Gerada	Resultado Acumulado	Payback Simples	Resultado Descontado	Resultado Acumulado Descontado	Payback Descontado	Taxa Selic	Inflação
0	-R\$ 22.975.024,00		-R\$ 22.975.024,00		-R\$ 22.975.024,00	-R\$ 22.975.024,00	6,25%	4,00%
1	R\$ 3.516.014,45	R\$ 3.516.014,45	-R\$ 19.459.009,55	R\$ 3.189.128,75	R\$ 3.189.128,75	-R\$ 19.785.895,25	TMA (Taxa Mínima de Atratividade) 10,25%	
2	R\$ 3.712.612,92	R\$ 7.228.627,37	-R\$ 15.746.396,63	R\$ 3.054.375,84	R\$ 6.243.504,59	-R\$ 16.731.519,41		
3	R\$ 3.917.401,68	R\$ 11.146.029,05	-R\$ 11.828.994,95	R\$ 2.923.225,45	R\$ 9.166.730,04	-R\$ 13.808.293,96		
4	R\$ 4.130.716,88	R\$ 15.276.745,93	-R\$ 7.698.278,07	R\$ 2.795.831,78	R\$ 11.962.561,82	-R\$ 11.012.462,18		
5	R\$ 4.352.908,17	R\$ 19.629.654,11	-R\$ 3.345.369,89	R\$ 2.672.308,02	R\$ 14.634.869,84	-R\$ 8.340.154,16		
6	R\$ 4.584.339,28	R\$ 24.213.993,39	R\$ 1.238.969,39	R\$ 2.552.731,65	R\$ 17.187.601,49	-R\$ 5.787.422,51		
7	R\$ 4.825.388,53	R\$ 29.039.381,91	R\$ 6.064.357,91	R\$ 2.437.149,10	R\$ 19.624.750,59	-R\$ 3.350.273,41		
8	R\$ 5.076.449,39	R\$ 34.115.831,31	R\$ 11.140.807,31	R\$ 2.325.579,96	R\$ 21.950.330,55	-R\$ 1.024.693,45		
9	R\$ 5.337.931,14	R\$ 39.453.762,45	R\$ 16.478.738,45	R\$ 2.218.020,64	R\$ 24.168.351,20	R\$ 1.193.327,20		
10	R\$ 5.610.259,40	R\$ 45.064.021,85	R\$ 22.088.997,85	R\$ 2.114.447,76	R\$ 26.282.798,96	R\$ 3.307.774,96		
11	R\$ 5.893.876,81	R\$ 50.957.898,67	R\$ 27.982.874,67	R\$ 2.014.821,03	R\$ 28.297.619,99	R\$ 5.322.595,99		
12	R\$ 6.189.243,68	R\$ 57.147.142,35	R\$ 34.172.118,35	R\$ 1.919.085,86	R\$ 30.216.705,84	R\$ 7.241.681,84		
13	R\$ 6.496.838,69	R\$ 63.643.981,04	R\$ 40.668.957,04	R\$ 1.827.175,69	R\$ 32.043.881,53	R\$ 9.068.857,53		
14	R\$ 6.817.159,55	R\$ 70.461.140,59	R\$ 47.486.116,59	R\$ 1.739.014,03	R\$ 33.782.895,56	R\$ 10.807.871,56		
15	R\$ 7.150.723,81	R\$ 77.611.864,40	R\$ 54.636.840,40	R\$ 1.654.516,23	R\$ 35.437.411,79	R\$ 12.462.387,79		
16	R\$ 7.498.069,56	R\$ 85.109.933,97	R\$ 62.134.909,97	R\$ 1.573.591,12	R\$ 37.011.002,91	R\$ 14.035.978,91		
17	R\$ 7.859.756,25	R\$ 92.969.690,22	R\$ 69.994.666,22	R\$ 1.496.142,33	R\$ 38.507.145,23	R\$ 15.532.121,23		
18	R\$ 8.236.365,48	R\$ 101.206.055,70	R\$ 78.231.031,70	R\$ 1.422.069,57	R\$ 39.929.214,80	R\$ 16.954.190,80		
19	R\$ 8.628.501,91	R\$ 109.834.557,61	R\$ 86.859.533,61	R\$ 1.351.269,69	R\$ 41.280.484,49	R\$ 18.305.460,49		
20	R\$ 9.036.794,06	R\$ 118.871.351,68	R\$ 95.896.327,68	R\$ 1.283.637,58	R\$ 42.564.122,07	R\$ 19.589.098,07		
21	R\$ 10.610.646,49	R\$ 129.481.998,17	R\$ 106.506.974,17	R\$ 1.367.071,67	R\$ 43.931.193,74	R\$ 20.956.169,74		
22	R\$ 11.053.235,91	R\$ 140.535.234,08	R\$ 117.560.210,08	R\$ 1.291.695,90	R\$ 45.222.889,64	R\$ 22.247.865,64		
23	R\$ 11.514.019,35	R\$ 152.049.253,43	R\$ 129.074.229,43	R\$ 1.220.447,77	R\$ 46.443.337,41	R\$ 23.468.313,41		
24	R\$ 11.993.730,41	R\$ 164.042.983,84	R\$ 141.067.959,84	R\$ 1.153.102,54	R\$ 47.596.439,95	R\$ 24.621.415,95		
25	R\$ 12.493.131,47	R\$ 176.536.115,31	R\$ 153.561.091,31	R\$ 1.089.447,63	R\$ 48.685.887,57	R\$ 25.710.863,57		
	TIR	20,07%	TMA	10,25%	VPL	R\$ 25.710.863,57		