

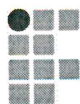
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS –
CAMPUS DE ITUMBIARA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

NATHAN FARIA XAVIER

**DIMENSIONAMENTO DE POTÊNCIA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA
VISANDO CONSUMIDORES DO GRUPO A**

ITUMBIARA

2019



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: **NATHAN FARIA XAVIER.**

Matrícula: **20112040070210.**

Título do Trabalho: **DIMENSIONAMENTO DE POTÊNCIA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA VISANDO CONSUMIDORES DO GRUPO A.**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: ____/____/____

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Itumbiara, 13 / 08 / 2019
Local Data

Nathan Faria Xavier

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



NATHAN FARIA XAVIER

**DIMENSIONAMENTO DE POTÊNCIA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA
VISANDO CONSUMIDORES DO GRUPO A**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica ao Departamento de Áreas Acadêmicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – *Campus* Itumbiara, na área de concentração 30404045. Orientador: Prof. Dr. Olívio C. N. Souto.

ITUMBIARA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

X113d

Xavier, Nathan Faria

Dimensionamento de potência de geração fotovoltaica visando consumidores do grupo A. / Nathan Faria Xavier. -- 2019.

56 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Itumbiara, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Olívio Carlos Nascimento Souto

1. Energia solar. 2. Geração de energia fotovoltaica. 3. Energia elétrica - produção. I. Título. II. Souto, Olívio Carlos Nascimento.

CDD: 621.47

Bibliotecário: Eduardo Pereira Resende CRB/1-3266



INSTITUTO FEDERAL
GOIÁS
Câmpus Itumbiara

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ITUMBIARA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS
COORDENAÇÃO DE CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DIMENSIONAMENTO DE POTÊNCIA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA
VISANDO CONSUMIDORES DO GRUPO A.

AUTOR: NATHAN FARIA XAVIER.

ORIENTADOR: Prof. Dr. OLÍVIO CARLOS NASCIMENTO SOUTO.

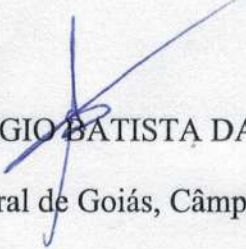
Aprovado como parte das exigências para obtenção do diploma de Engenheiro Eletricista,
do Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara.

Itumbiara, 07 de agosto de 2019.



Prof. Dr. OLÍVIO CARLOS NASCIMENTO SOUTO.

Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara.



Prof. Dr. SÉRGIO BATISTA DA SILVA.

Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara.



Prof. Ms. WILLIAN MARTINS LEÃO.

Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara.

NATHAN FARIA XAVIER

**DIMENSIONAMENTO DE POTÊNCIA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA
VISANDO CONSUMIDORES DO GRUPO A**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica ao Departamento de Áreas Acadêmicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – *Campus* Itumbiara, na área de concentração 30404045.

Aprovado(a) em ____ de _____ de ____.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Olívio Carlos Nascimento Souto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás –
Campus- Itumbiara. (Orientador)

Prof. Me. Willian Martins Leão

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás –
Campus- Itumbiara.

Prof. Dr. Sérgio Batista da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás –
Campus- Itumbiara.

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares e amigos que de forma direta e indireta me ajudaram a vencer as etapas desde desafio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador professor Olívio Carlos Nascimento Souto por todo apoio e orientação durante toda jornada de construção deste trabalho.

Agradeço aos meus avôs que sempre estiveram ao meu lado e ajudaram em tudo que precisei, sem eles seria impossível cursar a faculdade, foi graças ao seu esforço e amor que tudo isso foi possível.

Minha namorada Thuany Kharolynne Ramos Gonçalves que sempre esteve ao meu lado e nunca me deixou desistir, me mostrou sempre que era capaz, puxou a orelha naqueles dias de preguiça, ou seja, ela que foi um pilar para que fosse possível chegar até aqui e sabe muito bem de tudo que passei durante cada dia, cada matéria da faculdade, te amo muito hoje e sempre, muito obrigado mesmo.

Meu tio Witter que sempre esteve ali ao meu lado me aconselhando, sempre foi um inspirador, agradeço muito a ele que me ajudou financeiramente também para que fosse possível ingressar no ensino superior e continuar estudando.

Agradeço a minha mãe por todo o amor que por mim e minha irmã, além de conhecer toda a minha trajetória no decorrer do curso e de muitas vezes me colocar pra cima, motivar.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, sem eles não seria possível estar escrevendo hoje esse agradecimento do Trabalho de conclusão de curso. Muitas pessoas passaram em nossas vidas durante a faculdade, porém os amigos que estudaram conosco durante toda a faculdade sabem das dificuldades de cada um, da luta que cada um travou para chegar até aqui e muitas vezes faziam parte dessas lutas, então aqui fica o meus sinceros agradecimentos a Matheus Brother, Matheus Grilo, Elias Barbosa, Italo Eduardo Nunes Mendonça, Wandry Rodrigues, Leonídio Pereira da Silva Neto, Marcos Paulo, Luiz Carlos Lourenço.

Gostaria de agradecer especialmente ao Williamar Prazeres Souza um guerreiro que tive o prazer de conhecer e acabou se tornando um irmão para a vida toda sempre me aconselhando, puxando a orelha quando a coisa apertava, e que esteve cursando várias matérias comigo no decorrer do curso então sabe muito bem tudo que passei para que pudesse chegar até aqui, fica meu sincero obrigado por me ajudar em tudo que foi possível e impossível sempre.

“Deixem que o futuro diga a verdade e avalie cada um de acordo com o seu trabalho e realizações. O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual eu sempre trabalhei pertence a mim.”

(Nicola Tesla)

RESUMO

A busca por conforto e qualidade de vida vem sendo uma prioridade cada vez mais presente no mundo moderno. Com isso há um notório crescimento na demanda por energia elétrica. Consequentemente aumentam-se os custos financeiros pagos por essa energia. Isso faz com que o consumidor aprimore seus conhecimentos ligados as formas de cobrança tarifária visando minimizar seus gastos com energia elétrica. Este trabalho tem como proposta dimensionar a potência fotovoltaica a ser instalada que seja economicamente mais viável, visando consumidores que se enquadram no grupo A. Com isso algumas análises serão necessárias para dimensionar o sistema fotovoltaico que atenda a demanda de energia elétrica do consumidor com o menor custo possível. Sendo assim primeiramente será analisada a demanda contratada observando se ela está condizente com as demandas registradas do consumidor, também será analisada a melhor modalidade tarifária de acordo com o perfil energético dos consumidores do grupo A. A título de exemplo foram analisados os campi do IFG e por fim o estudo constatou que nos campus Itumbiara, Jataí é recomendável ajustar a demanda contratada enquanto os demais apresentam contratação adequada. Além disso, a estrutura tarifária de todos os campus deve permanecer vinculada a modalidade horo-sazonal verde. Com isso foi dimensionado a potência do sistema de geração fotovoltaica que supri toda a potência que o consumidor, porém outras potências podem ser instaladas de acordo com a disponibilidade para investimento de cada consumidor que busque instalar um sistema de geração fotovoltaica.

Palavras-chave: Sistema fotovoltaico. Geração distribuída. Demanda de energia. Tarifação de energia.

ABSTRACT

Over the last few years to increase the comfort and quality of life levels has become a priority to most people, which leads to the electrical energy's demand escalation and, consequently, to the energy costs raising. In this context the consumers are enhancing their comprehension on energy tariff aiming to minimize the amount of money spent on electricity. This work proposes the analysis of electric consuming profile in each Federal Institute of Goiás (IFG), presenting modifications with the intent to reduce the total energy price in each campus through the contracted energy tariffs' evaluation. The proposed methodology analyses the demand contracted by each campus and its power consumption profile to conclude whether the contracts match the real power need or not. It is important to point out that some campuses already have, and others have plans to install photovoltaic generation systems, therefore the approach also needs to evaluate the economic viability of each enterprise and estimate the projects generating capacity so the output power is consistent to the campus power consumption. Taking into account these points, the proposed method analyses each campus' energy tariff, through a computational routine developed for this purpose, and calculates the annual energy cost; furthermore, the scenarios considering all tariff structures and generated power are calculated, therefore the user can pick the best option to reduce the total price. The study verifies the advantages of changing the contracted demand on campuses Itumbiara, Jataí and Valparaíso and validates the contracted demands on the other IFG campuses, while the tariff structure in every campus should be kept as it is (seasonal green). Moreover, the best economic results for installing photovoltaic generation are obtained when the system is designed for auto consumption, however, depending on the availability of resources to invest, systems with higher generation capacity may be applied.

Keywords: Photovoltaic system. Distributed generation. Energy demand. Energy churning

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Crescimento fotovoltaico	7
Gráfico 2 Demanda contratada.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Fator de Ajuste	23
Tabela 2 Análise demanda contratada campi IFG	29
Tabela 3 Valor final da fatura de energia	31
Tabela 4 Economia anual campus Itumbiara.....	35
Tabela 5 Autoconsumo campi IFG.....	36
Tabela 6 Fotovoltaico de acordo com a melhor demanda contratada.....	37
Tabela 7- Autoconsumo X Melhor demanda	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NBR – Norma Brasileira aprovada pela ABNT

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ENEL - Ente nazionale per l'energiaelettrica

IFG – Instituto Federal de Goiás

TUSD – Tarifa de uso do sistema de distribuição

TE – Tarifa de energia

PIS - Programas de Integração Social

ICMS - Imposto sobre a Circulação de Mercadoria e Serviços

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

SEP – Sistema Elétrico de Potência

Pconsumo – Potência consumida

Pdemanda – Potência da demanda

Pultrap – Potência de ultrapassagem

UFERMed – Consumo de reativos medidos

UFDRMed – Demanda de reativos medida

SUMÁRIO

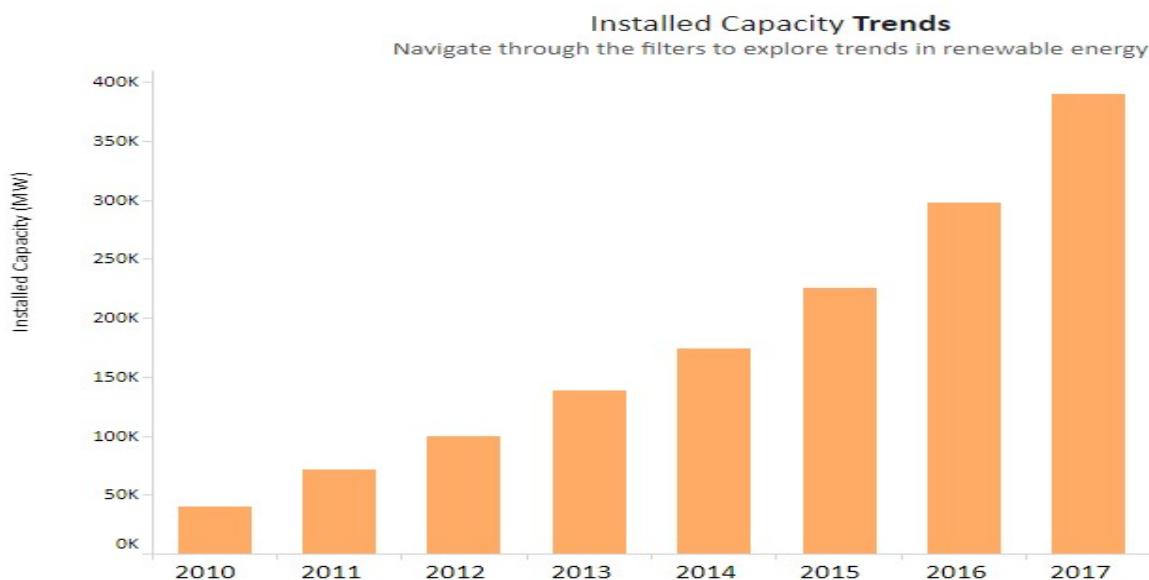
1 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
1.1.1 GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	8
1.1.2 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A	10
1.3 OBJETIVO GERAL	11
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.5 METODOLOGIA	12
2 EMBASAMENTO TEÓRICO	13
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES	13
2.3 TARIFA CONVENCIONAL	14
2.4 TARIFA HORO-SAZONAL VERDE.....	15
2.5 TARIFA HORO-SAZONAL AZUL	17
2.6 TRIBUTOS APLICADOS ÀS TARIFAS DE ENERGIA	18
3 DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A	19
3.2 DEMANDA CONTRATADA	19
3.3 MODALIDADE TARIFÁRIA GRUPO A	21
3.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO	22
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
4 ESTUDO DE CASO CAMPUS IFG	27
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	27
4.2 COLETANDO DADOS.....	27
4.3 ANÁLISE DA DEMANDA CONTRATADA DOS CAMPI IFG	29
4.4 ANÁLISE DA MODALIDADE TARIFÁRIA CAMPUS ITUMBIARA	30
4.5 SISTEMA FV ITUMBIARA	31
4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
5 CONCLUSÃO.....	39
6 REFERÊNCIAS	40
7 APÊNDICE A.....	42
8 APÊNDICE B.....	45
9 ANEXO A.....	48

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento do consumo de energia elétrica torna-se cada vez mais necessário desenvolver estudos que visam a redução do consumo e o uso eficiente da energia elétrica nos setores industriais, residenciais e comerciais. Dentre as diversas estratégias a denominada gestão pelo lado da demanda configura-se como uma importante atividade com vistas a obtenção da redução dos custos com energia elétrica. Dentro deste contexto, a análise da melhor modalidade tarifária e a avaliação dos contratos de demanda, quando for o caso, podem resultar em uma significativa redução nas faturas de energia.

O consumo de energia à escala mundial cresce a cada ano, tornando-se necessário a produção de mais energia através das hidroelétricas, termoeletricas, usinas nucleares entre outros. Com isso são causados grandes impactos ao meio ambiente, as usinas termoeletricas por exemplo causam muita poluição na queima de combustíveis entre outros impactos. Contudo a energia solar é uma forma de energia renovável e que agride muito pouco o meio ambiente comparado as outras, segundo (IRENA, 2018) desde 2010 a geração fotovoltaica vem crescendo a cada ano conforme figura abaixo:

Gráfico 1 Crescimento fotovoltaico



Fonte : IRENA, 2018

Com a implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica tem-se diversas mudanças na fatura de energia como diminuição no valor final dela, mudança na curva de

carga diária do consumidor e alteração nas demandas registradas. Portanto faz-se necessário um estudo dos impactos causados por essa geração presente na estrutura energética do consumidor, porém os consumidores do grupo B como residências e pequenos comércios geralmente possuem uma modalidade tarifária convencional que não distingue suas tarifas de consumo e demanda de acordo com os horários de ponta e fora de ponta, o mesmo não acontece com os consumidores do grupo A que possuem modalidade tarifária horo-sazonal.

Neste trabalho será proposta uma metodologia para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico visando consumidores do grupo A. Sendo assim através da fatura de energia de um consumidor será possível analisar a demanda contratada buscando verificar se tal valor de demanda está ou não condizente com a demanda utilizada pelo consumidor. Sendo assim será analisada qual a modalidade tarifária (horo-sazonal verde ou horo-sazonal azul) que melhor atenda o perfil energético do consumidor, buscando diminuir o valor final da sua fatura mensal de energia. Além disso, caso seja necessário, serão propostas alterações no contrato de demanda e modalidade tarifária com o objetivo de diminuir o valor final da fatura mensal.

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

O sistema elétrico brasileiro sempre foi alvo de debates e críticas. Com isso segundo (BARROS SILVA, 2008) após os anos 1960 é colocado em discussão a parte ambiental em relação a geração de energia elétrica. Sendo assim a partir desta época a busca por formas de geração de energia que agredam cada vez menos o ambiente começou a ser buscadas.

Segundo (TOLMASQUIM, 2012) de acordo com o planejamento energético brasileiro a médio prazo a hidroeletricidade assim como as termelétricas que utilizando lenha e carvão vegetal sofrerão uma queda na participação energética do país. Sendo assim é necessário buscar fontes renováveis de energia e a geração fotovoltaica é uma das fontes que veem crescendo cada vez mais.

A energia solar é aproveitada por painéis contendo células fotovoltaicas que com a incidência do sol geram energia elétrica. Com isso a energia gerada pode ser armazenada em bancos de baterias ou pode ser injetada diretamente na rede do consumidor após passar por um inversor que irá transformar a energia elétrica continua gerada pelas placas em uma tensão alternada que coincida com o perfil do consumidor.

A geração fotovoltaica vem crescendo muito e segundo (LISITA JÚNIOR, 2005) este tipo de geração possui várias vantagens, sendo elas:

- A produção da energia se dá próxima a carga evitando assim perdas.
- O espaço utilizado para instalação do sistema muitas vezes se tratando de comércio, residências, indústrias é aproveitado através das próprias edificações.
- Quando se trata de comércio ou empresas que são ativas no horário fora de ponta os módulos se tornam mais efetivos, pois sua geração se dá nesse horário.
- O sistema pode ser facilmente ampliado caso a carga da edificação aumente e haja espaço para isso.
- A energia fotovoltaica é uma fonte inesgotável que produz energia limpa, renovável e silenciosa. Sendo assim não produz poluentes como gases causadores do efeito estufa.

No ano de 2012 a resolução normativa 482 tornou possível a opção de os consumidores gerarem sua própria energia, através dos sistemas interligados à rede elétrica de distribuição. Com isso a energia fotovoltaica vem crescendo cada vez mais no país.

Até dezembro de 2018 segundo (BLUESOL, 2018, apud ANEEL, 2010), o setor de energia solar no Brasil possuía aproximadamente 48.613 sistemas fotovoltaicos instalados, que juntos às usinas solares somavam 1,84 GW de capacidade instalada.

O benefício da economia e da redução de quase todo o custo da energia elétrica é certamente a principal vantagem que atrai os consumidores a instalarem um sistema de geração fotovoltaica. Sendo assim é possível reduzir em até 95 % os custos pagos pela energia elétrica.

Atualmente os sistemas residenciais oferecem um retorno financeiro sobre o investimento muitas vezes maior que investimentos comuns na vida do brasileiro como caderneta de poupança, tesouro direto entre outros. Sendo assim com o crescimento das tarifas de energia elétrica e a queda do custo da energia solar no Brasil o investimento com um sistema solar se paga em média entre 4 a 6 anos. Com isso dependendo da manutenção e da vida útil do sistema o consumidor terá ainda uma economia de aproximadamente 25 anos com o sistema instalado.

1.1.2 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A

Os consumidores do grupo A estão em sua maioria sujeitos as modalidades tarifárias horo sazonal verde e azul. Com isso os consumidores do grupo A necessitam contratar uma demanda que Segundo (GARCIA PEDROSA,2012, apud ANEEL, 2010) possui 3 objetivos, sendo eles:

- Garantir que a demanda estabelecida pelo consumidor sempre será fornecida.
- Proporcionar a unidade distribuidora uma previsão e garantia do cumprimento da demanda.
- Incentivar o consumo consciente de energia elétrica.

Além da demanda contratada o conhecimento sobre a modalidade tarifária segundo (JOSÉ GOBER, 2013) possibilita reduções nos custos da energia elétrica, em função de migração para diferentes modalidades e demandas contratadas que atendam de forma mais eficiente o consumidor de acordo com o seu perfil de consumo.

Segundo (VINICIUS AYRÃO, 2016) os consumidores do grupo A possuem alguns fatores que tornam a metodologia para o dimensionamento do sistema a ser instalado mais complexa devido a sua modalidade tarifária ser horo-sazonal e possuírem uma demanda contratada diferente dos consumidores do grupo B que se adequam na maioria dos casos a modalidade convencional.

Os consumidores do grupo A possuem a disponibilidade de mudança de demanda contratada. Sendo assim antes de se prever uma potência de sistema fotovoltaico a ser instalado é viável um estudo que comprove qual a melhor demanda contratada para um determinado consumidor de acordo com as demandas registradas em um determinado período. Com isso é possível evitar demandas de ultrapassagem e demanda contratada excedente.

A potência do sistema fotovoltaico não pode ser maior que a demanda contratada. Sendo assim caso a potência do sistema seja maior que a demanda contratada é necessário comprovar a viabilidade em termos econômicos, pois a demanda contratada será maior gerando assim um custo adicional.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com o crescimento constante da demanda por energia elétrica e o aumento das taxas de energia cobradas pelas concessionárias cada vez mais se torna viável a busca por medidas que consigam diminuir o impacto causado por esse crescimento, sendo assim uma delas é a instalação de micro e mini geração fotovoltaica. Com isso muitas residências, indústrias, comércios em geral estão instalando esses sistemas. Contudo o projeto para consumidores do grupo B como residências e pequenos comércios é mais simples, pois esses consumidores geralmente possuem uma modalidade tarifária convencional que não possui horários de ponta e fora de ponta e sua demanda contratada é fixa.

Os consumidores do grupo A possuem uma modalidade tarifária mais complexa que os consumidores do grupo B, pois a modalidade tarifária desses consumidores do grupo A são horo-sazonais. Sendo assim segundo (VINICIUS AYRÃO, 2016) a principal dúvida para dimensionar um sistema de geração fotovoltaica para consumidores do grupo A é o consumo em kWh, pois os consumidores do grupo A possuem um consumo medido separadamente nos horários de ponta e fora de ponta, o mesmo se aplica para a demanda registrada. Com isso é necessário a análise de alguns fatores como a demanda contratada e a modalidade tarifária que contribuem para que o sistema de geração instalado seja mais eficiente financeiramente. Sendo assim será usado como referência de estudo a instalação de sistemas de geração de energia fotovoltaica nos campus do IFG. Com isso será possível estimar um valor de geração a ser instalado que melhor se enquadre nas características dos campus.

1.3 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem por objetivo geral realizar análises técnica e econômica para definição da melhor modalidade tarifária e respectivo contrato de demanda de unidades consumidoras do grupo A para que assim seja dimensionado a potência de geração fotovoltaica a ser instalada que melhor atenda ao perfil do consumidor.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, os seguintes itens serão objeto de estudo:

- Dimensionar a potência de sistemas de geração fotovoltaica para consumidores do grupo A de acordo com seu perfil de consumo.
- Fazer um estudo sobre a demanda contratada.
- Analisar qual a melhor modalidade tarifária de acordo com o perfil energético do consumidor analisado.
- Propor ações quanto a demanda contratada e modalidade tarifária quando necessário.

1.5 METODOLOGIA

A pesquisa será disposta em etapas complementares iniciando com os estudos teóricos sobre os impostos em energia, demanda, modalidade tarifárias e energia fotovoltaica. Logo após será proposta uma análise da demanda contratada e da modalidade tarifária para consumidores do grupo A buscando diminuir o valor da fatura mediante mudanças de contratação. Com isso será feita em seguida uma análise para instalação de diversas potências de geração fotovoltaica. Finalmente são apresentados os resultados obtidos.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo tem por objetivo apresentar os principais conceitos relacionados a modalidade tarifária praticada no Brasil, bem como as regulamentações que norteiam o uso da geração distribuída conectada ao sistema elétrico de energia.

A retomada das discussões sobre tais modalidades tarifárias deve-se ao novo paradigma que se encontra o sistema elétrico de distribuição de energia que deixa de ser uma rede elétrica passiva (gerador alimentando cargas elétricas) e passa a dispor de sistemas de geração de energia elétrica junto aos consumidores. Portanto, faz-se necessário ampliar a discussão das modalidades tarifárias incluindo as normativas que regulamentam o uso da geração distribuída.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES

No Brasil, segundo manual da (Procel 2011, apud ANEEL) as unidades consumidoras são divididas em 2 grupos, o grupo A que possuiu tarifa binômia e o grupo B com tarifa monômia, essa divisão é feita principalmente em função do nível de tensão V e da demanda kW.

As unidades consumidoras atendidas em níveis de tensão abaixo de 2300 V estão no grupo B (baixa tensão), geralmente representadas por residências, agências bancárias, comércios, pequenos condomínios em que a tensão é de 127 ou 220 V. O grupo B por sua vez é dividido em subgrupos conforme a atividade do consumidor.

- Subgrupo B1 – residencial e residencial baixa renda;
- Subgrupo B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural;
- Subgrupo B3 – demais classes;
- Subgrupo B4 – iluminação pública.

Os consumidores que são atendidos com tensão acima de 2300 V (alta tensão), se enquadram no grupo A, como indústrias, shopping centers e edifícios comerciais.

O grupo A também se divide em subgrupos. Segundo a resolução normativa 414 (ANEEL,2010)são:

- Subgrupo A1 para o nível de tensão de 230 kV ou mais;
- Subgrupo A2 para o nível de tensão de 88 a 138 kV;
- Subgrupo A3 para o nível de tensão de 69 kV;

- Subgrupo A3a para o nível de tensão de 30 a 44 kV; Subgrupo A4 para o nível de tensão de 2,3 a 25 kV;
- Subgrupo AS para sistema subterrâneo.

2.3 TARIFA CONVENCIONAL

A tarifa convencional exige um contrato específico com a concessionária no qual o valor da demanda contratada é único, pois nessa estrutura não se leva em conta para os cálculos da fatura o horário de ponta ou fora de ponta. Além disso o período seco que se define entre os meses de Maio a Novembro e o período úmido entre Dezembro e Abril não estão presentes na definição das tarifas da estrutura convencional.

Os consumidores que podem aderir a essa estrutura são os do grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS podem ser enquadrados desde que a demanda contratada não ultrapasse os 300kWe desde que nos últimos 11 meses não ocorra 3 registros consecutivos ou 6 alternados de demanda superior a 300 kW.

O cálculo da fatura utilizando a modalidade tarifária convencional é realizado a partir do consumo e da demanda registrada.

$$Valor_{Consumo} = Consumo_{Medido} * Tarifa_{Consumo} \quad (1)$$

$$Valor_{Demanda} = Demanda_{Cont} * Tarifa_{Demanda} \quad (2)$$

Além do consumo e demanda, também existe uma demanda de ultrapassagem que é cobrada quando há ultrapassagem da demanda contratada. Esse valor de ultrapassagem ao exceder 10% da demanda contratada precisa ser somado ao montante da fatura final.

$$Valor_{Ultrap} = (Demanda_{Cont} - Demanda_{Med}) * Tarifa_{Ultrap} \quad (3)$$

Além do consumo e demanda o Sistema Elétrico de Potência é composto pela potência ativa (chamada de potência útil: é usada para os cálculos de consumo de energia) e a potência reativa que é responsável pela geração dos campos magnéticos presentes nos equipamentos como geladeiras, freezer, ventiladores, máquinas de lavar entre outros. Além disso, a potência reativa pode ser notada nos motores elétricos de indução MIT's das

indústrias conectadas ao sistema elétrico, e nos reatores utilizados para o funcionamento das lâmpadas fluorescentes.

O fator de potência é dado pela relação entre a potência ativa e reativa consumida. Segundo a resolução normativa 456 (ANEEL, 2000), as instalações elétricas dos consumidores devem ter um fator de potência não inferior a 0,92 (capacitivo ou indutivo). Quando o fator de potência é inferior a 0,92 é cobrado do consumidor como taxas de Consumo de Energia Reativa Excedente e Demanda Reativa Excedente.

Segundo a (Procel, 2011, apud ANEEL, 2010) a energia reativa capacitiva é medida entre 00h:00min até 06h:00min e a reativa indutiva no restante do dia. Quando não é possível medir a energia capacitiva, utiliza-se a energia indutiva medida durante todas as 24h do dia.

Os consumidores do grupo A, na modalidade tarifária convencional, pagam o consumo de reativos (UFER) e a demanda reativa (UFDR) conforme (4) e (5).

$$Valor_{Reativos} = Tarifa_{UFER} * UFER_{Med} \quad (4)$$

$$Valor_{UFER} = Tarifa_{Demanda\ UFER} * UFDR_{Med} \quad (5)$$

2.4 TARIFA HORO-SAZONAL VERDE

A tarifa Horo-sazonal verde é destinada apenas aos consumidores do grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS.

As modalidades tarifárias horo-sazonal verde e azul possuem diferentes taxas de consumo e demanda de acordo com os horários de ponta e fora de ponta. Sendo assim horário de ponta refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas entre o intervalo das 17 e 22 horas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico aprovado pela ANEEL para toda área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, já o horário fora de ponta refere-se ao período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.

Na modalidade horo-sazonal verde apenas um valor de demanda é contratada para todo o período, ou seja, os horários de ponta e fora de ponta não implicam na estrutura, porém segundo a resolução 456 (Procel, 2011, apud ANEEL, 2010) é permitido que sejam contratados valores de demanda diferenciados conforme o período seco e úmido.

O valor final da fatura com essa estrutura se dá pela soma do consumo no horário de

ponta, fora de ponta e da demanda registrada.

$$Valor_{Consumo} = (Consumo_{Ponta} * Tarifa_{Ponta}) + (Consumo_{Fora\ de\ ponta} * Tarifa_{Fora\ de\ ponta}) \quad (6)$$

O cálculo da demanda é feito através da maior demanda registrada em todo o mês, segue abaixo equação para demanda:

$$Valor_{Demanda} = Demanda_{Contratada} * Tarifa_{Demanda} \quad (7)$$

Caso a demanda medida exceda o valor da demanda contratada em 10% será cobrado o valor de ultrapassagem, como mostrado em (8).

$$Valor_{Ultrap} = (Demanda_{Medida} - Demanda_{Contratada}) * Tarifa_{Ultrap} \quad (8)$$

A potência reativa consumida pelos consumidores do grupo A com estrutura tarifária Verde é calculada considerando os horários de ponta e fora de ponta. Além disso, a demanda de reativos é calculada de forma única. Os cálculos podem ser obtidos através das equações abaixo:

$$Valor_{UFER} = (Tarifa_{UFER\ ponta} * UFER_{Med\ ponta}) + (Tarifa_{UFER\ fora\ ponta} * UFER_{Med\ fora\ ponta}) \quad (9)$$

$$Valor_{UFDR} = (Tarifa_{UFDR\ ponta} * UFDR_{Med\ ponta}) + (Tarifa_{UFDR\ fora\ ponta} * UFDR_{Med\ fora\ ponta}) \quad (10)$$

$$Valor\ Demanda_{FDR} = (Tarifa_{Demanda} * UFDR_{Med}) \quad (11)$$

2.5 TARIFA HORO-SAZONAL AZUL

A tarifa Horo-sazonal azul é obrigatória para os consumidores dos subgrupos A1, A2 e A3, porém opcional para os de subgrupo A3a, A4 e AS. Nessa estrutura além de um consumo para o horário de ponta e fora de ponta, também há cobrança da demanda para cada horário. No entanto é permitido contratar valores diferentes para os períodos seco e úmido, segue cálculo de acordo com (12):

$$Valor_{Consumo} = (Consumo_{Ponta} * Tarifa_{Ponta}) + (Consumo_{Fora\ de\ ponta} * Tarifa_{Fora\ de\ ponta}) \quad (12)$$

A demanda passa a ser calculada utilizando as duas demandas contratadas nos horários de ponta e fora de ponta, conforme (13):

$$Valor_{Demanda} = (Demanda_{Cont\ Ponta} * Tarifa_{Demanda\ Ponta}) + (Demanda_{Cont\ Fora\ de\ ponta} * Tarifa_{Demanda\ Fora\ de\ ponta}) \quad (13)$$

O mesmo acontece com a ultrapassagem, levam-se em conta nesse momento os horários. Sendo-se assim um valor de ultrapassagem para o horário de ponta e fora de ponta será calculado conforme as equações abaixo:

$$Valor_{Ultraponta} = Tarifa_{Ultrap\ ponta} * (Demanda_{Med\ ponta} - Demanda_{Cont\ ponta}) \quad (14)$$

$$Valor_{Ultraforaponta} = Tarifa_{Ultrap\ foraponta} * (Demanda_{Med\ foraponta} - Demanda_{Cont\ foraponta}) \quad (15)$$

$$Valor_{Ultrapassagem} = P_{Ultraponta} + P_{Ultraforaponta} \quad (16)$$

Os consumidores do grupo A tarifa azul irão assim como no consumo de potência ativa levar em consideração os horários de ponta e fora de ponta para o consumo de reativos e para a demanda.

$$Valor_{UFER} = (Tarifa_{UFER\ ponta} * UFER_{Med\ ponta}) + (Tarifa_{UFER\ fora\ ponta} * UFER_{Med\ fora\ ponta}) \quad (17)$$

$$Valor_{FDR} = (Tarifa_{Demanda\ pont\ a} * UFDR_{Med\ pont\ a}) + (Tarifa_{Demanda\ fora\ pont\ a} * UFDR_{Med\ fora\ pont\ a}) \quad (18)$$

Vale ressaltar que para a parcela de reativos não é cobrando uma ultrapassagem.

2.6 TRIBUTOS APLICADOS ÀS TARIFAS DE ENERGIA

Os tributos aplicados nos preços de bens e serviços são, também, direcionados as faturas dos consumidores de energia elétrica. Tais tributos (federais, estaduais e municipais) são cobrados dos consumidores e posteriormente repassados, pelas concessionárias de energia, aos cofres públicos.

O valor da tarifa de energia é publicado pela ANEEL, por meio de resolução, sem considerar os impostos. Posteriormente à concessionária, de acordo com sua legislação, integra os impostos na fatura e repassa ao consumidor.

Segundo (Procel, 2011, apud ANEEL, 2010) a aplicação dos tributos federais como o PIS (Programas de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) de acordo com as leis nº 10.637/2002, 10.833/2003 e 10.865/2004 é de 1,65% e 7,6% com base no faturamento bruto.

O tributo estadual ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadoria e Serviços), é regulamentado pelo código tributário de cada estado, assim variando de estado para estado. O ICMS é calculado de acordo com (19).

$$Valor_{ICMS} = \frac{Valor\ da\ Tarifa_{Sem\ impostos}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (19)$$

A Contribuição para Custeio do serviço de Iluminação Pública (CIP) prevista no artigo 149-A da Constituição Federal de 1988 estabelece entre as competências dos municípios dispor de acordo com as leis da Câmara Municipal a forma de cobrança do imposto. Tal cobrança varia de cidade para cidade sendo atribuído ao poder público toda e qualquer responsabilidade de implantação, manutenção, expansão ou operação da iluminação pública.

3 DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente capítulo tem como objetivo propor a análise da demanda contratada e da modalidade tarifária antes de dimensionar a potência a ser instalada de geração fotovoltaica que melhor se encaixe no perfil energético dos consumidores do grupo A.

3.2 DEMANDA CONTRATADA

Antes de dimensionar um sistema fotovoltaico para um consumidor do grupo A algumas análises podem ser feitas buscando a potência que atenda a demanda do consumidor e possua o menor custo possível. Com isso a demanda contratada é uma delas e deve ser analisada primeiramente, pois para analisar a melhor modalidade tarifária é necessário o valor da demanda contratada.

Segundo a resolução 414 da ANEEL demanda contratada é a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts.

A demanda contratada para consumidores do grupo A implica em um valor muito significativo no valor final da fatura de energia, sendo assim é necessário analisar se ela está de acordo com as demandas registradas evitando desperdícios ou ultrapassagem. Com isso através de um estudo das demandas registradas em um período é possível analisar de forma econômica qual demanda contratada atende melhor o consumidor de acordo com o seu perfil.

Uma vez que é dimensionado um valor para a demanda contratada que esteja mais condizente com as demandas do consumidor, é possível calcular a economia ou custo adicional gerado pela nova demanda contratada. Com isso segue abaixo o cálculo para consumidores com modalidade tarifária horo-sazonal verde.

$$Economia_{Demanda} = Demanda_{Contratada\ atual} - Demanda_{Contratada\ nova} \quad (20)$$

Quando o consumidor estiver adequado a modalidade tarifária azul ele possuirá duas

demandas contratadas, sendo uma no horário fora de ponta e a outra no horário de ponta, sendo assim sua economia será de acordo com a fórmula abaixo:

$$Economia_{Demanda_{fp}} = Demanda_{Contratada_{atualfp}} - Demanda_{Contratada_{novafp}} \quad (21)$$

$$Economia_{Demanda_p} = Demanda_{Contratada_{atualp}} - Demanda_{Contratada_{novap}} \quad (22)$$

$$Economia_{Demanda_{zul}} = Economia_{Demanda_{fp}} - Economia_{Demanda_p} \quad (23)$$

Com o intuito de tornar mais prática a análise da demanda contratada alguns softwares como o MATLAB, Excel, Scilab, FreeMat podem ser usados com a finalidade de analisar um determinado período de forma mais rápida e eficiente e com diversos valores de demanda contratadas possíveis. Sendo assim foi desenvolvida uma linha de programação que segue no apêndice B onde o usuário deve fornecer os seguintes dados:

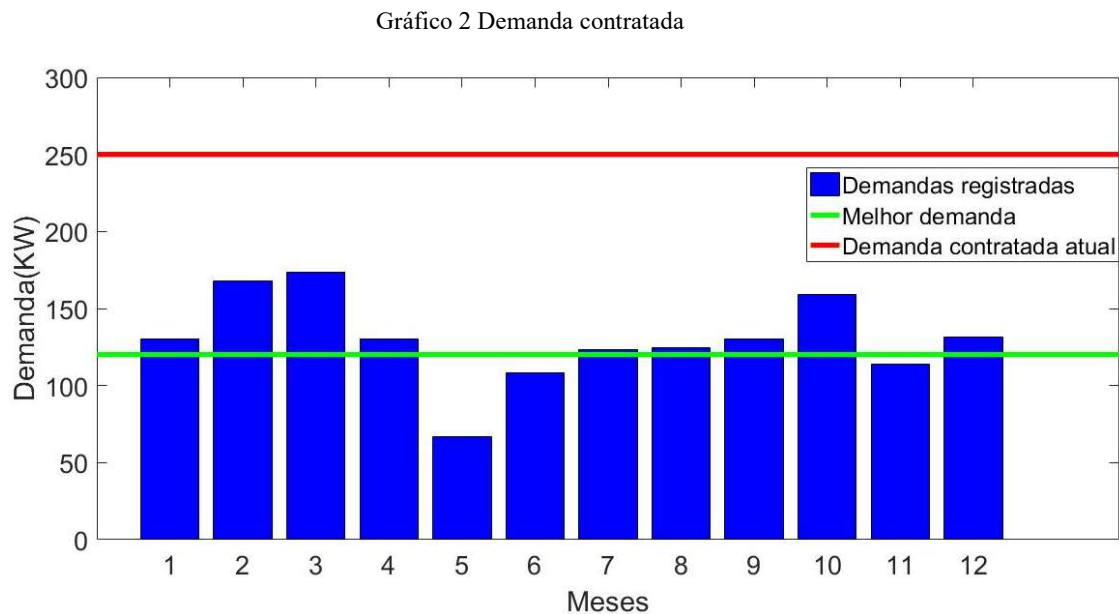
- A demanda registrada presente na fatura de energia de cada mês nos respectivos horários de ponta ou fora de ponta.
- Demanda contratada.

O software recebe esses dados em forma de uma tabela do Excel, um arquivo .txt, entre outros. Com isso primeiramente é obtido a maior demanda registrada e a menor demanda no período analisado. Em seguida é calculado o valor de várias demandas contratadas nesse intervalo. Com isso será possível encontrar o menor valor de demanda contratada de acordo com as demandas registradas evitando o pagamento de demandas de ultrapassagem e demandas excedentes.

Ao final de todas as simulações o software especifica qual o valor da melhor demanda a ser contratada de acordo com o período analisado e a sua economia comparada a demanda contratada vigente no período. Além disso um gráfico é gerado onde são exibidas as demandas registradas analisadas, a demanda contratada atual do consumidor e a proposta da nova demanda a ser contratada. Com isso é possível visualizar melhor o novo cenário do consumidor e analisar quais meses a demanda contratada está mais próxima das registradas e

onde está gerando ultrapassagem. Sendo assim um acompanhamento do cenário das demandas registradas mês a mês se torna mais dinâmico.

Na figura abaixo segue o gráfico final gerado de acordo com a programação desenvolvida:



Fonte: Próprio Autor

3.3 MODALIDADE TARIFÁRIA GRUPO A

Uma vez definida a demanda contratada que melhor se enquadra no perfil do consumidor é possível analisar qual a melhor modalidade tarifária.

Os consumidores do grupo A geralmente aderem as modalidades tarifárias horo-sazonal verde e azul devido aos seus níveis de tensão e de potência. Contudo cada modalidade possui taxas distintas, fazendo assim com que o valor da fatura mensal de energia do consumidor seja diferente dependendo da sua modalidade tarifária e do seu perfil de consumo.

A modalidade horo-sazonal verde possui uma taxa única para a demanda contratada, já o consumo está dividido entre os horários de ponta e fora de ponta. Sendo assim essa modalidade é mais viável para consumidores que consomem muita potência no horário de ponta. Na modalidade horo-sazonal azul a taxa de demanda contratada e consumo é diferente para horários de ponta e fora de ponta. Contudo as taxas de consumo são menores em ambos os horários comparado a modalidade horo-sazonal verde, porém o custo da demanda contratada será maior já que é necessário se contratar uma demanda para o horário

de ponta e outra para o fora de ponta, tornando-se inviável para consumidores que necessitam de muita potência no horário de ponta.

Vários trabalhos já foram feitos nessa área de modalidade tarifária, porém neste trabalho foi desenvolvida uma linha de código que segue no apêndice A e que calcula qual modalidade tarifária possui o menor valor de acordo com dados presentes na fatura do consumidor do grupo A.

Para o cálculo da fatura de energia serão usadas as tarifas da concessionária de energia enel. Sendo assim no Anexo A seguem as taxas cobradas usadas para as análises neste trabalho.

3.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO

A demanda contratada e a modalidade tarifária que melhor se enquadram no perfil energético do consumidor já foram definidas, então agora é possível dimensionar a potência a ser instalada de um sistema fotovoltaico que trará maior eficiência em termos econômicos para esse consumidor.

Para que seja possível estimar o valor do sistema fotovoltaico a ser instalado que gere toda a potência consumida por um determinado consumidor (autoconsumo), é necessário ajustar o consumo no horário de ponta, pois segundo (CRESESB, 2014, apud ANEEL) a potência gerada no horário fora de ponta pode ser usada para abater o valor do consumo no horário de ponta, porém um fator de ajuste é aplicado, segue abaixo na equação:

$$Ponta_{corrig} = \frac{Consumo_{Ponta}}{Fator_{ajuste}} \quad (24)$$

Segundo Caderno Temático Micro e Mini geração Distribuída (ANEEL, 2016) o fator de ajuste é o resultado da divisão do valor de uma componente da tarifa (a componente TE – Tarifa de Energia) de ponta pela fora de ponta (nos casos do excedente ser originado no posto tarifário ponta), ou da tarifa fora de ponta pela tarifa de ponta, quando o excedente surgir no posto fora de ponta. Sendo assim a Tarifa de Energia (TE) cobrada é a mesma para as modalidades tarifárias azul e verde e esses valores podem ser obtidos através do site da ANEEL que seguem abaixo na tabela 1:

Tabela 1- Fator de Ajuste

Grupo	TE - Ponta	TE - Fora Ponta	Fator de Ajuste
A4 (2,3 a 25 kV)	404,15	258,65	0,639985154

Fonte: Próprio Autor

Através dos dados de TE é possível obter o valor do fator de ajuste que será usado para corrigir o consumo no horário de ponta de modo a fornecer o valor de quanta energia excedente no horário fora de ponta é necessária ser gerada para que toda a energia no horário de ponta seja compensada.

$$Fator_{ajuste} = \frac{TE_{Fora\ ponta}}{TE_{ponta}} \quad (25)$$

$$Fator_{ajuste} = \frac{258,65}{404,15}$$

$$Fator_{ajuste} = 0,63$$

Com um fator de ajuste de 0,63 significa que a energia gerada fora de ponta e que vai ser compensada no horário de ponta vale apenas 63 %. Sendo assim é necessário gerar uma quantidade de energia de acordo com o fator de ajuste caso o consumidor deseje suprir todo o seu consumo através da geração fotovoltaica.

Uma vez que o fator de ajuste foi definido é possível obter o consumo total para o cálculo da potência do sistema fotovoltaico a ser instalado buscando um autoconsumo. Com isso a equação (26) pode-se estimar o valor em kWp a ser instalado, segue abaixo equação:

$$Pfv_{kWp} = \frac{E}{TD * HSP * DIAS} \quad (26)$$

Pfv_{kWp} = Potência do sistema fotovoltaico

TD = Taxa de desempenho

HSP = Horas de sol pleno

E = Energia (kWh)

DIAS = Número de dias que compõem o consumo E (kWh)

A energia (kWh) representada pela letra E na equação é composta pelo consumo no horário fora de ponta somado ao consumo no horário de ponta com o fator de ajuste aplicado caso o consumidor busque instalar um sistema para autoconsumo.

Os sistemas fotovoltaicos residenciais, bem ventilados e não sombreados pode-se obter um TD entre 70% e 80 % nas condições de radiação solar do Brasil. Com isso nas análises feitas neste trabalho o TD considerado para os sistemas do IFG's será de 0,8 ou 80%.

Buscando realizar a análise da potência do sistema fotovoltaica a ser instalada de forma mais eficiente é necessário adquirir os dados da HSP (horas de sol pleno) que são as horas em que a irradiação solar alcança o seu pico em torno de 1000 W/m². Sendo assim cada consumidor terá horas de sol pleno diferentes. Com isso através da latitude e longitude do local a ser instalado a geração fotovoltaica é possível obter através do site do CRESESB obter o valor médio das horas de sol pleno.

Com o valor em kWp do sistema a ser instalado é possível estimar o custo do mesmo. Sendo assim é aconselhável ao consumidor do grupo A que visa instalar um sistema de geração fotovoltaica realizar pesquisas de mercado visando encontrar o preço mais acessível e com a melhor qualidade.

Para simulação do custo dos sistemas de geração fotovoltaica será usado uma pesquisa feita pelo (Portal Solar, 2018) sobre o preço médio do kWp instalado. Com isso a pesquisa constatou que o preço médio de mercado do kWp instalado é em média R\$ 4000,00. Sendo assim este valor será usado em todas as análises de custo do sistema fotovoltaico neste trabalho.

O cálculo do custo de um sistema de geração fotovoltaica segue abaixo na equação:

$$Custo_{Fotovoltaico} = Potência_{Fotovoltaica} * Preço_{kWp} \quad (27)$$

Para calcular o payback do sistema a ser instalado é necessário estimar a economia gerada em reais de acordo com o consumo no decorrer de um período que pode ser de dias, meses e anos, conforme segue abaixo:

$$Economia_{Ponta} = Consumo_{Ponta} * Taxa_{Ponta} \quad (28)$$

$$Economia_{Fora\ de\ Ponta} = Consumo_{Fora\ de\ Ponta} * Taxa_{Fora\ de\ Ponta} \quad (29)$$

$$Economia_{Total} = Economia_{Ponta} + Economia_{Fora\ de\ Ponta} \quad (30)$$

Caso o sistema a ser instalado possua uma potência maior que a demanda contratada que está condizente com o perfil energético do consumidor é necessário contratar uma nova demanda. Sendo assim será pago um valor adicional ao que o consumidor realmente necessita para a demanda. Com isso segue abaixo na equação:

$$ValorDemanda_{Excedente} = Custo\ Demanda_{Maior} - Custo\ Demanda_{Autoconsumo} \quad (31)$$

Para calcular a economia gerada por um sistema destinado ao autoconsumo, será necessário levar em consideração o valor pago pela demanda excedente, conforme segue abaixo:

$$Economia_{Autoconsumo} = Economia_{Total} - Demanda_{Excedente} \quad (32)$$

Caso o consumidor instale um sistema superior a potência de autoconsumo, uma potência gerada a mais será injetada na rede, gerando assim créditos em kWh para serem usados em faturas futuras ou até mesmo segundo (Caderno Temático Micro e Minigeração, 2016) esses créditos podem ser utilizados em outras unidades consumidoras. Com isso uma economia adicional estará presente no cálculo da economia do sistema, segue abaixo na equação:

$$Economia_{Excedente} = Potência_{Excedente} * Taxa_{Horário} \quad (33)$$

Em posse do custo do sistema e da economia gerada pelo mesmo é possível estimar o payback, ou seja, enquanto tempo será retornado o valor do investimento, segue abaixo na equação:

$$Payback(Anos) = \frac{Custo_{sistema\ fv}}{Economia\ Anual_{Total\ gerada}} \quad (34)$$

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente capítulo foram feitas algumas análises antes de dimensionar um sistema fotovoltaico para consumidores do grupo A de forma mais eficiente. Com isso é necessário antes de tudo definir demanda contratada e a modalidade tarifária que melhor se enquadram no perfil energético do consumidor.

4 ESTUDO DE CASO CAMPUS IFG

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo serão feitas análises da demanda registrada de cada campus de modo a propor mudanças quando a mesma exceder o valor da demanda contratada gerando assim um desperdício desnecessário além de avaliar se algum IFG está pagando uma demanda de ultrapassagem e propor soluções para que seja possível diminuir o valor da sua fatura de energia mensal evitando desperdícios ou excedentes. Com isso serão feitas análises para diversas demandas contratadas diferentes buscando aproximar o valor da demanda contratada das demandas registradas na fatura mensal do campus.

4.2 COLETANDO DADOS

Para que seja possível realizar as análises de demanda contratada, modalidade tarifária e do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos é necessário obter alguns dados.

No site da enel é possível adquirir o histórico das faturas através do CNPJ/CPF do consumidor e da unidade consumidora.

Figura 1 Fatura de energia (CPF/CNPJ)

2018009029257

NÚMERO 1709218 SÉRIE 4 EMISSÃO 13/03/2018 GRUPO A4

celg **enel** **NOTA FISCAL**
FATURA DO SERVIÇO DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA - GRUPO A
 CNPJ 01.543.032/0001-04 IE 100.549,420 Rua 2 Qd. A-37 S/N - Jardim Goiás - CEP 74.805-180 - Goiânia - Goiás

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO CIENCIA E TECNOLOGIA DE GOIAS PAGINA 1 / 4
 AVENIDA CARLOS MARQUEZ, N. 65
 VILLAGE BEIRA RIO
 CEP: 75624110 ITUMBIARA GO BRASIL
 CNPJ/CPF: 10.870.883/0005-78 INSC. ESTADUAL: RZ: 48 REG: P09 UC: 10010934535 CÓDIGO DO CLIENTE: 98888449

UNIDADE CONSUMIDORA	MÊS DE REFERÊNCIA	VENCIMENTO	VALOR TOTAL
10010934535	03/2018	12/04/2018	R\$*****18.161,37

Fonte: Próprio Autor

Para que seja possível analisar se a demanda contratada está condizente com as demandas registradas é necessário analisar um período. Sendo assim na figura abaixo segue imagem da fatura onde os dados de demanda registrada de forma horo sazonal estão representados em vermelho:

Figura 2 Fatura de energia (Demandas registradas)

PERÍODO	CONSUMO LIDO (kWh)			DEMANDA LIDA (kW)		
	PONTA	FORA PONTA	HOR. RES.	PONTA	FORA PONTA	HOR. RES.
MAR / 18	3703,53	12679,20	3002,40	115,7760	137,3760	29,3760
FEV / 18	939,38	4384,80	2700,00	0,0000	53,5680	23,3280
JAN / 18	1972,94	6847,20	2721,60	139,9680	126,1440	24,1920
DEZ / 17	9311,11	36460,80	6415,20	109,7280	130,4640	28,5120
NOV / 17	4793,25	21643,20	3434,40	140,8320	167,6160	42,3360
OUT / 17	4628,23	21708,00	3024,00	137,3760	173,6640	25,9200
SET / 17	4378,53	17928,00	2894,40	108,0000	130,4640	28,5120
AGO / 17	1649,37	9050,40	2527,20	56,1600	66,5280	21,6000
JUL / 17	2725,48	12484,80	2808,00	69,1200	108,0000	19,0080
JUN / 17	3978,93	18619,20	2613,60	114,0480	123,5520	21,6000
MAI / 17	2988,14	14558,40	2138,40	103,6800	124,4160	18,1440
ABR / 17	5154,19	23911,20	2570,40	127,8720	130,4640	38,8800

Fonte: Próprio Autor

Quando se trata de um consumidor do grupo A com modalidade tarifária verde utiliza-se para os cálculos da taxa de demanda apenas a maior registrada, já o consumidor com modalidade tarifária azul é necessário avaliar a maior demanda medida no horário de ponta e no horário fora de ponta, porque as taxas aplicadas são diferentes para as demanda de acordo com o horário.

Para a análise da melhor modalidade tarifária são necessários os seguintes dados:

- Demanda contratada
- Energia ativa fornecida P (Consumo no horário de ponta)
- Energia ativa fornecida FP (Consumo no horário fora de ponta)
- UFER P (Consumo de reativos no horário de ponta)
- UFER FP (Consumo de reativos no horário fora de ponta)
- Energia ativa injetada FP (Energia gerada que foi injetada na rede)

Para analisar a potência a ser instalada de um sistema fotovoltaico é necessário obter o consumo em um período do consumidor para que através das devidas fórmulas obter a potência para um autoconsumo ou a que melhor atenda o mesmo.

Abaixo segue imagem da fatura de energia elétrica de um consumidor do grupo A onde estão dispostas as grandezas citadas acima marcadas em vermelho:

Figura 3 Fatura de energia (Modalidade tarifária)

DADOS DA MEDIÇÃO							
MÊS DE REFERÊNCIA	03/2018					DEMANDA	250
DATA DA LEITURA ATUAL	09/03/2018	Nº MEDIDOR KWh/kW					
DATA DA LEITURA ANTERIOR	07/02/2018	Nº MEDIDOR KVarth/Qh					
DATA DA PRÓXIMA LEITURA	09/04/2018	Nº MEDIDOR ELETRÔNICO	11556212-5	NÚMERO		DPCP C 029/2014	
DATA DA APRESENTAÇÃO	16/03/2018	FM	720	TIPO		FORNECIMENTO	
NÚMERO DE DIAS	30	IND PERDA	0%	VALIDADE		01/04/2018	
MÉDIA/DIAS	646,1710						
LANÇAMENTOS							
PRODUTO	QUANTIDADE	TARIFA	VALOR	PRODUTO	QUANTIDADE	TARIFA	VALOR
UFER FP	151,2	0,433800	*****65,59	UFER P	1,08	0,433800	*****0,46
PIS/PASEP (0,65 %) LEI 9430 (-)		0,000000	*****133,35	IMP. DE RENDA (1,2%) LEI 9430(-)		0,000000	*****246,18
ENERGIA ATIVA INJETADA FP	2440,8	0,472810	***-1.154,03	DEMANDA	250	21,740030	*****5.435,00
CONTR. SOC. S/LUCRO LIQ. (1,0%) LEI 9430(-)		0,000000	*****205,15	ENERGIA ATIVA FORNECIDA P	3703,53	2,052120	*****7.600,08
ENERGIA ATIVA FORNECIDA HR	3002,4	0,472810	****1.419,56	ENERGIA ATIVA FORNECIDA FP	12679,2	0,472810	*****5.994,85
COFINS (3,0%) LEI 9430 (-)		0,000000	*****615,46				

Fonte: Próprio Autor

4.3 ANÁLISE DA DEMANDA CONTRATADA DOS CAMPI IFG

A título de exemplo para o presente trabalho serão usados os campi do IFG para a análise da demanda contratada que melhor atende o perfil de cada campus.

Todos os campus possuem a modalidade tarifária verde. Sendo assim as maiores demandas registradas de cada mês no período de Janeiro de 2017 até Dezembro de 2017 foram coletadas e inseridas no software apêndice B para análise.

Ao final das análises feitas no software os resultados da melhor demanda contratada para cada campus seguem abaixo na tabela 3:

Tabela 2 Análise demanda contratada campi IFG

Campus	Demanda contratada (kW)	Custo Demanda Contratada (R\$)	Demanda Nova (kW)	Custo Demanda Nova (R\$)	Economia Anual Demanda (R\$)
Itumbiara	250,00	65220,00	130,10	33939,44	31280,56
Uruaçu	180,00	46958,40	130,72	34103,38	12855,02
Jataí	60,00	23559,00	78,75	20544,30	3014,70
Inhumas	90,00	23479,20	69,56	18145,90	5333,30
Anápolis	100,00	26088,00	52,53	13704,34	12383,66
Formosa	75,00	19566,00	45,71	11923,68	7642,32
Luziânia	110,00	28696,80	61,69	16093,58	12603,22
Ap. de Goiânia	110,00	28696,80	82,26	21460,61	7236,19
Valparaíso	44,00	11478,72	33,21	8663,82	2814,90
Total	1019,00	273742,92	684,53	178579,06	95163,86

Fonte: Próprio Autor

A análise da demanda contratada se mostrou eficiente, pois com base nos campus analisados é possível observar que todos podem sofrer alteração na demanda contratada de modo a reduzir gastos.

O campus Itumbiara teve um resultado mais expressivo onde uma redução de quase 50 % no valor a ser contratado de demanda foi proposta. Já o campus de Jataí teve um aumento no valor de demanda contratada, pois a demanda contratada estava abaixo das demandas registradas gerando assim muita demanda de ultrapassagem.

Os campus Uruaçu, Inhumas, Anápolis, Formosa, Luziânia e Aparecida de Goiânia tiveram uma redução proposta na demanda contratada menor que o campus Itumbiara. Com isso é constatado que as demandas contratadas desses campus estão mais próximas das demandas registradas de cada um. Contudo a economia financeira gerada devido à nova demanda contratada esteve aproximadamente entre R\$ 6.000,00 e R\$ 10.000,00 mostrando assim a importância das análises feitas.

Nos campus onde a demanda contratada já está muito próxima das demandas registradas é necessário um acompanhamento da demanda registrada de cada mês, pois caso o consumidor por algum motivo aumente sua demanda de potência ou diminua, isso poderá gerar uma demanda de ultrapassagem ou uma demanda excedente desnecessária.

4.4 ANÁLISE DA MODALIDADE TARIFÁRIA CAMPUS ITUMBIARA

A análise da melhor modalidade tarifárias teve como base de dados o campus Itumbiara. Com isso de acordo com a programação desenvolvida presente no apêndice A a tabela 2 mostra as informações comparativas entre as estruturas tarifárias horo-sazonal verde e azul considerando a demanda contratada atual (250 kW) nos horários de ponta e fora de ponta.

Nas análises no presente capítulo foram utilizados os meses no período de Dezembro de 2017 até Março de 2018.

Tabela 3 Valor final da fatura de energia

Meses - Ano	Horo-sazonal verde (R\$)	Horo-sazonal azul (R\$)
mar/18	11.336,00	16.560,00
abr/18	14.332,00	18.548,00
jun/17	13.892,00	18.898,00
nov/17	15987	20.348,00
dez/17	26.388,00	27.175,00

Fonte: Próprio Autor

A modalidade horo-sazonal azul mostrou-se inadequada em todos os meses analisados no contexto econômico por apresentar valores mais elevados que a modalidade verde. Isso porque na modalidade horo-sazonal azul a taxa paga pela demanda no horário de ponta é muito maior que na modalidade tarifária horo-sazonal verde. Portanto um consumidor do grupo A que possui um consumo e uma demanda significativa no horário de ponta torna inviável a adesão a modalidade azul. Sendo assim a maioria dos consumidores que se adequam a modalidade azul possuem consumo e demanda no horário de ponta muito pequenos ou implementam medidas que visam diminuir os mesmos para que essa modalidade se torne viável.

4.5 SISTEMA FV ITUMBIARA

Com a melhor demanda contratada e modalidade tarifária que melhor atende o perfil energético de um consumidor do grupo A é possível dimensionar o sistema fotovoltaico que melhor atenderá as necessidades do consumidor.

Sendo assim a título de exemplo o campus Itumbiara será utilizado como base de dados para as análises de dimensionamento da potência de possíveis sistema de geração fotovoltaica. Comisso utilizando a equação (24) é possível estimar um valor de kWp a serem instalados que serão suficientes para atender o campus de acordo com o seu consumo.

Utilizando o consumo anual do campus Itumbiara é possível estimar uma potência a ser instalada para um autoconsumo do campus, segue abaixo:

Caso 1: Potência de geração para autoconsumo

$$Pfv_{KWp} = \frac{\text{Consumo Anual (KWh)}}{TD * HSP * 365} \quad (35)$$

$$Pfv_{KWp} = \frac{325.367,6}{0,8 * 5 * 365}$$

$$Pfv_{KWp} = 222,85 \text{ KWp}$$

Para que o campus IFG Itumbiara consiga suprir o seu consumo serão necessários aproximadamente 222,85 kWp de geração fotovoltaica. Com isso vários cenários diferentes surgirão, pois, a demanda contratada dependendo do valor da potência em kWp a ser instalada deverá aumentar, porém em outros casos ela pode estar muito inferior ou até mesmo muito próxima do projeto.

Para que seja possível calcular o custo de instalação de um sistema fotovoltaico é necessário um preço de mercado. Sendo assim existem várias empresas que prestam esse serviço e possuem valores diferentes para o preço do kWp instalado. Com isso o mais indicado é fazer uma pesquisa buscando o preço de mercado mais acessível e com a melhor qualidade de serviço e de material.

Com um kWp custando R\$ 4.000,00 um sistema de 222,85 irá custar:

$$Valor_{Sistema_{fv}} = 222,85 * R\$ 4.000 \quad (36)$$

$$Valor_{Sistema_{fv}} = R\$ 891.400,00$$

Para que seja possível avaliar a viabilidade do sistema é necessário obter a economia aproximada que o mesmo irá gerar para que assim seja possível estimar um payback do sistema. Sendo assim a economia gerada no horário de ponta será o consumo ponta corrig. multiplicado pela tarifa no horário.

$$Economia \text{ Anual}_{Ponta \text{ corrig.}} = Consumo \text{ Anual}_{Ponta \text{ corrig.}} * Tarifa_{Ponta} \quad (37)$$

$$Economia\ Anual_{Ponta\ corrig.} = 73.252,36508 * 1,28093$$

$$Economia\ Anual_{Ponta\ corrig.} = R\$ 93.831,152$$

Todo o consumo no horário fora de ponta e h será compensado pela geração. Sendo assim a economia gerada será o resultado da soma do consumo nos dois horários multiplicado pela tarifa fora de ponta.

$$Economia\ Anual_{(FP+HR).} = Consumo_{(FP+HR)} * Tarifa_{Fora\ Ponta} \quad (38)$$

$$Economia\ Anual_{(FP+HR).} = 252.115,2 * 0,29513$$

$$Economia\ Anual_{(FP+HR).} = R\$ 74.406,7589$$

Caso a demanda contratada para que seja instalado a potência de geração para autoconsumo seja maior que a demanda real que o consumidor necessita é necessário calcular a demanda adicional que será paga.

$$Demanda_{Excedente.} = (Demanda_{Autocons.} - Demanda_{Real}) * Tarifa_{Demanda} \quad (39)$$

$$Demanda\ Mensal_{Excedente.} = (222,85 - 130) * 13,57$$

$$Demanda\ Mensal_{Excedente} = R\$ 1.259,9745$$

$$Demanda\ Anual_{Excedente} = R\$ 1.259,9745 * 12$$

$$Demanda\ Anual_{Excedente} = R\$ 15.119,694$$

A economia anual gerada por um sistema de 222,85 kWp será aproximadamente a soma da economia horo sazonal descontando a demanda excedente caso ela exista:

$$Economia_{Anual.} = (Economia_{Ponta\ corrig.} + Economia_{(FP+HR).}) - Demanda_{Excedente.} \quad (39)$$

$$Economia_{Anual} = (R\$ 93.831,152 + R\$ 74.406,7589) - R\$ 15.119,694$$

$$Economia_{Anual} = R\$ 153.118,2169$$

Com a economia anual é possível estimar o payback do sistema de 222,85 kWp, segue abaixo na equação:

$$Payback_{FV} = \frac{Investimento_{Sistema\ FV}}{Economia_{Anual}} \quad (40)$$

$$Payback_{FV} = \frac{R\$ 891.400,00}{R\$ 153.118,2169}$$

$$Payback_{FV} = 5,8 \text{ anos}$$

Caso 2: A demanda contratada que obteve maior economia para o campus Itumbiara foi a de 130 kW. Com isso é possível dimensionar um sistema fotovoltaico cuja potência seja igual a demanda contratada, e assim analisar a sua viabilidade.

Primeiramente é necessário avaliar qual a geração aproximada de um sistema de determinada potência. Sendo assim segue abaixo o cálculo:

$$E_{KWh} = Pfv_{KWp} * TD * HSP * 365 \quad (41)$$

$$E_{KWh} = 130 * 0,8 * 5 * 365$$

$$E_{kWh} = 189800 \text{ kWh}$$

O sistema fotovoltaico de 130 kWp irá custar, segue abaixo:

$$Valor_{Sistematv} = 130 * 4000 \quad (42)$$

$$Valor_{Sistematv} = R\$ 520000,00$$

O sistema de 130 kWp irá gerar uma economia anual de:

Tabela 4 Economia anual campus Itumbiara

Campus	Geração FV 130 KWp anual (kWh)	Economia 130 kWp anual (R\$)
Itumbiara	189800	89130,08

Fonte: Próprio Autor

Através da tabela 4 podemos estimar o payback do sistema de 130 kWp instalados, segue abaixo na equação:

$$Valor_{Sistematv} = \frac{\text{Investimento}_{\text{Sistema FV}}}{\text{Economia}_{\text{Anual}}} \quad (43)$$

$$Valor_{Sistematv} = \frac{R\$ 520.000,00}{R\$ 89130,8}$$

$$Valor_{Sistematv} = 5,83 \text{ anos}$$

Para que seja possível analisar a viabilidade da instalação de sistemas de geração fotovoltaica e comparar diversos sistemas e consumidores diferentes os campi do IFG foram

analisados. Com isso na tabela 5 abaixo seguem os sistemas para autoconsumo de cada campus juntamente com o custo e o payback respectivo:

Tabela 5 Autoconsumo campi IFG

Campus	Potência autoconsumo (kWp)	Custo do sistema (R\$)	Payback (Anos)
Itumbiara	222,85	891400	5,8
Uruaçu	226,66	906.640	4,2
Jataí	171,66	686.640	5,83
Inhumas	126,45	505.800	4,23
Anápolis	104	416.000	4,24
Formosa	105,54	422.160	4,23
Luziânia	105,54	422.160	4,23
Ap. de Goiânia	133,23	532.920	1,73
Valparaíso	73,48	293.920	4,2
Total	1269,41	5.077.640	38,69

Fonte: Próprio Autor

De acordo com a tabela 5 é possível observar que a maioria dos campus seguiram um padrão que de acordo com a potência instalada e o custo do sistema obtiveram um payback muito semelhante. Sendo assim um dos motivos é o perfil energético dos campus que é parecido, ou seja, o consumo nos horários de ponta e fora de ponta são semelhantes.

Os campus Jataí, Aparecida de Goiânia e Valparaíso mostraram resultados muito diferentes do padrão observado nos demais campus. Contudo é necessário lembrar que cada campus possui um perfil energético diferente, ou seja, alguns podem possuir um consumo maior no horário de ponta. Com isso é necessário gerar muita energia no horário fora de ponta para que ela seja compensada no horário de ponta diminuindo assim a economia gerada e o payback.

Na tabela abaixo é possível visualizar os resultados obtidos para sistemas fotovoltaicos que tem sua potência fotovoltaica igual a demanda contratada que apresentou maior economia para os campi do IFG analisados:

Tabela 6 Fotovoltaico de acordo com a melhor demanda contratada

Campus	Potência demanda contratada (kWp)	Custo do sistema (R\$)	Payback (Anos)
Itumbiara	130	520.000	5,83
Uruaçu	180	720.000	5,83
Jataí	100	400.000	4,23
Inhumas	90	360.000	5,83
Anápolis	104	416.000	4,24
Formosa	75	300.000	2,12
Luziânia	75	300.000	2,12
Ap. de Goiânia	110	440.000	3,67
Valparaíso	45	180.000	5,83
Total	909	3.636.000	39,7

Fonte: Próprio Autor

Com os dados do sistema para o autoconsumo e para melhor demanda é possível comparar ambos e com isso analisar qual o mais viável.

Tabela 7- Autoconsumo X Melhor demanda

Campus	Custo do sistema Autoconsumo (R\$)	Economia Autoconsumo Anual	Payback (Anos)	Custo do sistema Melhor demanda (R\$)	Economia Melhor demanda Anual	Payback (Anos)
Itumbiara	891400,00	153689,66	5,80	520000,00	89193,83	5,83
Uruaçu	906640,00	215866,67	4,20	720000,00	123499,14	5,83
Jataí	686640,00	117777,02	5,83	400000,00	94562,65	4,23
Inhumas	505800,00	119574,47	4,23	360000,00	61749,57	5,83
Anápolis	416000,00	98113,21	4,24	416000,00	98113,21	4,24
Formosa	422160,00	99801,42	4,23	300000,00	141509,43	2,12
Luziânia	422160,00	99801,42	4,23	300000,00	141509,43	2,12
Ap. de Goiânia	532920,00	308046,24	1,73	440000,00	119891,01	3,67
Valparaíso	293920,00	69980,95	4,20	180000,00	30874,79	5,83
Total	5.077.640,00	1.282.651,04		3.636.000,00	900.903,06	

Fonte: Próprio Autor

É possível observar que comparado aos sistemas de autoconsumo, alguns dos sistemas calculados de acordo com a demanda contratada possuem um valor de payback maior. Contudo o payback dos sistemas para o autoconsumo e melhor demanda contratada de todos os campi está muito próximo, já o valor da economia gerada para o autoconsumo é

maior. Com isso o sistema voltado para o autoconsumo é mais viável gerando uma economia maior com um payback muito próximo.

Nos sistemas dimensionados de acordo com a melhor demanda vale ressaltar que quanto menor a potência do sistema menor é o investimento e menor é a economia gerada. Sendo assim após o investimento receber todo o retorno a economia mensal gerada será muito menor.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente capítulo foi possível analisar qual a demanda contratada que melhor se enquadra no perfil de um consumidor do grupo A. Com isso foi proposto mudanças no valor da demanda contratada do campus Itumbiara onde um desperdício estava presente na fatura de energia, já no campus Jataí a demanda contratada estava inferior as demandas registradas, portanto, gerando uma cobrança de ultrapassagem. Contudo foi analisado a potência de geração fotovoltaica para autoconsumo dos campus, e também para uma potência igual a sua demanda contratada. Com isso foi constatado a viabilidade dos sistemas de autoconsumo comparados aos sistemas da melhor demanda contratada.

5 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi proposto uma série de análises a serem realizadas antes de se instalar um sistema de geração fotovoltaica para consumidores do grupo A, que consiste em analisar primeiramente a demanda contratada, logo depois a melhor modalidade tarifária levando sempre em conta o perfil energético do consumidor. Com isso foi possível dimensionar sistemas fotovoltaicos economicamente mais eficientes.

Após as análises discutidas no trabalho concluiu-se que no campus Itumbiara a demanda contratada recomendada será a de 130 kW. Esse valor de demanda prevê uma economia média de R\$ 31280,55. Os demais campus mostraram-se com demandas condizentes com a realidade energética. Além disso, os sistemas previstos atendem as normas e as necessidades do campus. Contudo a demanda contratada de cada campus pode sofrer alterações de acordo com o sistema fotovoltaico a ser instalado se adequando a resolução normativa 482.

Quanto à estrutura tarifária não é recomendado fazer nenhuma mudança. Desse modo a estrutura Horo-sazonal verde atende de forma eficiente todos os campus com, ou sem, a instalação de sistema de geração de energia fotovoltaica. Isso se deve ao fato de estes consumidores terem a característica de consumo elevado no horário de ponta.

Foi possível estimar o valor em kWp a serem instalados para que o consumo de cada campus seja suprido pela geração. Sendo assim a fatura de energia terá um valor muito baixo, já que a potência que o campus necessita será fornecida pelo sistema implantando. Com isso os sistemas voltados para o autoconsumo são mais viáveis comparados aos sistemas de acordo com a melhor demanda contratada por apresentarem uma economia maior com um payback muito semelhante. Contudo quanto maior a potência do sistema fotovoltaico maior será o investimento, porém o retorno será mais rápido e a economia gerada pelo sistema será maior.

6 REFERÊNCIAS

ANEEL. Resolução Normativa 414/2010. Governo Federal, 2010.

ANEEL. Resolução Normativa 456/2000. Governo Federal, 2000.

ANEEL. Resolução Normativa 482/2012. Governo Federal, 2012.

ANEEL. Micro e Minigeração Distribuída. Brasília, 2016

AYRÃO – Vinícius – Como calcular FV para clientes do Grupo A - 2016 - <https://viniciusayrao.com.br/como-calcular-fv-para-clientes-do-grupo-a/> - acesso em : 18/10/2018

CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014

ENEL – Tarifas, Taxas e Impostos - 2017 - <https://www.eneldistribuicao.com.br/go/TaxasETarifasCorporativo.aspx> - acesso em : 18/10/2018

ENEL – Histórico de faturas - 2018 - <https://www.eneldistribuicao.com.br/go/> - acesso em : 18/10/2018

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) – 2018. Disponível em: <http://www.irena.org/>

PROCEL .Manual de Iluminação. Rio de Janeiro,2011

PORTAL SOLAR – Quando custa a energia solar fotovoltaica - 2018 - <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html>- acesso em : 18/10/2018

COLAFERRO - Luis - Energia Solar no Brasil: Um panorama para [Você] entender tudo - 2018 - <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-no-brasil-panorama/> - acesso em : 18/02/2019

José Gober, Cristiano, *Medidas de eficiência energética na utilização de energia elétrica em uma instituição de ensino*. 2013. 100f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2013

Garcia Pedrosa, Rafael, *Estudo do modelo brasileiro de tarifação do uso da energia elétrica*. 2012. 60f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012

Lisita Júnior, Orlando, *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede: Estudo de caso - 3 kWp instalado no estacionamento do IEE-USP*. 2005. 87f. Dissertação - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005

Barros Silva, Ellysson, *Estudo da evolução do sistema elétrico nacional a partir do crescimento urbano no Brasil, os sistemas alternativos de energia e os seus impactos ambientais, um caso especial: Londrina*. 2008. 95f. Trabalho de conclusão de curso - Universidade estadual de Londrina, Londrina, 2008

Tiomno Tolmasquim, Mauricio, *Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil*. 2012. 14f. Artigo - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012

7 APÊNDICE A

```

close all
clc
formatshort
A = fopen('Tarifa_Dezembro.txt'); % importa os dados txt
Tarifa_Dezembro = fscanf(A,'%f');
fclose(A);
B = fopen('Taxas_Verde2017.txt'); % importa os dados txt
Taxas_Verde2017 = fscanf(B,'%f');
fclose(B);
C = fopen('Taxas_Azul2017.txt'); % importa os dados txt
Taxas_Azul2017 = fscanf(C,'%f');
fclose(C);

% %calculando as tarifas

% % verde tarifa consumo
valorverdp=Taxas_Verde2017(1);
valorverdfp=Taxas_Verde2017(2);

% % verde tarifa demanda
valordemandaverde=Taxas_Verde2017(3);
valorultrap=Taxas_Verde2017(3);

% % verde tarifa ufer
valoruferp=Taxas_Verde2017(4);
valoruferfp=Taxas_Verde2017(5);

% % verde consumo
pconsumop=Tarifa_Dezembro(1);
pconsumofp=Tarifa_Dezembro(2);

% % verde demanda
demandacont=Tarifa_Dezembro(5);
demandamed=Tarifa_Dezembro(4);

% % verde ufer
ufermedp=Tarifa_Dezembro(6);
ufermedfp=Tarifa_Dezembro(7);

% % Calculo de consumo
consumoverdep=pconsumop*valorverdp;
consumoverdefp=pconsumofp*valorverdfp;

% % Calculo demanda
demandaverde=demandacont*valordemandaverde;
demandaultrap=demandamed+(demandamed*0.1);
demandacont1=demandacont+(demandacont*0.1);
if (demandaultrap>demandacont)
ultrap=(demandamed-demandacont1)*valorultrap;
end

% % Calculo ufer
uferp=ufermedp*valoruferp;
uferfp=ufermedfp*valoruferfp;

```

```

tarifaverdebruta=(uferp+uferfp+consumoverdep+consumoverdefp+demandaverde);
pis.pasep=tarifaverdebruta*0.0065;
contr.soc.s=tarifaverdebruta*0.01;
cofins=tarifaverdebruta*0.03;
imp.rend=tarifaverdebruta*0.012;
geracaofv=Tarifa_Dezembro(8)*Taxas_Verde2017(2);
tarifaverdeliquida=tarifaverdebruta-
(pis.pasep+contr.soc.s+cofins+imp.rend+geracaofv)

% % % % % % % % % % % % % % % % % % % % % % AZUL % % % % % % % % % %
% % % % % % % % % % % % % % % % % % % % % %
% % Valor consumo azul
valorazulp=Taxas_Azul2017(1);
valorazulfp=Taxas_Azul2017(2);

% % Valor demanda azul
valordemandaazulp=Taxas_Azul2017(3);
valordemandaazulfp=Taxas_Azul2017(4);

% % Valor ufer azul
valoruferazulp=Taxas_Azul2017(5);
valoruferazulfp=Taxas_Azul2017(6);

% % Consumo azul
pconsumoazulp=Tarifa_Dezembro(1);
pconsumoazulfp=Tarifa_Dezembro(2);

% % Demanda azul
demandaazulcontp=Tarifa_Dezembro(5);
demandaazulcontfp=Tarifa_Dezembro(9);
demandaazulmedp=Tarifa_Dezembro(3);
demandaazulmedfp=Tarifa_Dezembro(4);

% % Ufer azul
ufermedazulp=Tarifa_Dezembro(6);
ufermedazulfp=Tarifa_Dezembro(7);

% % Calculo do consumo
consumoazulp=pconsumoazulp*valorazulp;
consumoazulfp=pconsumoazulfp*valorazulfp;

% % Calculo demanda
demandaazulp=demandaazulcontp*valordemandaazulp;
demandaazulfp=demandaazulcontfp*valordemandaazulfp;
valordemanda=demandaazulp+demandaazulfp;

if (demandaazulcontp<(demandaazulmedp+demandaazulmedp*0.1))
    ultraazulp=(demandaazulmedp-
(demandaazulcontp+demandaazulcontp*0.1)*valorultraazulp);
end

if (demandaazulcontfp<(demandaazulmedfp+demandaazulmedfp*0.1))
    ultraazulfp=(demandaazulmedfp-
(demandaazulcontfp+demandaazulcontfp*0.1)*valorultraazulfp);
end

```

```
% % Calculo ufer
uferazulp=ufermedazulp*valoruferazulp;
uferazulfp=ufermedazulfp*valoruferazulfp;

tarifaazulbruta=(uferazulp+uferazulfp+valordemanda+consumoazulfp+consumoazulp);
pis.pasepazul=tarifaazulbruta*0.0065;
contr.soc.sazul=tarifaazulbruta*0.01;
cofinsazul=tarifaazulbruta*0.03;
imp.rendazul=tarifaazulbruta*0.012;
geracaofvazul=Tarifa_Dezembro(8)*Taxas_Azul2017(2);
tarifaazulliquida=tarifaazulbruta-
(pis.pasepazul+contr.soc.sazul+cofinsazul+imp.rendazul+geracaofvazul)
```

8 APÊNDICE B

```

close all
clc
formatshort
A = fopen('Demanda_Itumbiara.txt'); % importa os dados txt
Demanda = fscanf(A,'%f');
fclose(A);
dcont=250;
taxadcont= dcont*21.74*length (Demanda);
maior = Demanda (1);
menor = Demanda (1);

% % % % % Custo demanda contratada
ultrapcont=0;
contultrap = (dcont * 0.1) + dcont;
for j = 1 : 1 : length(Demanda)

    if( Demanda(j) >contultrap)

        ultrapcont =(Demanda(j) - contultrap) + ultrapcont;

    end
end

custodcont = taxadcont + (ultrapcont * 43.48)

% % Maior e menor demanda registrada

for i = 1 : 1 : length(Demanda)

    if (maior < Demanda(i))

        maior=Demanda(i);

    end
    if (menor > Demanda(i))

        menor=Demanda(i);

    end
end

end
% % Criando intervalo de simulação

intervalo= maior - menor;
simul= intervalo/10;
range= maior;
dpagacont = dcont * 21.74 ;

for i = 1 : 1 : 10

    dnova (i) = menor + (simul *i);

```

```

end

for i = 1 : 1 : 10
    ultrap (i)= 0;
    for j = 1 : 1 : length(Demanda)

        if( Demanda(j) > (dnova (i)* 0.1 + dnova (i)))

            ultrap (i)= Demanda(j) - dnova (i) + ultrap (i);

        end
    end
end

for i = 1 : 1 : 10

    taxaultrap(i) = ultrap (i) * 43.48;

    custodemandnova (i) = (dnova (i) * 21.74 * length(Demanda) ) + taxaultrap (i);

    if( custodemandnova(i) <taxadcont)
        dnova(i);
    end
end

menorcusto = custodemandnova (i);
for i = 1 : 1 : length (custodemandnova)

    if (menorcusto>custodemandnova(i))

        menorcusto=custodemandnova(i);
        melhordemanda=dnova(i);

    end
end

economia = custodcont - menorcusto;

fprintf('Melhor demanda a ser contratada           % d\n',melhordemanda);

fprintf('Custo da nova demanda contratada           % d \n',menorcusto);

fprintf('Economia gerada devido a nova demanda contratada % d \n',economia);

gcont=0;
yponta=Demanda;
figure, bar(yponta,'b')
xlabel('Meses')
ylabel('Demanda (KW) ')
ylim([0 dcont+50])
hold on
x=0:length(Demanda)+2;
for i = 1 : 1 : length(Demanda)+3

```

```
gcont(i)=melhordemanda;  
end  
for i = 1 : 1 : length(Demanda)+3  
gdcont(i)=dcont;  
end  
plot(x,gcont,'g','linewidth',4)  
plot(x,gdcont,'r','linewidth',4)  
  
legend('Demandas registradas','Melhordemanda','Demanda contratada atual')
```

9 ANEXO A

CELG DISTRIBUIÇÃO - CELG D
DC-SUPERINTENDÊNCIA DE COMERCIALIZAÇÃO
DC-DEPARTAMENTO DE GESTÃO COMERCIAL
DC-SETOR DE GESTÃO DO FATURAMENTO

BOLETIM DE TARIFAS HORÁRIAS 2017 - REH 2313/2017 - Vigência A partir de 22/10/2017

TARIFA HORARIA AZUL							
Segmento Subgrupo	Horário	DEMANDA (R\$/kW)		CONSUMO (R\$/kWh)		REATIVO	
		Ponta	F. de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	UFER (R\$/kWh)	DMCR (R\$/kW)
A1 (230kV ou mais)		R\$ 4,40000	R\$ 4,34000	R\$ 0,41937	R\$ 0,27387	R\$ 0,27078	R\$ 4,34000
A2 (88kV a 138 kV)		R\$ 10,42000	R\$ 7,20000	R\$ 0,42436	R\$ 0,27886	R\$ 0,27078	R\$ 7,20000
A3 (69kV)		R\$ 17,31000	R\$ 8,50000	R\$ 0,43112	R\$ 0,28562	R\$ 0,27078	R\$ 8,50000
A3a (30 a 44kV)		R\$ 34,64000	R\$ 13,57000	R\$ 0,44063	R\$ 0,29513	R\$ 0,27078	R\$ 13,57000
A4 (2,3 a 25kV)		R\$ 34,64000	R\$ 13,57000	R\$ 0,44063	R\$ 0,29513	R\$ 0,27078	R\$ 13,57000
AS (Subterrâneo)		n informado	n informado	n informado	n informado	R\$ 0,27078	n informado

TARIFA HORÁRIA VERDE					
Subgrupo	DEMANDA (R\$/kW)	CONSUMO (R\$/kWh)		REATIVO	
		Ponta	Fora de Ponta	UFER (R\$/kWh)	DMCR (R\$/kW)
A3a (30 a 44kV)	R\$ 13,57000	R\$ 1,28093	R\$ 0,29513	R\$ 0,27078	R\$ 13,57000
A4 (2,3 a 25kV)	R\$ 13,57000	R\$ 1,28093	R\$ 0,29513	R\$ 0,27078	R\$ 13,57000
AS (Subterrâneo)	n informado	n informado	n informado	R\$ 0,27078	n informado

TARIFA DE ULTRAPASSAGEM HORÁRIA AZUL			TARIFA DE ULTRAPASSAGEM HORÁRIA VERDE			
Segmento Horário Subgrupo	Demanda (R\$/kW)		Subgrupo	Demanda (R\$/kW)		
	Ponta	F. de Ponta				
A1 (230kV ou mais)	R\$ 8,80000	R\$ 8,68000	A3a (30 a 44kV)	R\$	27,14000	
A2 (88kV a 138 kV)	R\$ 20,84000	R\$ 14,40000	A4 (2,3 a 25kV)	R\$	27,14000	
A3 (69kV)	R\$ 34,62000	R\$ 17,00000	AS (Subterrâneo)	n informado		
A3a (30 a 44kV)	R\$ 69,28000	R\$ 27,14000	Descontos Percentuais - TABELA 3 Res 2160/2016			
A4 (2,3 a 25kV)	R\$ 69,28000	R\$ 27,14000	UNIDADE CONSUMIDORA		Demanda	Consumo
AS (Subterrâneo)	n informado	n informado	Rural - Grupo A		10%	10%
			Água, Esgoto e Saneam. - Grupo A		15%	15%
			Água, Esgoto e Saneam. - Grupo B		-	15%

NOTA:

Horário de Ponta - das 18:00 às 21:00h (3 h)

Horário Fora de Ponta - das 06:00 às 18:00h e 21:00 às 21:30 h (12h e 30min)

Horário Reservado - das 21:30 às 06:00 h (08h 30min)

ICMS - Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços - Lei nº 10.720/88 / Lei nº 11.651/91 - Código Tributário Estadual - Lei nº 15.051/04

- Classe Rural com Inscrição Estadual - Alíquota de 12% - Aplicação: Tarifa/1-(ICMS+PIS+COFINS) x Consumo e/ou Demanda

- Classe Residencial monofásico com consumo entre 51 e 80 kWh - Alíquota de 25% - Aplicação: Tarifa/1-(ICMS+PIS+COFINS) x Consumo