

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Talita Moura

**MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA APLICADA A PRÉDIOS PÚBLICOS
COMO MÉTODO DE REDUÇÃO DE GASTOS FINANCEIROS**

Santa Maria, RS
2019

Talita Moura

**MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA APLICADA A PRÉDIOS PÚBLICOS COMO
MÉTODO DE REDUÇÃO DE GASTOS FINANCEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao de Graduação em ENGENHARIA ELÉTRICA da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em ENGENHARIA ELÉTRICA.**

ORIENTADOR: Prof. Luciane Neves Canha

Santa Maria, RS
2019

©2019

Todos os direitos autorais reservados a Talita Moura. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Santo Expedito, nº426

End. Eletr.: talita-m-s@live.com

Talita Moura

**MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA APLICADA A PRÉDIOS PÚBLICOS COMO
MÉTODO DE REDUÇÃO DE GASTOS FINANCEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao de Graduação em ENGENHARIA ELÉTRICA da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em ENGENHARIA ELÉTRICA.**

Aprovado em 9 de dezembro de 2019:

Luciane Neves Canha, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

William Ismael Schmitz, Dr. (UFSM)

Hérciles Eduardo Farias, Me. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser fonte de fé para que eu possa enfrentar todas as etapas da vida.

A minha mãe, Elci, por sempre acreditar em mim. Por todo apoio, dedicação, carinho e esforço. Por trabalhar incansavelmente para que eu pudesse ter acesso à educação de qualidade. Ao meu pai, Alci, por sempre estar presente, pelas orações e suporte.

A minha irmã Angélica, meu cunhado e sobrinhos, pela presença nos momentos de dificuldades, por me compartilharem amor, por me incentivarem a ver a vida com leveza.

Aos meus amigos, em especial Layanne, por ser meu porto seguro, por não medir esforços para ajudar. Pelos conselhos, pelas risadas, pelos momentos de choro e evolução.

Aos colegas de graduação, pelos estudos compartilhados, pelos trabalhos em grupo. Em especial aos colegas que se tornaram amigos, Jéssica, Michele, Gabrielle, Letícia e Vander, por sempre estarem presentes nos bons e maus momentos vividos na graduação.

A minha orientadora, Prof Luciane, que com paciência e compreensão compartilhou seus conhecimentos, propôs a ajudar e me incentivou a melhorar.

A Universidade Federal de Santa Maria, que me proporcionou conhecer pessoas e trabalhos extraordinários. Pelo acesso gratuito ao ensino de qualidade, pelas refeições gratuitas, pelos programas de lazer, pelos livros disponíveis, enfim, por todo suporte acadêmico e pessoal.

*Aquilo que de fato os homens querem
não é o conhecimento, mas a certeza*

(Bertrand Russel)

RESUMO

MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA APLICADA A PRÉDIOS PÚBLICOS COMO MÉTODO DE REDUÇÃO DE GASTOS FINANCEIROS

AUTORA: Talita Moura

ORIENTADOR: Luciane Neves Canha

O seguinte trabalho apresenta uma análise sobre o impacto técnico e financeiro da implantação de uma Minigeração Solar Fotovoltaica de 1MW, na Universidade Federal de Santa Maria. Com um perfil de consumo de energia elevado e com tendência crescente, aliada a necessidade de redução de gastos financeiros na instituição, frente ao constante aumento no preço da tarifa de energia elétrica, tem-se que o consumo da própria energia gerada possa vir a contribuir significativamente na redução destes gastos. A metodologia proposta considera consumo atual da unidade, geração de energia atual, recursos naturais e configuração do sistema. A base de dados, aplicadas ao Software PV*SOL, possibilita a comparação do cenário atual com o cenário proposto. Visando a diminuição nos valores das faturas elétricas, e o desenvolvimento de um método de geração de energia limpa e sustentável, serão feitos estudos de casos para obtenção de resultados. Assim, será mostrada a viabilidade financeira da aplicação de uma Mini Geração Solar fotovoltaica em instituições públicas de ensino.

Palavras-chave: Micro Geração Solar Fotovoltaica. Geração distribuída. energia limpa, sustentável. PV*SOL.

ABSTRACT

PHOTOVOLTAIC MINI GENERATION APPLIED TO PUBLIC BUILDING AS A METHOD OF REDUCING FINANCIAL EXPENDITURE

AUTHOR: Talita Moura

ADVISOR: Luciane Neves Canha

The paper presents an analysis on the technical and financial impact of the implementation of a 1MW Solar Photovoltaic Mini Generation at the Federal University of Santa Maria. With a high energy consumption profile and a growing trend, allied to the need to reduce financial expenses in the institution, In view of the constant increase in the price of the electricity tariff, it is possible that the consumption of the energy generated can contribute significantly to the reduction of these expenses.. The proposed methodology considers current unit consumption, current power generation, natural resources and system configuration. The database, applied to PV * SOL Software, enables the comparison of the current scenario with the proposed scenario. Aiming at decreasing the values of electric bills, and the development of a clean and sustainable energy generation method, case studies will be done to obtain results. Thus, it will be shown the financial viability of applying a Photovoltaic Mini Generation Drop in public educational institutions.

Keywords: Photovoltaic Solar Micro Generation. Distributed generation. clean, sustainable energy. PV * SOL.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1 – Nº Conexões x Nº consumidores com crédito | 15 |
| Figura 2.2 – Subgrupo do Grupo A | 16 |
| Figura 2.3 – Subgrupo do Grupo B | 16 |
| Figura 2.4 – Matriz Elétrica Brasileira | 17 |
| Figura 2.5 – Estimativa Geração Distribuída em 2027 | 18 |
| Figura 2.6 – Participação Consumidores | 18 |
| Figura 2.7 – Uso de Geração Distribuída nos estados brasileiros | 19 |
| Figura 2.8 – Arranjo Fotovoltaico | 21 |
| Figura 3.1 – Perfil de Consumo Mensal da UFSM | 22 |
| Figura 3.2 – Usina Fotovoltaica Instalada na UFSM | 23 |
| Figura 3.3 – Consumo e Geração MWh | 24 |
| Figura 4.1 – Sistema, Clima e Rede | 26 |
| Figura 4.2 – Configuração Tarifa | 27 |
| Figura 4.3 – Cadastro Consumo Mensal UFSM | 28 |
| Figura 4.4 – Módulo CS3U-370MS 1500V | 29 |
| Figura 4.5 – Configurando Módulos | 30 |
| Figura 4.6 – Configurando Inversores | 30 |
| Figura 4.7 – Parâmetros Financeiros | 31 |
| Figura 5.1 – Previsão de Rendimento com consumo | 32 |
| Figura 5.2 – Geração x Energia da Rede X Consumo | 32 |
| Figura 5.3 – Economia Prevista | 33 |
| Figura 5.4 – Economia Estimada em kWh e R\$ | 33 |
| Figura 5.5 – Fluxo de Caixa | 34 |
| Figura 5.6 – Análise Financeira | 34 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------|---------------------------------------------|
| <i>ANEEL</i> | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| <i>BEN</i> | Balanço Energético Nacional |
| <i>EPE</i> | Empresa de Pesquisas Energéticas |
| <i>PROCEL</i> | Programa Nacional de Conservação de Energia |
| <i>UFSC</i> | UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA |
| <i>GD</i> | Geração Distribuída |
| <i>GD – FV</i> | Geração Distribuída Fotovoltaica |
| <i>RN</i> | Regulamentação Normativa |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|-----------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | JUSTIFICATIVA | 12 |
| 1.2 | OBJETIVOS GERAIS | 12 |
| 1.3 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| 1.4 | ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS | 13 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 | ASPECTOS REGULAMENTÓRIOS | 14 |
| 2.1.1 | Tarifação | 15 |
| 2.2 | MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA | 16 |
| 2.3 | INVERSORES..... | 19 |
| 2.4 | MÓDULOS FOTOVOLTAICOS | 20 |
| 3 | ANÁLISE DE DADOS ATUAIS | 22 |
| 3.1 | PERFIL DE CONSUMO | 22 |
| 3.2 | CENÁRIO ATUAL DA INSTITUIÇÃO | 23 |
| 4 | SIMULAÇÃO | 25 |
| 4.1 | ESTUDO DE CASO..... | 25 |
| 4.2 | <i>SOFTWARE PV*SOL</i> | 25 |
| 4.3 | INSERÇÃO DE DADOS | 25 |
| 5 | ANÁLISE DE DADOS SIMULADOS | 32 |
| 6 | CONCLUSÃO | 35 |
| 7 | REFERÊNCIAS | 36 |

1 INTRODUÇÃO

Peculiarmente, o Brasil apresenta uma matriz elétrica renovável, conforme dados divulgados pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) 82%, quanto a matriz mundial apenas 24% do total (EPE,2019). A EPE, que é responsável por prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, divulgou no Balanço Energético Nacional (BEN,2018), que em 2017 a matriz elétrica brasileira era composta predominante por hidrelétricas, representando 65,2% do total de energia gerada no país. Para Tolmasquim (2012) é pertinente a identificação do Brasil como potência energética e ambiental mundial. Isso, ao fato do país ser rico em alternativas de produção das mais variadas fontes e possuir a maior bacia hidrográfica mundial.

No entanto, a geração de energia através de hidrelétricas apresenta algumas problemáticas. Conforme Mendes (2005), apesar da geração ser considerada sustentável, a construção de grandes usinas hidrelétricas geram impactos negativos de ordem ambiental, atingindo flora e fauna do lugar e, de ordem social e cultural, já que afetam a cultura, a própria identidade dessa população atingida. Outra desvantagem esta relacionada a períodos de estiagens. De acordo com Abreu (2002) a crise no setor elétrico em 2001, foi causada por longos períodos de seca. Abreu (2002) afirma que nesse período, o baixo nível nos reservatórios aliado à fatores de crescimento populacional, tornou indispensável para o governo a adoção de medidas de racionamento de energia, afetando desta forma, o consumo de toda população brasileira.

Nos dias de hoje, quando os níveis dos reservatórios das hidrelétricas preocupam, são acionadas outras formas de geração de energia, como a geração através de termoelétricas. Contudo, o uso dessa fonte causa impacto financeiro negativo às distribuidoras de energia. Nesse contexto, A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamentou as chamadas bandeiras tarifárias que, ao depender da quantidade de termoelétricas ativa, tornam a fatura de energia mais cara para o consumidor final.

Em termos de setor público, conforme divulgado pelo BEN (2012), no intervalo de nove anos houve um aumento de 36,04% no consumo de energia elétrica. O Programa Nacional de Conversão de Energia Elétrica (PROCEL,2019), revela que atualmente a energia gasta em prédios públicos equivale à 8% do consumo total nacional. Paralelo a isso, nos anos de 2014 a 2016, o país enfrentou um período de recessão econômica. Decorrente do cenário de recessão, o Congresso Nacional aprovou a Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 241/2016(PEC 241,2016), que segundo Amaral (2016) foi renomeada no Senado Federal com o n. 55/2016 e institui o Novo Regime Fiscal no Brasil para os próximos vinte anos, podendo ser revisado no décimo ano. Amaral

(2016) explica que a PEC 241/55(2016) institui que, por 20 anos, as despesas primária da União, a partir de 2017, tenham como limite para seus reajustes a inflação do ano anterior.

Como uma das consequências dessa medida, tem-se a limitação no orçamento repassado às instituições públicas de ensino. Em 2019, previu-se à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) um repasse de R\$130 milhões para custeios e R\$ 12,3 milhões para investimentos, de acordo com a própria UFSM (2019). Para Pilz (2019) os valores são preocupantes à comunidade acadêmica, já que o número de alunos matriculados tende a crescer a cada ano, e conseqüentemente os gastos mensais.

Em contrapartida, Filho (2014) afirma que existe um alto potencial de conservação de energia elétrica em edificações públicas que possibilitam a redução com gastos mensais da instituição. Filho (2014) detalha a estimativa de redução de consumo em 50% para novas edificações e de 30% para as existentes que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações.

Como ação de eficiência energética adotadas na UFSM, Pilz (2019) destaca que, no ano de 2018, houve a substituição de 1,3 mil lâmpadas fluorescentes por 1,3 mil lâmpadas de LED, instalação de medidores setorizados e substituição de luminárias de vapor de sódio por luminárias de LED. Asseguro que aliada a estas medidas, o uso de geração distribuída (GD) é uma alternativa para aumentar a eficiência energética.

Para Martins (2012), a Geração Distribuída (GD) proporciona um melhor aproveitamento da sazonalidade à qual alguns tipos de geração estão submetidos, complementando a geração hidráulica. A GD oferece inúmeras vantagens ao setor elétrico, visto que a disposição da unidade de geração próxima à carga permite a diminuição das perdas associadas ao transporte de energia elétrica, além de uma maior diversificação das tecnologias empregadas para produção de energia, e assim sua escolha pode ser realizada em função dos requerimentos específicos da carga ou da disponibilidade dos recursos energéticos locais (RODRIGUES, 2000, apud OLADE, 2011). Além disso, há incentivos legais para a inserção de gerações distribuídas no Brasil. A Resolução Normativa nº482, RN nº482(2012), e a Resolução Normativa nº687, RN nº687(2015), regulamentaram parâmetros que tornam o uso destas formas de geração de energia, mais atraente para o consumidor.

No Brasil, a GD mais indicada é a Geração Distribuída Fotovoltaica (GDFV). Pois, conforme dados publicados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE,2019), o território brasileiro recebe mais de 2.200 horas anuais de insolação, que é equivalente a 15 trilhões de megawatts. Por isso, muito se tem investido em GD-FV, e, segundo a ANEEL (2019), até 2030, 25% da matriz elétrica brasileira será composta por energia solar. Neste contexto, considerando o alto potencial geográfico do país para gerar energia através do Sol, nesse trabalho de conclusão de curso estuda-se a Geração Distribuída como forma de reduzir gastos com energia elétrica no Campus da

Universidade Federal de Santa Maria.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com a crescente da população, há um esgotamento de recursos naturais e ocorre o aumento da poluição. Apesar disso, o uso de energia elétrica é necessário para a realização de muitas atividades cotidianas. Mas, muitas vezes essa energia não possui fonte limpa e renovável.

Diante disso, há uma busca incessante por recursos naturais e preferencialmente inesgotáveis, como a energia gerada através da radiação solar, por exemplo. Deste modo, gerações como a fotovoltaica encontram-se com crescimento significativo no país. Além de ser uma fonte de energia com baixo impacto ambiental e sustentável, por estar conectado próximo ou no próprio consumidor final, minimiza as perdas de distribuição e transmissão, melhorando parâmetros elétricos como níveis de tensão.

Desta forma, a inserção de uma minigeração na universidade se justifica pelos benefícios referentes não só na redução de gastos, mas também à comunidade acadêmica, possibilitando o estudo de caso mais detalhado contribuindo para o crescimento deste mercado no país. Para isso, será feita uma análise comparativa do sistema fotovoltaico já em operação na instituição, e de um sistema simulado de maior potência.

1.2 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral deste trabalho consiste desenvolver uma metodologia para avaliação técnica e financeira na implementação de uma minigeração fotovoltaica de 1 MWp, no campus sede da Universidade Federal de Santa Maria.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos consistem em estudar o *software* PV*SOL para através desse, analisar e comparar dados de simulação com dados atuais. Para isso, serão estudadas as faturas de energia elétrica da UFSM e traçado um perfil de consumo. Quanto a fomentação teórica será analisado o cenário atual referente a regulamentação de GD no Brasil e estudo tarifário.

1.4 ORGANIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS

No capítulo 1 será feita uma introdução do estudo proposto neste trabalho de conclusão de curso. Será apresentado a justificativa para este trabalho de conclusão, assim como os objetivos gerais e específicos.

No capítulo 2, serão abordados referenciais teóricos do estudo proposto neste trabalho. Tais como, apresentação dos aspectos regulatórios e suas influências para o desenvolvimento de Geração distribuída no Brasil. Nesse capítulo também será contextualizado o cenário atual de geração de energia no país, assim como o estimado para o decorrer dos próximos anos. Aspectos referentes a configuração de sistemas fotovoltaicos também serão citados.

No capítulo 3, através de dados obtidos nas faturas de energia da universidade, será traçado um perfil de consumo. Aliados a isso, os dados dos inversores possibilitarão o estudo do impacto da atual GD-FV no consumo da universidade.

O capítulo 4 será reservado para a simulação. Nesse, será feita uma breve apresentação do caso a ser simulado e do *Software* a ser utilizado. Após será feita a inserção de dados.

O capítulo 5 será destinado para análises de dados simulados. E, por fim, no capítulo 6 serão abordadas as conclusões do estudo proposto neste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS REGULAMENTÓRIOS

Em 2004, através do Artigo Nº 14 do Decreto de Lei Nº 5.163/2004, a Geração Distribuída (GD) foi definida como a produção de energia vinda de concessionárias, ou autorizados, conectados diretamente no sistema de distribuição do comprador, exceto hidrelétricas com geração superior a 30 MW e termoelétricas superiores a 75%.

Em 17 de abril de 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicou a Resolução Normativa Nº 482 que definiu como microgeração distribuída a central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100kW [...] (ANEELc,2012), e mini geração distribuída como central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100kW e menor ou igual a 1MW [...] (ANEELd,2012). Além disso, a resolução normativa também conceituou o sistema de compensação de energia elétrica, definindo-o como sistema no qual a energia ativa gerada por unidade consumidora com micro [...] ou mini geração distribuída compense o consumo de energia elétrica ativa (ANEELe,2012).

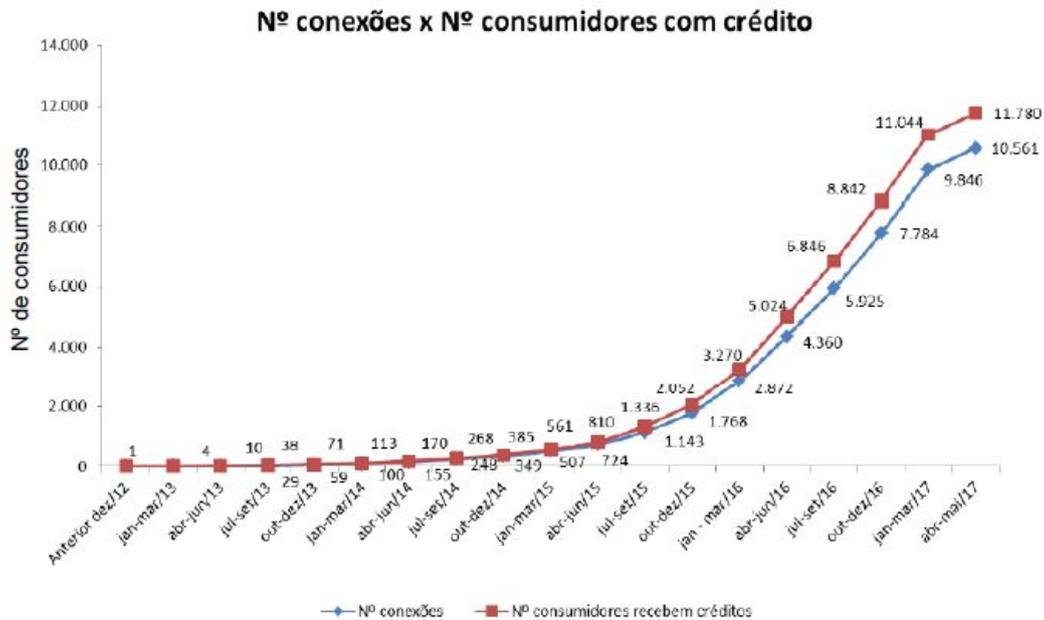
Em 24 de novembro de 2015, a ANEEL publicou a Resolução Normativa Nº 687, que, entre outros, alterou os conceitos de micro e minigeração distribuídas, e sistema de compensação de energia elétrica. Nesses novos conceitos, micro geração distribuída é definida como a central geradora com potência instalada até 75kW e minigeração com potência superior a 75kW e menor ou igual a 5MW. A resolução também alterou a definição de compensação de energia, que agora é cedida à distribuidora e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa. Vale salientar, que a Resolução Normativa Nº 687/2015, estabelece que a potência instalada em gerações fotovoltaicas é definida como o menor valor entre a potência nominal do inversor e a potência dos módulos.

Por meio da a resolução Normativa Nº 687 ficou estabelecido novos conceitos como o de geração compartilhada e autoconsumo. A geração compartilhada permitiu que o excedente de energia fosse conectado à rede, e posteriormente compensado ao consumidor gerador. Também conhecido como *Net Metering*, permitiu-se que quando o gerador excedesse a energia consumida, o saldo positivo geraria créditos de compensação, que poderiam ou abater o consumo do próximo mês, ou fornecer energia para outro posto tarifário.

Como autoconsumo, determinou-se que seriam os consumidores que apenas produzem sua própria energia, sem a possibilidade de injetar o excedente à rede. Na Figura 2.1, observa-se que até abril de 2017 o número de consumidores que rece-

bem créditos, superou o número de conexões. Paniz (2017) evidencia este fato aos incentivos legais oferecidos pela Resolução Normativa Nº 687

Figura 2.1 – Nº Conexões x Nº consumidores com crédito



Fonte: Paniz, Adaptado ANEEL, 2017.

2.1.1 Tarifação

Conceitos relacionados a tarifação da energia elétrica, são abordados na Resolução Normativa nº 414. Nessa resolução é definida que os custos de geração de energia devem ser repassados aos consumidores, por isso as bandeiras tarifárias. Também se estabelece os tipos modalidades tarifárias:

- Convencional monômnia: aplicadas ao grupo B, com um único valor de consumo;
- Horária Branca: aplicadas ao grupo B, exceto grupo B4 e subclasses de Baixa Renda do subgrupo B1, tem valores diferentes de acordo com as horas do dia;
- Convencional Binômnia: aplicadas ao grupo A, com tarifas de consumo de energia e demanda de potência independentemente das horas do dia.
- Horária Verde: aplicada ao grupo A, com tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com o horário de utilização (ponta e fora de ponta) e única tarifa de demanda.

- Horário Azul: aplicadas ao grupo A, com diferentes valores para consumo de energia elétrica e demanda, de acordo com o horário de utilização.

A resolução também determina que TE (tarifa de energia) é o valor a ser pago pelo consumo de energia, e TUSD (tarifa de uso do sistema de distribuição) é o valor que o consumidor deve pagar referente a utilização do sistema de distribuição.

Quanto aos grupos, pertencem ao grupo A consumidores com nível de tensão acima ou igual a 2,3 kV, e ao grupo B os consumidores abaixo deste nível de tensão. Cada grupo tem seu subgrupo, que estão representados na Figura 2.2 e Figura 2.3.

Figura 2.2 – Subgrupo do Grupo A

| | |
|-----|----------------------------------------|
| A1 | Para nível de tensão \geq 230 kV |
| A2 | Para nível de tensão entre 88 a 138 kV |
| A3 | Para nível de tensão de 69 kV |
| A3a | Para nível de tensão entre 30 a 44 kV |
| A4 | Para nível de tensão entre 2,3 e 25 kV |
| A5 | Para sistema subterrâneo |

Fonte: Martinez, 2017.

Figura 2.3 – Subgrupo do Grupo B

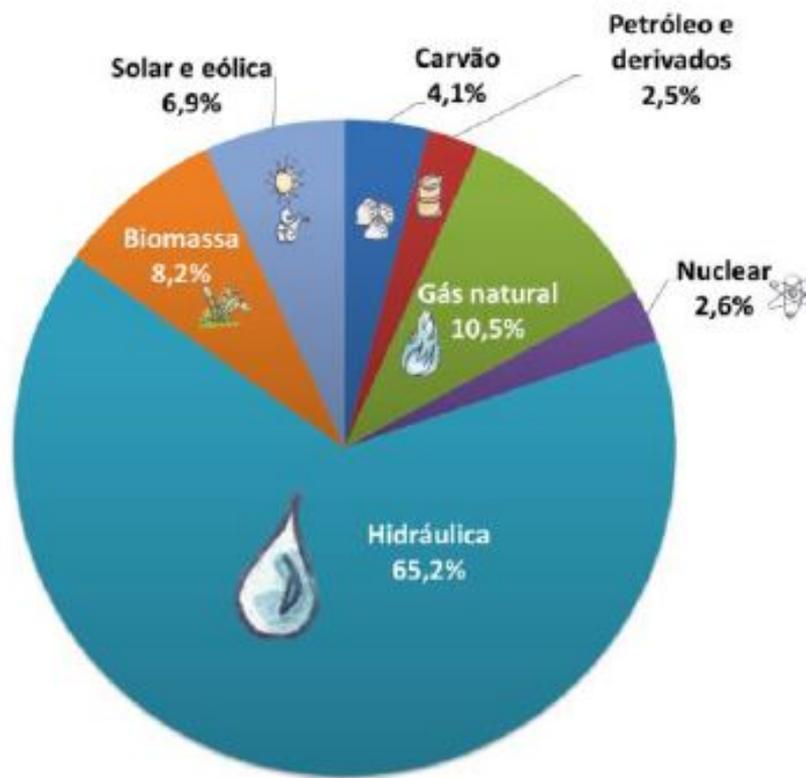
| | |
|----|----------------------------------------------------------|
| B1 | residencial/ residencial baixa renda |
| B2 | rural / cooperativa rural / serviço público de irrigação |
| B3 | não residencial nem rural |
| B4 | iluminação pública |

Fonte: Martinez, 2017.

2.2 MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

Como já citado na Introdução deste trabalho, o BEN (2018) divulgou que a energia gerada no Brasil ainda é predominante de hidrelétricas, como pode ser visto na Figura 2.4. Para KOTLESKI (2015) o fato decorre do Brasil ter o terceiro maior potencial hidráulico do mundo, perdendo apenas para Rússia e China.

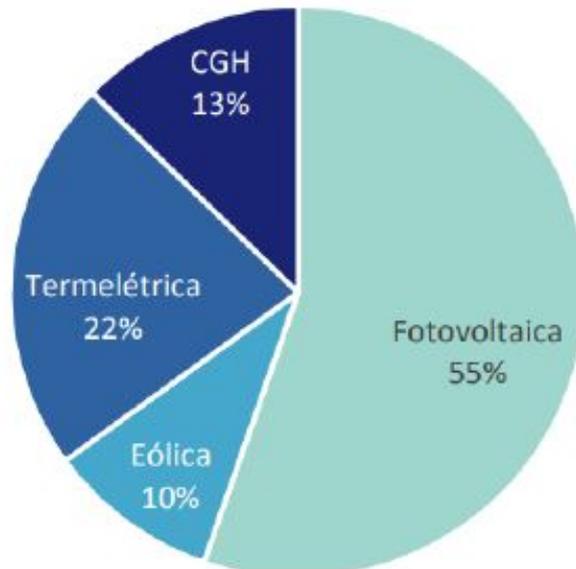
Figura 2.4 – Matriz Elétrica Brasileira



Fonte: BEN,2018.

No entanto, com as mudanças nas resoluções normativas, o uso de gerações distribuídas cresceu no Brasil. Conforme a ANEEL (2019), o Brasil ultrapassou a marca de 1 gigawatt de potência instalada em micro e minigeração distribuída. Desse total, 870 megawatt são provenientes de geração através da energia solar fotovoltaica. Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), o aproveitamento de energia gerada pelo sol é uma das fontes mais promissoras para os desafios dos próximos anos. O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE,2019) para 2027, conclui que, até lá, 55% da energia gerada através de gerações distribuídas será solar fotovoltaica, conforme Figura 2.5.

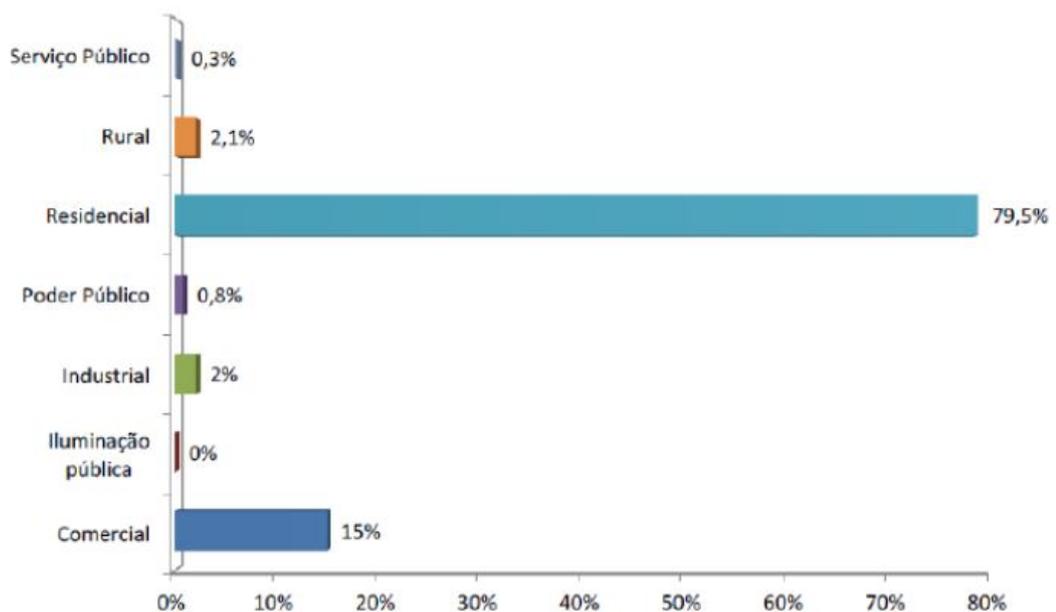
Figura 2.5 – Estimativa Geração Distribuída em 2027



Fonte: PDE 2027,2019.

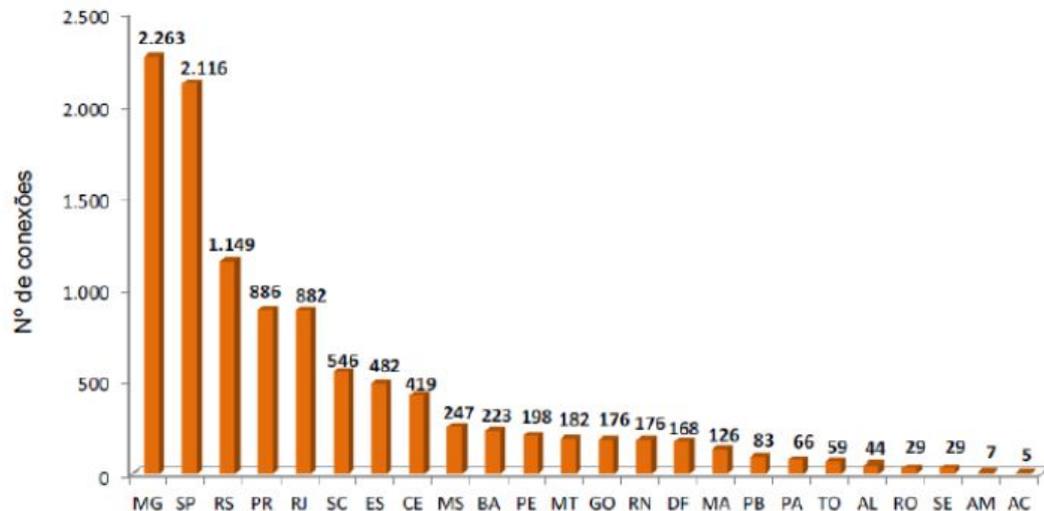
Porém, quanto as classes consumidoras, o uso de gerações distribuídas no setor público ainda é muito pequena, como mostrado na Figura 2.6. Relacionado a participação de cada estado na geração desse tipo de energia, tem-se o Rio Grande do Sul em terceiro lugar, conforme apresentado na Figura 2.7. Por isso, a necessidade de investir nesse segmento.

Figura 2.6 – Participação Consumidores



Fonte: ANEEL,2017.

Figura 2.7 – Uso de Geração Distribuída nos estados brasileiros



Fonte: ANEEL,2017.

Segundo Paniz (2017), esse tipo de geração de energia é incentivado no estado, sendo prioridade no plano energético. Por isso, se decretou a isenção de impostos para essas gerações, com a finalidade de tornar o projeto financeiramente viável e impulsionar o método de geração, tanto para sistemas isolados quanto para conexões na rede.

2.3 INVERSORES

Pilz (2019) explica que conversores CC-CA são conhecidos como inversores, que consistem em converter uma tensão de entrada contínua em uma tensão de saída alternada simétrica de amplitude e frequência desejadas. Além disso, Pilz (2019) relata que os inversores garantem segurança ao sistema e fornecem dados para monitoramento de desempenho do sistema.

Para o mercado fotovoltaico, há diversos modelos de inversores disponíveis no mercado. Resende (2017), no site *Shar Energy*, resume a função de alguns tipos de inversores:

- Os inversores OFF GRID são utilizados de forma autônoma desconectados da rede elétrica. Desta maneira, nesse modelo de inversor é necessário a utilização de um banco de bateria para armazenamento da energia gerada. Esses inversores, fornecem tensão elétrica de forma senoidal em sua saída.
- Os inversores GRID TIE, ou STRING INVERTER são muito utilizados em sistemas de microgeração e minigeração, conectadas a rede. Ao depender do ta-

manho do sistema, é necessário a combinação de vários inversores em paralelo com a finalidade de aumentar a potência. Na saída desse inversor é fornecida uma corrente elétrica alternada.

- Os inversores String operam sincronizados á rede elétrica e quando há interrupções no fornecimento de energia da rede, o inversor se desconecta da rede, evitando que esta receba correntes oriundas do sistema fotovoltaico. Esse recurso de descontentamento da rede é denominado anti-ilhamento e é obrigatório, pois evita acidentes e garante segurança.
- Os inversores centrais são utilizados em sistemas de grande porte. Sua alimentação é feita por um grande número de módulos fotovoltaicos, concentrando vários string em um único inversor. Quanto ao custo esses inversores são mais baratos se comparados aos string, no entanto, como desvantagem esta o fato de se tornar necessário parar a geração caso o inversor central necessitar de manutenção.
- Os microinversores, são utilizados em sistemas de baixa potência, normalmente são utilizados em um ou em um par de módulos. Apesar de serem um pouco mais caro, apresentam como vantagem a otimização de energia gerada, como são instalados individualmente por módulo, em caso de sombreamento de um, a geração de energia não será afetada nos demais. Assim como, em casos de falha ou necessidade de manutenção, não se afeta toda a geração.

Farias (2018) destaca a importância dos inversores híbridos, que apresentem a possibilidade de operar conectado à rede ou de forma isolada e são dotados de sistema de armazenamento, podendo ser esse um banco de bateria.

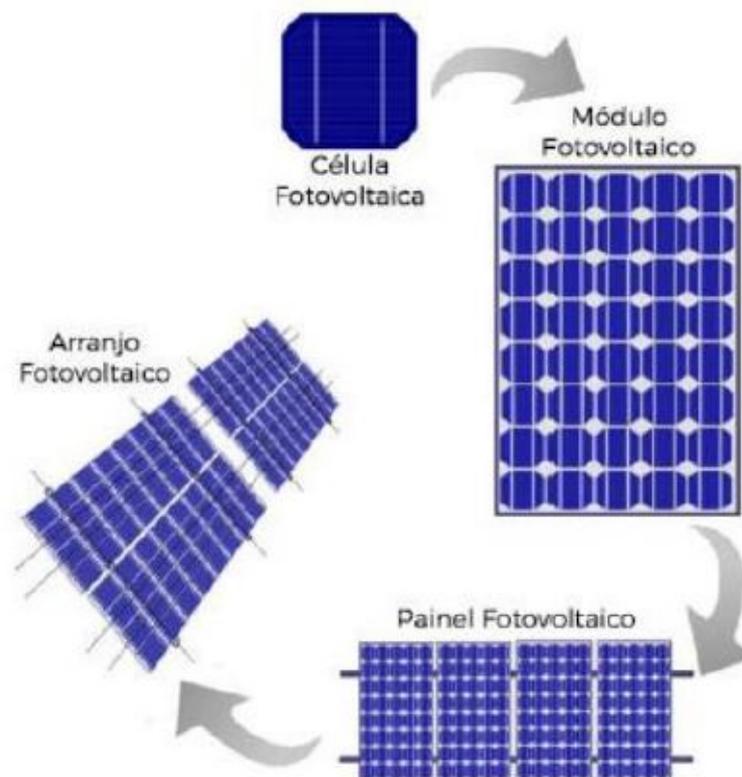
2.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Pinho (2014) relata que na configuração de um sistema fotovoltaico, a célula fotovoltaica é o menor dispositivo existente, fabricada com um material semicondutor responsável pelo processo de conversão. Alves (2018) explica que a unidade fotovoltaica produz energia diretamente proporcional à radiação disponível. Por isso, para localidades do hemisfério sul, a orientação ideal dos módulos fotovoltaicos para maximizar a geração de eletricidade deve ser direcionada para o Norte, com ângulo de inclinação próximo ao da latitude local.

Pilz (2019) relata que a associação das células fotovoltaicas é denominada módulo fotovoltaico e que esses módulos podem ter ligações em série, paralelas ou mistas. Nas conexões em série há acréscimo de tensão e a corrente se mantém constante.

Já nas ligações em paralelo, os terminais positivos são ligados entre si, assim como os negativos, resultando em soma de corrente e inércia de tensão.. O agrupamento de módulos fotovoltaicos configura um painel fotovoltaico, que por sua vez configura em um arranjo fotovoltaico demonstrado na 2.8.

Figura 2.8 – Arranjo Fotovoltaico



Fonte: Rossi,2018.

Faria (2017) ressalta que no sistema, o painel fotovoltaico tem a finalidade de captar a irradiação solar e, a partir da atividade das células fotovoltaicas, converter a radiação em corrente elétrica contínua (CC), a qual é posteriormente transformada em corrente alternada (CA) pelo inversor para ser injetada na rede pública de distribuição.

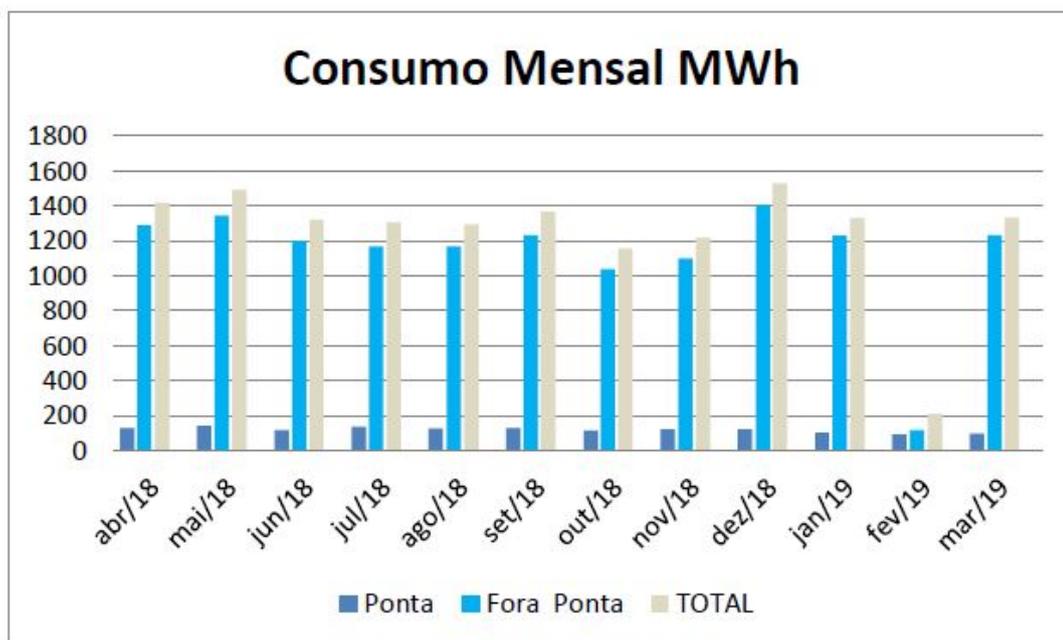
3 ANÁLISE DE DADOS ATUAIS

O estudo de caso proposto, que visa comparar resultados da implantação de um sistema fotovoltaico de 1MWp na Universidade Federal de Santa Maria, com o atual sistema fotovoltaico de 100kWp, os dados a seguir são necessários, a serem utilizados na análise para tal comparação.

3.1 PERFIL DE CONSUMO

Com base nas faturas de energia elétrica da UFSM, fornecidas pela Pró-Reitoria de Infraestrutura (PROINFRA), foi possível traçar o perfil de consumo mensal da instituição, conforme 3.1. Para isso, foram compilados dados de consumo em horários de ponta, fora de ponta e a soma destes consumos.

Figura 3.1 – Perfil de Consumo Mensal da UFSM



Fonte: Autor,2019.

Analisando os dados, é possível afirmar que o maior consumo configura-se no horário fora de ponta, possivelmente causado pela concentração de maiores atividades acadêmicas e administrativas na instituição, já que se trata de horário considerado comercial. Também é possível observar que os meses com maior consumo correspondem ao período letivo, principalmente meses de altas temperaturas como maio e dezembro, que podem corresponder ao uso elevado de sistemas de refrigeração de ar,

como ar-condicionados e ventiladores. O mês de férias escolar, fevereiro, corresponde ao menor consumo mensal, pois neste período há poucas atividades acadêmicas e administrativas na universidade.

3.2 CENÁRIO ATUAL DA INSTITUIÇÃO

Atualmente na Universidade Federal de Santa Maria, há a instalação de uma usina capaz de produzir 100 kWp, Figura 3.2. Conforme UFSM (2018) a usina é oriunda de um projeto de eficiência energética na universidade, apoiada pelas distribuidoras de energia Rio Grande Energia Sul (RGESul) e Companhia Piratinga de Força e Luz (CPFL).

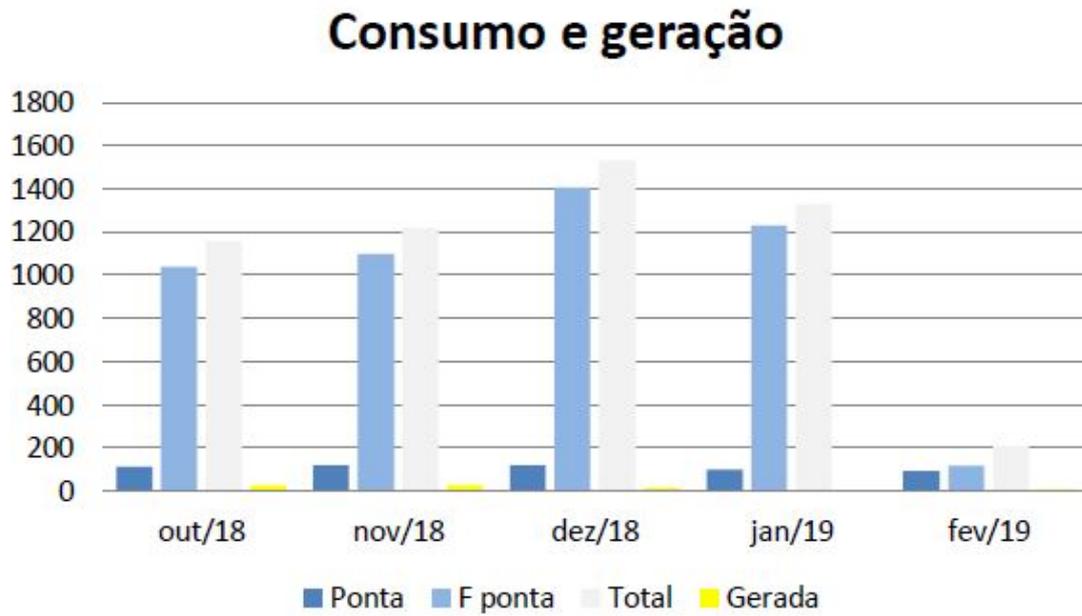
Figura 3.2 – Usina Fotovoltaica Instalada na UFSM



Fonte: UFSM,2018.

Com os dados coletados pelos inversores dessa usina, juntamente com os dados fornecidos pelas faturas de energia elétrica, tornou-se possível plotar o gráfico que relaciona o consumo de energia com a energia gerada pelo GD em vigência, conforme observado na Figura 3.3. Nesse, nota-se que a energia gerada é muito inferior à energia consumida.

Figura 3.3 – Consumo e Geração MWh



Fonte: Autor,2019.

4 SIMULAÇÃO

4.1 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso proposto neste trabalho consiste em analisar os impactos financeiros, geográficos na instalação de uma minigeração fotovoltaica de 1MWp, 10 vezes maior do que a já em operação na Universidade Federal de Santa Maria, localizada na Avenida Roraima, número 1000 do bairro Camobi, situado na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

Para análise de viabilidade do projeto, é necessário conhecer o perfil de consumo da UFSM, analisar dados relacionados a gastos com energia elétrica e por fim, é necessário realizar as simulações e comparar resultados.

4.2 SOFTWARE PV*SOL

O *software PV*SOL* é um dos mais utilizados para simulação de sistemas de energia solar. De fácil uso, torna a realização do projeto intuitiva. Apresenta em seu sistema de armazenamento dados de inversores e módulos já cadastrados, e a simulação usa dados climáticos precisos e detalhados. Por fim, os resultados são apresentados em relatórios que inclui retornos financeiros e outros gráficos.

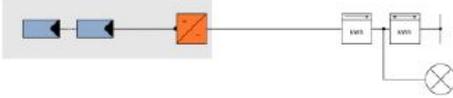
4.3 INSERÇÃO DE DADOS

Os primeiros dados a serem inseridos no trabalho são relacionados ao tipo de sistema, clima e rede. Na Figura 4.1, é possível visualizar a definição de um sistema FV ligado à rede com consumo. As demais características da interface são preenchidas automaticamente ao informar as coordenadas do projeto.

Figura 4.1 – Sistema, Clima e Rede

Tipo de sistema, clima e rede

Tipo de sistema
 Sistema fv conectado à rede com consumo



Tipo de modelagem
 Modelar sistema em 3D

Dados climáticos

| País | Local | Somatório anual da irradiação global | |
|--------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Brasil | Santa Maria | Latitude | -29° 41' 59" (-29,7°) |
| | | Longitude | -53° 42' 0" (-53,7°) |
| | | Fuso horário | UTC-3 |
| | | Média anual de temperatura | 20,6 °C |
| | | Período | 1991 - 2010 |
| | | Resolução | Por hora |

Rede c.a.

Inserir

| | |
|----------------------------------|----------|
| Tensão (V-L1) | 220 V |
| Quantidade de fases | 3-fásico |
| cos φ | 0,96 |
| Limitação da potência de injeção | Não |

Fonte: PV*Sol,2019.

Antes da escolha dos módulos e inversores, é necessário informar ao *software* que o consumidor apresenta tarifas de energia diferentes para determinados horários e dias, configurando a tarifa Azul aplicada ao grupo A4. Então, conforme a Figura 4.2, é possível configurar o *zsoftware* para a tarifa aplicada a Universidade Federal de Santa Maria. Tal definição é dada ao passo que:

- Primeiro estabelece-se dois tipos de tarifas para períodos diferentes: FPONTA(1) e PONTA(2), com seus respectivos valores de tarifa R\$/kWh;
- Após são determinados os dias e horários para aplicação das tarifas. A tarifa PONTA(2), representada no quadro pelo número 2, foi aplicada ao horário de ponta, das 18h às 21h dos dias de semanas. Nos demais horários e dias, aplica-se a tarifa FPONTA, representada pelo número 2.

Vale ressaltar que o *software* não considera a parcela de demanda contratada e de ultrapassagem, devido ao fato do sistema solar não modificar a demanda contratada do cliente, pois desta forma haveria a necessidade da concessionária fornecer a mesma potência em todos os horários independente das características climáticas do dia.

Figura 4.2 – Configuração Tarifa

Quantidade de diferentes periodos de tarifas

FPONTA (1) PONTA (2)

| A partir de (energia em kWh/ano) | Tarifa de energia [R\$/kWh] |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 0,00 | 0,53000 |

Com uma tarifa da energia dependente do consumo Tarifa de zona Tarifa escalonada

Quantidade de diferentes definições para periodos de tarifas

Atribuição de periodos de tarifas

| | Dom | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Definição de periodos de tarifas | b | a | a | a | a | a | b |

Definição de periodos de tarifas a Definição de periodos de tarifas b

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Jan | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Fev | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Mar | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Abr | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Mai | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Jun | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Jul | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Ago | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Set | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Out | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Nov | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Dez | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |

Fonte: PV*Sol,2019.

Agora, é possível cadastrar o consumo mensal para os horários de ponta e fora de ponta do consumidor, como pode ser visto na Figura 4.3.

Figura 4.3 – Cadastro Consumo Mensal UFSM

2 períodos de tarifa

 Se houver mais que um período de tarifa, então defina primeiro a tarifa na tela Análise Financeira e retorne depois para preencher o consumo na tabela abaixo.

Valor anual

Valores mensais

| Mês | FPONTA [kWh] | PONTA [kWh] |
|-------|--------------|-------------|
| Abr | 1289620 | 130540 |
| Maio | 1347470 | 142720 |
| Jun | 1202040 | 118590 |
| Jul | 1168500 | 137390 |
| Ago | 1169340 | 125700 |
| Set | 1234520 | 132500 |
| Out | 1040230 | 115800 |
| Nov | 1098030 | 120860 |
| ▶ Dez | 1407000 | 122680 |

Fonte: PV*Sol,2019.

Finalmente é possível configurar a escolha dos módulos e inversores. O *Software* conta com alguns módulos já cadastrados, destes, o escolhido foi o modelo *CS3U-370MS 1500V*, com células de silício monocristalino, da marca *Canadian Solar Inc*, apresentado na Figura 4.4.

Figura 4.4 – Módulo CS3U-370MS 1500V



Fonte: Datasheet CS3U-370MS 1500V,2019.

A escolha deste módulo se refere ao fato da marca ser a fabricante líder nesse segmento, e possuir algumas características técnicas importantes como:

- Potência Nominal de 0,370 kW
- Eficiência de 18,56%
- Vida útil de 30 anos
- Preço médio de R\$ 752,37

Com a definição do módulo, o *software PV*Sol* calcula a quantidade de módulos necessários. Para gerar 1000,48 kWp, que é aproximadamente dez vezes maior do que a usina fotovoltaica em operação, é sugerido a utilização de 2704 módulos, como pode ser visualizado na Figura 17, ocupando uma área de 5.364,7 metros quadrados, conforme pode ser visualizado na figura 4.5.

Figura 4.5 – Configurando Módulos

Empresa: Canadian Solar Inc. Modelo: CS3U-370MS 1500V

Seleção apenas dos favoritos

Photo Plan - Previsão fotográfica da cobertura do telhado

Ocupação gráfica

Número de módulos: 2704 1000,48 kWp [Calcular em relação ao consumo](#)

Situação de montagem: Montagem elevada - espaço livre

Rastreamento: Sem

Inclinação: 23 °

Orientação: 360 °

Azimuth 0°

Potência do gerador fotovoltaico 1000,48 kWp
Área do gerador fotovoltaico 5.364,7 m²

Fonte: PV*Sol,2019.

A escolha dos inversores também é definida através da base de dados já cadastrada no programa de simulação. Configurando o sistema, com a finalidade de tornar o projeto viável, o programa sugere que seja utilizado o inversor *Igecon Sun 18TL*, da marca *Ingeteam S.A.*, conforme pode ser visualizado na a Figura 4.6. Este inversor possui como característica técnica o tempo de vida útil de 10 anos,

Figura 4.6 – Configurando Inversores

✓ CONFIGURAÇÃO: Área do módulo 1

INVERSOR 1: Conexão polistring

✓ 53 x Ingeteam S.A. Ingecon Sun 18TL

Otimizador de potência

✓ PMP 1: 3 Strings x 7 Módulos em série

✓ PMP 2: 2 Strings x 8 Módulos em série

✓ PMP 3: 2 Strings x 7 Módulos em série

Fonte: PV*Sol,2019.

Para parâmetros econômicos, considerando o preço médio dos equipamentos, simulou-se que para cada kWp gerado, o investimento de R\$ 10.000,00, com uma inflação na tarifa de 7% ao ano, custos operacionais de 2% do investimento/ano e inflação de 6,5%, com um prazo de 25 anos. De forma resumida, alguns destes parâmetros podem ser visualizados na Figura 4.7.

Figura 4.7 – Parâmetros Financeiros

► **Custos e subsídios**

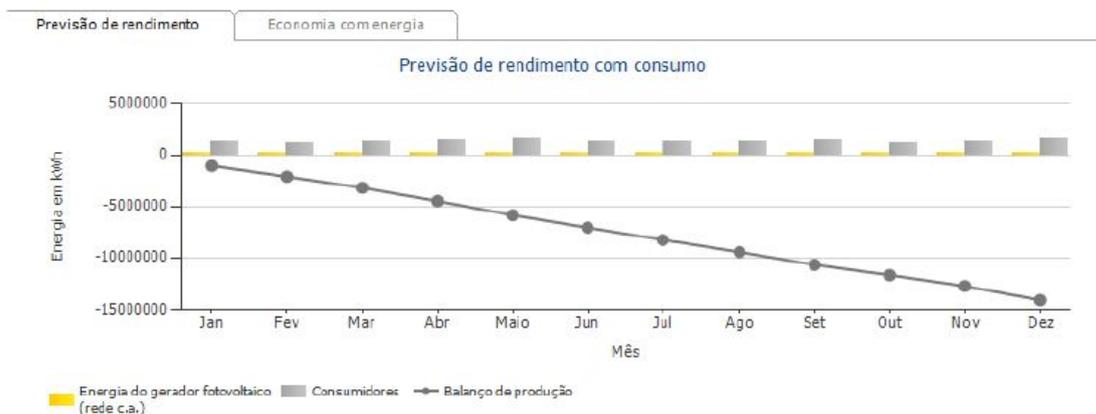
| | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Investimentos amortizáveis | <input type="text" value="10000,00"/> | R\$/kWp | <input type="checkbox"/> | Entrada detalhada |
| Pagamentos únicos (não amortizáveis) | <input type="text" value="5,00"/> | % dos investimentos | <input type="checkbox"/> | Entrada detalhada |
| Subsídios | <input type="text" value="0,00"/> | R\$ | <input type="checkbox"/> | Entrada detalhada |
| Custos operacionais por ano | <input type="text" value="2,00"/> | % dos investimentos / a | Inflação | <input type="text" value="6,50"/> [%] <input type="checkbox"/> Entrada detalhada |
| Custos de consumo anual | <input type="text" value="0,00"/> | R\$/a | Inflação | <input type="text" value="0,00"/> [%] <input type="checkbox"/> Entrada detalhada |
| Outros custos por ano | <input type="text" value="5,00"/> | R\$/a | Inflação | <input type="text" value="0,00"/> [%] <input type="checkbox"/> Entrada detalhada |
| Outros lucros / economia por ano | <input type="text" value="0,00"/> | R\$/a | Inflação | <input type="text" value="0,00"/> [%] <input type="checkbox"/> Entrada detalhada |

Fonte: PV*Sol,2019.

5 ANÁLISE DE DADOS SIMULADOS

Como previsão de rendimento, na Figura 5.1 consta que a minigeração de 1MWp proposta no trabalho, não seria capaz de produzir energia para suprir o consumo mensal em nenhum período do ano.

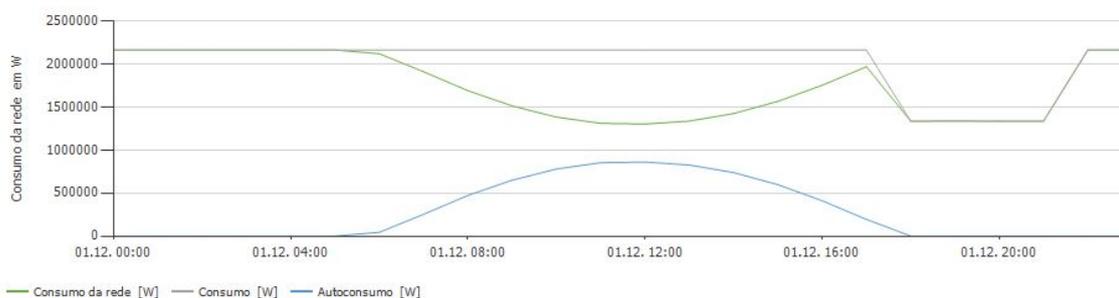
Figura 5.1 – Previsão de Rendimento com consumo



Fonte: PV*Sol,2019.

No entanto, é importante observar na Figura 5.2 que, em algumas horas do dia, ao gerar a potência máxima, o sistema é capaz de apresentar números significativos de autoconsumo de energia. Observa-se também, que estes números referem-se aos horários de maior concentração de atividades na UFSM.

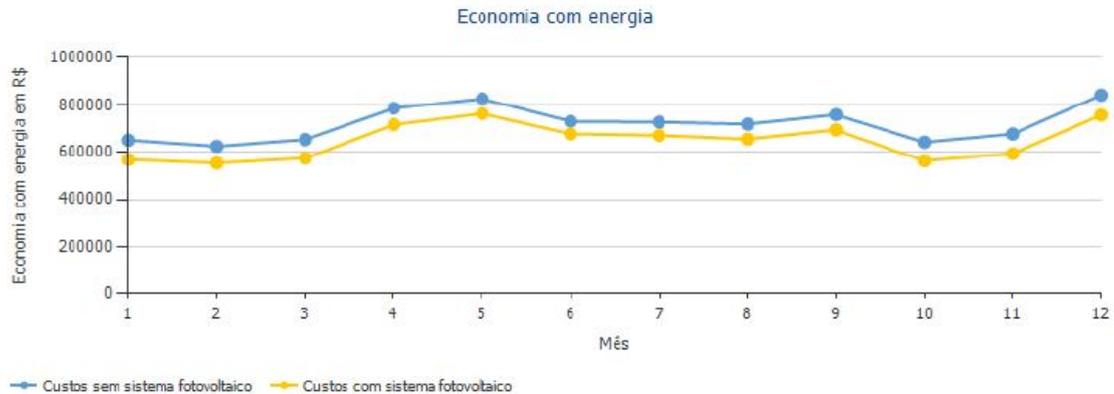
Figura 5.2 – Geração x Energia da Rede X Consumo



Fonte: PV*Sol,2019.

Quanto a economia prevista, a Figura 5.3 esboça que os gastos com energia com o sistema de GDFV são ligeiramente menor aos gastos sem o sistema. A Figura ?? evidencia de forma mais clara a estimativa de uma economia anual de aproximadamente R\$850 mil com gastos na fatura de energia elétrica.

Figura 5.3 – Economia Prevista



Fonte: PV*Sol,2019.

Figura 5.4 – Economia Estimada em kWh e R\$

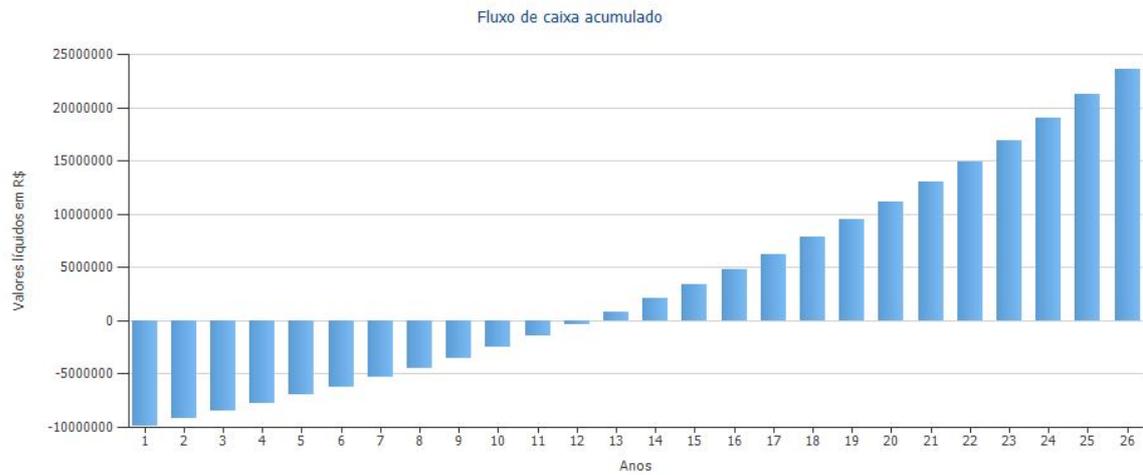
| Nome | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Soma |
|--------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| Consumo | 1229090 | 1179860 | 1233880 | 1420160 | 1490190 | 1320630 | 1305890 | 1295040 | 1367020 | 1156030 | 1218890 | 1529680 | 15746360,00 |
| Produção de energia | 155995 | 134950 | 149381 | 130877 | 119367 | 99722 | 105703 | 118617 | 120914 | 150135 | 156967 | 161011 | 1603640,00 |
| Produção de energia (incl. Degradação do módulo) | 155995 | 134950 | 149381 | 130877 | 119367 | 99722 | 105703 | 118617 | 120914 | 150135 | 156967 | 161011 | 1603640,00 |
| Saldo | 1073095 | 1044910 | 1084499 | 1289283 | 1370823 | 1220908 | 1200187 | 1176423 | 1246106 | 1005895 | 1061923 | 1368669 | 14142720,00 |
| Economia | 155995 | 134950 | 149381 | 130877 | 119367 | 99722 | 105703 | 118617 | 120914 | 150135 | 156967 | 161011 | 1603640,00 |
| Valores em kWh | | | | | | | | | | | | | |
| Custos sem sistema fotovoltaico | 651418 | 625326 | 653956 | 786625 | 826908 | 730767 | 727843 | 719053 | 758971 | 642804 | 677435 | 842627 | 8643734,00 |
| Custos com sistema fotovoltaico | 568521 | 553585 | 574758 | 717270 | 763652 | 677917 | 671830 | 656195 | 694895 | 563235 | 594252 | 757226 | 7793336,00 |
| Economia | 82896 | 71741 | 79198 | 69356 | 63256 | 52850 | 56013 | 62858 | 64076 | 79569 | 83183 | 85401 | 850398,00 |
| Valores em R\$ | | | | | | | | | | | | | |

As taxas de depreciação e aumento de preço são aplicadas mensalmente sobre todo o prazo do projeto, começando logo no primeiro ano.

Fonte: PV*Sol,2019.

Ao observar a Figura 5.5, considerando a modalidade tarifária adotada atualmente pela UFSM, com um índice de inflação de 7% ao ano e *payback* descontado, nota-se que o investimento do sistema seria de aproximadamente R\$ 10 milhões, com saldo positivo a partir de 13 anos. Tais valores ainda se apresentam de forma resumida na Figura 5.6.

Figura 5.5 – Fluxo de Caixa



Fonte: PV*Sol,2019.

Figura 5.6 – Análise Financeira

| Análise financeira | |
|--------------------------|-------------------|
| Taxa interna de retorno | 9,67 % |
| Lucros e Economia | 850398 R\$/Ano |
| Fluxo de caixa acumulado | 23.651.823,88 R\$ |

Fonte: PV*Sol,2019.

6 CONCLUSÃO

Conforme proposto inicialmente, o objetivo deste trabalho foi analisar os impactos na implementação de uma minigeração de energia fotovoltaica na instituição de ensino Universidade Federal de Santa Maria. A instituição pertence ao grupo tarifário A4, contemplada pela tarifa Azul.

A motivação deste projeto deu-se através da análise político-econômica atual. Na qual o governo constantemente reduz o repasse de verbas as instituições, ao mesmo tempo em que essas tendem a crescer o número de alunos matriculados.

Para propor a implementação da minigeração fotovoltaica de 1MWp, foram feitos estudos a cerca das normas regulamentadoras referente à geração distribuída e tarifação. Com isso, foi possível compreender que o governo, junto com órgãos reguladores, têm criado incentivos para o uso de GD, como as normas regulamentadoras citadas neste trabalho. E por isso, estima-se um aumento do uso de energias limpas, sendo o mais promissor ligado à energia fotovoltaica.

Na análise de dados, foram avaliados dados de consumo da instituição, contratos tarifários e produção de energia atual. Após, pode-se afirmar que a universidade não consome muita energia no horário de ponta, pois nesse há menos concentração de atividades acadêmicas na instituição. Também fica claro que os meses de maior consumo de energia são os meses que apresentam maior sensação térmica. Tal consumo pode ser justificado pelo maior uso de ar-condicionado e ventiladores. E nos meses de férias, período que a universidade concentra menor fluxo de alunos, o consumo de energia é menor. Quanto a GD fotovoltaica implantada atualmente na universidade, pode-se afirmar que a mesma produz muito menos do que do que a carga consumida total, gerando desta forma, pouco impacto na fatura de energia.

Neste contexto, na simulação de uma GD fotovoltaica dez vezes maior que a atual, conclui-se que mesmo assim a produção de energia não atingiria o consumo mensal em nenhum mês. Isso se dá principalmente pelo fato da universidade apresentar alto consumo de energia. Além disso, a implementação deste projeto demandaria uma área de aproximadamente 5,6 mil metros quadrados, com investimento de R\$10 milhões.

Por fim, é correto dizer que o presente trabalho atingiu os objetivos propostos, gerando conhecimento dos assuntos abordados. Como sugestão para trabalhos futuros, se propõem o estudo do uso de outras fontes de geração distribuídas, aliadas a mais ações de efficientização, assim como um estudo personalizado de consumo de cada centro e a possibilidade de adicionar ao sistema proposto baterias de armazenamento, para que a energia gerada pudesse suprir o consumo em horários de ponta.

7 REFERÊNCIAS

MARTINS, C. L. **Avaliação dos Impactos da Geração Distribuída para Proteção dos Sistemas Elétricos**. 2012. Dissertação (Mestrado em engenharia Elétrica) 154 f. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 3 nov. 2019.

Tolmasquim, M. (2012). **Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. Estudos Avançados**, 26(74), 247-260. Disponível em <http://www.periodicos.usp.br/eav/article/view/10636> Acesso em: 3 nov. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2018**. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: 1 dez. 2019

MENDES, N. A. S. **As usinas hidrelétricas e seus impactos: os aspectos socioambientais e econômicos do Reassentamento Rural de Rosana - Euclides da Cunha Paulista**. 2005. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

Silva R. W. C., Paula B. L. 2009. **Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural**. Terra Didatica, 5(1):42-49 <<http://www.ige.unicamp.br/terraeditatica/>>

ABREU, Felipe Frota de. **A CRISE DO SETOR ELÉTRICO, 1999 - 2001 O RACIONAMENTO DE ENERGIA**. 2002. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Economia, Departamento de Economia, Pontifca Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.econ.puc-rio.br/uploads/adm/trabalhos/files/Felipe_Frota_de_Abreu.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2002.

RIBEIRO, Afonso Celso Sampaio. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTUIÇÕES DA REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: O CASO DA IFMA- CAMPUS SÃO LUIS/MONTE CASTELO**. 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Energia e Ambiente, Universidade Federal do

Maranhão, São Luis, 2014.

EXAME. **PIB do Brasil só recuperou 30% do que foi perdido na crise econômica.** Disponível em: <https://exame.abril.com.br/economia/pib-do-brasil-so-recuperou-30-do-que-foi-perdido-na-crise-economica/>. Acesso em: 1 dez. 2019.

AMARAL, N. C. PEC 241/55: a morte do PNE (2014-2024) e o poder de diminuição dos recursos educacionais. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação - Periódico científico editado pela ANPAE**, [S.l.], v. 32, n. 3, p. 653 - 673, dez. 2016. ISSN 2447-4193. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/rbpaee/article/view/70262>>. Acesso em: 1 dez. 2019.

PROCEL. **Poder Público.** Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=0C24456E-2980-4704-B2CB-9B5518636BBE>. Acesso em: 30 dez. 2005.

UFSM. **Reitoria apresenta dados sobre o orçamento 2019 em coletiva à imprensa.** Disponível em: <<https://www.ufsm.br/2019/01/23/reitoria-apresenta-dados-sobre-o-orcamento-2019-em-coletiva-a-imprensa/>>. Acesso em: 30 nov. 2019.

PILZ, Caroline Obregon. **ANÁLISE DE MINIGERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA.** 2019. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA CASA CIVIL SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. **DECRETO Nº5.163 DE 30 DE JULHO DE 2004.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163.htm. Acesso em: 3 nov. 2019.

KOTLESKI, Liliane Oliveira. **ESGOTAMENTO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO NO BRASIL: tendências para reestruturação da matriz energética.** 2015. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Economia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015

ANEEL. **Brasil ultrapassa marca de 1GW em geração distribuída.** Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSq dMFHrE/content/brasil-ultrapassa-marca-de-1gw-em-geracao-distribuida/656877. Acesso em: 3 dez. 2019.

Paniz,E. **Modelo de Geração de Energia Fotovoltaica para autoconsumo re-**

moto dos espaços públicos de Santa Maria/RS. 2017. Pós Graduação em Eficiência Energética Aplicada a Processos Produtivos, Universidade Federal de Santa Maria, monografia.

ANEEL, A.N.D.E. Resolução Normativa nº414, 9 de setembro de 2010.

_____ Resolução Normativa nº479, 3 de abril de 2012.