

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS
MISSÕES
PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CÂMPUS DE SÃO LUIZ GONZAGA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

RAFHAEL DELLA PACE BERNARDO

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO NO TEMPO DE RETORNO DE INVESTIMENTO EM UM
SISTEMA DE MICRO GERAÇÃO FOTOVOLTAICA FRENTE A COBRANÇA DE
TAXAS DE USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO SOBRE A ENERGIA
EXCEDENTE INJETADA NO MODO DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA**

SÃO LUIZ GONZAGA – RS

2019

RAFHAEL DELLA PACE BERNARDO

ANÁLISE DA VARIAÇÃO NO TEMPO DE RETORNO DE INVESTIMENTO EM UM SISTEMA DE MICRO GERAÇÃO FOTOVOLTAICA FRENTE A COBRANÇA DE TAXAS DE USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO SOBRE A ENERGIA EXCEDENTE INJETADA NO MODO DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel, Departamento de Engenharias e Ciências da computação da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai das Missões - Câmpus de São Luiz Gonzaga.

Orientador: Prof. Ms. Alison Fernando Marchioro

SÃO LUIZ GONZAGA – RS

2019

RAFHAEL DELLA PACE BERNARDO

ANÁLISE DA VARIAÇÃO NO TEMPO DE RETORNO DE INVESTIMENTO EM UM SISTEMA DE MICRO GERAÇÃO FOTOVOLTAICA FRENTE A COBRANÇA DE TAXAS DE USO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO SOBRE A ENERGIA EXCEDENTE INJETADA NO MODO DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado com requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel, Departamento de Engenharias e Ciências da computação elétrica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai das Missões - Câmpus de São Luiz Gonzaga.

São Luiz Gonzaga, 00 de 00 de 0000.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Nome do Orientador
Instituição a que pertence

Prof. Nome do professor avaliador
Instituição a que pertence

Prof. Nome do professor avaliador
Instituição a que pertence

AGRADECIMENTOS

Agradeço à energia do universo pelos caminhos que foram colocados à minha frente para a elaboração deste trabalho.

Agradeço a ciência, por me conceder os meios de obter as respostas frente às perguntas deste universo.

À minha família, que tem sido uma fonte de ânimo e, principalmente, de compreensão ao longo de toda a minha trajetória.

Ao meu orientador, Prof. Ms. Alison Fernando Marchioro pelo tempo, dedicação e perseverança no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores que passaram pelo meu caminho e que, apesar de não estarem todos aqui nomeados, reconheço a importância de cada um deles, pois contribuíram e agregaram valor na concretização deste trabalho.

Aos amigos, colegas, funcionários da instituição, pela devida paciência e companheirismo ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Finalizando, e não menos importante, à Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), pela excelência no desenvolvimento e transferência do conhecimento, sua divulgação e aplicação.

RESUMO

O desenvolvimento deste estudo, permite aos consumidores de energia elétrica do Brasil, compreender as alterações no retorno de investimentos em geração de energia fotovoltaica, com a inclusão de taxas, sobre a energia excedente injetada, permitindo uma análise crítica para investimentos futuros. O sistema de compensação de energia, no modelo atual, é benéfico aos consumidores com geração. Pois quando à excedente de energia, a energia é recuperada posteriormente sem que sejam incluídas taxas de uso do sistema de distribuição. Com mudanças nas normas, poderão ser cobradas taxas sobre o excedente, podendo inviabilizar o projeto. A coleta de dados de consumo e geração de uma residência, permitiu verificar somente o excedente gerado a cada hora, possibilitando, uma análise econômica detalhada. Foi analisado a variação no tempo de retorno do investimento, com a inclusão de taxas, sobre o excedente de energia gerado.

Palavras-chave: geração, fotovoltaico, excedente, VPL, payback.

ABSTRACT

The development of this study, allows consumers of electricity from Brazil, to understand the changes in the return of their investments in generation of photovoltaic energy, including taxes, on injected surplus energy, allowing a critical analysis for future investments. The system of energy compensation, in the current model is beneficial to consumers and their generation of electricity. Because when the generated electricity exceeds the consumed one, the energy is recovered later without including distribution system usage fees. With changes in standards, overage charges may apply, making the Project unfeasible. The collection of consumption data and generation of a allowed to check only the surplus generated every hour, enabling a detailed economic analysis. It was analyzed the variation in time return on investment, including taxes, on energy surplus generated.

Keywords: electricity generation, photo-voltaic, VPL, payback.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Matriz Energética Brasileira.	15
Figura 2: Mapa de radiação solar global diária - média anual típica (Wh/m ² .dia).....	18
Figura 3: Ilustração de Sistema Off-Grid sem baterias.....	21
Figura 4: Ilustração de um Sistema fotovoltaico Off-Grid com baterias.....	22
Figura 5: Ilustração de um sistema On-Grid.....	23
Figura 6: Mapa do Sistema Interligado Nacional.....	27
Figura 7: Representação de um sistema de micro geração interligado a rede.....	29
Figura 8: Cronograma de solicitação acesso.	30
Figura 9: Comparativo entre Tarifa Branca e a tarifa convencional.....	37
Figura 10: Componentes que compõem as tarifas na fatura de energia elétrica.	39
Figura 11: Coordenadas da cidade de São Luiz Gonzaga.....	42
Figura 12: Níveis médios de radiação solar em KWh/m ² na região noroeste do Rio Grande do Sul.	43
Figura 14: Histórico de consumo analisado.....	44
Figura 15: Histórico de geração de janeiro a outubro de 2019.....	47
Figura 16: Geração diária em watts.	48
Figura 17: Geração parcial diária a cada hora no período do verão.	49
Figura 18: Consumo parcial em KWh em dia típico de semana no verão.....	50
Figura 19: Consumo parcial dia típico de final de semana no verão.	50
Figura 20: Comparação entre geração e consumo dia de semana no verão.....	51
Figura 21: Comparação entre geração e consumo fim de semana no verão.....	52
Figura 22: Excedentes dia típico de semana verão.....	53
Figura 23: Excedentes dia típico fim de semana no verão.....	54
Figura 24: Geração diária em watts.	55
Figura 25: Geração diária parcial por hora em dia típico de inverno.	56
Figura 26: Consumo parcial em KWh em dia típico de semana no inverno.	57
Figura 27: Consumo parcial em KWh dia típico de final de semana no inverno.....	57
Figura 28: Comparativo geração e consumo dia de semana no inverno.	58
Figura 29: Comparativo geração e consumo fim de semana no inverno.	59
Figura 30: Excedentes dia típico de semana no inverno.....	60
Figura 31: Excedentes dia típico fim de semana no inverno.	61

Figura 32: Comparativo de potências acumuladas e/ou descontadas em KWh nas Faixas 0, 2 e 5 no período de 1 ano.....	65
Figura 33: Comparativo de potências em KWh nas Faixas 0, 2 e 5 no período de 25 anos.	66
Figura 34: Retorno do investimento Faixa 0.....	68
Figura 35: Retorno do investimento Faixa 2.....	69
Figura 36: Retorno do investimento Faixa 2.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descontos tarifa social	36
Tabela 2: Dados utilizados no cálculo do valor do KW/h.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo Geral.....	12
1.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 Organização do trabalho.....	13
2 GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	14
2.1 Produção de energia e sua importância no âmbito geral.....	14
2.1.1 Matriz energética brasileira	14
2.2 Geração fotovoltaica no âmbito nacional	15
2.3 Vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica.....	16
2.4 Considerações ao se projetar uma instalação fotovoltaica.....	17
2.5 A tecnologia fotovoltaica	18
2.6 O efeito fotovoltaico	19
2.6.1 Módulos fotovoltaicos.....	19
2.6.2 Fabricação de módulos fotovoltaicos	20
2.7 Tipos e configurações.....	20
2.7.1 Sistema fotovoltaico Off-Grid sem baterias	21
2.7.2 Sistema fotovoltaico <i>Off-Grid</i> com baterias	22
2.7.3 Sistema fotovoltaico <i>On-Grid</i>	23
2.8 Outros componentes Utilizados em uma unidade geradora fotovoltaica	24
3 REGULAMENTAÇÃO DA MICRO E MINI GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL	25
3.1 Agência responsável pela regulamentação nacional.....	25
3.2 O caminho percorrido pela energia elétrica da geração ao consumidor final ..	25
3.3. A interligação do sistema nacional de energia elétrica	26
3.3.1 Regulamentação do acesso ao sistema de distribuição nacional e a preocupação ambiental.....	27

3.4 Capacidades consideradas para definir os sistemas de micro e mini geração fotovoltaica.....	28
3.5 Implementação de micro e mini geração distribuída no Brasil.....	28
3.5.1 Revisão regulamentar buscando agilidade na inserção de micro e mini geração distribuída no Brasil.....	28
3.5.2 Interligação do sistema de micro geração fotovoltaica a rede de distribuição	29
3.6 Sistema de compensação de energia excedente	30
3.6.1 O sistema de compensação de energia elétrica modelo atual	30
3.6.2 Revisão do Sistema de compensação de energia excedente	31
3.6.3 Sistema de compensação de energia excedente modelos futuros com cobrança adicional	32
4 MODELO TARIFÁRIO NACIONAL	34
4.1 Representação do modelo tarifário nacional.....	34
4.2 Bandeiras tarifárias	35
4.3 Tarifa social de energia elétrica – TSEE.....	35
4.4.1 Consumidores que podem aderir a tarifa social de energia elétrica.....	36
4.4 Tarifa branca.....	36
4.4.1 Postos tarifários.....	38
4.5 Outras tarifas	38
4.6 Cobranças na fatura de energia grupo B	38
4.9.1 Tarifa de Uso do sistema de distribuição (TUSD)	39
4.9.2 Tarifa de energia (TE)	40
5 ESTUDO DE CASO	41
5.1 Metodologia utilizada	41
5.2 Parâmetro ambiental para geração de energia solar	42
5.3 Parâmetros de definição do projeto	43
5.4 Modelo utilizado para base de calculo	46

5.4.1 Modelo de sistema adotado	46
5.4.2 Sistema existente instalado utilizado para extração de dados de geração	47
5.5 Análise de geração e consumo de energia elétrica no período de verão	47
5.5.1 Dados de geração coletados para base de cálculo período de verão.....	47
5.5.2 Dados de consumo coletados para base de cálculo no período de verão	49
5.5.3 Comparação geração e consumo no verão	51
5.5.4 Consumo excedente período de verão	52
5.6 Análise de consumo e geração de energia elétrica no período de inverno.....	54
5.6.1 Dados de geração coletados para base de cálculo período de inverno	54
5.6.2 Dados de consumo coletados para base de cálculo no período de inverno	56
5.6.3 Comparação geração e consumo no inverno.....	58
5.6.4 Consumo excedente período de inverno.....	59
5.7 Análise dos créditos de energia no modo de compensação.....	61
5.7.1 Análise de quantitativos excedentes Faixa 0, modelo atual	61
5.7.2 Análise de excedentes Faixa 2	62
5.7.3 Análise de excedentes Faixa 5	63
5.7.4 Comparativo de quantitativos calculados em KW nas Faixas 0, 2 e 5	64
5.8 Payback descontado.....	66
5.8.1 Taxa mínima de atratividade (TMA)	67
5.8.2 Retorno do investimento Faixa 0.....	67
5.8.3 Retorno do investimento Faixa 2.....	68
5.8.4 Retorno do investimento Faixa 5.....	69
6 Considerações finais	72
6.1 Trabalhos futuros	72

1 INTRODUÇÃO

Por questões ambientais, é de extrema relevância uma maior inclusão de fontes renováveis na matriz energética mundial, buscando reduzir a utilização de fontes de energia dependentes de combustíveis fósseis. Nesse cenário a energia solar fotovoltaica vem ganhando cada vez mais espaço, pois é considerada uma tecnologia de menor impacto ambiental quando relacionada a outras fontes de energia (BLOCK, SALAMANCA, et al., 2014).

No Brasil, a regulamentação do uso de tecnologia de geração de energia fotovoltaica interligada a rede de distribuição, em residências, entrou em vigor em 17 de abril de 2012 (ANEEL, 2012). Desde então, são R\$ 6,7 bilhões de reais em investimentos acumulados em geração distribuída em 2019, com um total de 141040 unidades consumidoras recebendo créditos pelo sistema de compensação de energia (ABSOLAR, 2019).

Entretanto, segundo a Agência Nacional de Energia elétrica (ANEEL, 2019), o sistema de compensação possui inconsistências quanto as cobranças efetuadas nesse modelo, e, buscando tornar a inserção dessa tecnologia sustentável, propõem mudanças nas normas.

No modelo atual, o cliente com geração fotovoltaica, injeta a energia excedente gerada na rede de distribuição das concessionárias, podendo posteriormente utilizá-la sem que nenhuma cobrança adicional seja incluída sobre essa energia (ANEEL, 2012).

De acordo com a ANEEL (2019), o modelo atual é insustentável, pois os reajustes, referentes as cobranças do uso do sistema interligado de energia elétrica, são repassados somente para os clientes que não possuem geração.

No intuito de viabilizar o sistema de compensação a ANEEL realizou ainda em 2018 a Consulta Pública 10/2018 abrindo a discussão buscando alternativa de modo a obter equilíbrio nos custos e benefícios do sistema. Já em 2019, por meio de estudos de possibilidades futuras, criou 5 alternativas a serem analisadas, e, posteriormente, de acordo com as análises, serem inclusas na norma vigente.

Cada uma dessas alternativas, inclui sobre a energia injetada diferentes taxas, cobradas atualmente sobre a energia consumida, gerando, em cada uma das possibilidades, uma cobrança diferente sobre a energia injetada (ANEEL, 2019).

O presente estudo, levando em consideração que, “Ao se analisar uma proposta de investimento deve ser considerado o fato de se estar perdendo a oportunidade de obter retornos aplicando o mesmo capital em outros projetos”. (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2010, p. 97) buscou verificar a atratividade do projeto comparada ao rendimento da taxa Selic de 2019.

Ainda segundo (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2010), é fundamental, na realização de estudos econômicos, analisar o tempo de retorno do investimento, antecipando a opção de escolha do investimento pelo seu retorno de capital. Diante disso, será verificado a variação no tempo de retorno do investimento de um sistema de geração fotovoltaica, instalado em uma residência, aplicando as taxas propostas pela ANEEL, na primeira fase da participação pública, sobre a alteração na Resolução Normativa 482/2012 (ANEEL, 2019). Sendo que um estudo econômico adequado pode confirmar a viabilidade de um projeto (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2010).

Diante deste cenário, o presente trabalho irá realizar um estudo de caso, coletando dados de consumo em uma residência no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, e dados de geração em um sistema fotovoltaico, com capacidade de geração igual a necessária para suprir a demanda da residência, instalado na mesma região. Os dados serão analisados de forma a obter o quantitativo de energia excedente na geração a cada hora do dia, em diferentes dias da semana e em duas épocas do ano, verão e inverno. Os dados de excedentes coletados, estarão sujeitos a cobranças nas alterações propostas pela ANEEL na norma 482/2012.

Após, serão feitas análises econômicas, identificando se há variação no tempo de retorno do investimento com a aplicação das taxas propostas pela ANEEL e o quanto a mudança irá interferir na viabilidade do projeto.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a mudança no tempo de retorno do investimento em sistemas de micro geração fotovoltaica no Brasil, com a aplicação das novas faixas propostas pela Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), responsável pela regulamentação nacional. Essas faixas propõem a inclusão de cobrança pelo uso do sistema de distribuição sobre a energia injetada na rede de distribuição, no modo de compensação de energia.

Após será feita uma análise dos resultados com o objetivo de verificar se há uma variação significativa no tempo de retorno do investimento, relacionando esse tempo ao tempo de vida útil estimado de um sistema de geração fotovoltaica.

1.2 Objetivos específicos

- Exemplificar os conceitos básicos sobre a energia fotovoltaica;
- Explanar os conceitos sobre micro e mini geração distribuída compensada;
- Efetuar uma revisão tarifária a nível nacional;
- Verificar os níveis de radiação dos raios solares na região de estudo
- Analisar o retorno de investimento atual de um sistema de micro geração fotovoltaica pré-determinado;
- Analisar de retorno de investimento de um sistema de micro geração fotovoltaica pré-determinado com a inclusão de taxas pelo uso do sistema de distribuição sobre a energia injetada;
- Analisar a variação no retorno do investimento com a implementação das taxas propostas pela ANEEL.

1.3 Organização do trabalho

O trabalho foi organizado em seis capítulos: No capítulo 2, “Geração de energia fotovoltaica”, são levantados dados no âmbito geral da geração fotovoltaica, demonstrando o cenário nacional, componentes utilizados nos sistemas e demais aspectos que são relevantes para esse trabalho. No capítulo 3, é demonstrada a regulamentação nacional vigente, relacionada ao sistema interligado nacional, com ênfase em geração de energia fotovoltaica.

No capítulo 4, são exemplificados os modelos de tarifação nacional, utilizados atualmente para gerar a cobrança na fatura de energia e, no capítulo 5 o estudo de caso que demonstra métodos de análise econômica utilizados no estudo, cálculos dos dados coletados, análises e definições dos objetivos propostos pelo trabalho. No capítulo 7 são apresentadas as considerações finais.

2 GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

2.1 Produção de energia e sua importância no âmbito geral

O conceito de energia veio sendo desenvolvido por muitos filósofos e pensadores no decorrer dos anos, recebendo diversificados nomes, todos sugestionando que energia é uma força conceituada com capacidade de realizar trabalho (ORNELLAS, 2006).

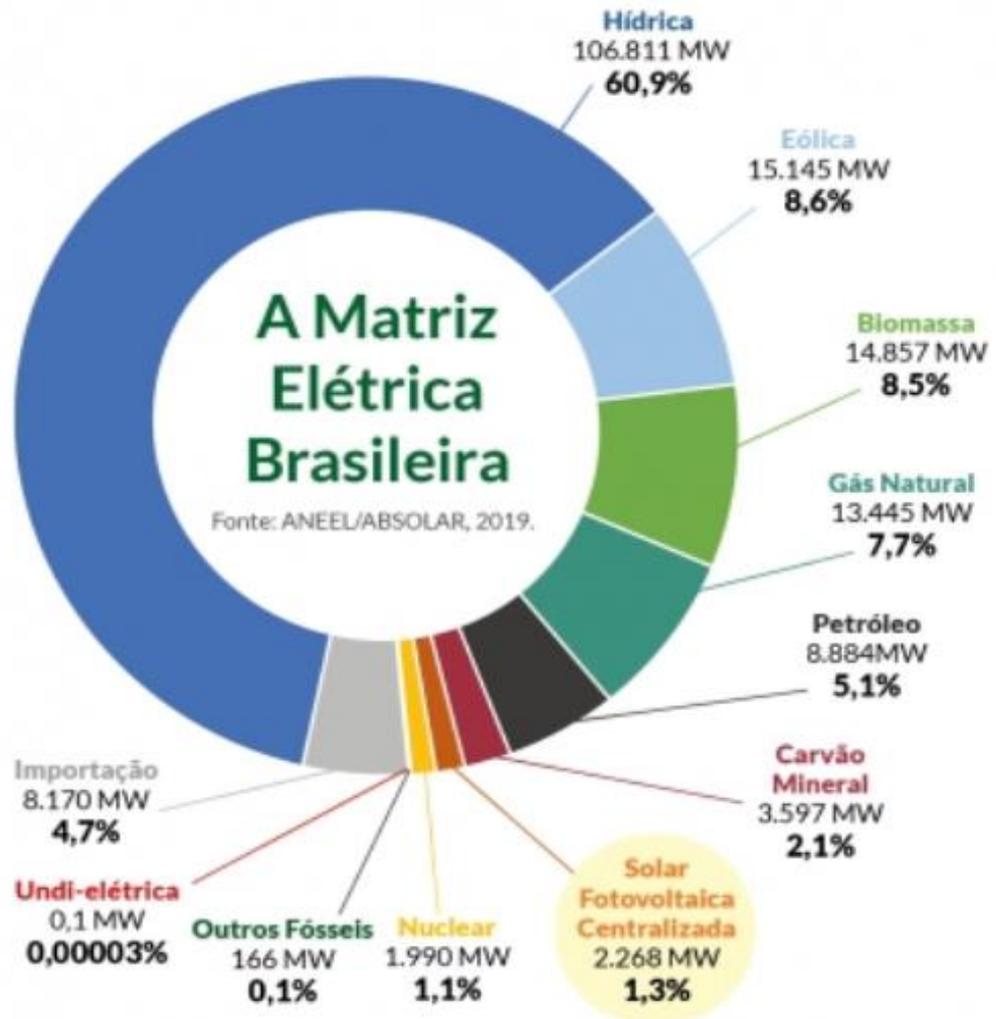
O aumento do consumo de energia elétrica apresentado no Brasil, exige uma infraestrutura capaz suportar a carga, equilibrando a geração com a demanda (CASTRO, 2016), sendo que, o constante crescimento populacional, juntamente com o crescimento da economia em países em desenvolvimento, implica, diretamente, no crescimento do consumo de energia elétrica.

O consumo de energia pode mensurar o quanto um país está se desenvolvendo (ANEEL, 2008), e, levando em consideração, que a produção de energia deve seguir os conceitos de desenvolvimento sustentável, e também de responsabilidade ambiental (LEÃO, 2009), verifica-se que as possibilidades técnicas e práticas sobre geração de energia, incentivam a difusão e o uso das fontes alternativas (FARRET, 2014).

2.1.1 Matriz energética brasileira

Devido a geografia do país, que possibilita a construção de grandes geradoras hidrelétricas, a geração hídrica no Brasil, detém a maior parte da matriz energética brasileira, ocupando 60,9%, com 106811 megawatts (MW) de potência instalada, conforme pode-se verificar na Figura 1.

Figura 1: Matriz Energética Brasileira.



Fonte: ABSOLAR.Com,2019.

Apesar de as instalações de geradoras solares fotovoltaicas estarem aumentando no Brasil, a mesma ainda ocupa um espaço relativamente pequeno na matriz energética brasileira, ocupando 1,3 % com 2268 MW de potência instalada em 2019 (ABSOLAR, 2019), sendo sua capacidade, como demonstrado na Figura 1, menor que as de outras fontes de energia dependentes de combustíveis fósseis.

2.2 Geração fotovoltaica no âmbito nacional

Perene, silencioso, gratuito e não poluente, assim é considerado o aproveitamento energético do Sol, no Brasil destaca-se a possibilidade de

aproveitamento do sol por meio de sistemas fotovoltaicos, o país possui um potencial energético solar, mais elevado, do que países onde a geração de energia solar é utilizada em maior escala. Para esse aproveitamento existem duas tecnologias principais de conversão de energia adotadas, uma delas transforma diretamente a luz solar em eletricidade, e é realizada por módulos fotovoltaicos (FARRET, 2014).

Esses módulos, são constituídos de células fotovoltaicas, essas células convertem energia solar incidente em corrente elétrica contínua e, conforme (FARRET, 2014) possuem um rendimento de 3 e 25%. Rendimento que depende diretamente da intensidade do espectro de iluminação, da temperatura, do projeto e do material da célula foto voltaica (FARRET, 2014). Tem um comportamento similar ao de uma bateria, com tensão baixa (0,5 V), recarregada de acordo com a incidência da iluminação solar. Porém, não possuem a capacidade de armazenar energia por si só. Comumente são chamados de painéis fotovoltaicos, e dependendo da conexão executada no projeto, pode-se obter altas correntes e altas tensões (FARRET, 2014).

2.3 Vantagens e desvantagens da energia solar fotovoltaica

Dentre as vantagens dos sistemas fotovoltaicos, a (ABSOLAR, 2019) salienta, que os principais benefícios na esfera socioeconômica são, a redução nos gastos com energia elétrica, trazendo economia para a sociedade, geração de empregos locais de qualidade, adicionando de 25 a 30 empregos por MW/ano, e atrativo de capital externo com novos investimentos privados ao país (ABSOLAR, 2019).

Segundo Farret (2014), possuem um logo tempo de uso, sem que ocorra degradação das células fotovoltaicas, além de que, a inexistência de partes móveis, e a extrema simplicidade no uso e na manutenção dos painéis fotovoltaicos, também são fatores que beneficiam esse tipo de geração (FARRET, 2014).

Além disso conforme a ABSOLAR (2019), na esfera ambiental, a geração de energia fotovoltaica tem como principais benefícios, a geração de eletricidade limpa, renovável e sustentável, sem emissão de gases de efeito estufa, sem resíduos e sem ruídos. Também não necessita de água para operar, aliviando a pressão sobre recursos hídricos escassos.

Ainda segundo a ABSOLAR (2019), a geração fotovoltaica possui benefícios na esfera estratégica, pois possibilita a diversificação da matriz elétrica brasileira com uma nova fonte renovável, aumentando a segurança no suprimento de energia

elétrica, reduzindo perdas e postergando investimentos em transmissão e distribuição. Também ocasiona alívio da demanda elétrica em horário diurno, reduzindo custos aos consumidores.

Em comparação com as outras fontes de energia alternativas, a energia fotovoltaica se destaca pela confiabilidade, autonomia além de ser uma fonte inesgotável e renovável.

Como desvantagem da geração fotovoltaica, é considerado o fato de não produzir energia durante a noite (ECOIA, 2017), custo ainda ser elevado na sua aquisição (ABSOLAR, 2019) e de acordo com a (ANEEL, 2019), o modo atual sistema de compensação de energia excedente vem se apresentando insustentável.

2.4 Considerações ao se projetar uma instalação fotovoltaica

Diversos fatores devem ser levados em consideração em uma instalação fotovoltaica segundo (FARRET,2014), um deles é área aberta e sem sombras constantes para a luz solar, o sombreamento reduz a eficiência total do painel (FARRET, 2014).

Segundo o (INPE, 2017), com uma boa uniformidade, a média anual de irradiação solar global no Brasil tem níveis de irradiância (fluxo radiante recebido por uma superfície pela unidade de área) solar bem mais elevados que países que utilizam a tecnologia solar fotovoltaica para gerar energia elétrica em grande escala. Os níveis de radiação solar global no Brasil estão representados na Figura 2.

Buscando substituir sistemas de geração contribuintes na emissão de gases de efeito estufa, a tecnologia fotovoltaica vem sendo uma das principais inovações, eficiência com menores custos, é o que vêm buscando diversos países.

A produção de equipamentos referentes a geração fotovoltaica, vem ganhando cada vez mais espaço (ABSOLAR, 2019). O país que mais investiu em energia fotovoltaica em 2018 foi a China, que além de obter o maior investimento, reúne os principais fabricantes de painéis fotovoltaicos. A China também vem obtendo êxito na redução dos custos, produzindo desde o silício até a conclusão das placas fotovoltaicas (ESPOSITO; FUCHS, 2013). No Brasil os números são bem mais modestos, o país instalou 1,2 giga watts (GW) de potência em 2018, totalizando 2,4 GW de capacidade instalada acumulada ao final do mesmo ano (ABSOLAR, 2019).

2.6 O efeito fotovoltaico

A célula solar é o principal elemento na conversão fotovoltaica, sendo o seu princípio de funcionamento, baseado em converter a energia do Sol em energia elétrica, esse efeito denomina-se Efeito Fotovoltaico (HEGEDUS, 2003).

Em 1839, Alexandre Edmond Becquerel observando certos materiais, verificou que os mesmos produziam corrente elétrica quando eram expostos a luz, fenômeno que foi explicado teoricamente por Albert Einstein em 1905, o que possibilitou o avanço dos estudos nessa área.

Apenas em 1954 foi possível alcançar uma eficiência de conversão aceitável, cerca de 6%, na produção de células fotovoltaicas, se iniciando então a produção industrial (ALONSO; GARCIA; SILVA, 2013). Somente nos anos 70, com a crise do petróleo, houve um aumento considerável nas pesquisas e estudos sobre energia solar fotovoltaica, considerando a possibilidade de uso como fonte energética inesgotável.

2.6.1 Módulos fotovoltaicos

O módulo fotovoltaico de silício cristalino, também denominado módulo solar e/ou painel solar, é constituído através de um conjunto encapsulado de células fotovoltaicas (KISSEL, 2012), esses módulos conforme (CRESESB, 2014) obtém uma

redução de sua potência nominal com o decorrer do tempo, essa redução varia entre 0,5% e 1% ao ano, estimando assim que a potência nominal cairá cerca de 20% após 25 anos de uso (CRESESB, 2014).

2.6.2 Fabricação de módulos fotovoltaicos

O material mais utilizado na produção de módulos fotovoltaicos é o silício grau solar (Si-gS), obtido da purificação do silício grau metalúrgico (Si-gM), o processo de obtenção é realizado através de reação química entre quartzo ou areia com carvão (CRESESB, 2014).

Com um custo mais elevado as células de silício monocristalino chegaram primeiro no mercado, sendo um dos tipos mais eficientes, obtendo uma eficiência máxima conforme o Laboratório Nacional de energias renováveis (NREL, *National Renewable Energy Laboratory*) nos Estados Unidos, de 25,3% (NREL, 2017). Essas células são produzidas através do fatiamento de um lingote cilíndrico composto por um único cristal de silício de alta pureza (CRESESB, 2014).

Depois vieram as células multicristalinas (célula de silício policristalino), que possuem um método de fabricação diferente, são fabricadas utilizando um bloco de silício solidificado com diversos cristais ao invés de um único, obtendo uma aparência que lembra vidro temperado trincado (KISSELL, 2012). Esse modelo conforme (CRESESB, 2014) possui uma eficiência menor que as monocristalinas, atingindo níveis de 21,3% (NREL, 2017), porém em decorrência do modo fabricação exigir menor complexidade, acaba por ter um custo menor.

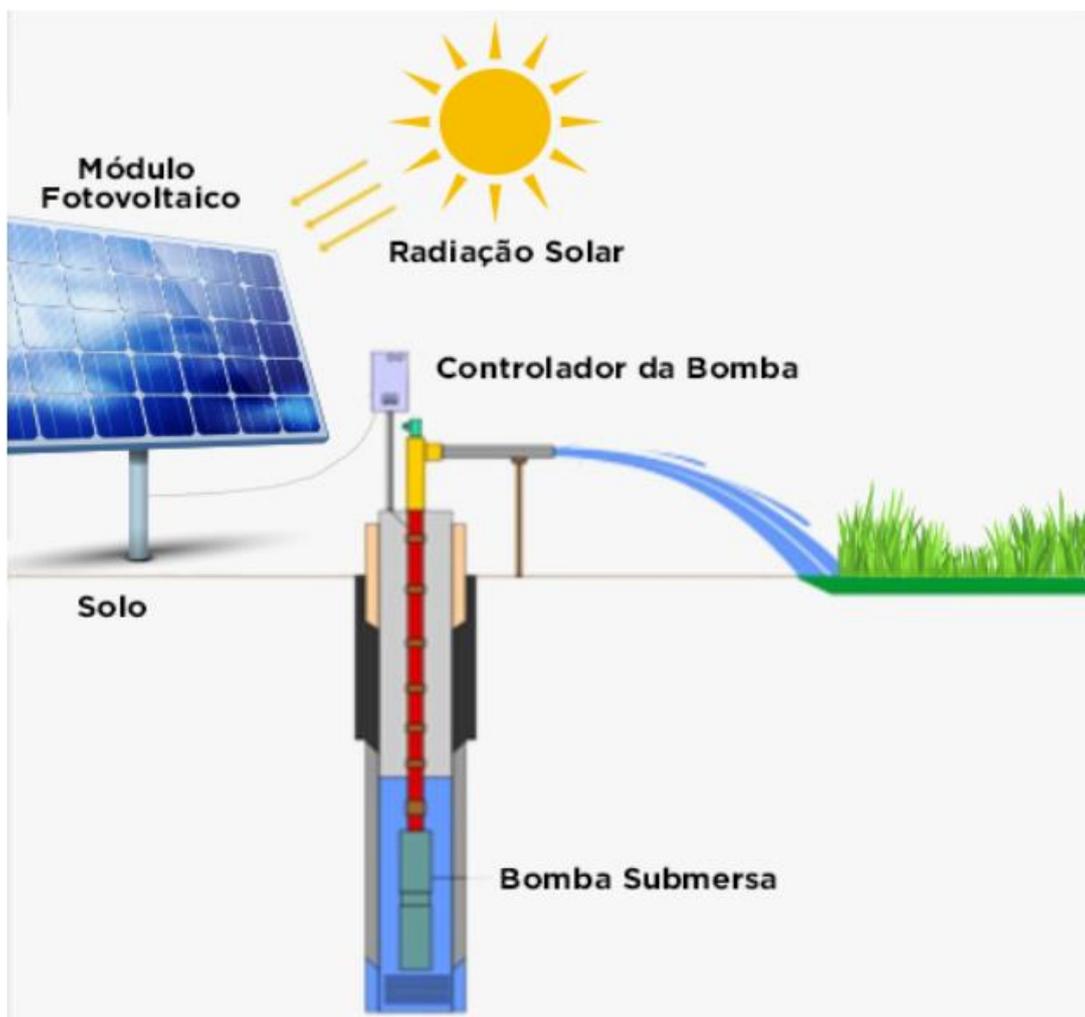
Também entraram em produção, em uma segunda geração de produção, as células produzidas utilizando o silício amorfo, preservando sua característica de semicondutor, porém se organizando de outra forma, não sendo na forma de cristais. Nesse processo são depositadas sucessivas camadas de semicondutores, além de, serem empregados outros elementos que auxiliam na absorção óptica. Esse modelo de produção é denominado de células de filme fino (CRESESB, 2014).

2.7 Tipos e configurações

2.7.1 Sistema fotovoltaico Off-Grid sem baterias

Em uma tradução livre para o português, *Off-Grid* significa “fora da rede”, ou seja, que não está interligado com a rede de distribuição da distribuidora. No caso, se trata de um sistema independente, com a energia sendo consumida no mesmo local. Neste caso por não haver baterias, a energia só pode ser consumida no instante em que houver geração. O sistema *Off-Grid* sem baterias está representado na Figura 3:

Figura 3: Ilustração de Sistema Off-Grid sem baterias.



Fonte: Share Energy. Com, 2019.

A Figura 3 representa uma bomba de irrigação elétrica ligada a um sistema de geração fotovoltaica *Off-Grid* sem baterias, portando, só entrará em operação quando houver incidência do sol suficiente para produzir a energia necessária para

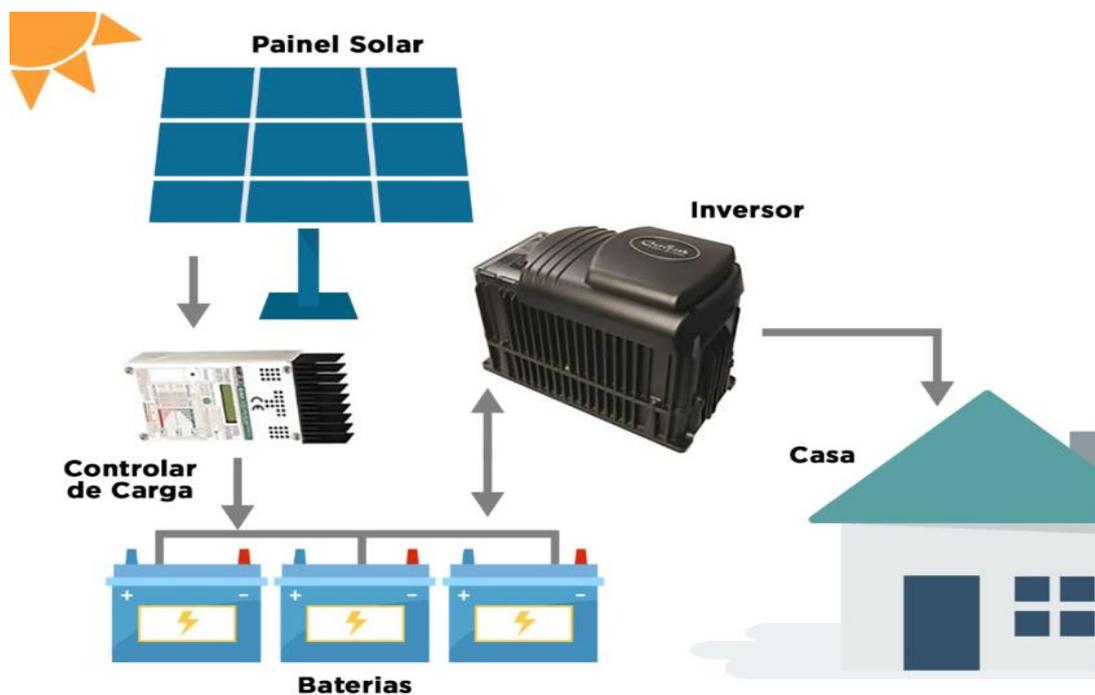
funcionamento da bomba, deixando de funcionar assim que a incidência for insuficiente.

2.7.2 Sistema fotovoltaico *Off-Grid* com baterias

Neste outro modelo, para armazenamento da energia excedente, são instaladas baterias de corrente contínua, armazenando energia durante a incidência de Sol. Essa energia poderá ser aproveitada posteriormente quando não houver mais incidência solar.

Comumente é necessário a utilização de um banco de baterias, ou seja, um conjunto de baterias interligadas, de modo a permitirem o melhor aproveitamento energético. Essas interligações, série/paralelo, permitem obter tensões como 12, 24, 48 V. Também é comum nesse formato a utilização de inversores de corrente, que convertem em alternada a corrente contínua existente no sistema, e elevam as tensões, chegando a níveis apropriados para o uso de aparelhos eletrodomésticos. O sistema *Off-Grid* com baterias está representado na Figura 4:

Figura 4: Ilustração de um Sistema fotovoltaico Off-Grid com baterias.



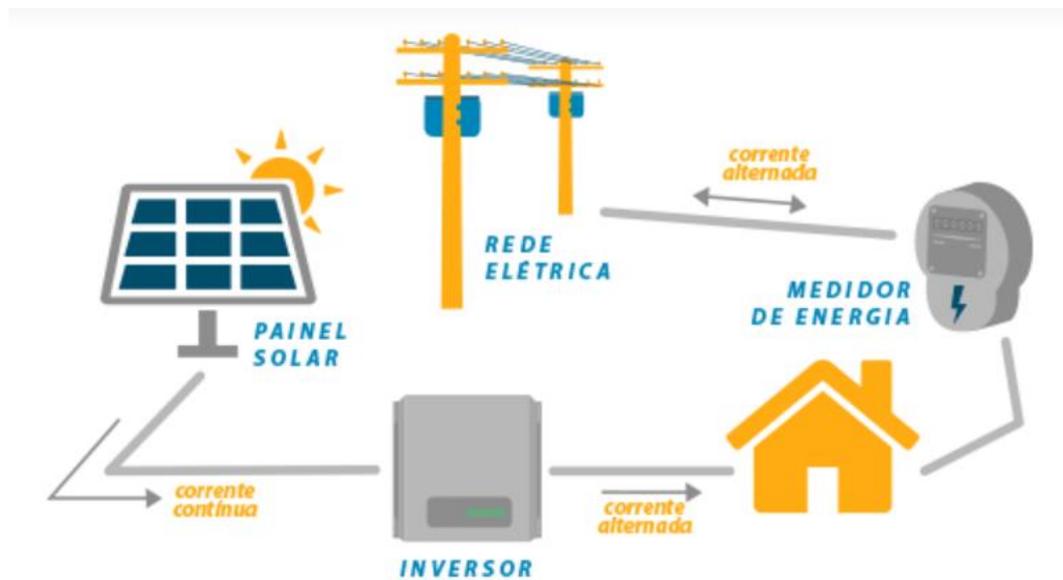
Fonte: Share Energy. Com, 2019.

Na Figura 4 se pode verificar as baterias utilizadas para armazenamento da energia gerada, tendo de se levar em consideração o custo adicional com a aquisição, manutenção e substituição das baterias neste tipo de projeto.

2.7.3 Sistema fotovoltaico *On-Grid*

Nesse tipo de sistema existe uma conexão entre o sistema fotovoltaico instalado pelo usuário com a rede de distribuição da distribuidora local, denominado como geração distribuída. A possibilidade de interligação do sistema com a rede de distribuição é realizada com a utilização de um inversor. Este atua no sistema convertendo a energia produzida em corrente contínua, em uma energia com parâmetros compatíveis com os da rede de distribuição, podendo assim, injetar energia na rede como também receber energia da mesma. A representação do sistema fotovoltaico *On-Grid* pode ser verificada Figura 5:

Figura 5: Ilustração de um sistema *On-Grid*.



Fonte: Orbital Solar. Com, 2019.

O principal benefício do sistema *On-Grid* sem baterias demonstrado na Figura 5, é o fato de não necessitar aquisição de baterias para armazenamento da energia gerada, evitando custos com manutenção e substituição, além de a conexão com a rede distribuidora garantir, que o consumidor não irá ficar sem energia em momentos de baixa geração do sistema fotovoltaico.

2.8 Outros componentes Utilizados em uma unidade geradora fotovoltaica

Além dos módulos fotovoltaicos propriamente ditos, outros equipamentos fazem parte de uma instalação fotovoltaica para que a mesma opere corretamente. Dispositivos de potência são necessários para converter a energia gerada em corrente contínua em corrente alternada compatível com a dos equipamentos nacionais, comumente esses dispositivos são chamados de inversores. Quando a tensão é fixa na entrada pode-se obter uma tensão variável através da variação do ganho do inversor (AHMED, 2000). Também são necessários, cabeamento e demais componentes da instalação (GONZÁLEZ, PÉREZ-RAMÍREZ e BERISTÁIN, 2015).

3 REGULAMENTAÇÃO DA MICRO E MINI GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

3.1 Agência responsável pela regulamentação nacional

A ANEEL tem suma importância no desenvolvimento equilibrado do Setor Elétrico Brasileiro, pois desempenha diversas atividades buscando proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade (ANEEL, 2019).

Também é de responsabilidade da ANEEL criar as regras para que toda a rede de fornecimento de energia funcione, desde a geração até o consumidor final (ANEEL, 2016), também se responsabiliza por fiscalizar os serviços públicos e privados de fornecimento de energia buscando a entrega de energia com qualidade, determinando punições as empresas que descumprirem as normas (ANEEL,2016). Também é de responsabilidade da ANEEL calcular as tarifas de energia, para que se tenha uma remuneração justa nas cobranças do setor.

3.2 O caminho percorrido pela energia elétrica da geração ao consumidor final

Variadas tecnologias são adotadas na geração de energia elétrica, aproveitando outra energia, convertendo-a em energia elétrica. Todas as formas utilizadas na geração de energia, tanto as convencionais como as não convencionais, agredem de alguma maneira o meio ambiente, em proporções maiores ou menores. Após a geração, vem a transmissão, que é o transporte da energia gerada nas unidades geradoras até os grandes centros de consumo, realizada através de cabos e outros condutores até chegar nas subestações.

Nas subestações a energia é rebaixada aos níveis da distribuição de energia, que tem sua construção, manutenção e operação sob responsabilidade das companhias distribuidoras de energia elétrica de cada região. São compostas por redes elétricas primárias e redes secundárias.

Nas redes de distribuição primárias estão os transformadores que tem a função de rebaixar a tensão do nível primário para o nível secundário da instalação. Ao ser rebaixada a energia é entregue aos consumidores residenciais e comerciais em níveis que operam normalmente em 230 volts (V) entre fase-fase e 115 (V) entre fase-neutro,

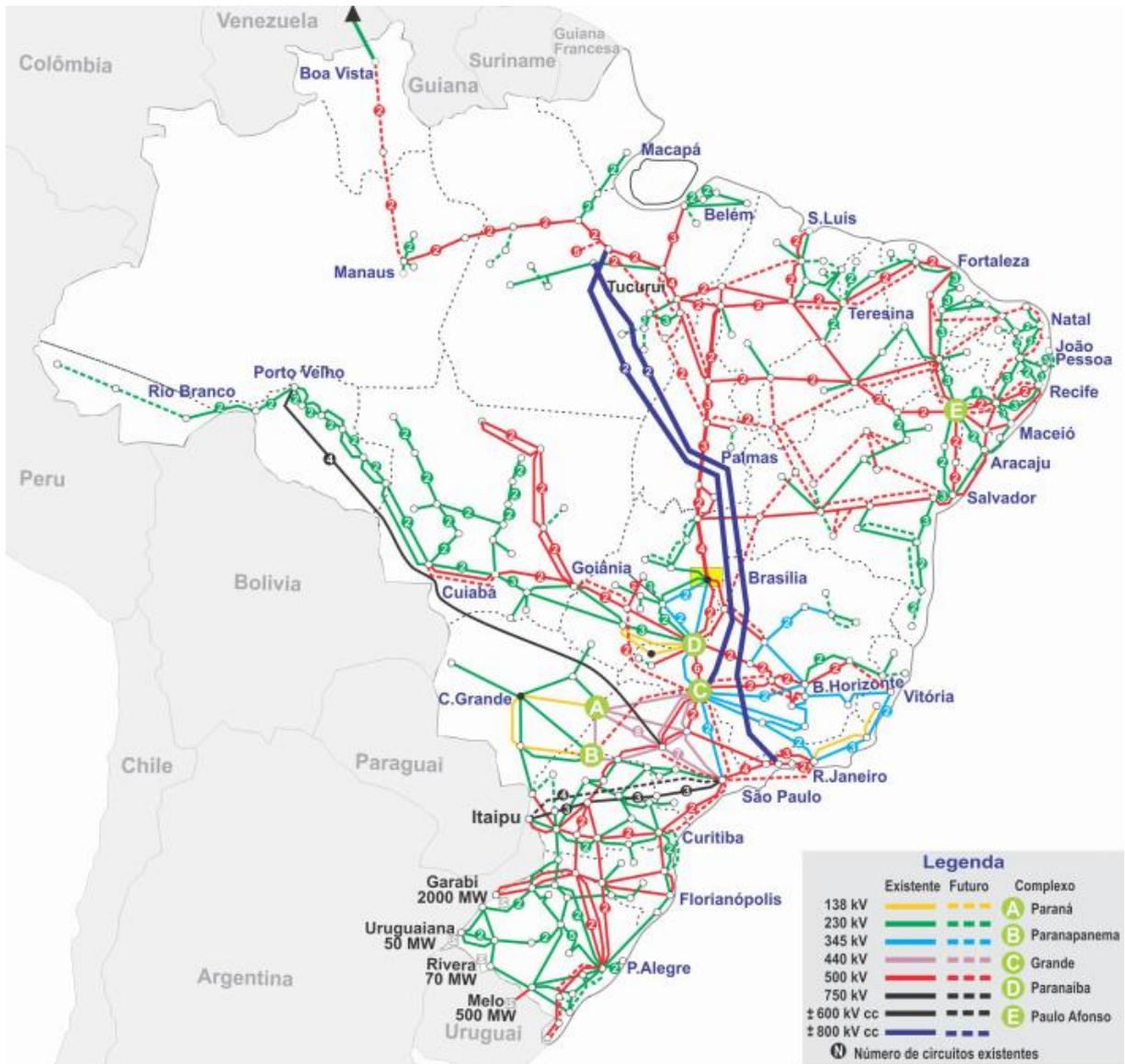
220 (V) entre fase-fase e 127 (V) entre fase-neutro, ou 380 (V) entre fase-fase e 220 (V) entre fase-neutro, níveis que também operam a iluminação pública.

A rede de distribuição é responsável por atender os grandes centros de consumo, sendo que estabelecimentos com grande carga necessitam de transformadores individuais de 75 quilovolt ampere (KVA), 112,5 (KVA), 150 (KVA), dependendo da carga projetada (ANEEL, 2019).

3.3. A interligação do sistema nacional de energia elétrica

O Sistema Interligado Nacional Brasileiro (SIN) é o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil. É um sistema hidrotérmico de grande porte apresentando características únicas, conta com a participação de múltiplos proprietários e tem uma malha interligada conforme apresentado na Figura 6:

Figura 6: Mapa do Sistema Interligado Nacional.



Fonte: NOS.Org, 2019.

Como verificado na Figura 6, a interligação do sistema se estende por quase todo o território nacional. Para que o sistema seja sustentável, e opere com confiabilidade, se faz necessário uma regulamentação vigente compatível com cada colaborador, ou seja, todos devem estar operando corretamente para que não ocorra um colapso.

3.3.1 Regulamentação do acesso ao sistema de distribuição nacional e a preocupação ambiental

O módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia elétrica no sistema Elétrico Nacional – PRODIST, que trata do Acesso ao Sistema de Distribuição, descreve os procedimentos para acesso de micro geração distribuída ao sistema de distribuição na seção 3.7 (ANEEL, 2017 PRODIST MÓDULO 3). Evidencia nos critérios gerais e responsabilidade que:

“Os procedimentos de acesso devem atender ao padrão de indicadores de desempenho e de qualidade do serviço de distribuição, preservando a segurança, a eficiência e a confiabilidade do sistema e das conexões existentes, bem como o meio ambiente” (ANEEL, 2017, PRODIST MÓDULO 3, p.5).

Que ressalta a necessidade de preocupação, não só com as instalações, mas também com o meio ambiente.

3.4 Capacidades consideradas para definir os sistemas de micro e mini geração fotovoltaica

São considerados sistemas de micro geração distribuída no Brasil, os que têm sua potência instalada de até 75 KW, e sistemas de mini geração distribuída os sistemas acima de 75 KW até 5 MW (ANEEL, 2012) e segundo a ABSOLAR (2019), no Brasil, 99,7% de todas as conexões de micro e mini geração distribuída são da fonte solar fotovoltaica.

3.5 Implementação de micro e mini geração distribuída no Brasil

O Brasil regulamentou a micro e mini geração distribuída com a entrada da Resolução Normativa nº482/2012, autorizando os consumidores Brasileiros a instalarem sistemas de geração por fontes renováveis, ou cogeração. Podendo também fornecer o excedente gerado para a rede de distribuição de sua localidade. (ANEEL, 2015). A regulamentação entrou em vigência em 17 de abril de 2012.

3.5.1 Revisão regulamentar buscando agilidade na inserção de micro e mini geração distribuída no Brasil

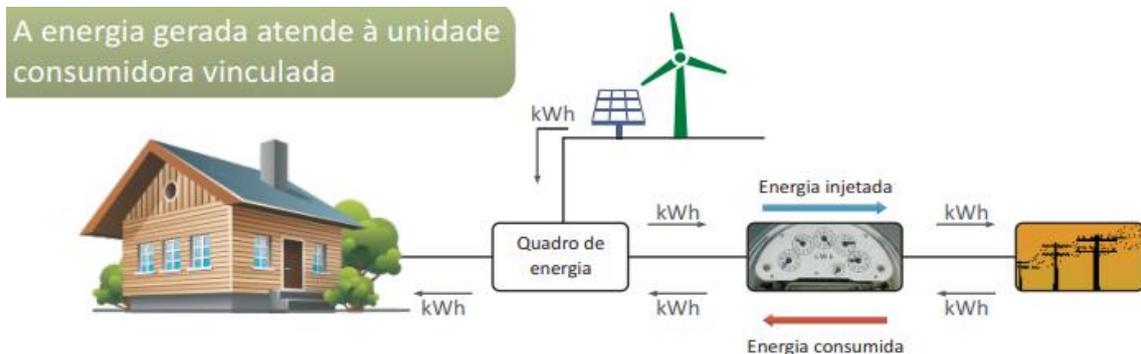
No ano de 2015 foi publicada a Resolução Normativa nº687/2015 revisando a resolução 482/2012, com objetivo de reduzir custos e tempo na instalação de micro e mini geração distribuída (ANEEL, 2015), essa revisão, além de aumentar o público alvo e melhorar as informações na fatura, também veio para compatibilizar o sistema de compensação de energia elétrica dentro das condições gerais de fornecimento, regulamentadas pela Resolução Normativa 414/2010 (ANEEL, 2015). Essas alterações são moderadamente recentes, e buscam tornar o mercado mais atrativo para empresas e consumidores (ANEEL, 2015).

3.5.2 Interligação do sistema de micro geração fotovoltaica a rede de distribuição

Para adequação de consumidores, é necessário a substituição do medidor de energia convencional por um medidor bidirecional (ANEEL,2012), ou seja, ira medir tanto a energia consumida como a energia injetada.

A interligação do sistema foto voltaico a rede de distribuição está representada na Figura 7.

Figura 7: Representação de um sistema de micro geração interligado a rede.

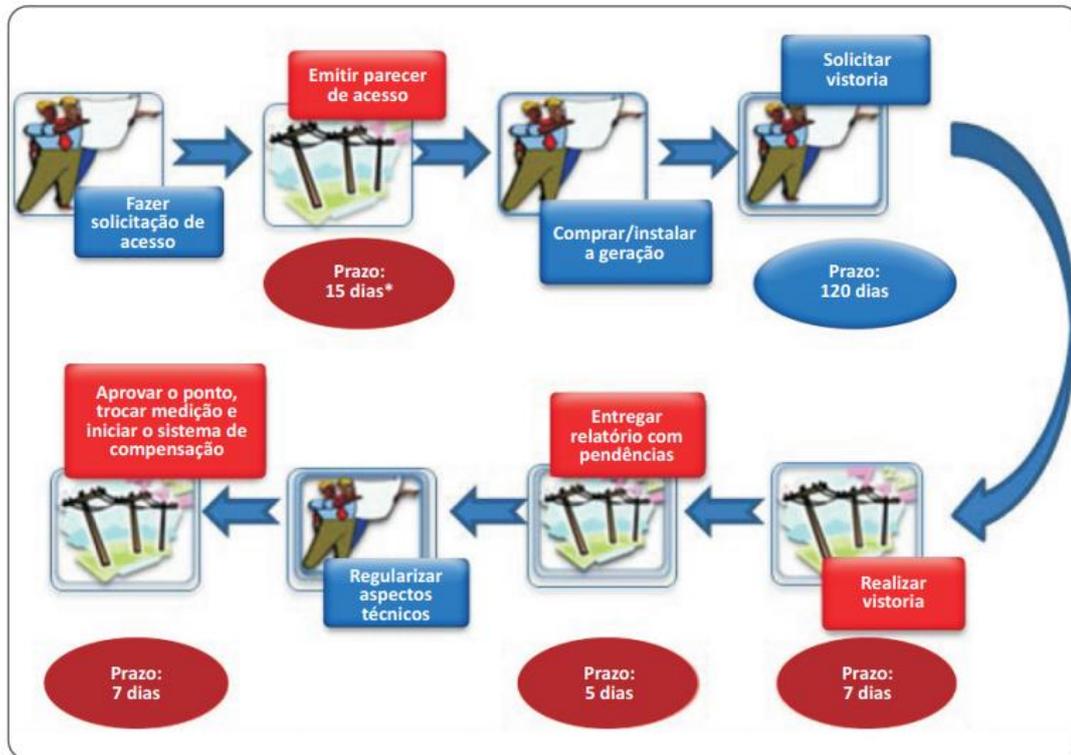


Fonte ANNEL, 2016.

Na Figura 7 podemos observar a representação do medidor bidirecional interligando o quadro de energia do sistema de geração a rede de distribuição.

Os modos de operação tanto do consumidor quanto da empresa de distribuição a partir da solicitação de acesso estão representados na Figura 8 sendo em azul a parte que cabe ao consumidor e em vermelho a parte que cabe a empresa de distribuição:

Figura 8: Cronograma de solicitação acesso.



Fonte ANEEL, 2016.

Alguns procedimentos como verificado na Figura 8, possuem prazos a serem cumpridos, por parte da empresa e também por parte do cliente em alguns casos.

3.6 Sistema de compensação de energia excedente

Sistema de compensação de energia elétrica é conhecido mundialmente por *net metering*, nesse procedimento a energia gerada em pequenas unidades geradoras é utilizada para abater o consumo.

3.6.1 O sistema de compensação de energia elétrica modelo atual

O sistema de compensação de energia elétrica é o modelo em que a energia excedente gerada por micro e mini geração distribuída compensa o consumo (ANEEL, 2012).

No sistema atual de compensação de energia, o consumidor que possui micro e mini geração distribuída instalada em sua propriedade, utiliza a rede de distribuição para depositar o excedente de sua energia gerada.

Nesse modelo, a rede de distribuição é utilizada como uma bateria armazenadora de carga, ou seja, o consumidor injeta a energia e posteriormente retira a mesma quantidade injetada, sem pagar nenhuma taxa sobre essa energia.

Ao gerar mais que o consumido, e injetar a energia excedente na rede da distribuidora, a única taxa que o consumidor com micro geração distribuída paga, é o valor referente a 30h kW para cliente monofásico, 50 KWh cliente bifásico e 100 KWh cliente trifásico (ANEEL, 2012). Conforme a (ANEEL, 2019), esse valor é insuficiente para cobrir os custos de disponibilidade da rede de distribuição, sendo que, no modo atual, os custos acabam sendo repassados para os consumidores que não possuem geração distribuída.

3.6.2 Revisão do Sistema de compensação de energia excedente

Como os métodos de compensação adotados na Resolução Normativa 482/2012, são relativamente modernos, são realizadas audiências públicas com objetivo de obter subsídios para a Análise de Impacto Regulatório - AIR sobre o aprimoramento das regras aplicáveis à micro e mini geração (ANEEL, 2019).

O processo de revisão se iniciou no primeiro semestre de 2018, em junho, com a abertura da consulta pública nº 10/2018, que teve como principal objetivo, colher subsídios da sociedade para realização da Análise de Impacto Regulatório onde foi apresentada a metodologia que seria adotada e quais os dados a (ANEEL) precisava para realizar a análise (ANEEL, 2019).

Em janeiro de 2019 foi realizada a abertura da primeira fase da Audiência Pública 01/2019 com foco no sistema de compensação de energia elétrica, que tem por objetivo a busca de alternativas para o sistema de compensação de energia elétrica, essa Audiência ficou aberta a contribuições até 19 de abril de 2019.

O objetivo principal desse processo de revisão do sistema de compensação de energia, é trazer equilíbrio entre os diversos usuários da rede, buscando evitar a transferência de custos entre um usuário que opta por ter a sua geração própria, e o usuário que opta por não ter ou que não tem condições de tela (ANEEL, 2019).

Levando em consideração que a geração distribuída traz inúmeros benefícios para o sistema relacionados com o fato de ser uma geração próxima a carga, a (ANEEL, 2019) salienta que ela causa uma redução no mercado das distribuidoras. Redução relacionada com a forma de valoração da energia gerada e injetada na rede.

Um dos pontos citados é, por exemplo, o custo da conexão feita pela empresa de distribuição local, que acaba sendo repassado para fatura de energia de todos os consumidores, outro ponto verificado é o fato de que a energia excedente gerada por pequenas usinas geradoras, ao usar a rede de distribuição como uma bateria, no modelo atual, não pagam os custos de manutenção da rede, esses custos, acabam repassados somente para os consumidores que não possuem micro geração. (ANEEL, 2019).

Conforme a (ANEEL, 2019), as regras para gerar sua própria energia elétrica por meio de micro e mini geração distribuída de energia, devem mudar até 2020 (ANEEL, 2019).

3.6.3 Sistema de compensação de energia excedente modelos futuros com cobrança adicional

Buscando tornar essa alternativa sustentável economicamente a ANEEL criou 5 possibilidades ainda em fase de estudo, que dependendo dos resultados, serão aplicadas no modelo de compensação. Essas alternativas, descritas a seguir são:

Alternativa 0: manter o modelo atual, o consumidor injeta energia excedente na rede, podendo utilizar posteriormente o mesmo quantitativo. Em outras palavras, o consumidor utiliza a rede de distribuição como uma bateria com 100% de aproveitamento sem pagar pelo uso (ANEEL, 2019).

Na alternativa 1, o consumidor com geração distribuída paga o valor referente ao transporte na distribuição da energia que foi consumida (TUSD – fio B). A média das tarifas Brasileiras conforme a ANEEL, é o equivalente a 28% do valor do KW utilizado, assim a bateria ficaria com 72% da energia aproveitada (ANEEL, 2019).

Já na alternativa 2, o consumidor com geração distribuída paga o valor referente a todo o transporte na distribuição (TUSD – fio B) e o transporte na transmissão (TUSD – fio A) da energia que foi consumida, a média das tarifas

Brasileiras, conforme a ANEEL, é equivalente a 34%, ou seja, bateria com cerca de 66% da energia injetada (ANEEL, 2019).

Também foi gerada para análise a alternativa 3, onde o consumidor com geração distribuída paga o valor referente ao transporte na distribuição (TUSD – fio B) e transmissão (TUSD fio – A) da energia que foi consumida, mais os encargos (TUSD – Encargos). O que corresponde na média das tarifas brasileiras, conforme a ANEEL, o equivalente a 41% do valor KW utilizado conforme, assim a bateria reaproveitaria cerca de 59% da energia injetada (ANEEL, 2019).

Outra alternativa criada foi a 4, onde o consumidor com geração, paga o valor referente ao transporte na distribuição (TUSD – fio B) e transmissão da energia (TUSD fio – A) que foi consumida, encargos (TUSD - encargos), mais o valor atribuído as perdas (TUSD – Perdas) que acontecem no transporte de energia. O que corresponde na média das tarifas Brasileiras, segundo a ANEEL, o equivalente a 49% do valor KW utilizado, assim a bateria reaproveitaria cerca de 51% da energia injetada e por último alternativa 5, alternativa que o o consumidor com geração, paga pelo valor de todas as componentes tarifárias, com exceção da parcela correspondente à compra de energia, ou seja, transporte na distribuição (TUSD – fio B) e transmissão (TUSD fio – A) da energia que foi consumida, encargos (TUSD – encargos), mais o valor atribuído as perdas (TUSD – Perdas) que acontecem no transporte de energia incluindo encargos sobre a energia (TE – Encargos). Isso corresponde na média das tarifas Brasileiras, segundo a ANEEL, o equivalente a 63% do valor do KW utilizado, assim a bateria reaproveitaria cerca de 37% da energia injetada.

4 MODELO TARIFÁRIO NACIONAL

O valor cobrado na fatura de energia não se define somente e pelo quantitativo de KW utilizados no decorrer do tempo, o valor final cobrado do consumidor, varia de acordo com diversos outros fatores.

4.1 Representação do modelo tarifário nacional

Para realização da cobrança na conta de energia gerada pela companhia de distribuição, os consumidores foram divididos de acordo com suas cargas, em dois grupos, são eles grupo A e grupo B. O grupo A conforme (ANEEL, 2010) é composto por unidade consumidoras que possuem fornecimento com tensão igual ou superior a 2,3 KV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária (ANEEL, 2010), caracterizado pela tarifa binômica que será descrita nesse mesmo capítulo. O grupo A é subdividido como descrito a seguir.

- Subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 KV;
- Subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 KV a 138 KV;
- Subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 KV;
- Subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 KV a 44 KV;
- Subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 KV a 25 KV;
- Subgrupo AS – Tensão de fornecimento inferior a 2,3 KV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

Já o grupo B conforme ANEEL (2010), é composto por unidades consumidoras com fornecimento com tensão inferior a 2,3 KV, caracterizado pela tarifa monômica, que será descrita posteriormente neste capítulo, e subdividido nos seguintes subgrupos;

- Subgrupo B1 – residencial;
- Subgrupo B2 – rural;
- Subgrupo B3 – demais classes;
- Subgrupo B4 – Iluminação Pública.

4.2 Bandeiras tarifárias

No ano de 2015, no Brasil, foi incluído o Sistema de Bandeiras Tarifárias nas faturas de energia, são elas, as bandeiras verde, amarela e vermelha, fazendo analogia as cores dos semáforos. As cores, no sistema nesse sistema, indicam se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, isso em função das condições de geração de eletricidade (ANEEL, 2012). Cada modalidade apresenta as seguintes características:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,015 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira Vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,040 para cada quilowatt-hora kWh consumido;
- Bandeira vermelha – Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,060 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

4.3 Tarifa social de energia elétrica – TSEE

A Tarifa Social de Energia Elétrica, regulamentada pela Lei nº 12.212, de 20 de janeiro de 2010 e pelo Decreto nº 7.583, de 13 de outubro de 2011, caracteriza-se por apresentar descontos incidentes sobre a tarifa aplicável à classe residencial das distribuidoras de energia elétrica, sendo calculada de modo cumulativo de acordo com a tabela 1:

Tabela 1: Descontos tarifa social

Parcela consumo mensal	Desconto
PCM \leq 30KWh	65%
30KWh < PCM \leq 100 KWh	40%
100 KWh < PCM \leq 220	10%
220 KWh < PCM	0%

Fonte: ANEEL, 2015.

Na tabela 1 pode se verificar que o desconto varia de acordo com a quantidade consumida em KWh, famílias indígenas e quilombolas inscritas no Cadastro Único, que atendam aos requisitos, tem desconto de 100% até o limite de consumo de 50 kWh/mês.

4.4.1 Consumidores que podem aderir a tarifa social de energia elétrica

Para ter direito ao benefício da Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE), deve ser satisfeito um dos seguintes requisitos:

- Família inscrita no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal – Cadastro Único, com renda familiar mensal per capita menor ou igual a meio salário mínimo nacional;
- Quem receba o Benefício de Prestação Continuada da Assistência Social – BPC, nos termos dos artigos 20 e 21 da Lei nº 8.742, de 7 de dezembro de 1993;
- Família inscrita no Cadastro Único com renda mensal de até 3 (três) salários mínimos, que tenha portador de doença ou deficiência cujo tratamento, procedimento médico ou terapêutico requeira o uso continuado de aparelhos, equipamentos ou instrumentos que, para o seu funcionamento, demandem consumo de energia elétrica (ANEEL, 2016).

4.4 Tarifa branca

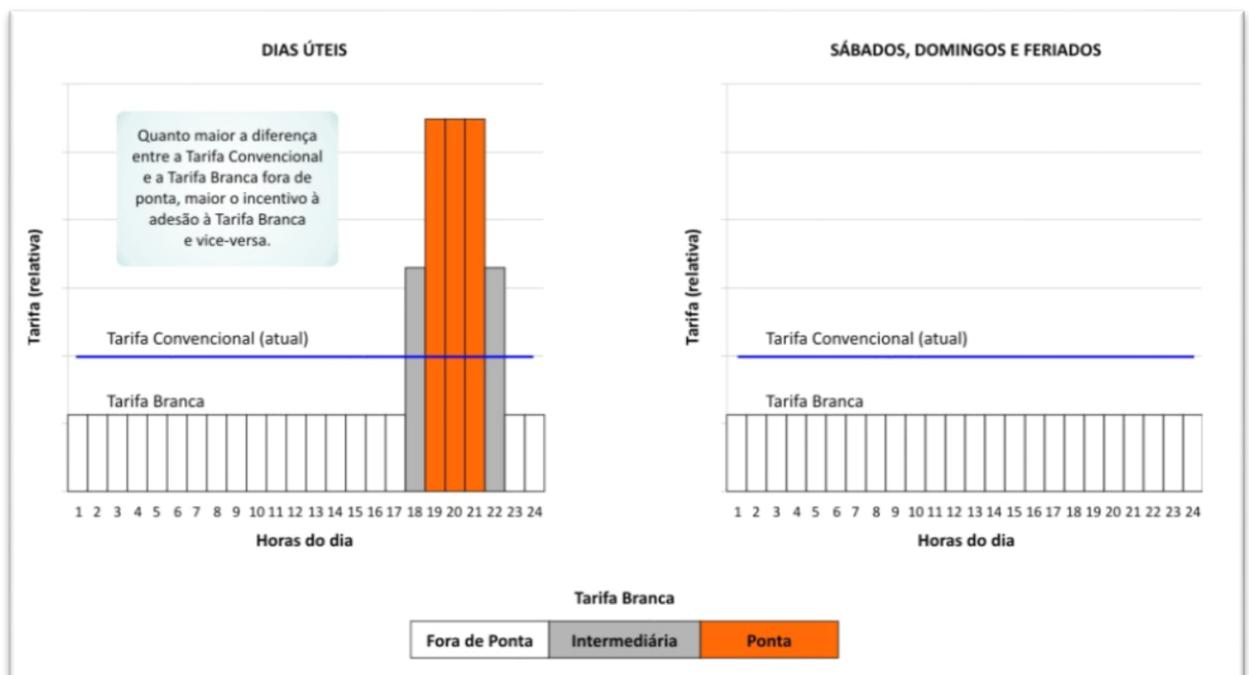
Nessa modalidade o consumidor com consumo acima de 250 KWh/mês tem a possibilidade de pagar valores diferentes em função do horário e dia da semana.

Desde 01 de janeiro de 2019 a opção se tornou disponível para as unidades consumidoras do grupo B, atendidas em baixa tensão (127, 220, 380 ou 440 Volts). O valor da tarifa branca, varia, em dias úteis, dentro da área de concessão, em três horários.

Aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia. Aderindo a tarifa branca em sua conta de energia, o consumidor adquire a possibilidade de pagar valores diferentes relacionados a hora e o dia da semana a energia foi consumida. Optando por essa tarifa o consumidor deve ficar atento as horas em que a energia será consumida devendo optar por consumir pela manhã, início da tarde ou madrugada, pois são os períodos de menor demanda onde o valor cobrado pela energia será menor.

Antes da criação da deste modelo tarifário, havia apenas a tarifa convencional, com um valor único em R\$/kWh cobrado pelo consumo, igual em todos os dias, em todas as horas. A Figura 9 expressa um comparativo entre a tarifa branca e a tarifa convencional.

Figura 9: Comparativo entre Tarifa Branca e a tarifa convencional.



Fonte: ANEEL, 2019.

Esse modelo tarifário representado na Figura 9, cria condições incentivando alguns consumidores a deslocarem seu consumo dos períodos de ponta para aqueles em que a rede de distribuição de energia elétrica tem capacidade inativa.

Os períodos são homologados pela ANEEL nas revisões tarifárias periódicas de cada distribuidora, que ocorrem em média a cada cinco anos (ANEEL, 2019).

4.4.1 Postos tarifários

Os postos tarifários são definidos para permitir a contratação e o faturamento da energia e da demanda de potência diferenciada ao longo do dia, conforme as modalidades tarifárias (ANEEL, 2019).

4.5 Outras tarifas

A Tarifa Azul Aplica-se a unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia (ANEEL, 2015). Também existe no modelo nacional a Tarifa Verde, aplicada às unidades consumidoras do grupo A, similar a tarifa azul, porém se caracteriza por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência.

Outro modelo disponível no Brasil é a Tarifa Convencional Binômica, que se aplica às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia.

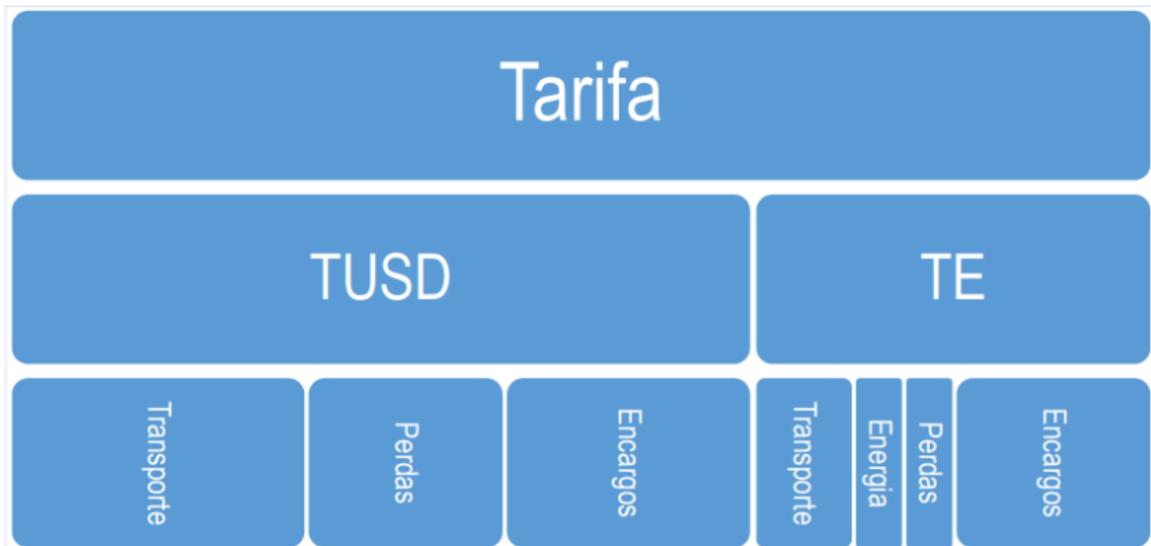
Já a Tarifa Convencional Monômica se aplica às unidades consumidoras do grupo B, e caracteriza-se por tarifas de consumo de energia elétrica, independente das horas de utilização do dia.

4.6 Cobranças na fatura de energia grupo B

Conforme a (ANEEL, 2018), a conta de energia elétrica é composta por diversos componentes tarifários que refletem os custos de operação, manutenção e

investimentos de toda a interligação do sistema (geração, transmissão e distribuição), custos existentes no setor como perdas elétricas, e encargos setoriais que visam custear políticas públicas e outras obrigações de natureza pública (ANEEL,2018). Esses componentes tarifários estão representados na Figura 10:

Figura 10: Componentes que compõem as tarifas na fatura de energia elétrica.



Fonte: ANEEL, 2018.

Como verificado na Figura 10, a tarifa de energia é dividida em duas grandes parcelas.

4.9.1 Tarifa de Uso do sistema de distribuição (TUSD)

É o valor monetário unitário determinado pela ANEEL, cobrado em R\$ por MWh ou em R\$ por KW. Este é utilizado para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema (ANEEL, 2012), essa tarifa é relacionada à prestação do serviço necessário para o consumo de energia elétrica (disponibilização, manutenção e operação da infraestrutura do setor elétrico) (ANEEL, 2018). Essa tarifa (TUSD), como verificado na Figura 9 subdivide-se em:

- Encargos: criados por leis aprovadas pelo Congresso Nacional buscando viabilidade na implantação de políticas públicas no setor elétrico brasileiro. Seus valores constam de resoluções ou despachos

da (ANEEL) e são recolhidos pelas distribuidoras por meio da fatura de energia (ANEEL, 2016);

- Perdas: são referentes à energia elétrica gerada que passa pelas linhas de transmissão e redes da distribuição, mas que não é comercializada, por motivos técnicos ou comerciais (ANEEL, 2019);
- Transporte: O transporte da energia é um monopólio natural, a competição nesse segmento não geraria ganhos econômicos. Por este motivo, a ANEEL tem de atuar para que as tarifas sejam compostas por custos eficientes, que tenham relacionamento efetivo com os serviços prestados (ANEEL, 2017). O transporte na parcela (TUSD) ainda se subdivide em fio B transporte na distribuição e fio A transporte na transmissão.

4.9.2 Tarifa de energia (TE)

Essa parte da fatura, em grande medida, corresponde ao valor monetário unitário determinado pela ANEEL em R\$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao consumo de energia (produto) utilizada pelo consumidor final (ANEEL, 2012). Essa tarifa (TE), como verificado na figura 9 subdivide-se em:

- Encargos;
- Perdas;
- Energia: consumo em KWh;
- Transporte.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Metodologia utilizada

Verificando os possíveis cenários criados a partir das novas taxas acrescentadas a energia injetada no sistema de compensação, o presente estudo visa mostrar e analisar o impacto dessas mudanças no custo benefício de um sistema de geração distribuída na região noroeste do Rio Grande do Sul, aplicando duas das diferentes faixas criadas pela ANEEL em um sistema de micro geração fotovoltaica projetado em uma residência pré-definida.

Para a composição da análise serão coletados dados de geração em um sistema de geração fotovoltaica existente, com potência de geração igual a projetada, necessária para suprir a demanda da carga da residência. Será analisado o cenário na faixa 0 (modelo atual), na Faixa 2 e na Faixa 5, comparando a variação no acúmulo do quantitativo excedente armazenado em créditos ou em débitos, no decorrer do tempo de vida útil estimado de um sistema de geração fotovoltaica, além de a alteração no retorno do investimento em cada cenário.

Será verificado o comportamento da geração e consumo, em dois períodos do ano, cada período com seis meses divididos por trinta dias. Cada um dos dias divididos em 24 períodos com duração de uma hora cada. Como existe variação de consumo aos finais de semana será analisado o comportamento do consumo da residência em dias úteis, e nos finais de semana em ambos os períodos de verão e inverno.

O levantamento do consumo da residência foi efetuado com a utilização de um multímetro através dos valores medidos no mesmo, e cálculos de potência com o objetivo de identificar a carga consumida nos diferentes horários do dia. Foram utilizados os dados de correntes e tensões medidas a cada hora chegou-se a um valor de potência consumida em cada momento medido. Os dados foram listados em uma planilha demonstrando o consumo nos 24 períodos diários, com duração de uma hora cada. O consumo foi calculado e convertido para KWh considerando que é a medida usada pelas distribuidoras de energia para efetuar a cobrança.

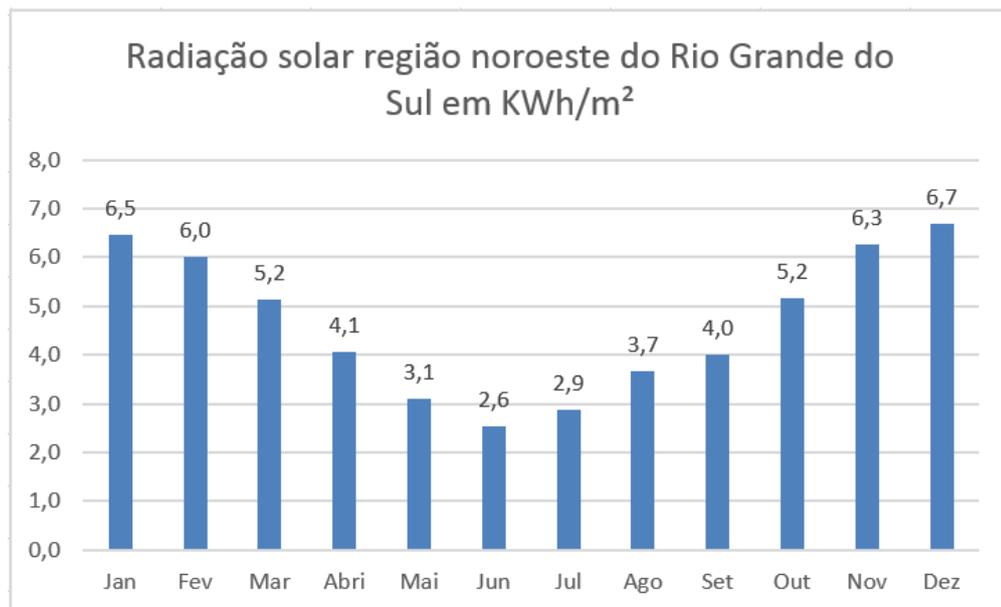
Os dados de geração de energia foram coletados pela interface de um programa de monitoramento remoto de sistemas de geração instalados, que envia via

De acordo com a localização demonstrada na Figura 11 é calculada uma média a partir de dados do *Valores Medios de Irradiacion Solar Sobre Suelo Horizontal de Centro de Estudios de la Energia Solar* que contém valores de irradiação solar diária média no plano horizontal para cerca de 350 pontos no Brasil (CRESESB,2017).

Os dados de radiação solar da região noroeste do Rio Grande do Sul foram verificados no do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito, onde é possível verificar a radiação solar mês a mês (CRESESB, 2017).

A média de 4,66 KWh/m², foi calculada a partir da soma das radiações mensais, e dividida por 12 meses. Na Figura 12 são demonstrados em KW/hm² de forma gráfica, os níveis de radiação a cada mês da região noroeste do Rio Grande do Sul.

Figura 12: Níveis médios de radiação solar em KWh/m² na região noroeste do Rio Grande do Sul.



Fonte: O autor.

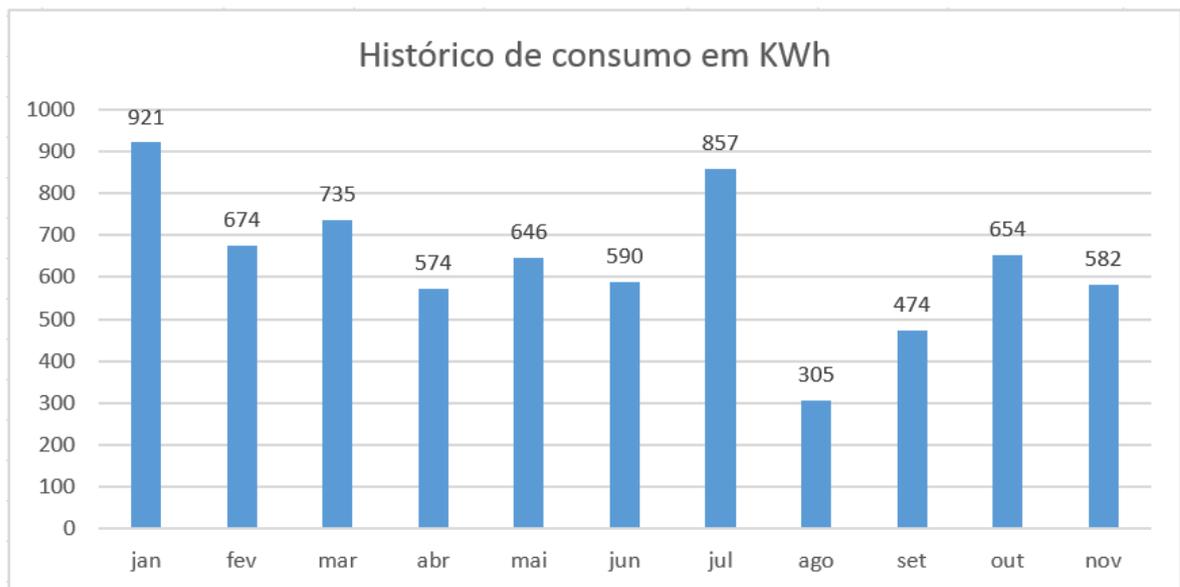
Conforme analisado na Figura 12 pode-se verificar um decréscimo na radiação no período entre os meses de março e outubro. A temperatura média é definida, para base do projeto, por meio da localização demonstrada na Figura 11.

5.3 Parâmetros de definição do projeto

O sistema será projetado em uma residência com classificação convencional B1 Residencial - Monofásico 220 V. Os dados de consumo utilizados na realização do

projeto foram verificados no histórico de uma fatura da RGE Sul Distribuidora, responsável pela distribuição de grande parte da energia na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Essa fatura é referente ao mês de setembro e possui vencimento no mês de novembro de 2019. O histórico de consumo está representado na Figura 14.

Figura 13: Histórico de consumo analisado.



Fonte: O autor.

A soma dos consumos demonstrados na Figura 14 foi dividida por 12 meses, gerando uma média de consumo a cada mês. Essa média será utilizada para verificar a potência do sistema de micro geração distribuída a ser analisado no estudo.

A média do consumo foi calculada através da soma dos consumos mensais e dividida por 12 meses. Essa média foi utilizada como referência para verificar a potência do sistema de micro geração distribuída, necessário para atender a demanda da residência, e também será utilizada nos cálculos como valor de média de consumo.

Não serão descontadas perdas por sombreamento pois subintende-se que o projeto será instalado em local livre de sombreamento, e para base de cálculo, do valor do KWh não foram consideradas as cobranças adicionais da fatura, tais como taxas referentes a iluminação pública e adicionais do sistema de bandeiras tarifárias, o consumo também não possui nenhum dos tipos de tarifações especiais citadas no capítulo 4, sendo considerada a cobrança normal da fatura. O valor do KWh utilizado foi extraído da mesma fatura referente ao mês de setembro com vencimento em

novembro de 2019, foram somados os valores, Consumo Uso Sistema (TUSD) com o valor do Consumo (TE). Não foram considerados os valores de Contribuição Custeio IP-CIP Municipal, referente a iluminação pública e o valor Adicional de Bandeira Vermelha.

Após foi dividido o valor da soma pela quantidade de KW/h faturada, chegando a um valor de R\$ 0,8669 por KWh. A tabela 2 demonstra os dados coletados.

Tabela 2: Dados utilizados no cálculo do valor do KW/h.

Descrição da operação	Mês referência	Quantidade faturada	Unidade de medida	Tarifa com tributos	Valor (R\$)
Consumo Uso Sistema – TUSD	Set/2019	474	KWh	0,4491	212,87
Consumo – TE	Set/2019	474	KWh	0,4178	198,03

Fonte: O autor.

Ficando a seguinte equação:

$$(TUSD) + (TE) = (VTF)$$

Onde:

TUSD = Taxa de Uso do Sistema de Distribuição em reais;

TE = Taxa de Consumo em reais;

VTF = Valor total faturado em reais.

Resultando:

$$VTF = 410,95 \text{ R\$}$$

O resultado encontrado foi dividido pela Quantidade Faturada na mesma conta demonstrada na tabela 4, referente ao consumo do mês de setembro.

Ficando a seguinte equação:

$$\frac{(VTF)}{(QF)} = (VDQ)$$

Onde:

VTF = Valor total de consumo calculado em reais;

QF = Quantidade faturada em KWh;

VDQ = Valor do KW em reais.

Resultando:

$$VDQ = R\$ 0,8669$$

5.4 Modelo utilizado para base de calculo

5.4.1 Modelo de sistema adotado

Para suprir a carga da residência foi adotado um sistema de geração com 18 placas que somadas totalizam 5,9 KW de potência instalada com inversor de 5 KW. De acordo com empresas do ramo de geração fotovoltaica da região noroeste do Rio Grande do Sul, o custo médio de instalação de uma unidade geradora, desse porte, gira em torno de R\$ 27.000, esse valor incluindo os custos de mão de obra. Esse será o valor adotado, como base de cálculo do retorno do investimento no modo de *payback* descontado. Conforme os fabricantes, cada componente tem seu tempo de garantia e tempo de vida útil estimado pela marca de fabricação, esses valores serão levados em consideração no estudo.

Os fabricantes garantem que as placas instaladas em estrutura, manterão sua produção acima dos 80% dentro de 25 anos, esse será o tempo de vida útil estimado de um sistema de geração fotovoltaico utilizado no estudo. No estudo será utilizado o tempo de 10 anos para uma possível manutenção no inversor, sendo que sua garantia de fábrica é de 7 anos.

Nas placas serão consideradas manutenções periódicas mantendo a produção nos níveis desejados esses valores serão utilizados nos cálculos de retorno do investimento no modo de payback descontado.

5.4.2 Sistema existente instalado utilizado para extração de dados de geração

Os dados de geração foram coletados de um sistema com capacidade de geração igual a projetada, instalado na região de estudo. A Figura 15 mostra o histórico de geração de energia nos últimos meses:

Figura 14: Histórico de geração de janeiro a outubro de 2019.



Fonte: Fronius, 2019.

Na Figura 15 é possível verificar que o nível de geração é mais elevado no mês de janeiro e também que os níveis de geração variam a cada mês. Se analisados em comparação com os índices de a radiação solar demonstrados na Figura 12, pode se verificar que seus comportamentos se assemelham graficamente.

5.5 Análise de geração e consumo de energia elétrica no período de verão

5.5.1 Dados de geração coletados para base de cálculo período de verão

Foram utilizados de referência para o período de verão os dados do mês de fevereiro com geração de 797,69 KWh de geração. A escolha do mês, foi feita através

da média, estipulada a partir da soma das potências geradas nos meses de janeiro, fevereiro e março dividida por 3.

MÉDIA = 832,6033 KWh

A média diária foi estipulada através da potência geradas no mês de fevereiro, o resultado foi dividido pela quantidade de dias do mesmo mês.

Levando em consideração a média de geração diária do mês de fevereiro adotou-se o dia 19 para análise de comparação com o consumo. A Figura 16 demonstra a geração diária do dia 19 de fevereiro de 2019.

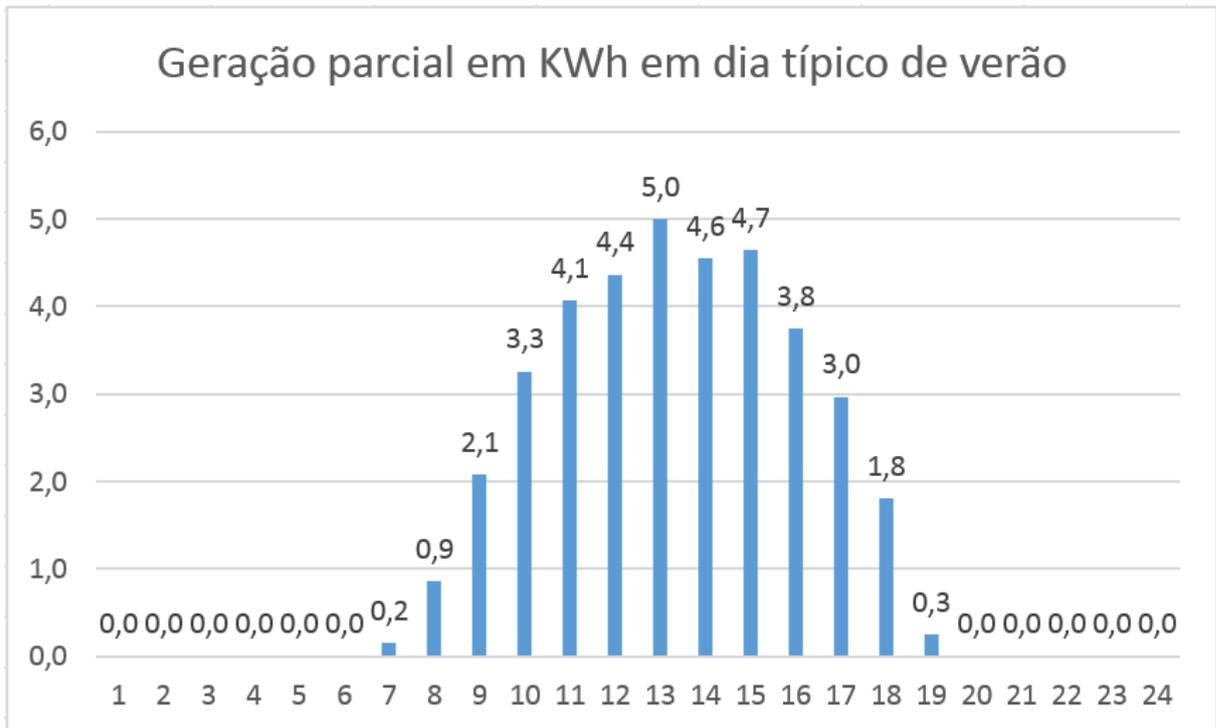
Figura 15: Geração diária em watts.



Fonte: Fronius, 2019.

Na Figura 16, pode se verificar a geração somente nos horários com incidência de sol, sendo os momentos de pico nos horários próximo ao meio dia. Nesse determinado dia a geração iniciou às 6:30h e cessou às 19:25h, para uma melhor visualização, na Figura 17, pode-se verificar a mesma geração representada na Figura 16, porém definida parcialmente por hora e com seus valores convertidos em KWh, valores que serão utilizados como referência de geração em dia típico de verão.

Figura 16: Geração parcial diária a cada hora no período do verão.



Fonte: O autor.

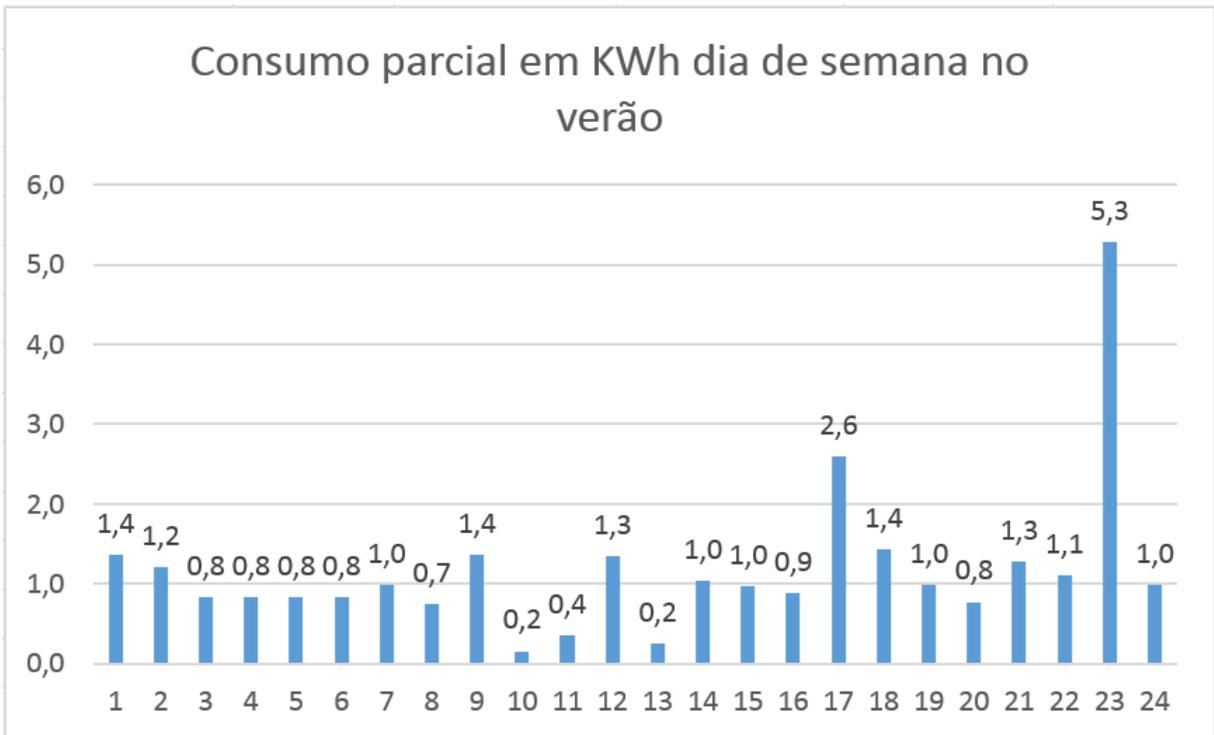
Na Figura 17 pode-se verificar uma grande variação na potência de geração no decorrer do dia. Também pode-se verificar o pico de geração às 13 horas com 5,0 KWh.

5.5.2 Dados de consumo coletados para base de cálculo no período de verão

Os dados de geração demonstrados na Figura 17 serão comparados com os dados referentes ao consumo da residência no verão, que foram coletados hora a hora e calculados gerando um consumo parcial diário.

Foram coletadas 24 amostras com intervalo de uma hora cada, em um dia de semana típico de verão e 24 amostras com intervalo de uma hora cada, no final de semana de verão. A Figura 18 demonstra o consumo parcial em dia de semana típico no período do verão:

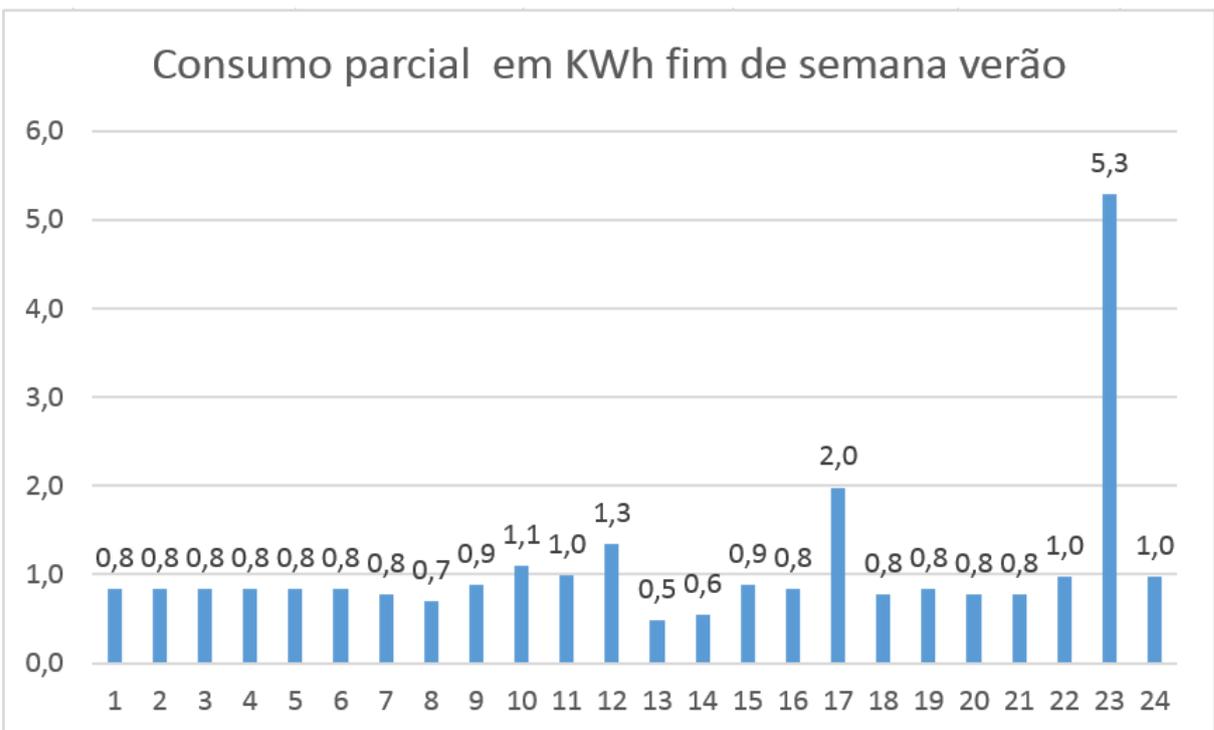
Figura 17: Consumo parcial em KWh em dia típico de semana no verão.



Fonte: O autor.

E a Figura 19 o consumo parcial em dia típico de final de semana no verão:

Figura 18: Consumo parcial dia típico de final de semana no verão.



Fonte: O autor.

Na figura 19 pode-se verificar uma variação no consumo de fim de semana se comparado com o consumo dia de semana demonstrado na figura 18.

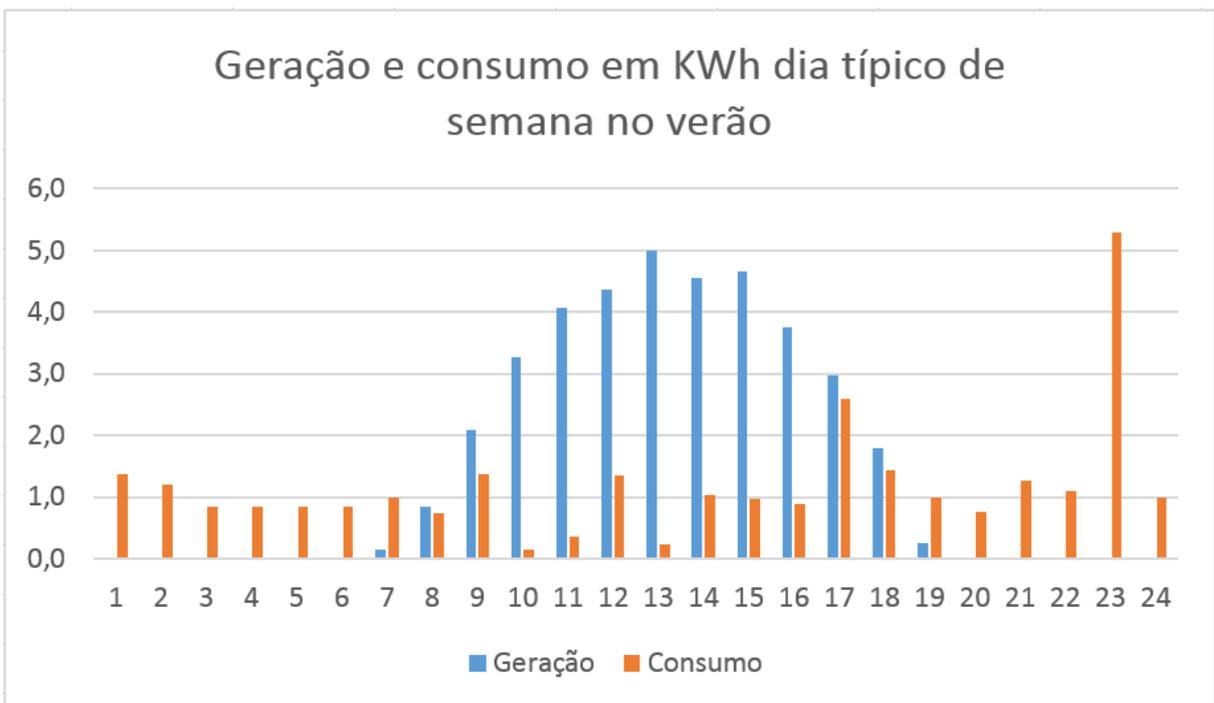
O ideal seria realizar a coleta de dados com aparelho específico para esse tipo de medição, equipamento capaz de registrar os dados a cada instante, porém, o uso desse tipo de aparelho não foi possível devido ao seu custo elevado. Foram coletadas as amostras com multímetro.

Após a coleta, as amostras em dia de semana, foram multiplicadas por 22 dias e as amostras de fim de semana foram multiplicadas por 8, ambas foram multiplicadas por 6 meses chegando a um consumo médio típico de verão que será adotado para análise no período de verão.

5.5.3 Comparação geração e consumo no verão

O estudo levará em consideração a diferença entre a energia injetada e a energia consumida, pois o excedente poderá receber as taxas propostas pela ANEEL, modificando o modelo atual. A Figura 20 demonstra um comparativo da energia gerada com a energia consumida em dia típico de semana no verão.

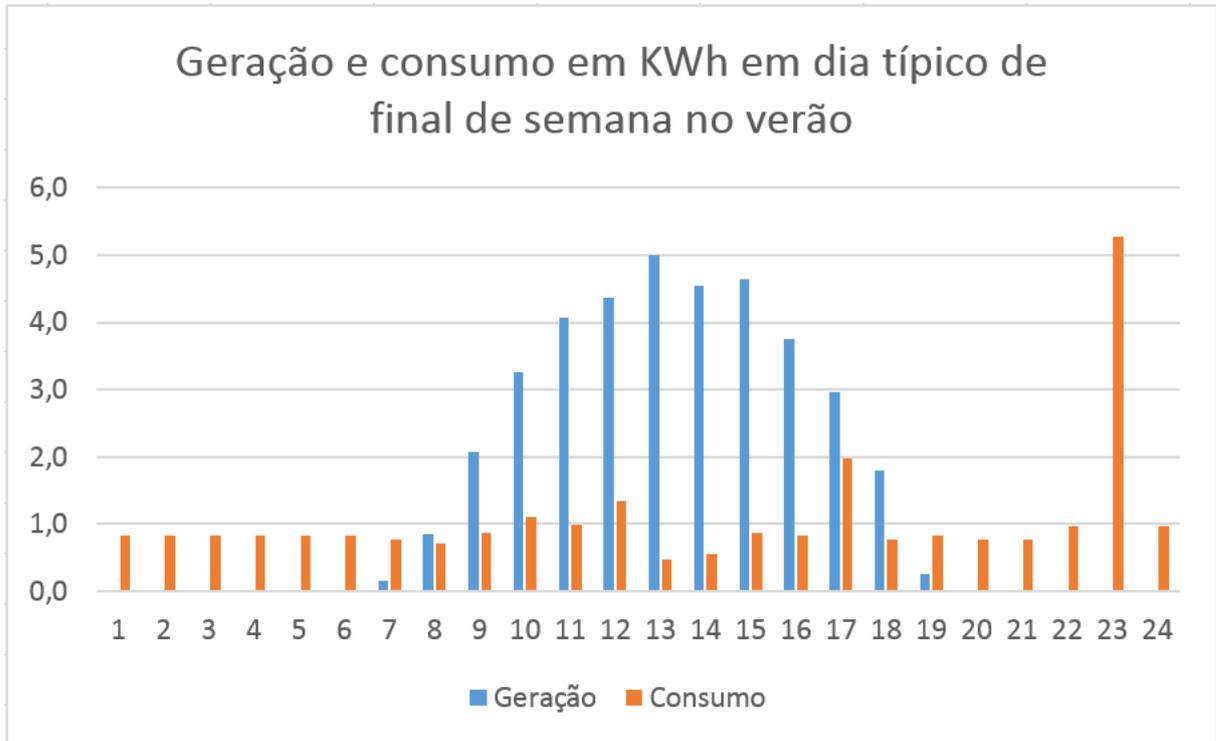
Figura 19: Comparação entre geração e consumo dia de semana no verão.



Fonte: O autor.

Já a Figura 21 demonstra um comparativo da energia gerada com a energia consumida em dia típico de final de semana no verão.

Figura 20: Comparação entre geração e consumo fim de semana no verão.



Fonte: O autor.

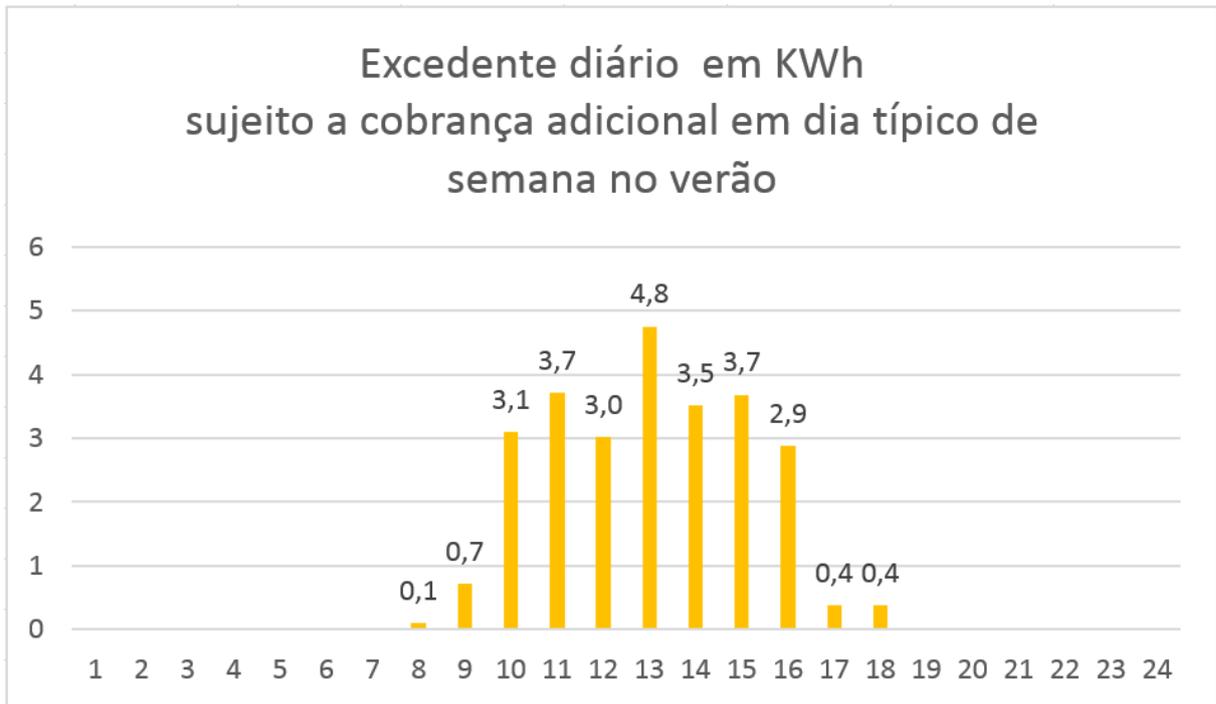
5.5.4 Consumo excedente período de verão

Foram analisados os dados de modo a obter somente os excedentes de energia gerados, excedentes que possivelmente receberão adicionais taxativos.

5.5.4.1 Geração excedente dia de semana verão

Os dados de geração coletados a cada hora, do dia típico de semana no verão, foram subtraídos dos consumos coletados a cada hora do dia típico de verão, obtendo somente a diferença entre geração e consumo a cada hora dia típico de verão. Resultando nos seguintes valores apresentados na Figura 22:

Figura 21: Excedentes dia típico de semana verão.



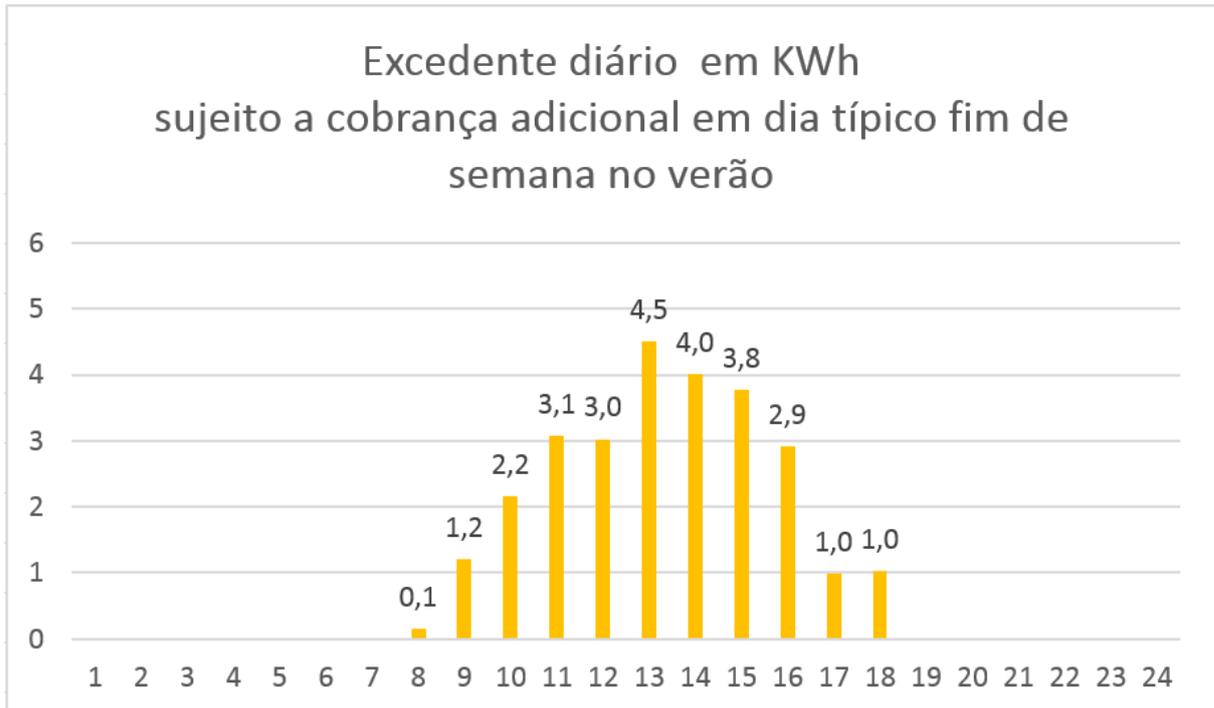
Fonte: O autor

Os valores em KWh demonstrados na Figura 22 poderão estar sujeitos a taxaço em um dia típico de semana no verão.

5.5.4.2 Consumo excedente fim de semana verão

Os dados de geração coletados a cada hora, do dia típico fim de semana no verão, foram subtraídos dos consumos coletados a cada hora do dia típico de fim de semana no verão, obtendo somente a diferença de geração consumo a cada hora dia típico de fim de semana no verão. Resultando nos seguintes valores apresentados na Figura 23:

Figura 22: Excedentes dia típico fim de semana no verão.



Fonte: O autor

Os valores em KWh demonstrados na Figura 23 estarão sujeitos a taxaço em um dia típico fim de semana no v o.

5.6 Análise de consumo e gera o de energia elétrica no período de inverno

5.6.1 Dados de gera o coletados para base de cáculo período de inverno

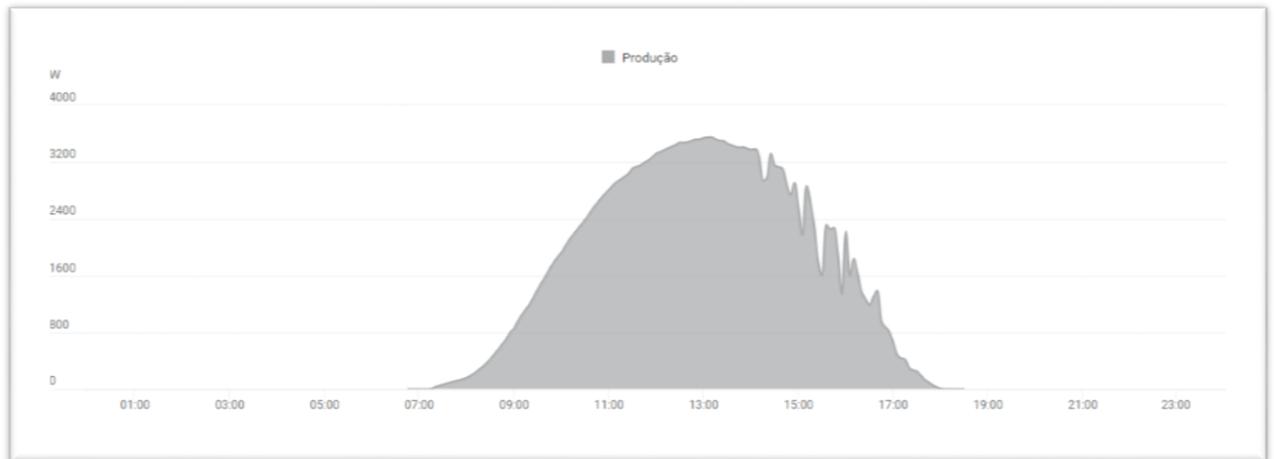
Foram utilizados de referência para o período de inverno os dados do mês de agosto com gera o de 637,29 KW de gera o. A escolha do mês, foi feita através da média, estipulada a partir da soma das potências geradas nos meses de julho, agosto, setembro e outubro divididas por 4 e após convertidos em KWh.

$$\text{MÉDIA} = 654,0425 \text{ KWh}$$

Com a soma total das potências geradas no mês de agosto dividida pela quantidade de dias do mesmo mês, foi calculada uma média diária. Levando em considera o a média diária de gera o do mês de agosto adotou-se o dia 7 para

análise de comparação com o consumo. A Figura 24 demonstra a geração diária do dia 7 de agosto de 2019 em W.

Figura 23: Geração diária em watts.

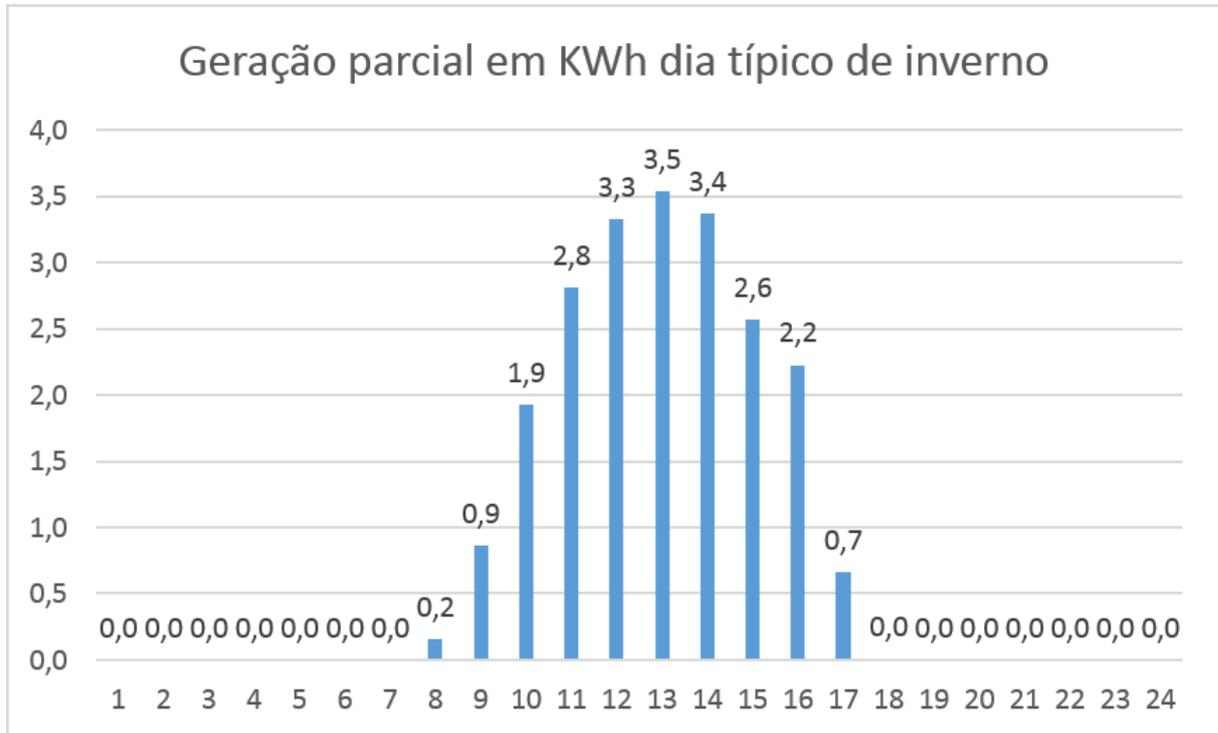


Fonte: Fronius, 2019.

Na Figura 24, pode se verificar a geração somente nos horários com incidência de sol, sendo os momentos de pico nos horários próximo ao meio dia, nesse determinado dia a geração iniciou às 7:15h e cessou às 18:00h.

Já na Figura 25 pode-se verificar a mesma geração representada na Figura 24, porém definida parcialmente a cada hora e convertida em KWh, modelo que será utilizado no comparativo com o consumo de inverno.

Figura 24: Geração diária parcial por hora em dia típico de inverno.



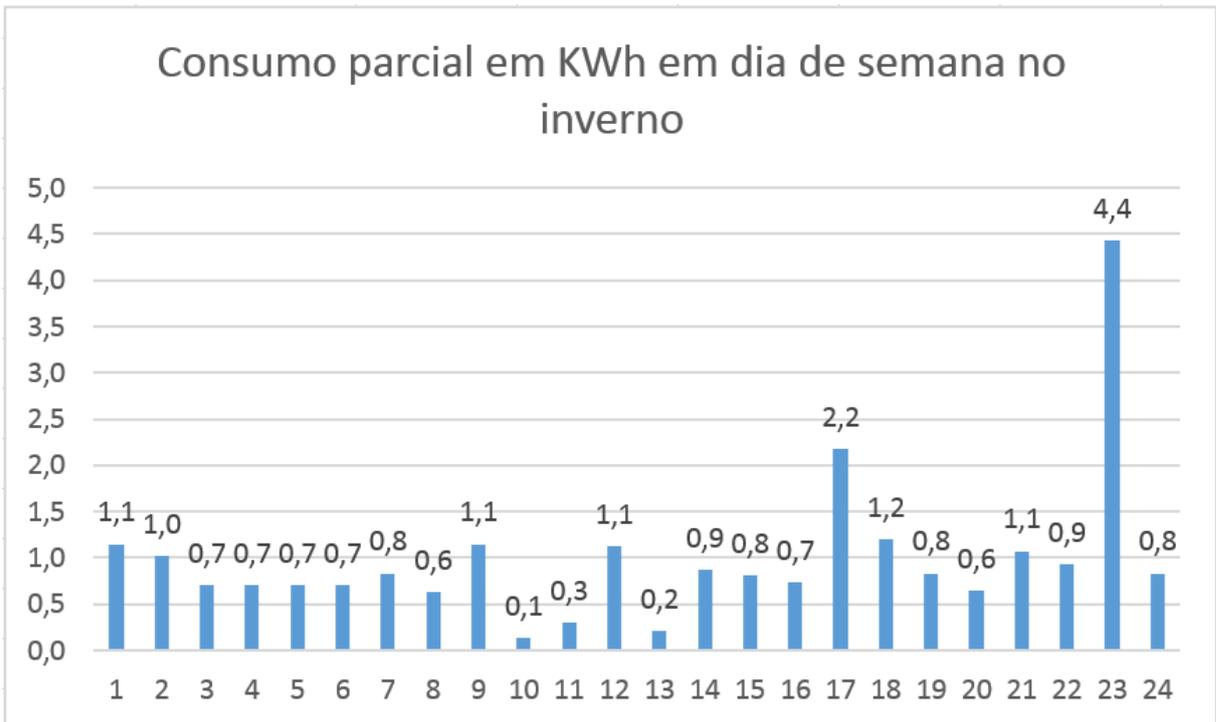
Fonte: O autor.

Na Figura 25 pode-se verificar o pico de geração as 13h com 3,5 KWh.

5.6.2 Dados de consumo coletados para base de cálculo no período de inverno

Os dados de geração demonstrados na figura 25 serão comparados com os dados referentes ao consumo da residência no inverno, que foram coletados hora a hora e calculados gerando um consumo parcial diário, para realização do estudo foram coletadas 24 amostras com intervalo de uma hora cada, em um dia de semana típico de inverno e 24 amostras com intervalo de uma hora cada, no final de semana no inverno. A Figura 26 demonstra o consumo parcial em dia de semana típico no período do inverno:

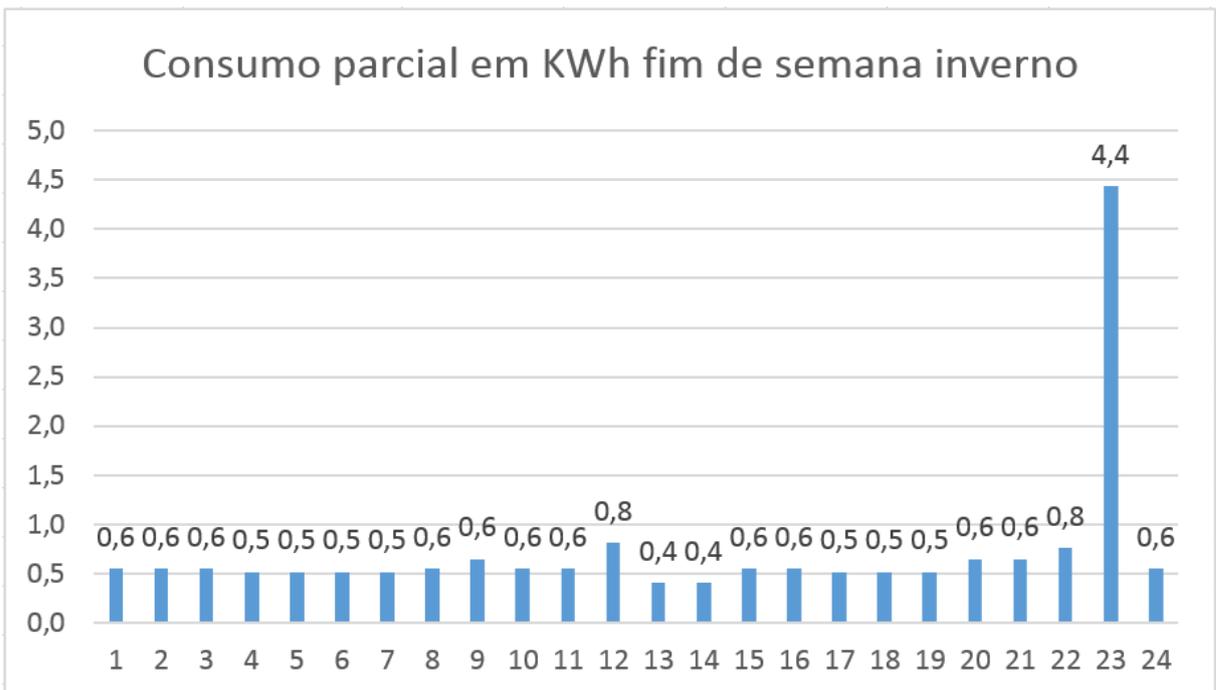
Figura 25: Consumo parcial em KWh em dia típico de semana no inverno.



Fonte: O autor.

E a Figura 27 demonstra o consumo parcial em dia típico de final de semana no inverno:

Figura 26: Consumo parcial em KWh dia típico de final de semana no inverno.



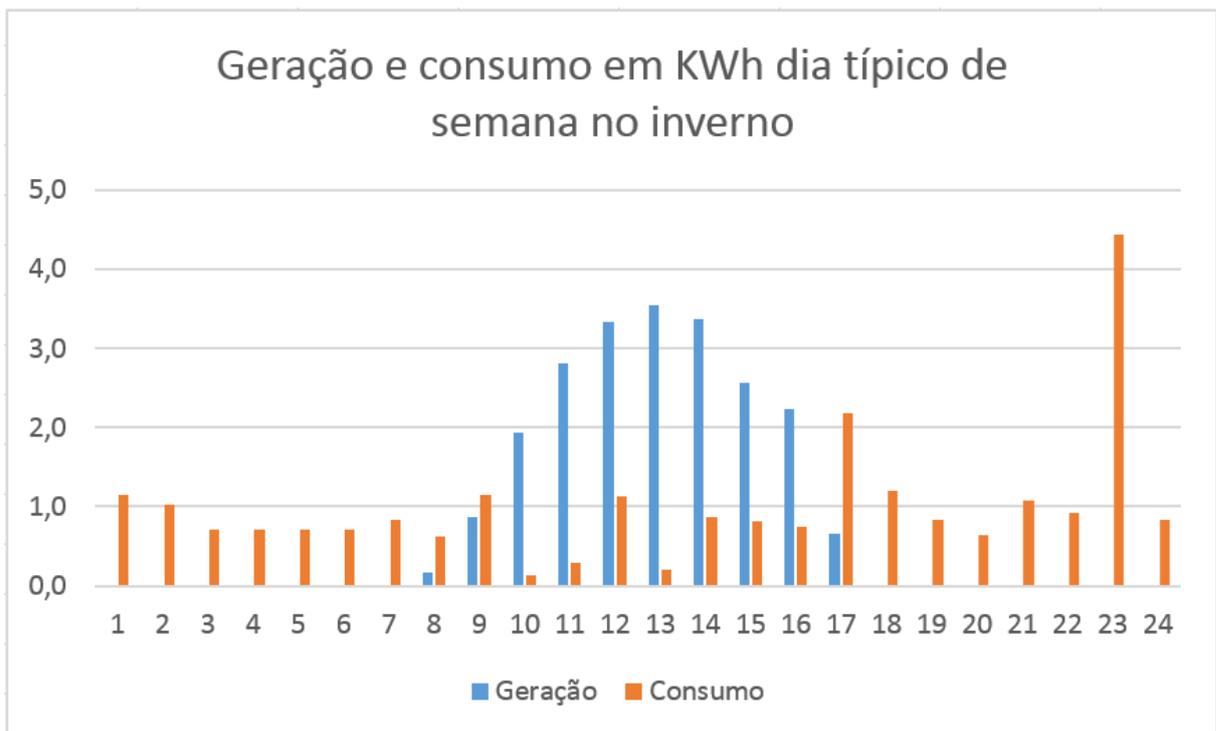
Fonte: O autor.

Na Figura 27 pode-se verificar uma variação no consumo de fim de semana quando comparado com o consumo dia de semana de inverno demonstrado na Figura 26.

5.6.3 Comparação geração e consumo no inverno

Assim como no período de verão o estudo do período de inverno levará em consideração a diferença entre a energia injetada e a consumida, pois o excedente irá receber as taxas propostas pela ANEEL. A Figura 28 demonstra o comparativo da energia gerada com a energia consumida em dia típico de semana no inverno.

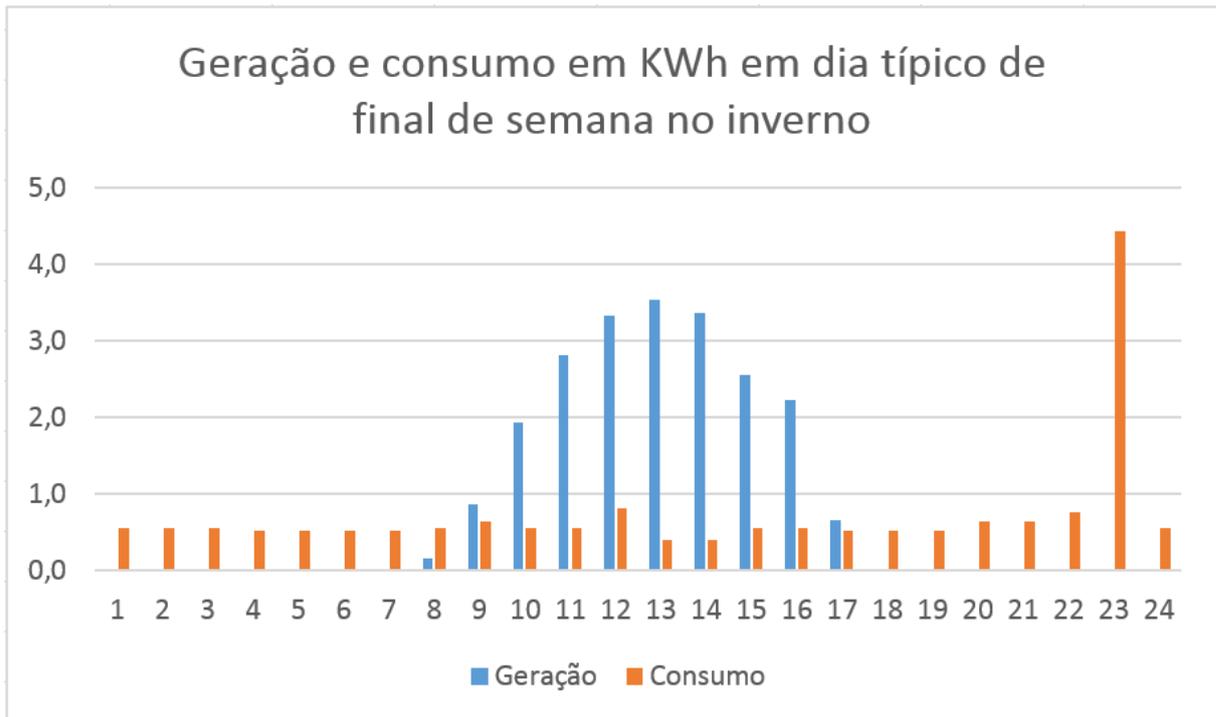
Figura 27: Comparativo geração e consumo dia de semana no inverno.



Fonte: O autor.

Já a Figura 29 demonstra um comparativo da energia gerada com a energia consumida em dia típico de final de semana no inverno.

Figura 28: Comparativo geração e consumo fim de semana no inverno.



Fonte: O autor.

Após as amostras coletadas em dia de semana, foram multiplicadas por 22 dias e as amostras coletadas no final de semana foram multiplicadas por 8, chegando a um consumo total médio mensal típico de inverno que será adotado para análise no período de inverno.

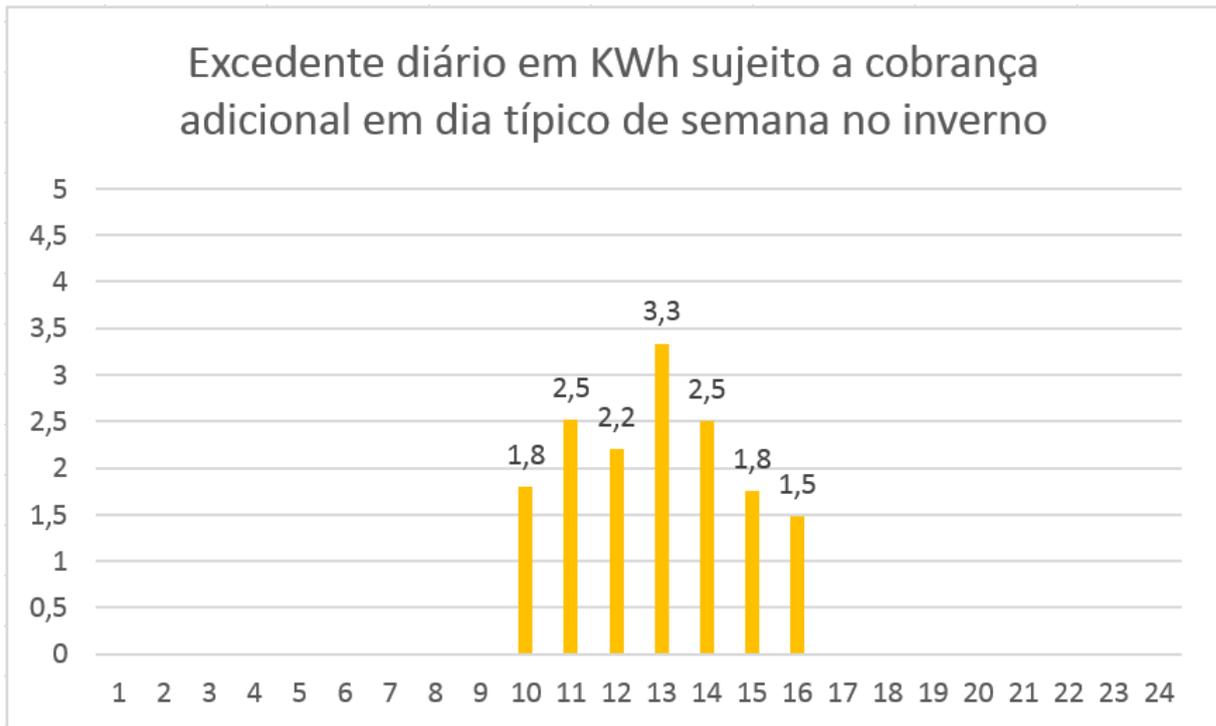
5.6.4 Consumo excedente período de inverno

Foram analisados os dados de inverno de modo a obter somente os excedentes de energia gerados, excedentes que possivelmente receberão adicionais taxativos.

5.6.4.1 Geração excedente dia de semana inverno

Os dados de geração coletados a cada hora, do dia típico de semana no inverno, foram subtraídos dos consumos coletados a cada hora do dia típico de inverno, obtendo somente a diferença entre geração e consumo a cada hora dia típico de inverno. Resultando nos seguintes valores apresentados na Figura 30:

Figura 29: Excedentes dia típico de semana no inverno.



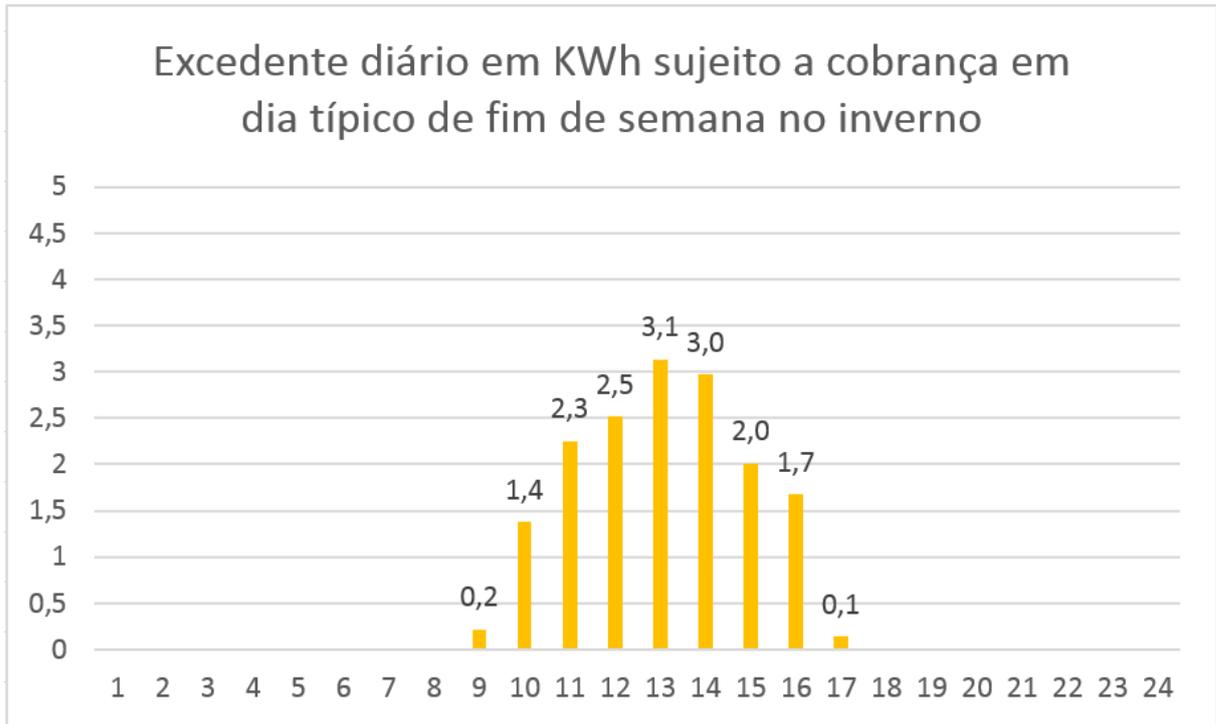
Fonte: O autor

Os valores em KWh demonstrados na Figura 30 estarão sujeitos a taxaço em um dia típico de semana no inverno.

5.6.4.2 Consumo excedente fim de semana inverno

Os dados de gera o coletados a cada hora, do dia típico fim de semana no inverno, foram subtraídos dos consumos coletados a cada hora do dia típico de fim de semana no inverno, obtendo somente a diferença de gera o consumo a cada hora dia típico de fim de semana no inverno. Resultando nos seguintes valores apresentados na Figura 31:

Figura 30: Excedentes dia típico fim de semana no inverno.



Fonte: O autor

Os valores em KWh demonstrados na Figura 31 estarão sujeitos a taxaço em um dia típico fim de semana no inverno.

5.7 Análise dos créditos de energia no modo de compensação

5.7.1 Análise de quantitativos excedentes Faixa 0, modelo atual

Os excedentes calculados em dia de semana típico de verão, na Faixa 0, modelo atual, resultaram em 1231 KWh em um ano.

Os excedentes calculados em dia típico de fim de semana no verão na Faixa 0 resultaram em 569,1 KWh em um ano.

Os excedentes calculados em dia típico de inverno também tiveram o mesmo tratamento, resultando em -318 KWh, ou seja, como o valor é negativo, o sistema no período de um ano, analisado em dia típico de semana no inverno não supriu toda a energia consumida.

Os excedentes calculados em dia típico de fim de semana inverno calculados na faixa 0 resultaram em 569,1 KWh.

5.7.1.1 Total de quantitativo excedente anual Faixa 0, modelo atual

Para se obter o total de excedentes referente a Faixa 0 foram somados o quantitativo de excedente anual dia típico de semana no verão 1231 KWh Faixa 0, valor de excedente anual dia típico fim de semana no verão 569,1 KWh Faixa 0, valor quantitativo excedente anual dia típico de semana no inverno -318 KWh Faixa 0 com quantitativo excedente anual dia típico fim de semana no inverno de 569,1 KWh faixa 0.

Resultando em quantitativo total de excedente calculado utilizando todos os números depois da vírgula na faixa 0 de 2051,2 KWh em créditos ao final de 1 ano.

5.7.2 Análise de excedentes Faixa 2

A Faixa 2 impõe que se desconte a taxa descrita no item 3.5.4 de 0,34% sobre a energia excedente gerada. Para isso foram extraídos conforme exemplificado no item 5.5 no período do verão e 5.6 no período de inverno, somente os excedentes a cada hora. Esses excedentes foram multiplicados por 0,34%, resultando no total em KWh descontado sobre a energia gerada excedente em cada período analisado. Após foi encontrada a diferença, subtraindo do excedente gerado o quantitativo descontado.

Os valores encontrados em dia de semana típico de verão, na faixa 2, foram calculados resultando em 53,6 KWh na Faixa 2.

Os valores encontrados na Faixa 2 em dia típico de fim de semana no verão foram calculados resultando em 131,2 KWh em um ano.

Os quantitativos excedentes calculados em dia típico de inverno também tiveram o mesmo tratamento, sendo que os excedentes calculados em dia típico de semana no inverno na Faixa 2, e calculados resultaram em -1018,8 KWh na Faixa 2 em um ano, ou seja, como o valor é negativo, o sistema, no período de um ano, analisado em dia típico de semana no inverno não supriu toda a energia consumida.

Os quantitativos excedentes calculados na Faixa 2 em dia típico de fim de semana de inverno foram calculados resultando em -69,4 KWh na Faixa 2, no período de um ano, ou seja, analisado em um dia típico de fim de semana de inverno, o sistema não supriu a carga consumida.

5.7.2.1 Total de excedente anual Faixa 2

Para se obter o total de excedentes referente a Faixa 2 foram somados o quantitativo de excedente anual dia típico de semana no verão 53,6 KWh na Faixa 2, quantitativo de excedente anual dia típico fim de semana no verão 131,2 KWh Faixa 2, valor dia típico de semana no inverno -1018,8 KWh Faixa 2 com o valor anual dia típico fim de semana no inverno de -69 KWh na faixa 2.

Resultando em um valor calculado na Faixa 2 de -903 KWh ao final de 1 ano.

Para uma melhor compreensão, e sendo relevante para esse estudo, o valor calculado no período de um ano foi multiplicados por 25 anos, chegando a um total de -22574 KWh no tempo de vida útil estimado de um sistema de geração fotovoltaica.

5.7.3 Análise de excedentes Faixa 5

A Faixa 5 impõe que se desconte a taxa descrita no item 3.5.4 de 0,63% sobre a energia excedente gerada. Para isso foram extraídos conforme exemplificado no item 5.5 no período do verão e 5.6 no período de inverno, somente os excedentes a cada hora. Esses excedentes foram multiplicados por 0,63%, resultando no total em KWh descontado sobre a energia gerada excedente em cada período analisado.

Após foi encontrada a diferença, subtraindo do excedente gerado o quantitativo descontado.

Os valores calculados em dia de semana típico de verão, na Faixa 5, foram multiplicados por 22 dias, e o resultado multiplicado por 6 meses, resultando em um valor dia típico de semana no período de verão na Faixa 5 de -950,7 KWh, ou seja, como o valor é negativo o sistema, no período de um ano, analisado em dia típico de semana no verão não supriu toda a energia consumida.

Os excedentes calculados na Faixa 5 em dia típico de fim de semana no verão foram calculados resultando em -242,2 KWh, ou seja, valor negativo, no período de um ano, analisado em um dia típico de fim de semana no verão, o sistema não supriu a carga consumida.

Os excedentes calculados em dia típico de inverno também tiveram o mesmo tratamento, resultando em -1616 KWh, ou seja, valor negativo, o sistema no período

de um ano, analisado em dia típico de semana no inverno não supriu toda a energia consumida.

Os quantitativos excedentes calculados na Faixa 5 em dia típico de fim de semana de inverno foram multiplicados por 8 dias, e o resultado multiplicado por 6 meses, resultando em um valor anual dia típico fim de semana no período de inverno na Faixa 5 de -296,1 KWh, valor negativo, no período de um ano, analisado em um dia típico de fim de semana de inverno, o sistema não supriu a carga consumida.

5.7.3.1 Total de excedente anual Faixa 5

Para se obter o total de excedentes referente a Faixa 5 foram somados o valor anual dia típico de semana no verão -950,7 KWh na Faixa 5, valor anual dia típico fim de semana no verão -242,2 KWh Faixa 5, valor anual dia típico de semana no inverno -1616 KWh Faixa 5 com o valor anual dia típico fim de semana no inverno de -296,1 KWh na Faixa 5.

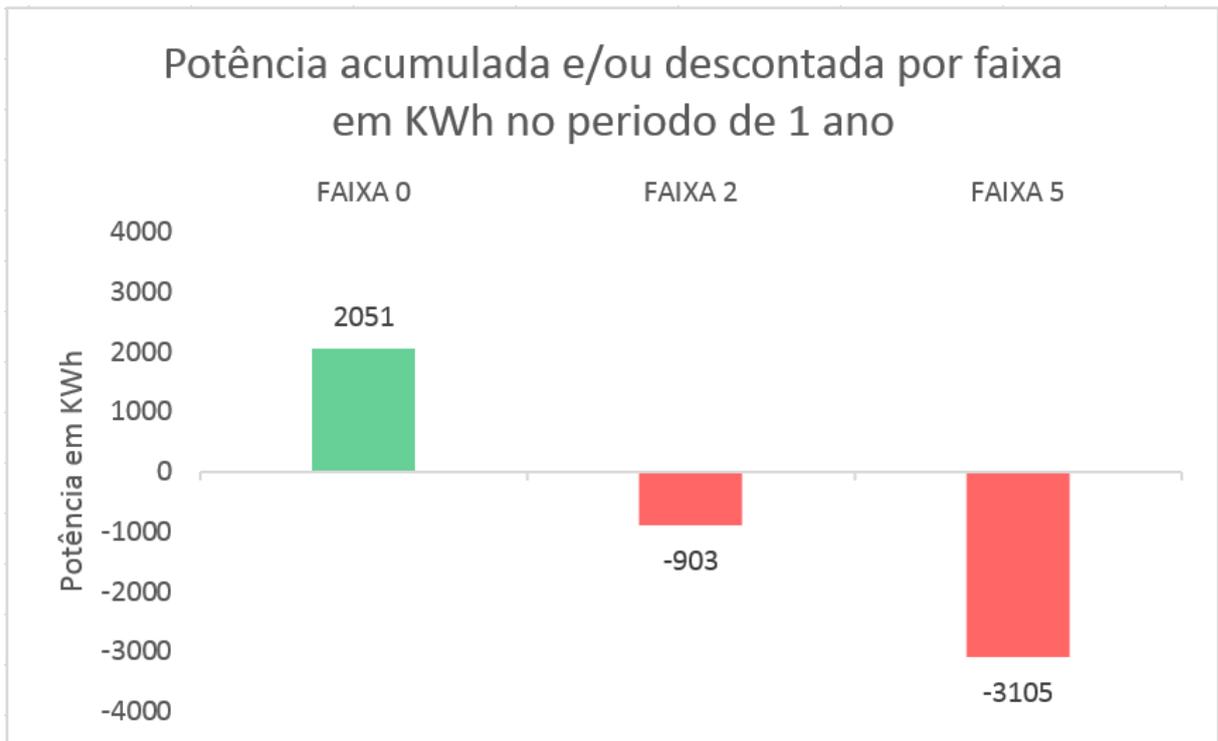
Resultando em um valor calculado na Faixa 5 de -3105 KWh em débito ao final de 1 ano, ou seja, ficou faltando 902,9 KWh para suprir a carga consumida no período de um ano.

Para uma melhor compreensão, e sendo relevante para esse estudo, o valor total de quantitativos calculados no período de um ano foram multiplicados por 25 anos, chegando a um total de -77616 KWh no tempo de vida útil estimado de um sistema de geração fotovoltaica.

5.7.4 Comparativo de quantitativos calculados em KW nas Faixas 0, 2 e 5

A Figura 32 demonstra um comparativo das quantidades calculadas em KWh em cada Faixa, demonstrando o quantitativo de cada uma no período de 1 ano.

Figura 31: Comparativo de potências acumuladas e/ou descontadas em KWh nas Faixas 0, 2 e 5 no período de 1 ano.

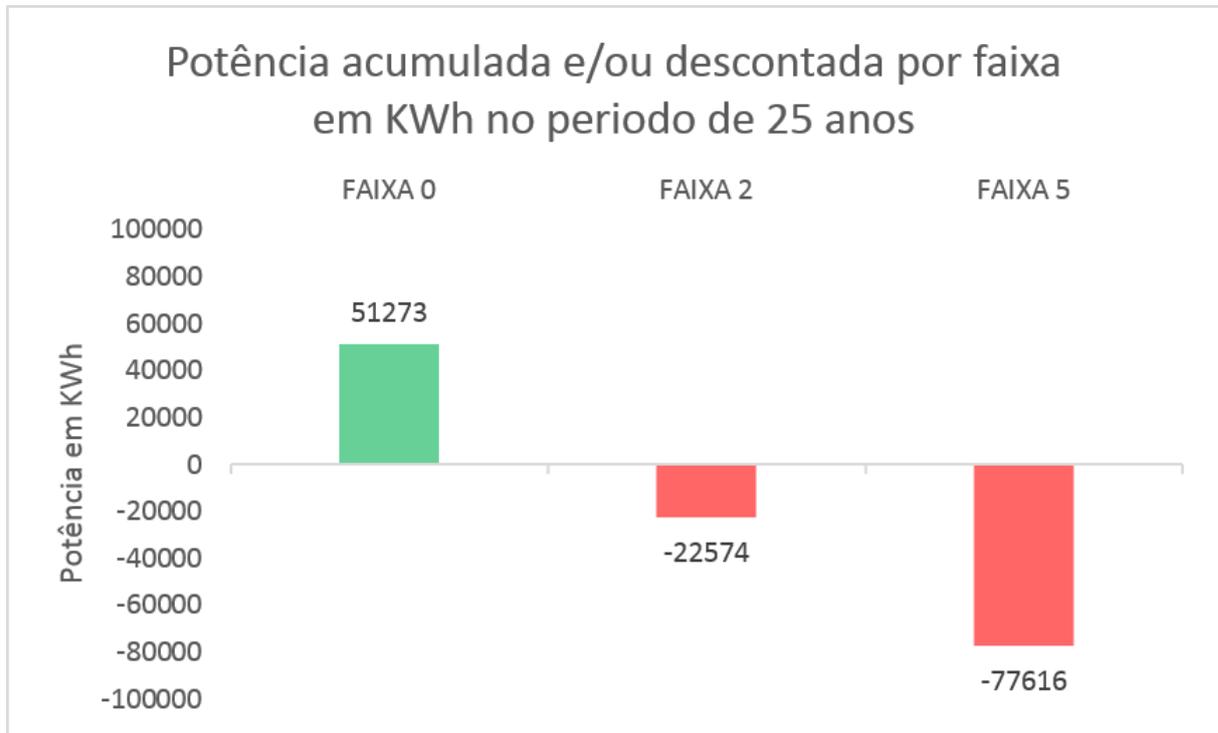


Fonte: O autor.

Na Figura 32 em verde está representado o valor positivo acumulado em KWh, e em vermelho os valores negativos.

Já a Figura 33 demonstra um comparativo das quantidades calculadas em KWh em cada Faixa, demonstrando o quantitativo de cada uma no período de 25 anos, tempo estimado de vida útil dos sistemas de geração fotovoltaica.

Figura 32: Comparativo de potências em KWh nas Faixas 0, 2 e 5 no período de 25 anos.



Fonte: O autor.

5.8 Payback descontado

O estudo utilizará o método de payback descontado, que é calculado por meio das entradas de caixa. O *payback* é o tempo de recuperação de um investimento inicial de uma empresa, tempo de retorno desse investimento (GITMAN, 2012). Para análise será calculado o valor presente líquido (VPL) que é a soma de todos os fluxos de caixas futuros em seus valores presentes, descontados a uma taxa (taxa de desconto), utilizado como indicador para analisar a viabilidade financeira de projetos. O método de (VPL) é obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios previstos do caixa, e o valor presente do fluxo de caixa inicial (valor do investimento) (ASSAF,2009), esse método é expresso da seguinte forma:

$$VPL = \left[\frac{FC1}{(1+i)^1} + \frac{FC2}{(1+i)^2} + \frac{FC3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FCn}{(1+i)^n} \right] - FC0$$

Onde:

FC_j = representa o valor de entrada de caixa previsto para cada intervalo de tempo;

FC_0 = fluxo de caixa verificado no momento zero (momento inicial), ou seja, o investimento inicial;

i = taxa de desconto que iguala, em determinada data, as entradas com as saídas previstas de caixa, ou seja, representa a taxa interna de retorno.

5.8.1 Taxa mínima de atratividade (TMA)

Este índice representa taxa de desconto a ser utilizada, taxa que torna o projeto atrativo, na sua definição é considerado o custo de oportunidade, ou seja, o que foi deixado de ganhar investindo nesse projeto, também é avaliado o custo de troca, e o custo do capital e o risco, para que a proposta seja atrativa, o investimento deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco. (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2010). Influencia fortemente nos resultados das ferramentas a serem analisadas no projeto. No estudo será utilizada a taxa Selic que segundo a revista (EXAME, 2019) caiu para 5% ao ano em 2019.

5.8.2 Retorno do investimento Faixa 0

O cálculo do retorno do investimento na Faixa 0 foi efetuado a partir do custo total R\$ 27000 analisado no período de 25 anos, tempo de vida útil estimado de um sistema de geração fotovoltaica.

Foram encontrados através dos cálculos demonstrados no item 5.7.2 os valores de 1800,1 KW em um ano no verão na Faixa 0, e 250,8 KW no período de inverno. Após foi realizado o cálculo da diferença, resultando em 2051 KW ao ano. Esse quantitativo poderá ser utilizado pelo cliente em forma de crédito.

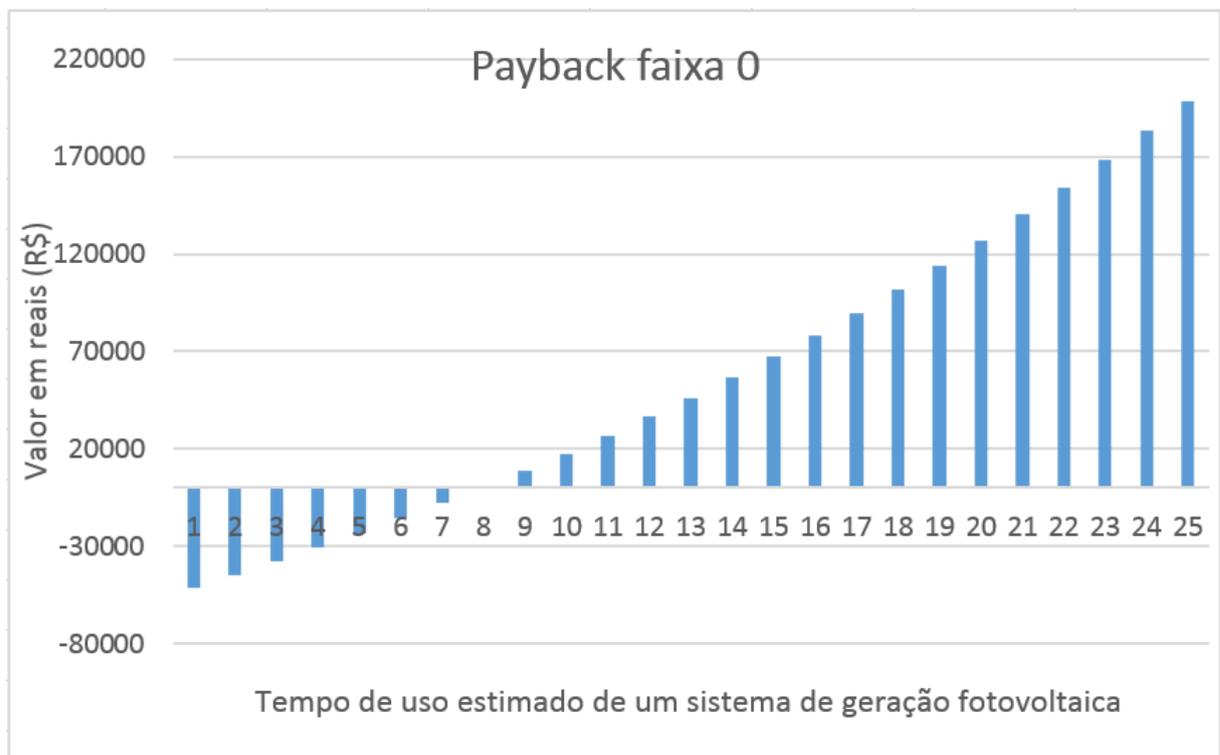
Convertendo o quantitativo em reais, utilizando o VDQ (valor do quilowatt) calculado no item 5.3, fica R\$ 1778,81 reais Faixa 0, esse valor será utilizado no estudo da Faixa 0.

Realizando uma média com o aumento na conta de energia dos últimos anos chega-se a 9% ao ano. Essa será a porcentagem acrescentada a cada ano como aumento da energia elétrica no modo de payback descontado.

A cada ano será acrescentado um valor de R\$ 50 de manutenção preventiva e a cada 10 anos, será acrescentada uma taxa de R\$ 3000 de manutenção do inversor, esses valores serão levados em consideração no cálculo de payback descontado.

Os dados foram coletados e calculados com auxílio do software Excel®, o resultado está representado na Figura 34:

Figura 33: Retorno do investimento Faixa 0.



Fonte: O autor.

5.8.3 Retorno do investimento Faixa 2

O cálculo do retorno do investimento na Faixa 2 foi efetuado a partir do custo total R\$ 27000 analisado no período de 25 anos, tempo de vida útil estimado de um sistema de geração fotovoltaica.

Foram encontrados através dos cálculos demonstrados no item 5.7.2 os valores de 184,8 KW em um ano no verão na Faixa 2, e -1087, 8 KW no período de inverno

na Faixa 2. Após foi realizado o cálculo da diferença, resultando em -902,9 KW ao ano.

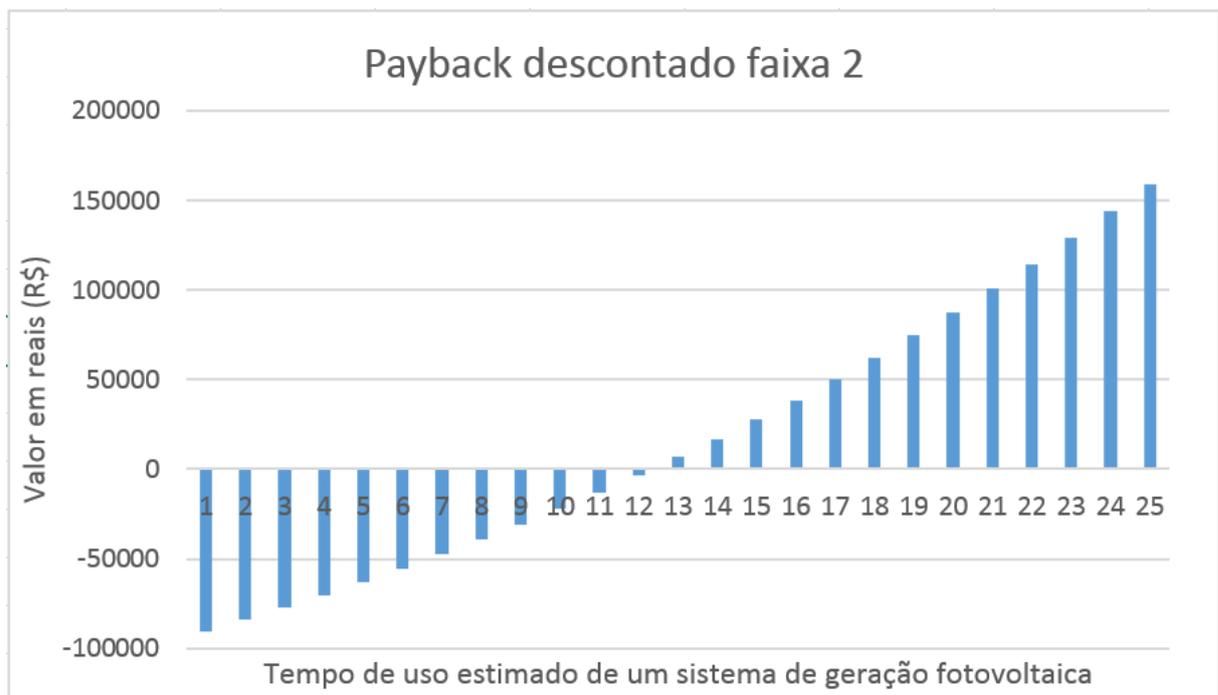
Convertendo o quantitativo em reais, utilizando o VDQ calculado no item 5.3, fica R\$ -776,58 a cada ano na Faixa 2, esse valor será utilizado no estudo da Faixa 2 como valor da conta anual.

Segundo o site de notícias G1 (2019), a conta de energia acumula alta de 31% de 2014 à 2017, totalizando uma média de 7,8% ao ano, como o acréscimo não é linear, e a cada ano o valor vem aumentando, foi adotado um acréscimo de 9% ao ano para realização do estudo de payback descontado.

A cada ano será acrescentado um valor de R\$ 50 de manutenção preventiva e a cada 10 anos, será acrescentada uma taxa de R\$ 3000 de manutenção do inversor, esses valores serão levados em consideração no cálculo de payback descontado.

Os dados foram coletados e calculados com auxílio do software Excel®, o resultado está representado na Figura 35:

Figura 34: Retorno do investimento Faixa 2.



Fonte: O autor.

5.8.4 Retorno do investimento Faixa 5

O cálculo do retorno do investimento na Faixa 5 foi efetuado a partir do custo total R\$ 27000 analisado no período de 25 anos, tempo de vida útil estimado de um sistema de geração fotovoltaica.

Foram encontrados através dos cálculos demonstrados no item 5.7.2 os valores de -1192,9 KW em um ano no verão na Faixa 5, e -1912,1 KW no período de inverno, ou seja. Após foi realizada a soma, resultando em - 3105 KW ao ano.

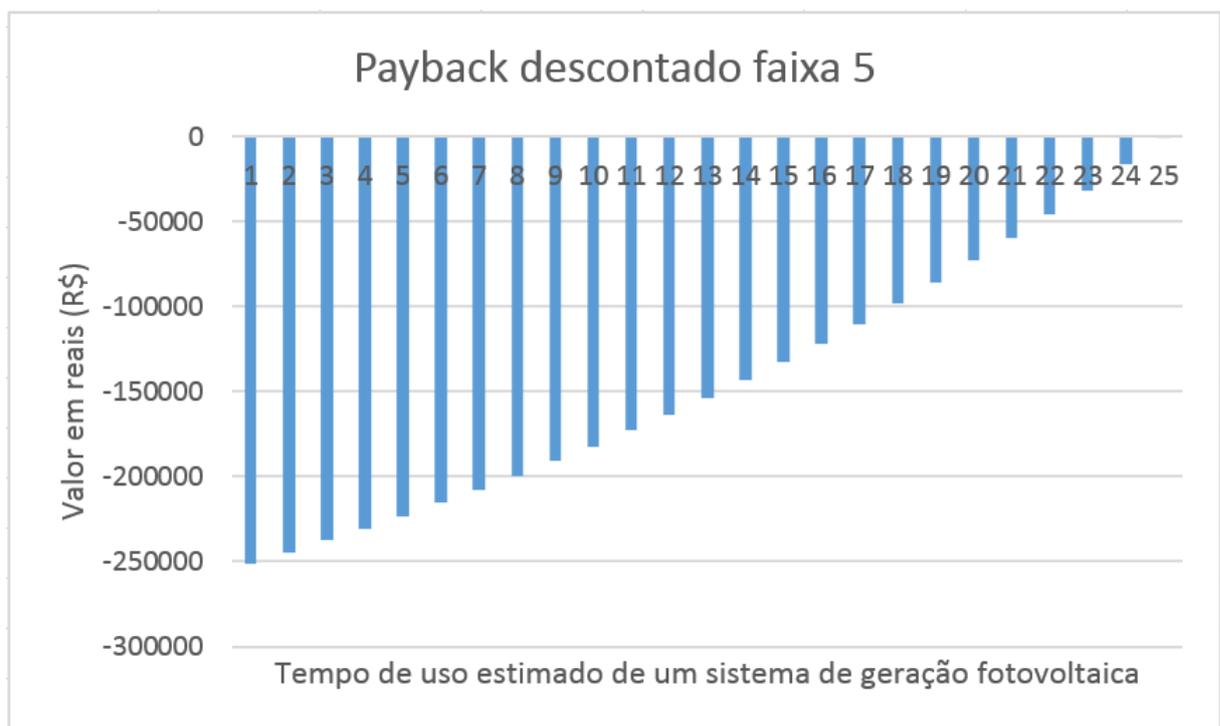
Convertendo o quantitativo em reais, utilizando o VDQ calculado no item 5.3, fica R\$ -2784,87 ao ano na Faixa 5, esse valor será utilizado no estudo da Faixa 5 como valor da conta anual.

Realizando uma média com o aumento na conta de energia dos últimos anos chega-se a 9% ao ano. Essa será a porcentagem acrescentada a cada ano como aumento da energia elétrica no modo de payback descontado na Faixa 5.

A cada ano será acrescentado um valor de R\$ 50 de manutenção preventiva e a cada 10 anos, será acrescentada uma taxa de R\$ 3000 de manutenção do inversor, esses valores serão levados em consideração no cálculo de payback descontado.

Os dados foram coletados e calculados com auxílio do software Excel®, o resultado está representado na Figura 36:

Figura 35: Retorno do investimento Faixa 2.



Fonte: O autor.

6 Considerações finais

O resultado desse estudo é extrema importância para fins econômicos dos consumidores de energia, empresas do ramo de tecnologia fotovoltaica e distribuidoras de energia. Obtendo resultados referentes a um sistema de micro geração solar fotovoltaica, frente as novas taxas impostas pela ANEEL sobre a energia excedente injetada na rede no sistema de compensação de energia. Como verificado pode-se observar uma grande variação no tempo de retorno do investimento sendo que mantendo a Faixa 0, nesse sistema, como pode se verificar na Figura 34 o tempo de retorno do investimento é de 8 anos. Ao se aplicar a Faixa 2 como pode ser verificado na Figura 35, o tempo de retorno sobe para 12 anos, mantendo em atratividade. Já ao se aplicar a Faixa 5, onde o valor das taxas conforme a ANEEL, equivalem a 66% do total da energia, o tempo de retorno do investimento, nesse caso excede o tempo de uso estimado do sistema de geração fotovoltaica.

6.1 Trabalhos futuros

Como aprimoramento deste trabalho propõe-se novas análises econômicas envolvendo os modos de faturamento sobre a energia injetada no sistema de distribuição, buscando cada vez mais equilibrar custos e benefícios desses sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA). **Energia solar fotovoltaica no Brasil**. O mercado fotovoltaico no mundo 2019. Disponível em < <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html> >. Acesso em: 25 ago. 2019.

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. Tradução: Maria Cristina Vidal Borba e Neide Ferreira Gaspar. São Paulo: FAPESP, 2010. Disponível em:< <http://www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf> >. Acesso em: 28 set. 2019.

AHMED, A. **Eletrônica de Potência**. 1. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

ALONSO, M. C.; GARCÍA, F. S.; SILVA, J. P. Apostila do Programa de Capacitação em Energias Renováveis: **Energia Solar Fotovoltaica**. Organização das Nações Unidas. 2013.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA) (2008). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3 edição. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>. Acesso em: 06 de Out de 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Audiência 001/2019**. Obter subsídios para a Análise de Impacto Regulatório - AIR sobre o aprimoramento das regras aplicáveis à micro e mini geração distribuída (Resolução Normativa nº 482/2012). De 24/01/2019 a 09/05/2019. Disponível em: < https://www.aneel.gov.br/audiencias-publicas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_javax.portlet.action=visualizarParticipacaoPublica&participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideParticipacaoPublica=2301 > Acesso em 10 set. 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Decreto nº 5.163**, de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163.htm. Acesso em: 12 set. 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). Cadernos Temáticos ANEEL. **Micro e mini geração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica 2ª edição**. Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em < <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161> >. Acesso em 29 Out. 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Resolução normativa nº 414**, de 9 de setembro de 2010. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Brasília: ANEEL, 2010. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> >. Acesso em 29 de out. 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Resolução normativa nº 417**, de 11 de dezembro de 2012. Altera a resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e o Módulo 3 dos Procedimentos de distribuição – PRODIST. Disponível em : < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf> >. Acesso em 29 out. 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Resolução normativa nº 418**, de 23 de novembro de 2010. Retifica a Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 2010. Brasília: ANEEL, 2010. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf> >. Acesso em 29 de out. 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Resolução normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 28 set. 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Resolução normativa nº 687**, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> . Acesso em: 12 set. 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Resolução normativa nº 479**, de 3 de abril de 2012. Altera a resolução normativa nº414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf> Acesso em 12 set. 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). **Resolução normativa nº 800**, de 19 de Dezembro de 2017. Regulamentação da Conta de desenvolvimento energético – CDE – Decreto nº 9022/2017. Disponível em < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017800.pdf> >. Acesso em 29 set 2019.

ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA), Tarifa Binômia, Modelo tarifário do grupo B. **Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 02/2018-SGT/SEM/ANEEL** de 12 dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/18485189/4+Modelo+de+AIR+-+SGT+-+Tarifa-Binomia.pdf/ea152997-0f6e-b2d1-d443-8354cd2a380a>. Acesso em: 22 de Out de 2019.

ASSAF NETO, Alexandre. **Matemática Financeira e suas Aplicações**. 11. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA (ABINEE). **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira**. Junho de 2012. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf> . Acesso em: 28 set. 2019.

BLOCK, P. A. B. et al. Power Quality Analyses of a Large Scale Photovoltaic System. **The Fifth International Renewable Energy Congress IREC**, Hammamet, Tunisia, March 2014.

CASTRO, T. B. (2016). **DEFLENGER: Deslocamento e Flexibilidade de cargas no Gerenciamento de Energia Residencial**, Dissertação de M.Sc. Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

CRESESB. Potencial Solar – Sun Data. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata> . Acesso em: 22 out. 2019.

ECO.A. Ecologia e Ação. **Vantagens e desvantagens da energia solar**. Disponível em < <https://ecoa.org.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/> > Acesso em 25 ago. 2019.

ESPOSITO, A.S.; FUCHS, P.G. **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil**. **Revista do BNDES**. Rio de Janeiro, n. 40, p. 85 - 113, dez. 2013. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2431> . Acesso em: 28 set. 2019.

FARRET, F. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**/Felix A FARRET – Ed da UFSM 2014.

FILHO. D. O; HERMSDORFF. W. **Energia fotovoltaica**. Universidade Federal de Viçosa Departamento de Engenharia Agrícola Eletrificação Rural – ENG 661. Disponível em:< <ftp://www.ufv.br/Dea/Disciplinas/Delly/Eng460/EnergiaFotovoltaica.doc>> . Acesso em 15 set. 2019.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 12. Ed. São Paulo: Pearson, 2012.

GONZÁLEZ, O.; PÉREZ-RAMÍREZ, J.; BERISTÁIN, J. A. Photovoltaic Power Injection to the Grid with Reactive Power and Harmonic Compensation Using a Simple H Bridge

Converter. **IEEE Workshop on Power Electronics and Power Quality Applications (PEPQA)**, Bogota, June 2015.

GOOGLE MAPS. **Localização da cidade de São Luiz Gonzaga**. Disponível em < <https://www.google.com.br/maps/@-28.403186,-54.9644032,15z> >. Acesso em 26 out. 2019.

HAUGAN, T. S.; TEDESCHI, E. Reactive and Harmonic Compensation Using the Conservative Power Theory. **Tenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)**, Monte Carlo, March 2015.

HGEDUS, S. S.; Luque, A. **Handbook of photovoltaic science and engineering**. Wiley, 2003.

ISHII, T.; OTANI, K.; TAKASHIMA, T. Effects of solar spectrum and module temperature on outdoor performance of photovoltaic modules in round-robin measurements in Japan. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 19, p. 141-148, 2011.

KISSEL, T. E. **Introduction to Solar Principles**. Boston: Prentice Hall, 2012. 298 p.

LEÃO, Ruth P. S. GTD – **Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica**, 2009.

M.G. VILLALVA, J. R. G. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. 1º. Ed. São Paulo: [s.n], 2013.

NREL. **Research Cell Record: Efficiency chart**. Gráfico de eficiências de células fotovoltaicas, revisado pelo NREL em 17 jan. 2017. Disponível em: < <http://www.nrel.gov/pv/> > . Acesso em: 22 out. 2019.

ORBITAL. **Energia Solar**, Sistema conectados à rede. Disponível em: < <http://www.orbitalsolar.com.br/sistemas-conectados-a-rede/> >. Acesso em 25. Out. 2019.

ORNELLAS, A. **A Energia dos tempos antigos aos dias atuais**, Universidade Federal de Alagoas, UFAL, 2006.

PME ENGENHARIA. [Imagens sistemas fotovoltaicos]. Disponível em: < <https://trade.nosis.com/pt/P-M-E-ENGENHARIA-E-PROJETOS-SC-LTDA/1176627/315/p#.XaX525JKi00> >. Acesso em: 12 out. 2019.

SHARE ENERGY. **Energia solar ao alcance de todos**. Como funcionam os sistemas fotovoltaicos OFF-Grid. Disponível em: < <https://shareenergy.com.br/como-funcionam-os-sistemas-fotovoltaicos-off-grid/> >. Acesso em: 25 set. 2019.

SILVA, R. M. **Energia Solar: dos incentivos aos desafios**. Texto para discussão nº 166. Brasília. Senado Federal, 2015. Disponível em: < <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-paradiscussao/td166> >. Acesso em: 28 set. 2019.

WIKIPEDIA, A enciclopédia livre. **Energia elétrica**. Texto para discussão. Disponível em < https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_el%C3%A9trica > . Acesso em 29 Out. 2019.