

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

AUGUSTO MÜLLER SCHAEGLER

**ANÁLISE TARIFÁRIA DE ESTABELECIMENTOS
PRISIONAIS DO GRUPO A4**

Porto Alegre

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**ANÁLISE TARIFÁRIA DE ESTABELECIMENTOS
PRISIONAIS DO GRUPO A4**

Projeto de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para Graduação em Engenharia Elétrica.

ORIENTADOR: Prof. Me. Eng. Igor Pasa Wiltuschnig

Porto Alegre

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

AUGUSTO MÜLLER SCHAEGLER

**ANÁLISE TARIFÁRIA DE ESTABELECIMENTOS
PRISIONAIS DO GRUPO A4**

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da Disciplina de “Projeto de Diplomação”, do Departamento de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Me. Eng. Igor Pasa Wiltuschnig UFRGS
Mestre pela UFRGS – Porto Alegre, Brasil

Banca Examinadora:

Prof. Me. Eng. Igor Pasa Wiltuschnig
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^ª. Dra Gladis Bordin.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng. Jean Paulo de Oliveira Menzel
GV Energy & Associados

Porto Alegre, julho de 2017.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e à minha irmã, que não medem esforços, por me darem suporte e total apoio que me proporcionou a alcançar esse objetivo.

Aos colegas de curso pelo auxílio na realização das atividades desenvolvidas, dando força para continuar.

Ao Prof. Me. Eng. Igor Pasa Wiltuschnig pela atenção e tempo dedicado a me auxiliar no desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas de trabalho pela disposição em revolver as dúvidas que surgiram, além da obtenção de material utilizado na pesquisa.

RESUMO

Este trabalho realiza uma análise de contratos de energia de três estabelecimentos prisionais do estado do Rio Grande do Sul, a fim da revisão de suas modalidades tarifárias, bem como demandas contratadas. Considera-se cenários de gestão dos contratos de acordo com a demanda variável devido à sazonalidade, onde são realizadas simulações através de uma planilha automatizada elaborada no *software* Excel. Obteve-se uma economia anual de aproximadamente R\$ 100.000,00, quando agrupados os três casos, considerando os diferentes contratos de modalidades na Tarifa Horária Verde e Tarifa Horária Azul. Também foi obtido uma relação do perfil de consumo de energia desses locais frente ao seu Fator de Carga. Além disso, com o objetivo de obter uma análise de economia a longo prazo, foi simulada a implantação de um sistema fotovoltaico em uma penitenciária, sendo esse dimensionado em relação à demanda contratada pela unidade consumidora, o que atendeu aproximadamente 50% do consumo de energia e obteve viabilidade positiva na implementação do projeto quando considerados indicadores econômicos como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *payback*.

Palavras-chaves: Tarifação de Energia. Grupo A4. Energia Fotovoltaica. Consumo de Energia em Unidades Prisionais.

ABSTRACT

An analysis on energy contracts were performed for three prisons in the Rio Grande do Sul Brazil, to examine the fees and contracted power demand. Different sceneries in Excel were considered according the variable power demand in the seasonality. An annual savings of approximately R\$ 100,000.00 was obtained, when the three cases were grouped, considering the different contracts modalities. It was also obtained a relationship between the profile of energy consumption and its load factor. In addition, in order to obtain a long-term economic analysis, it was simulated the installation of a photovoltaic system in a penitentiary, being this project dimensioned according to the power demand contracted by the consumer unit, which served approximately 50% of the energy consumption and obtained positive viability in the implementation of the project when considering economic indicators such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and payback.

Keywords: Energy contracts. Group A4. Photovoltaics. Energy consumption in prisons.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	MOTIVAÇÃO	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO TARIFÁRIA	16
2.1	INTRODUÇÃO.....	16
2.2	PRINCIPAIS CONCEITOS DO SISTEMA TARIFÁRIO.....	17
2.3	FORMAÇÃO DA TARIFA DE ENERGIA	18
2.4	GRUPOS DE TENSÃO	21
2.5	MODALIDADES TARIFÁRIAS	22
2.5.1	Modalidade Tarifária Convencional Binômia	23
2.5.2	Modalidade Tarifária Horária Verde.....	23
2.5.3	Modalidade Tarifária Horária Azul	25
2.5.4	Comparação Entre as Modalidades Tarifárias	26
2.6	SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS PARA OTIMIZAÇÃO DOS CONTRATOS DE ENERGIA ELÉTRICA	27
2.7	PERFIL DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UM ESTABELECIMENTO PRISIONAL.....	29
3	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	32
3.1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO.....	32
3.2	REGULAMENTAÇÃO E NORMAS.....	33
3.3	MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	35
3.4	MÉTODOS DE ANÁLISE FINANCEIRA	35
4	ESTUDO DE CASO	37
4.1	PENITENCIÁRIA MODULADA ESTADUAL DE CHARQUEADAS	37
4.2	ANÁLISE PENITENCIÁRIA ESTADUAL DE ARROIO DOS RATOS	42
4.3	PENITENCIÁRIA ESTADUAL DE SANTA MARIA.....	46
4.4	COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS REALIZADOS	50
4.5	PAINEL FOTOVOLTAICO: PENITENCIÁRIA MODULADA DE IJUÍ.....	52
4.5.1	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico.....	52
4.5.2	Balanco Financeiro do Projeto	59
5	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXO A	68
	ANEXO B.....	72

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. NÚMERO DE MICRO E MINIGERADORES.....	14
FIGURA 2. CUSTOS CONSIDERADOS NA FORMAÇÃO DA TARIFA.	18
FIGURA 3. COMPOSIÇÃO DO VALOR FINAL DA ENERGIA ELÉTRICA.	20
FIGURA 4. CLASSE DE CONSUMO DAS UNIDADES CONSUMIDORAS DO GRUPO A.	22
FIGURA 5. DIVISÃO DA TARIFA HORÁRIA VERDE.	24
FIGURA 6. DIVISÃO DA TARIFA HORÁRIA AZUL.....	26
FIGURA 7. RETAS TARIFÁRIAS EM RELAÇÃO DO FATOR DE CARGA (FC).	27
FIGURA 8. PERFIL DE CONSUMO DE ENERGIA DADO PELA MEMÓRIA DE MASSA OBTIDA ATRAVÉS DO SOFTWARE ELO50.	30
FIGURA 9. ILUSTRAÇÃO DE UM SFCR.	33
FIGURA 10. EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA (MW) ATÉ 23/05/17.....	34
FIGURA 11. VISTA DE SATÉLITE DA P MEC.....	37
FIGURA 12. VISTA DE SATÉLITE DA PEAR.	42
FIGURA 13. VISTA DE SATÉLITE DA P ESM.	46
FIGURA 14. PERFIL MÉDIO DE CONSUMO DE ENERGIA NO MÊS DE JANEIRO.....	53
FIGURA 15. VISTA AÉREA DA PENITENCIÁRIA MODULADA DE IJUÍ.	55
FIGURA 16. IRRADIAÇÃO MÉDIA ANUAL (KWH/M ²) PARA INCLINAÇÃO DE 23° OBTIDA NO SOFTWARE RADIOSOL2.	56
FIGURA 17. ENERGIA MÉDIA POR HORA GERADA NO MÊS DE JANEIRO.....	58
FIGURA 18. COMPOSIÇÃO DO CUSTO TOTAL DA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FV.....	60
FIGURA 19. PAYBACK SIMPLES: RETORNO DO INVESTIMENTO EM 10 ANOS.	62
FIGURA 20. PAYBACK MODIFICADO: RETORNO DO INVESTIMENTO EM 18 ANOS.	62
FIGURA 21. PREÇO DE SISTEMAS FV EM 2015 POR FAIXA DE POTÊNCIA INFORMADOS PELAS EMPRESAS/FABRICANTES/REVENDEDORAS DE MÓDULOS E INVERSORES.	63
FIGURA 22. CLASSES DE CONSUMO DOS CONSUMIDORES.	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. TABELA UTILIZADA NOS CÁLCULOS DE MODALIDADE TARIFÁRIA E DEMANDA CONTRATADA.	28
TABELA 2. VALORES DE DEMANDA E ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA NO PERÍODO DE UM ANO - P MEC.	38
TABELA 3. FATURAS DE ENERGIA PARA O CONTRATO ATUAL - P MEC.	38
TABELA 4. READEQUAÇÃO DA DEMANDA – TARIFA HORÁRIA AZUL - P MEC. ...	39
TABELA 5. READEQUAÇÃO DA DEMANDA – TARIFA HORÁRIA AZUL COM GESTÃO DE CONTRATO - P MEC.	40
TABELA 6. READEQUAÇÃO DA DEMANDA - CONTRATO NA TARIFA HORÁRIA VERDE - P MEC.	40
TABELA 7. OTIMIZAÇÃO DA DEMANDA – TARIFA HORÁRIA VERDE COM GESTÃO DE CONTRATO - P MEC.	41
TABELA 8. VALORES DE DEMANDA E ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA NO PERÍODO DE UM ANO - P EAR.	43
TABELA 9. FATURAS DE ENERGIA PARA O CONTRATO ATUAL - P EAR.	43
TABELA 10. READEQUAÇÃO DA DEMANDA - TARIFA HORÁRIA VERDE - P EAR.	44
TABELA 11. READEQUAÇÃO DA DEMANDA COM GESTÃO DE CONTRATO – TARIFA HORÁRIA VERDE - P EAR.	44
TABELA 12. CONTRATO NA TARIFA HORÁRIA AZUL - P EAR.	45
TABELA 13. CONTRATO DE ENERGIA NA TARIFA HORÁRIA AZUL COM GESTÃO DE CONTRATO - P EAR.	45
TABELA 14. PREÇO DA ENERGIA ELÉTRICA NA CONCESSIONÁRIA RGE SUL.	47
TABELA 15. VALORES MEDIDOS DE NOVEMBRO DE 2016 A DEZEMBRO DE 2015 P ESM.	47
TABELA 16. CONTRATO ATUAL, TARIFA HORÁRIA VERDE - P ESM.	48
TABELA 17. READEQUAÇÃO DE DEMANDA - P ESM.	48
TABELA 18. DEMANDA OTIMIZADA COM GESTÃO DE CONTRATO – TARIFA HORÁRIA VERDE - P ESM.	49
TABELA 19. CONTRATO READEQUADO PARA TARIFA HORÁRIA AZUL P ESM. .	49
TABELA 20. CONTRATO NA TARIFA HORÁRIA AZUL COM GESTÃO DE CONTRATO - P ESM.	50
TABELA 21. CONSUMO E DEMANDA MEDIDOS NO PRESÍDIO ESTADUAL DE CACHOEIRA DO SUL.	51
TABELA 22. VALORES FATURADOS DURANTE O ANO, CONSIDERANDO-SE AS DUAS MODALIDADES TARIFÁRIAS.	51
TABELA 23. CONSUMO MÉDIO [KW] DE ENERGIA PARA CADA HORA DO DIA. ...	52
TABELA 24. ENERGIA CONSUMIDA E VALORES FATURADOS EM 2016, SEM CONSIDERAR DEMANDA.	54
TABELA 25. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO PAINEL SOLAR CANADIAN 315 WP.	55

TABELA 26. TABELA DE IRRADIAÇÃO SOLAR MÉDIA DE ACORDO COM O ÂNGULO DO PAINEL.	56
TABELA 27. IRRADIÂNCIA MÉDIA EM W/M ² A CADA HORA DO MÊS.....	57
TABELA 28. ENERGIA GERADA EM KWH PELOS PAINÉIS DURANTE O ANO.	58
TABELA 29. MONTANTE QUE REPRESENTA A ENERGIA GERADA ANUALMENTE.	59
TABELA 30. FORMAÇÃO DO CUSTO TOTAL PARA AQUISIÇÃO E INSTALAÇÃO DO PAINEL SOLAR DIMENSIONADO.....	60
TABELA 31. BALANÇO FINANCEIRO.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

A_p : Área dos painéis

CA.: Corrente Alternada

CC.: Corrente Contínua

CIP: Contribuição para Custeio do serviço de Iluminação Pública

COFINS: Contribuição para o Financiamento de Seguridade Social

CRESESB: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito

E_g : Energia gerada

FC: Fator de Carga

FV: Fotovoltaico

G : Radiação

ICMS: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços

n : Rendimento global

P_{CONSUMO} : Parcela cobrada pelo consumo de energia

P_{DEMANDA} : Parcela cobrada pela demanda de energia

PEAR: Penitenciária Estadual de Arroio dos Ratos

PIS: Programas de Integração Social

PMEC: Penitenciária Modulada Estadual de Charqueadas

PMI: Penitenciária Modulada de Ijuí

PROCEL: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

$P_{\text{ULTRAPASS.}}$: Parcela cobrada pela ultrapassagem na demanda de energia

REN: Resolução Normativa

SFCR: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

TE: Tarifa de Energia

TIR: Taxa Interna de Retorno

TMA: Taxa Mínima de Atratividade

TUSD: Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

UC: Unidade Consumidora

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VPL: Valor Presente Líquido

Wp: Watt-pico

1 INTRODUÇÃO

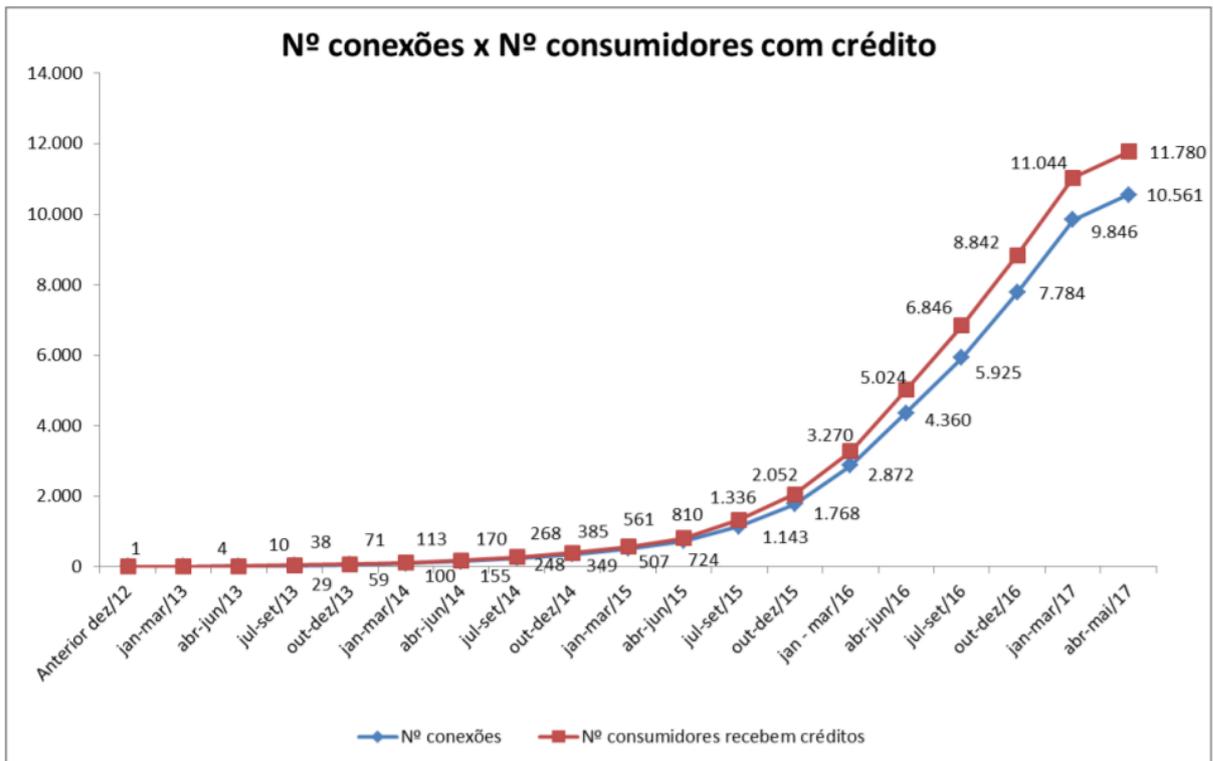
1.1 MOTIVAÇÃO

Em face da inexistência de modelos precisos da demanda de energia elétrica em casas prisionais, necessita-se uma abordagem particular de cada caso, fazendo-se análise detalhada a fim de garantir a economia dos recursos públicos. Essa análise consiste, a grosso modo, na escolha da melhor tarifa e demanda para o contrato de energia elétrica por parte da contratante junto à concessionária.

De acordo com o contexto da adequação tarifária, a motivação principal para o presente projeto é otimizar os contratos de energia elétrica das Penitenciárias do Estado do Rio Grande do Sul, onde o estado gasta mensalmente, em média, R\$ 1.200.000,00. Objetiva-se revisar a contratação de tarifas e demandas defasadas, embasando-se na atualização da legislação vigente, bem como análise por meio de estudos de caso.

Frente à possibilidade da redução da fatura de energia pelos métodos supracitados, que são de curto prazo, buscou-se uma alternativa a longo prazo que também pudesse gerar economia de recursos, chegando-se na possibilidade da instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos em um estabelecimento prisional. A viabilidade dessa implantação é motivada pelo fato de que, após a publicação da Resolução Normativa (REN) 482 de 2012, iniciou-se no país um lento processo de difusão de micro e minigeradores distribuídos, o qual começou a acelerar a partir de 2016. A Figura 1 apresenta os valores acumulados de conexões e consumidores que recebem os créditos de micro e minigeração distribuída até o dia 23 de maio do corrente ano. Além disso, é importantíssimo na redução de impactos ambientais causados pelos outros métodos de geração de energia.

Figura 1. Número de micro e minigeradores.



Fonte: ANEEL (2017d).

1.2 OBJETIVOS

Realizar um estudo de caso de três casas prisionais do estado do Rio Grande do Sul enquadradas no Grupo A4, analisando-se a modalidade tarifária e a demanda contratada. Essa análise dá-se frente à possibilidade de optar-se entre a modalidade de Tarifa Horária Verde ou Tarifa Horária Azul.

Além disso, com base nos dados obtidos, junto à concessionária, de consumo e demanda de energia elétrica por hora em um período de um ano, simular um cenário com inserção de energia oriunda da geração renovável fotovoltaica, com foco direcionado ao custo de implementação do projeto e sua instalação, comparando assim à economia anual gerada pelo sistema.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 2 trata da legislação tarifária vigente no Brasil e sua evolução, com base nas resoluções normativas, abordando-se conceitos como modalidade tarifária, fator de carga, demanda ponta, demanda fora de ponta, grupos de tensão e grupos tarifários.

O Capítulo 3 aborda a legislação e as configurações existentes para analisar a possibilidade da implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica conectado à rede.

O Capítulo 4 apresenta os estudos de caso contendo a análise de consumo e demanda de energia na procura da adequação, bem como a comparação custo/benefício da geração fotovoltaica em um estabelecimento prisional.

O Capítulo 5 contempla as conclusões obtidas no trabalho, seguido dos Anexos A e B, que tratam dos dados utilizados nos estudos de caso.

2 ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO TARIFÁRIA

2.1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é insumo essencial para o bem-estar da sociedade. Esse insumo é utilizado em praticamente todas as atividades de uma economia, como processos industriais, comerciais e prestação de serviços. Considerada um indicador de desenvolvimento humano e social, possui custos de geração, transmissão e distribuição, os quais devem ser arcados pelos consumidores. Essa cobrança, simplificada, é o preço dado por unidade de energia consumida (R\$/kWh), definida como tarifa de energia elétrica.

Até 1993, a tarifa de energia era única no Brasil. As concessionárias garantiam a remuneração, pois vigorava o regime de regulação pelo custo de serviço. A lei nº 8.631/1993 extinguiu a modalidade de equalização das tarifas de energia elétrica e a Lei Geral das Concessões (Lei nº 8.987/95) definiu que a tarifa fosse fixada por concessionária, ou seja, tarifa pelo preço do serviço e não mais pelo custo, incentivando as distribuidoras a tornarem-se mais eficientes. Essas revisões tarifárias passaram a considerar as características de cada área, como número de consumidores, quilômetros de rede de distribuição de cada empresa e o custo da energia adquirida pelas distribuidoras. Buscando-se a padronização do sistema criou-se, em 1996, o órgão regulador do setor elétrico, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que visa proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia se desenvolva (ANEEL, 2016b).

Segundo a ANEEL, atualmente o país possui aproximadamente 152.300.000 kW de potência instalada e o transporte dessa energia é possível graças ao Sistema Interligado Nacional, o qual conta com uma rede de transmissão com mais de 100 mil quilômetros de extensão. Assim, espera-se que o preço da energia seja suficiente para arcar com os custos de operação e expansão de todos os elementos elétricos que compõem o sistema, desde a usina geradora até o ramal de ligação dos consumidores de baixa tensão. Basicamente, estes custos devem cobrir os investimentos realizados na rede e a sua operação diária, que devem resultar em baixos índices de falhas e menores tempos para eventuais consertos.

2.2 PRINCIPAIS CONCEITOS DO SISTEMA TARIFÁRIO

O sistema tarifário brasileiro de energia é regido através de conceitos que são expostos, principalmente, na Resolução Normativa N°414, de 9 de setembro de 2010. Nessa resolução, atualizada até a Resolução Normativa n° 725, de 7 de junho de 2016, tem-se a explicação da vigência e funcionamento dos contratos de energia, modalidades tarifárias, medição, faturas, responsabilidades da concessionária e dos consumidores em geral. Dentre as definições principais, destaca-se:

- a. Carga instalada: soma das potências totais dos equipamentos elétricos instalados [...], expressa em quilowatts (kW) (REN 414, 2010, p. 8).
- b. Concessionária: presta o serviço de distribuição de energia elétrica (REN 414, 2010, p. 8).
- c. Demanda: potência elétrica em operação na unidade consumidora, durante um intervalo o tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kVar) (REN 414, 2010, p. 9).
- d. Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega. Essa deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento (REN 414, 2010, p. 9).
- e. Demanda medida: maior demanda de potência ativa, verificada em intervalos de 15 (quinze) minutos, durante o período de faturamento (REN 414, 2010, p. 9).
- f. Fator de carga: razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora ocorridas no mesmo intervalo de tempo especificado; (REN 414, 2010, p. 10)
- g. Fator de potência: razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado. Segundo o Art. 76 da RN n° 569 de julho de 2013, o mínimo permitido é 0,92 e cobrado somente para o grupo A (REN 414, 2010, p. 10).
- h. Horário de Ponta: período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão ou permissão. (REN 414, 2010, p. 11). Para a CEEE-D, o horário de ponta é entre 18 horas e 00 minutos e as 20 horas e 59 minutos, sendo uma hora adiantado no horário de verão (CEEE-D, 2016).
- i. Horário Fora de Ponta: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas nos postos ponta (REN 414, 2010, p. 11).

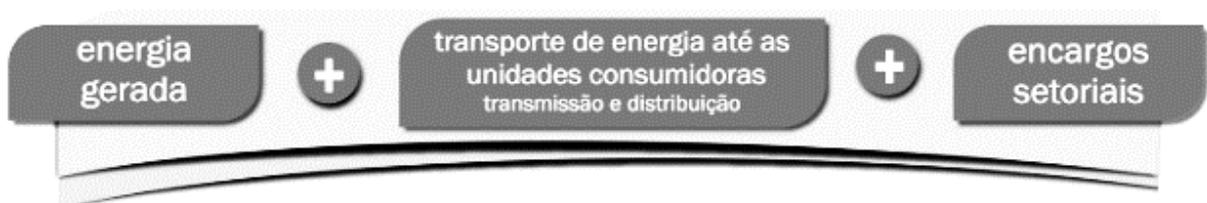
- j. Tarifa de Energia – TE: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao consumo de energia (REN 414, 2010, p. 12).
- k. Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh ou em R\$/kW, utilizado para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema (REN 414, 2010, p. 12).
- l. Unidade consumidora (UC): conjunto composto por instalações, ramal de entrada, equipamentos elétricos, condutores e acessórios, incluída a subestação (quando fornecimento em tensão primária), caracterizado pelo recebimento de energia elétrica com medição individualizada (REN 414, 2010, p. 13).

2.3 FORMAÇÃO DA TARIFA DE ENERGIA

A tarifa visa garantir aos prestadores dos serviços de transmissão e distribuição de energia elétrica a condição de cobrir os custos operacionais e investimentos na expansão e atendimento de qualidade. Com isso, é necessária a aplicação de tarifas que remunerem o serviço de forma adequada. Face ao exposto, a ANEEL desenvolve metodologias de cálculo tarifário para os segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando a infraestrutura desses segmentos. Os custos e investimentos repassados às tarifas são calculados pelo órgão regulador, podendo ser maiores ou menores do que os custos praticados pelas empresas (ANEEL, 2017b).

Segundo El Hage (2011), a estrutura tarifária é o mecanismo de diferenciação de preços cobrados pelo uso da rede de distribuição aos diferentes tipos de consumidores. Para atender o fornecimento de energia com qualidade, a distribuidora tem custos que devem ser avaliados. A Figura 2 mostra os três custos distintos considerados.

Figura 2. Custos considerados na formação da tarifa.



Fonte: Adaptado de ANEEL (2016b).

O transporte da energia, ou seja, da geração à unidade consumidora é um monopólio natural, pois não há vantagem existir competição nesse segmento. Sendo assim, a ANEEL atua para que os custos cobrados estejam de acordo com os serviços prestados. O transporte da energia está dividido em transmissão (entrega de energia à distribuidora) e distribuição (entrega ao usuário final). Quando a conta chega à unidade consumidora, a mesma paga pelo custo da geração, pela transmissão, pela distribuição e encargos setoriais, além de tributos (ANEEL, 2017b).

No Brasil, os tributos estão embutidos nos preços dos bens de serviço, ou seja, nas faturas de energia o consumidor paga tributos federais, estaduais e municipais. Esses tributos são repassados aos cofres públicos pelas distribuidoras de energia (PROCEL, 2011).

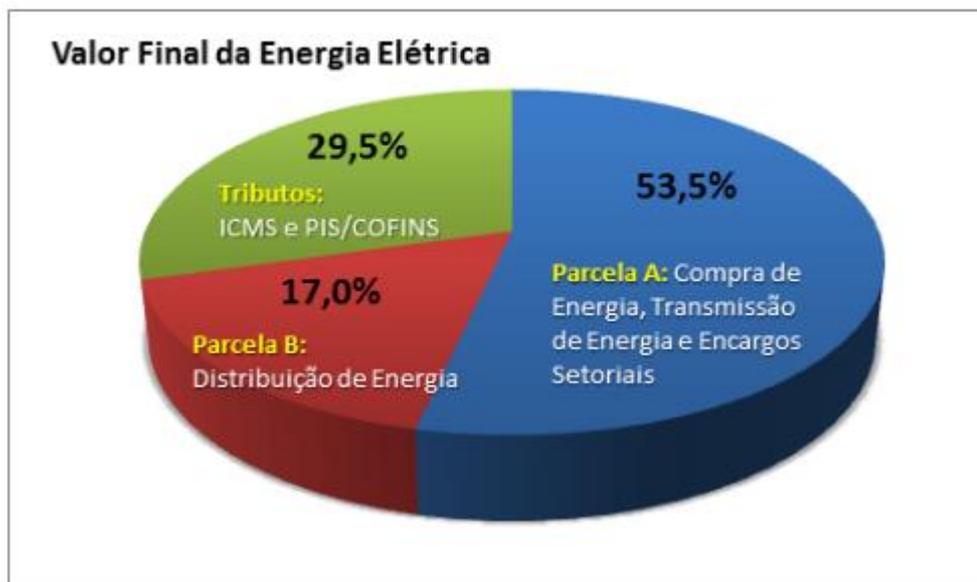
Os tributos federais são compostos pelo PIS (Programa de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento de Seguridade Social). O tributo estadual ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) é estabelecido pelo código tributário de cada estado. Esses tributos entram no valor a ser cobrado ao consumidor de acordo com (1).

$$\text{Valor a ser cobrado ao consumidor} = \frac{\text{Valor da tarifa publicada pela ANEEL}}{1 - (\text{PIS} + \text{COFINS} + \text{ICMS})} \quad (1)$$

Com relação ao tributo municipal, é cobrado a CIP (Contribuição para Custeio do serviço de Iluminação Pública) prevista no artigo 149-A da Constituição Federal. O valor compete ao município, tendo seu valor aprovado pela Câmara Municipal.

De acordo com Figura 3, os tributos representam 29,5% da parcela de custos da energia elétrica. Os custos de compra, transmissão e encargos setoriais de energia são atualmente a maior parcela (53,5%), sendo a distribuição (manutenção dos ativos e operação do sistema) representando apenas 17% do custo da tarifa. Para fins de cálculo tarifário, os custos da distribuidora são classificados em Parcela A e Parcela B, sendo a primeira a compra de energia, transmissão e encargos setoriais e a segunda, distribuição de energia (ANEEL, 2016b).

Figura 3. Composição do valor final da Energia Elétrica.



Fonte: ANEEL (2017b).

Além dos valores e tributos citados, a partir de 2015, as contas de energia passaram a contar com sistema de Bandeiras Tarifárias, onde a energia tem seu preço variável em função da geração de eletricidade. Segundo site da ANEEL, 2017a, os valores de acréscimo dão-se da seguinte forma:

- a. Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- b. Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,020 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- c. Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido;
- d. Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,035 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Face ao exposto, outros aspectos da definição da tarifa são definidos de acordo com a tensão elétrica de atendimento ao consumidor. Esses são divididos em Grupos de Tensão, como mostra a Seção 2.4, com respectivas Modalidades Tarifárias, sendo assim diferenciado o preço da energia elétrica de acordo com o perfil de consumo de cada unidade.

2.4 GRUPOS DE TENSÃO

No Brasil, os consumidores são divididos em dois grupos, Grupo A e Grupo B, de acordo com o nível de tensão e, conseqüentemente, demanda contratada. O Grupo A é composto por consumidores que possuem fornecimento acima de 2,3 kV, como indústrias, shopping centers, dentre outros. Já no Grupo B, com fornecimento abaixo de 2,3 kV, estão as residências, pequenos comércios etc. (PROCEL, 2011).

A Resolução Normativa nº 414, de 2010, da ANEEL, define os grupos da seguinte maneira:

Grupo A: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia e subdividido nos seguintes subgrupos (REN 414, 2010, p. 10):

- a) subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- b) subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- c) subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- d) subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- e) subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV; e
- f) subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

Grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia e subdividido nos seguintes subgrupos (REN 414, 2010, p. 10):

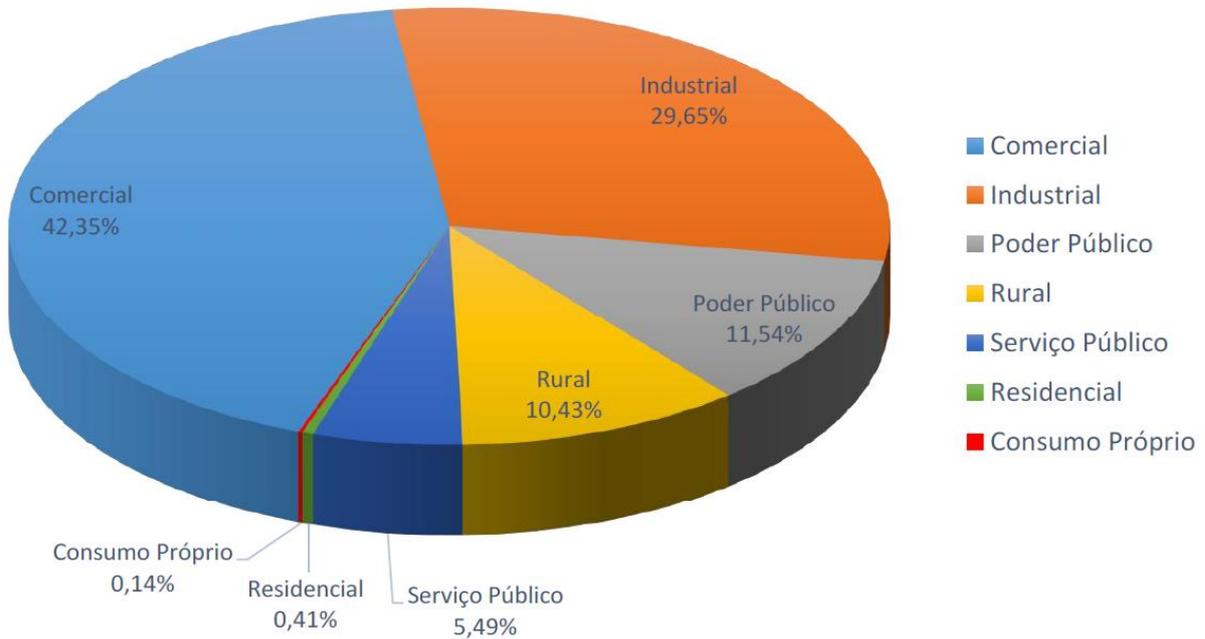
- a) subgrupo B1 – residencial;
- b) subgrupo B2 – rural;
- c) subgrupo B3 – demais classes; e
- d) subgrupo B4 – Iluminação Pública.

A tarifa que é aplicada aos consumidores do Grupo A é chamada de Tarifa Binômia, pois é constituída de preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa (kWh) e à demanda faturável (kW). Sobre o Grupo B, é aplicada a Tarifa Monômia, onde é cobrada apenas o consumo de energia ativa (kWh), ou seja, não há contratação de demanda e paga-se apenas o consumido (PROCEL, 2011).

O foco deste trabalho é a análise da energia elétrica consumida em casas prisionais, as quais fazem parte do Poder Público e se enquadram, na sua maioria, no Grupo A4 (salvo apenas pequenos estabelecimentos atendidos em BT). O subgrupo A4 tem o maior número de unidades consumidoras dentre o Grupo A, onde o Poder Público representa 11,54% desta classe de

consumo, segundo consulta ao Sistema de Acompanhamento de Informações de Mercado - SAMP, em dezembro de 2015, como mostra Figura 4.

Figura 4. Classe de Consumo das Unidades Consumidoras do Grupo A.



Fonte: ANEEL (2016).

2.5 MODALIDADES TARIFÁRIAS

A definição de estrutura tarifária pode ser dada como sendo o conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e/ou a demanda de potência ativa, respeitando a modalidade de fornecimento (PROCEL, 2011). Segundo a Resolução Normativa N°479 de 3 de Abril de 2012:

- a. Modalidade tarifária convencional monômnia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia (REN 479, 2012, p. 2).
- b. Modalidade tarifária horária branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (REN 479, 2012, p. 2).

- c. Modalidade tarifária convencional binômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia. Esta modalidade será extinta a partir da revisão tarifária da distribuidora (REN 479, 2012, p. 2).
- d. Modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência (REN 479, 2012, p. 2).
- e. Modalidade tarifária horária azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia (REN 479, 2012, p. 2).

2.5.1 Modalidade Tarifária Convencional Binômia

A partir da publicação da resolução homologatória da revisão do Quarto Ciclo de Revisão Tarifária Periódica (4CRTP) para as concessionárias, a modalidade tarifária Convencional Binômia será extinta, direcionando o consumidor do Grupo A em optar entre a tarifa horária Verde ou Azul. Para os consumidores conectados na CEEE-D, por exemplo, este fato ocorreu a partir da Resolução Homologatória Nº 2.171 de novembro de 2016.

Apesar disso, uma unidade consumidora do Grupo A pode optar por faturamento com aplicação da tarifa do Grupo B se a potência nominal dos transformadores for igual ou inferior a 112,5 kVA. No entanto, não é o caso dos estabelecimentos prisionais analisados no Capítulo 4.

2.5.2 Modalidade Tarifária Horária Verde

É opção de enquadramento para as unidades consumidoras do Grupo A, subgrupo A3a, A4 e AS. Nessa modalidade, se contrata a demanda pretendida pelo consumidor, independente se for horário de ponta ou fora de ponta. A fatura de energia elétrica do consumidor que contrata esta modalidade é composta das somas de parcelas referentes ao consumo, a demanda e à possível ultrapassagem da mesma. As parcelas de consumo e de demanda são calculadas segundo (2) e (3), respectivamente.

$$P_{\text{CONSUMO}} = \text{Tarifa de Consumo na Ponta} \times \text{Consumo Medido na Ponta} + \text{Tarifa de Consumo fora de Ponta} \times \text{Consumo Medido fora de Ponta} \quad (2)$$

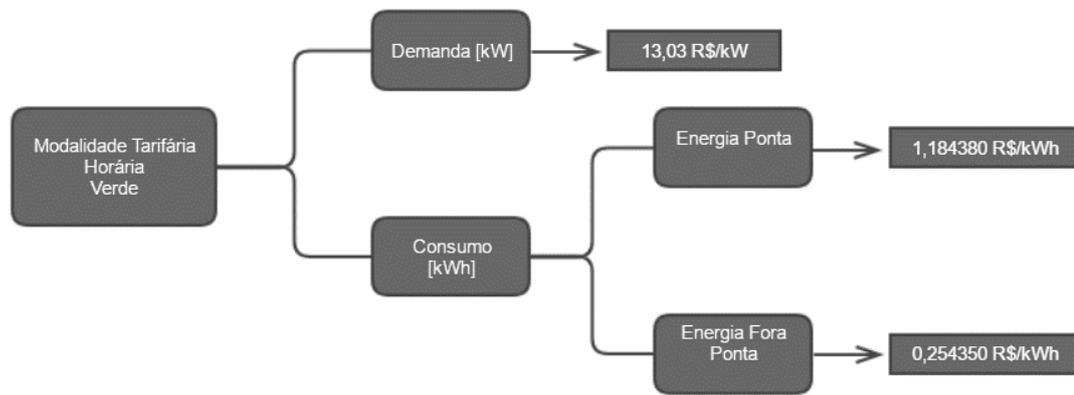
$$P_{\text{DEMANDA}} = \text{Tarifa de Demanda} \times \text{Demanda Contratada} \quad (3)$$

Caso haja um excedente de 5% da demanda medida em relação à Demanda Contratada, é cobrada a ultrapassagem com tarifa diferenciada, como mostrado em (4).

$$P_{\text{ULTRAPASS.}} = \text{Tarifa de Ultrapassagem} \times (\text{Demanda Medida} - \text{Demanda Contratada}) \quad (4)$$

A Tarifa de Ultrapassagem é o dobro da tarifa de demanda. Por exemplo, na Figura 5, tem-se os valores cobrados pela CEEE-D, com valores dados em novembro de 2016, subgrupo A4, onde a tarifa de ultrapassagem de demanda torna-se 26,06 R\$/kW. Os preços dispostos apresentam os valores da TUSD e TE já somados.

Figura 5. Divisão da Tarifa Horária Verde.



Fonte: O autor (2017).

Se o consumidor almeja adequar o seu contrato de demanda pela sazonalidade, ou seja, demandas contratadas diferentes nos períodos de inverno e verão, a solicitação deve ser feita pelo mesmo junto à distribuidora. Dessa forma, o consumidor deve estar atento, pois o aumento ou a redução da Demanda Contratada não é realizada no momento da solicitação, respeitando os prazos segundo a Resolução Normativa ANEEL n° 714, de maio de 2016:

- A distribuidora deve atender à solicitação de aumento de demanda contratada em até 30 (trinta) dias;
- A distribuidora deve atender à solicitação de redução da demanda contratada em até 90 (noventa) dias para os consumidores do subgrupo A4 e 180 (cento e oitenta) dias para os demais subgrupos;

- Importante: é vedada mais de uma redução de demanda em um período de 12 (doze) meses.

Essas definições são aplicadas também quando há contratação da modalidade tarifária Horária Azul, a qual é abordada a seguir.

2.5.3 Modalidade Tarifária Horária Azul

Modalidade obrigatória para os consumidores dos Sub-Grupos A1, A2 e A3, sendo opcional para os subgrupos A3a, A4 e AS. Essa modalidade tarifária exige um contrato que defina a Demanda Contratada em horário de ponta e a Demanda Contratada em horário fora de ponta (PROCEL, 2011).

A parcela da tarifa cobrada pelo consumo dá-se como descrito anteriormente, na Equação 04. No entanto, agora há dois valores de demanda contratada, sendo essa parcela dada na (5).

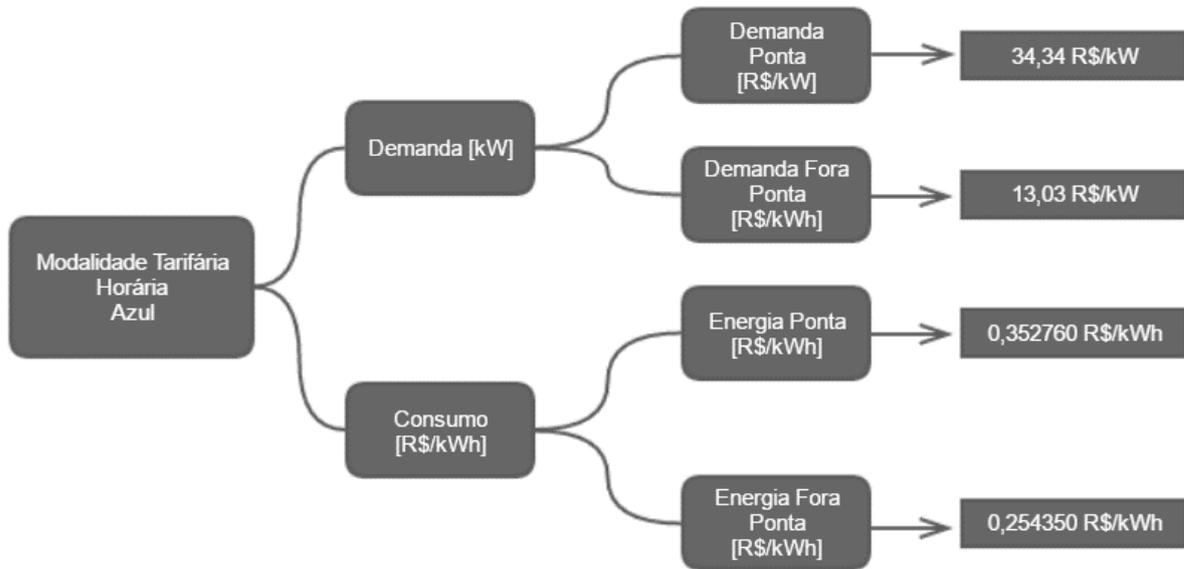
$$P_{\text{DEMANDA}} = \text{Tarifa de Demanda na Ponta} \times \text{Demanda Contratada na Ponta} + \text{Tarifa de Demanda fora de Ponta} \times \text{Demanda Contratada Fora de Ponta} \quad (5)$$

Caso haja um excedente de 5% da demanda medida em relação à Demanda Contratada, é cobrada a ultrapassagem com tarifa diferenciada, como mostra (6).

$$P_{\text{ULTRAPASS.}} = \text{Tarifa de Ultrapassagem na ponta} \times (\text{Demanda Medida na Ponta} - \text{Demanda Contratada na Ponta}) + \text{Tarifa de Ultrapassagem ForaP} \times (\text{Demanda Medida FP} - \text{Demanda Contratada FP}) \quad (6)$$

A Figura 6 mostra como é formada esta modalidade. Os preços informados são os valores aplicados pela CEEE-D, subgrupo A4, o que varia de acordo com a distribuidora. Novamente, os preços dispostos apresentam os valores da TUSD e TE já somados.

Figura 6. Divisão da Tarifa Horária Azul.



Fonte: O autor (2017).

2.5.4 Comparação entre as modalidades tarifárias

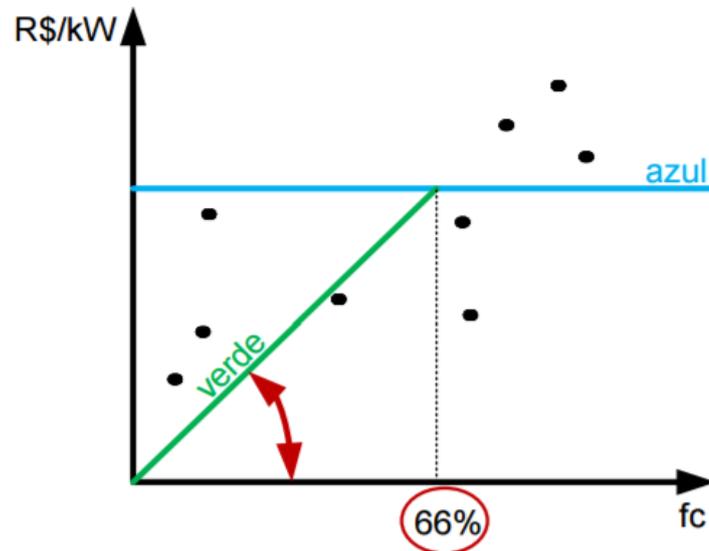
Nota-se que o preço cobrado pelo consumo e demanda fora da ponta é o mesmo para as duas modalidades tarifárias. No entanto, o que define a escolha entre uma ou outra, é a variação do preço da energia e da demanda no horário de ponta. A tarifa de energia cobrada pela CEEE no subgrupo A4 na ponta para a Tarifa Horária Verde é 3,35 vezes maior que a tarifa de energia cobrada no mesmo horário para a modalidade Azul. Por outro lado, a tarifa de demanda em horário de ponta na Tarifa Horária Azul é 2,63 vezes maior que a tarifa única da modalidade Verde.

Essa diferenciação no preço da energia que irá definir o melhor contrato para a unidade consumidora. O consumidor deve acompanhar o próprio perfil de consumo, observando a relação entre a energia consumida na ponta e o pico de demanda medida na ponta. Essa relação é dada pelo Fator de Carga (FC), descrito anteriormente na Seção 2.2. O FC é uma grandeza que varia de 0 a 1, dada por (7), onde Horas é a quantidade total de horas no horário de ponta no mês.

$$FC = \frac{\text{Consumo Mensal na Ponta (kWh)}}{\text{Demanda Ponta (kW) x Horas}} \quad (7)$$

A ANEEL define usualmente um ponto de cruzamento de $FC=0,66$ entre as modalidades Azul e Verde, como ilustra Figura 7.

Figura 7. Retas tarifárias em relação do Fator de Carga (FC).



Fonte: ANEEL (2016a).

Para simulação e determinação da demanda que otimiza o valor pago em energia elétrica, pode-se solicitar o arquivo de memória de massa junto à concessionária, o qual descreve detalhadamente o comportamento da unidade no que tange a energia elétrica consumida.

2.6 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS PARA OTIMIZAÇÃO DOS CONTRATOS DE ENERGIA ELÉTRICA

Para simulação a fim de otimizar a demanda e a modalidade tarifária contratada, elaborou-se uma planilha no software Excel, como mostra a Tabela 1. Ao preencher-se os dados de tarifa, demanda medida, demanda contratada e consumo, é realizado um teste de ultrapassagem da demanda medida em relação à demanda contratada, obtendo-se o gasto em energia elétrica a cada mês. A demanda é testada ponto a ponto, onde o valor converge rapidamente para a melhor demanda a ser contratada, ou seja, para a maior economia.

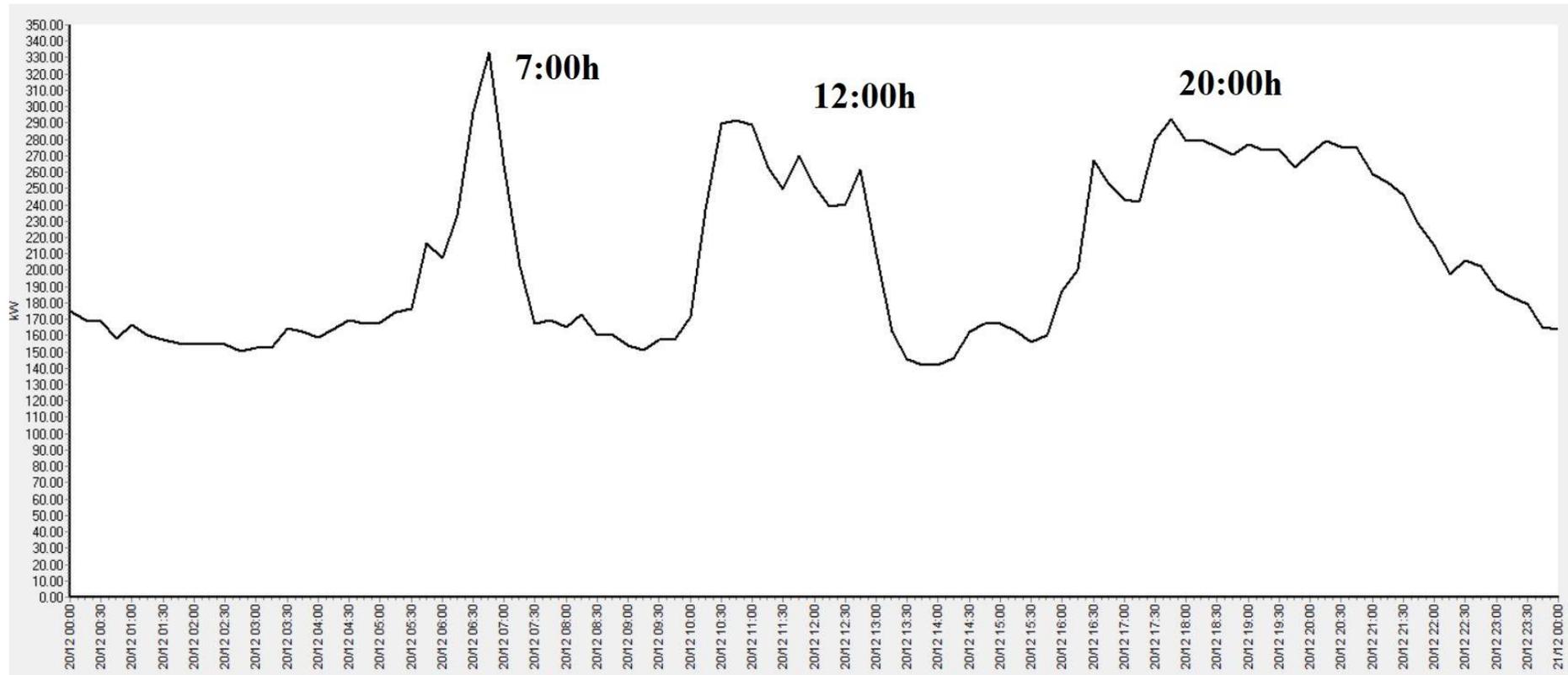
Na Tabela 1, em sua parte superior, são preenchidos os preços do consumo e da demanda contratada para cada tarifa horária. Deve-se preencher também a demanda e o consumo medidos pela concessionária. Com isso, após serem inseridos os valores de demanda contratada, a tabela gera em sua parte inferior os valores faturados mês a mês e o valor anual, sendo possível observar a melhor demanda contratada, bem como a modalidade tarifária, para o consumo analisado.

2.7 PERFIL DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UM ESTABELECIMENTO PRISIONAL

Os perfis de consumo de energia elétrica em estabelecimentos prisionais de regime fechado, o qual é adotado nos estudos de caso realizados na Seção 4, descrevem um funcionamento parecido, com três picos de demanda. Esses picos ocorrem por volta das 7 horas, 12 horas e 20 horas. Com isso, constata-se que a principal demanda de energia se dá pelo fato de apenas cozinhar sua própria refeição dentro da cela, além, do horário de banho.

A Figura 8 mostra graficamente o que foi descrito. O gráfico mostra a variação da demanda de energia (eixo vertical) de acordo com as horas do dia (eixo horizontal), da meia noite às 23 horas. Essa memória de massa foi obtida junto à concessionária CEEE-D e pode ser visualizada no *software* ELO50. Em dias de visita, o perfil mantém-se o mesmo, mas com picos maiores de demanda nos horários destacados. A Figura 8 descreve apenas um dia, mas pôde-se constatar que para todos os dias os três picos se destacam, variando apenas seus máximos.

Figura 8. Perfil de consumo de energia dado pela memória de massa obtida através do *software* ELO50.



Os três picos de demanda influenciam diretamente na modalidade tarifária a ser contratada, principalmente o consumo constante em horário de pico. Na Seção 4.4, essa análise é abordada com maiores detalhes.

3 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Nesta seção é descrito de forma simplificada o funcionamento de um painel fotovoltaico, com o foco direcionado para o dimensionamento deste a fim de ser determinado o custo de implementação desse sistema de geração, possibilitando o estudo da viabilidade de instalação, através de análise financeira.

3.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM PAINEL FOTOVOLTAICO

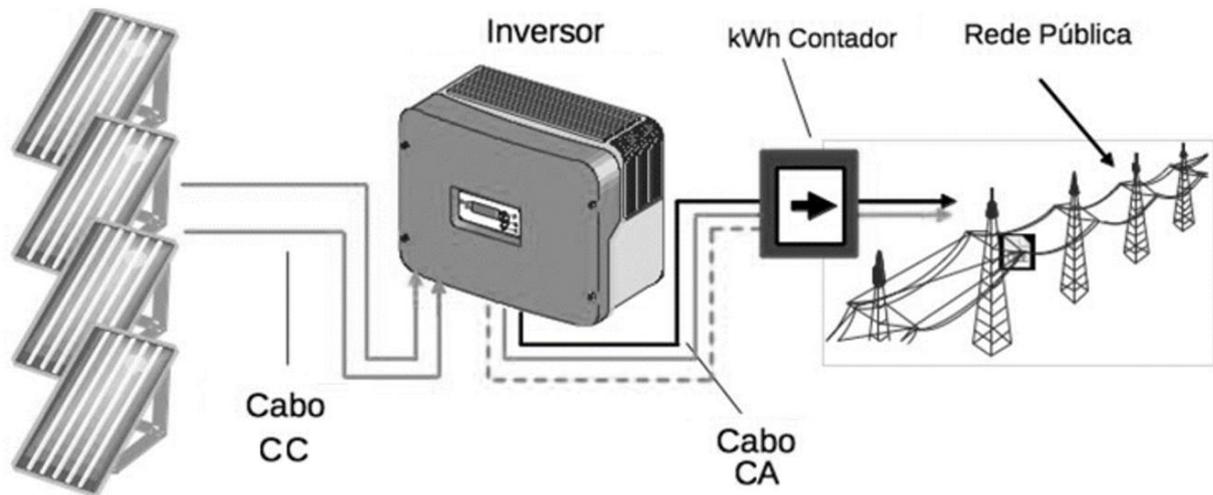
Denomina-se efeito fotovoltaico o fenômeno físico que permite a conversão direta da luz solar em corrente elétrica. De modo geral, o funcionamento dá-se por meio de duas junções compostas por um material semicondutor e, então, é formada uma barreira de potencial entre essas lacunas, onde os elétrons são capazes de transpô-la com a energia descarregada pela radiação solar. Sendo assim, se houver um circuito fechado, o sistema fornecerá corrente elétrica (VILLALVA, 2015).

O material semicondutor utilizado na fabricação de células fotovoltaicas, na sua grande maioria, é o silício (Si). Nesse caso, o painel pode ser constituído de três principais tipos: silício monocristalino, policristalino e amorfo. A diferença entre esses tipos de célula está no rendimento e no custo de fabricação (CRESESB, 2008).

A corrente gerada no painel solar é corrente contínua (CC) e, para ser interligada à rede, deve ser convertida em corrente alternada (CA), procedimento que é realizado pelo inversor. O inversor, além da conexão do painel com a rede elétrica, também tem a função de monitoramento da energia produzida, como a detecção de fuga de corrente, por exemplo (VILLALVA, 2015).

A Figura 9 exemplifica o sistema descrito. Com isso, forma-se o sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR). Para a instalação desse sistema, existem normas determinadas pela ANEEL a serem seguidas pelo consumidor para realizar a conexão à rede de distribuição, as quais serão descritas na Seção 3.2. Em relação ao sistema de armazenamento de energia em baterias, este não será avaliado, devido às perdas apresentadas pelas baterias, dificuldade de manutenção em locais como estabelecimentos prisionais, bem como à facilidade oferecida pelo SFCR no que tange ao excedente de energia gerada (também descritas na Seção 3.2).

Figura 9. Ilustração de um SFCR.



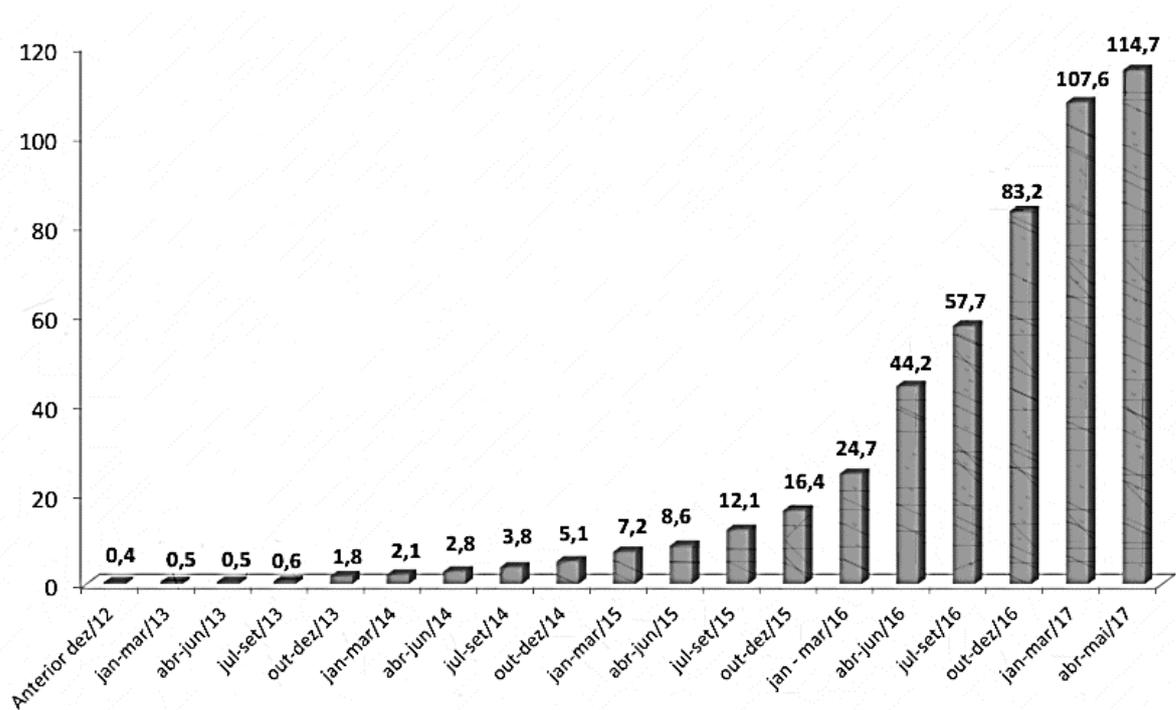
Fonte: Adaptado de Greentech Distribuidora (2017).

3.2 REGULAMENTAÇÃO E NORMAS

O uso da geração distribuída com fontes alternativas de energia elétrica tem crescido em todo o mundo e também no Brasil. Caracteriza-se a geração distribuída pelo uso de geradores descentralizados, instalados próximo aos locais de consumo, o que acarreta em menos perdas com a transmissão da energia elétrica, além da contribuição ambiental, pois possibilita a redução do uso de termoeletricas, por exemplo. No mundo inteiro os sistemas de geração distribuída baseados na energia solar fotovoltaica são os que tem recebido mais atenção. (VILLALVA, 2015)

No Brasil, com a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, o consumidor teve permissão para gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, inclusive com o direito de fornecer o excedente para a rede de distribuição. Trata-se da micro e minigeração distribuída, inovações que podem trazer economia e vantagens socioambientais (ANEEL, 2017c). Essa REN influenciou diretamente no crescimento dos sistemas fotovoltaicos no Brasil. A Figura 10 apresenta a evolução da potência instalada desde 2012, evidenciando o forte crescimento em 2016, com aumento de 407% em relação a 2015.

Figura 10. Evolução da potência instalada (MW) até 23/05/17.



Fonte: Aneel (2017d).

Segundo redação dada pela RN nº 687 da ANEEL, de novembro de 2015, denomina-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência superior de 75 kW e inferior ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Além disso, através dessa resolução, criou-se o sistema de compensação de energia elétrica, onde a unidade consumidora pode injetar a energia excedente na rede, gerando créditos de energia ativa, os quais podem ser consumidos em até 60 meses.

Outro ponto importante dessa resolução trata da limitação da potência total do painel instalado na unidade consumidora. Conforme Art. 4º, §1º, a potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora será conectada.

3.3 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

O princípio básico do dimensionamento de sistemas fotovoltaicos é determinar a quantidade de energia que será produzida diariamente pelo módulo fotovoltaico, podendo-se suprir parcialmente ou integralmente a demanda de energia elétrica. Para determinar isso, utiliza-se diferentes métodos. O método abordado nesse trabalho será o método da insolação.

Primeiramente, deve-se limitar o número de painéis fotovoltaicos a serem instalados através da potência disponibilizada pela concessionária à unidade consumidora, ou seja, o número de painéis N é limitado pela maior demanda contratada, conforme descrito na Seção 3.2. Posteriormente, segundo VILLALVA (2015), aplica-se o método baseado na taxa de insolação diária, dada em $\text{Wh}/\text{m}^2/\text{dia}$, na área da superfície do módulo, dada em m^2 , e na eficiência do mesmo, conforme (8), obtendo-se a energia produzida pelo módulo diariamente, a qual é dada em Wh .

$$E_g = N.A_p.G.n \quad (8)$$

Sendo,

E_g , energia gerada;

N , número de painéis;

A_p , área dos painéis;

G , a radiação;

n , rendimento global.

A taxa de insolação média diária por metro quadrado pode ser obtida via ferramenta computacional ou em mapas solarimétricos. Por sua vez, a área do painel é informada pelo fabricante de acordo com as características de cada módulo, assim como sua eficiência.

Outro fator que influencia diretamente na energia gerada pelo painel fotovoltaico é a sua inclinação que o mesmo será instalado. No entanto, as ferramentas computacionais já fornecem os dados de radiação em cada local de acordo com a inclinação solicitada.

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISE FINANCEIRA

Finalmente, após o dimensionamento do sistema fotovoltaico, bem como seu custo de instalação, é realizada uma análise financeira para confirmar a viabilidade de implementação do projeto. O método utilizado é o do Valor Presente Líquido (VPL), no qual se calcula o valor

presente líquido de um projeto através da diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa do projeto e o investimento inicial requerido para iniciar o mesmo. A taxa de desconto utilizada é a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) da empresa ou pessoa. Sabendo o fluxo de caixa em cada período, calcula-se o VPL segundo (9) e (10) (FILOMENA, 2014).

$$VPL = R_0 + P_1 + P_2 + \dots + P_N \quad (9)$$

$$P_N = \frac{F_N}{(1 + TMA)^N} \quad (10)$$

onde R_0 representa o custo inicial de investimento, P o valor presente das entradas líquidas, F a entrada líquida no período N . A TMA é o custo que o dinheiro teria em fontes seguras e, normalmente, utiliza-se as taxas de juros do banco central (SELIC).

O valor de VPL positivo indica que o projeto é viável, negativo que ele é inviável e, caso seja zero, significa que o investimento é economicamente indiferente (FILOMENA, 2014).

Já o método de análise utilizando-se a Taxa Interna de Retorno TIR requer que se calcule a taxa que zera o VPL. Então este valor é comparado com a TMA. No caso em que a TIR é maior que a TMA, o projeto é viável economicamente, e para caso contrário, o projeto é inviável (FILOMENA, 2014).

Por fim, o período de payback representa o tempo que o projeto levará para se pagar com base no seu fluxo de caixa. A viabilidade do projeto dependerá se o tempo de retorno do investimento inicial é maior ou menor que o tempo de retorno almejado. Para calcular o tempo do payback simples deve-se somar as entradas líquidas de capital, verificando em que momento elas se equiparam ao custo inicial do projeto. Para o payback modificado o procedimento é o mesmo, no entanto as entradas líquidas e custo inicial do projeto são convertidos para o valor presente para serem então comparados (FILOMENA, 2014).

4 ESTUDO DE CASO

4.1 PENITENCIÁRIA MODULADA ESTADUAL DE CHARQUEADAS

A Penitenciária Modulada Estadual de Charqueadas (PMEC), Figura 11, que conta com aproximadamente 1400 apenados (dados de Maio/2017) possui um contrato de energia enquadrado na Tarifa Horária Azul, com demanda contratada de 365 kW na ponta e fora da ponta.

Figura 11. Vista de satélite da PMEC.



Fonte: Google Maps (2017).

A Tabela 2 mostra os valores de demanda medida em um intervalo de 12 meses, no período de ponta e no período fora de ponta, bem como o respectivo consumo em kWh de cada mês, sendo estes de março 2016 a fevereiro de 2017. Os valores foram fornecidos pela consumidora e encontram-se em anexo para verificação. Com base nesse consumo, determinou-se os valores faturados, como mostra a Tabela 3.

Tabela 2. Valores de demanda e energia elétrica consumida no período de um ano - P MEC.

Mês/Ano	Demanda Medida		Energia Medida [kWh]	
	Ponta [kW]	Fora de Ponta [kW]	Ponta	Fora de Ponta
Fevereiro/2017	344	340	16883	117846
Janeiro/2017	357	344	18152	132158
Dezembro/2016	356	397*	20089	132923
Novembro/2016	402*	406*	16456	114566
Outubro/2016	426*	433*	22467	137856
Setembro/2016	444*	462*	22174	128448
Agosto/2016	482*	488*	23159	127008
Julho/2016	518*	511*	25469	147264
Junho/2016	512*	534*	24083	143155
Maior/2016	458*	468*	21715	136838
Abril/2016	386*	349	19284	119635
Março/2016	359	338	16901	105389

*Valores com demanda ultrapassada.

A Tabela 3 mostra os valores pagos na fatura de energia sem levar em conta a incidência de impostos e bandeiras tarifárias. O gasto anual em energia elétrica foi de R\$ 790.428,60. Percebe-se que, com a demanda contratada atualmente, há multa por ultrapassagem (demanda medida excedendo 5% da contratada) em oito meses do ano. Destaca-se que, para efeito de comparação, a tarifa utilizada no cálculo é a vigente desde novembro de 2016.

Tabela 3. Faturas de energia para o contrato atual - P MEC.

Contrato Atual	
Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 53.219,83
Janeiro/2017	R\$ 57.307,74
Dezembro/2016	R\$ 59.438,84
Novembro/2016	R\$ 57.649,36
Outubro/2016	R\$ 69.221,52
Setembro/2016	R\$ 69.713,21
Agosto/2016	R\$ 74.625,51
Julho/2016	R\$ 85.200,29
Junho/2016	R\$ 83.947,19
Maior/2016	R\$ 73.362,11
Abril/2016	R\$ 56.685,26
Março/2016	R\$ 50.057,74
Total	R\$ 790.428,60

Com o gasto total do contrato atual, são simuladas as demandas contratadas que geram maior economia em cada modalidade tarifária. Com o valor final de cada uma, fica esclarecido

a contratação mais adequada para o estabelecimento prisional. Optou-se por dois modelos de simulação: um com valor único de demanda contratada para o ano todo e outro modo em que deverá ser realizada uma gestão de contrato, no qual o cliente informa à concessionária o aumento ou redução de demanda a ser realizada no contrato, o que consequentemente gera maior economia devido à sazonalidade do clima.

Inicialmente, são simulados os cenários relacionados ao contrato na Tarifa Horária Azul. A Tabela 4 exibe o cálculo realizado através da planilha elaborada. A demanda com maior economia foi de 437 kW para o período de ponta e de 446 kW para o período fora de ponta, gerando uma economia anual de aproximadamente R\$ 30.000,00.

Tabela 4. Readequação da Demanda – Tarifa Horária Azul - PMEC.

Otimização da Demanda [kW] – Ponta: 437 Fora de Ponta: 446	
Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 56.747,74
Janeiro/2017	R\$ 60.835,65
Dezembro/2016	R\$ 61.713,52
Novembro/2016	R\$ 55.762,84
Outubro/2016	R\$ 63.807,09
Setembro/2016	R\$ 61.759,67
Agosto/2016	R\$ 67.569,69
Julho/2016	R\$ 78.144,47
Junho/2016	R\$ 76.891,37
Maior/2016	R\$ 64.290,69
Abril/2016	R\$ 58.049,75
Março/2016	R\$ 53.585,65
Total	R\$ 759.158,13
Economia	R\$ 31.270,47

Por fim, na Tabela 5, tem-se a simulação de custo para o caso em que seja alterado o valor de demanda uma vez durante o ano. Observando-se o contrato atual, percebe-se o maior gasto na fatura nos meses de maio a outubro, com diminuição de demanda medida nos meses de novembro a abril. Sendo assim, obteve-se a demanda otimizada com base nesses dois períodos, sendo de 494 kW na ponta e 487 kW fora de ponta para o primeiro e 368 kW na ponta e 335 kW fora de ponta para o segundo.

Tabela 5. Readequação da Demanda – Tarifa Horária Azul com gestão de contrato - PMEC.

Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 52.999,96
Janeiro/2017	R\$ 57.137,91
Dezembro/2016	R\$ 60.323,66
Novembro/2016	R\$ 58.225,12
Outubro/2016	R\$ 66.585,36
Setembro/2016	R\$ 64.089,08
Agosto/2016	R\$ 63.796,65
Julho/2016	R\$ 70.887,49
Junho/2016	R\$ 68.503,22
Mai/2016	R\$ 66.061,16
Abril/2016	R\$ 55.034,50
Março/2016	R\$ 49.808,95
Total	R\$ 731.968,05
Economia	R\$ 58.460,55

Após os resultados obtidos, a fim de comparação, caracterizou-se os valores pagos em demanda e consumo de energia para o caso em que o estabelecimento contrate a energia na Tarifa Horária Verde. A Tabela 6 mostra o resultado dos cálculos realizados, na qual se obteve a simulação da demanda contratada, sendo de 465 kW. A economia de quase R\$ 30.000,00 anuais se refere à diferença entre o valor obtido na Tabela 6 e o contrato atual.

Tabela 6. Readequação da Demanda - Contrato na Tarifa Horária Verde - PMEC.

Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 56.028,97
Janeiro/2017	R\$ 61.172,20
Dezembro/2016	R\$ 63.660,92
Novembro/2016	R\$ 54.688,97
Outubro/2016	R\$ 67.732,09
Setembro/2016	R\$ 64.992,14
Agosto/2016	R\$ 66.092,18
Julho/2016	R\$ 75.752,29
Junho/2016	R\$ 73.691,06
Mai/2016	R\$ 66.621,60
Abril/2016	R\$ 59.327,70
Março/2016	R\$ 52.881,85
Total	R\$ 762.641,97
Economia	R\$ 27.786,63

A partir da gestão do contrato, solicitando-se redução ou aumento da demanda durante o ano, chegou-se a uma demanda contratada de 509 kW nos meses de maio a outubro e de 387 kW nos meses de novembro a abril, gerando uma economia anual de aproximadamente de R\$ 35.000,00 reais, conforme Tabela 7.

Tabela 7. Otimização da Demanda – Tarifa Horária Verde com gestão de contrato - PMEC.

Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 55.012,63
Janeiro/2017	R\$ 60.155,86
Dezembro/2016	R\$ 62.775,67
Novembro/2016	R\$ 53.920,20
Outubro/2016	R\$ 68.305,41
Setembro/2016	R\$ 65.565,46
Agosto/2016	R\$ 66.365,81
Julho/2016	R\$ 74.371,11
Junho/2016	R\$ 71.892,92
Maio/2016	R\$ 67.155,83
Abril/2016	R\$ 58.311,36
Março/2016	R\$ 51.865,51
Total	R\$ 755.697,77
Economia	R\$ 34.730,83

Percebe-se que o estabelecimento prisional se encontra na modalidade correta, ou seja, a mais econômica para o seu perfil de consumo (confirmado pelo cálculo do FC médio anual de 0,78). No entanto, a demanda deve ser reajustada. Com um simples ajuste, tem-se uma economia de quase R\$ 33.000,00. Realizando-se uma gestão de contrato, pode-se chegar a uma economia de quase R\$ 60.000,00.

Os contratos analisados na Seção 4 são contratos de energia datados do ano de 2012 a 2013, não sendo solicitado seu reajuste. Deve-se haver um acompanhamento da demanda de cada estabelecimento, haja vista que esta pode aumentar devido ao aumento de sua população carcerária, principalmente em um período de dois anos ou mais. Portanto, esses valores de economia baseiam-se nas demandas e consumos no ano de 2016. Se a casa prisional se mantiver no mesmo perfil, essas readequações serão válidas. De modo prático, necessita-se acompanhamento do comportamento de consumo de energia da unidade no momento da solicitação de readequação em comparação com o período já analisado.

4.2 ANÁLISE PENITENCIÁRIA ESTADUAL DE ARROIO DOS RATOS

A Penitenciária Estadual de Arroio dos Ratos (PEAR), Figura 12, com 769 presos, possui um contrato de energia enquadrado na Tarifa Horária Verde, com demanda contratada de 380 kW. A Tabela 8 mostra os valores de demanda e consumo de energia medidos no período de um ano, de março de 2016 a fevereiro de 2017.

Figura 12. Vista de satélite da PEAR.



Fonte: Google Maps (2017).

Tabela 8. Valores de demanda e energia elétrica consumida no período de um ano - PEAR.

Mês/Ano	Demanda Medida		Energia Medida [kWh]	
	Ponta [kW]	Fora de Ponta [kW]	Ponta	Fora de Ponta
Fevereiro/2017	234	233	10776	85524
Janeiro/2017	227	245	9506	63979
Dezembro/2016	260	258	12100	82535
Novembro/2016	280	269	6758	45424
Outubro/2016	295	266	13255	74784
Setembro/2016	264	279	14010	81808
Agosto/2016	344	300	13778	77104
Julho/2016	296	299	15378	83520
Junho/2016	294	292	13461	77632
Mai/2016	257	264	13436	86368
Abril/2016	243	248	12184	74592
Março/2016	234	244	9996	80112

A Tabela 9 exibe os valores de energia faturada em cada mês, bem como o gasto anual do estabelecimento em energia elétrica. Novamente, o preço da energia utilizado para o cálculo é o valor cobrado pela CEEE-D atualmente, a fim de obter a comparação e a economia gerada.

Tabela 9. Faturas de energia para o contrato atual - PEAR.

Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 39.467,31
Janeiro/2017	R\$ 32.483,17
Dezembro/2016	R\$ 40.275,18
Novembro/2016	R\$ 24.509,03
Outubro/2016	R\$ 39.671,67
Setembro/2016	R\$ 42.352,43
Agosto/2016	R\$ 40.881,19
Julho/2016	R\$ 44.408,11
Junho/2016	R\$ 40.640,04
Mai/2016	R\$ 42.832,43
Abril/2016	R\$ 38.354,36
Março/2016	R\$ 37.166,95
Total	R\$ 463.041,87

Observa-se que a demanda contratada se encontra superestimada, pois em nenhum dado a demanda medida esteve próxima do valor contratado. Sendo assim, simulou-se a demanda que traria o melhor resultado, chegando-se num valor de demanda contratada de 285 kW. Os valores de energia faturada para esta demanda encontram-se na Tabela 10, na qual se obteve uma economia anual de R\$ 12.117,90.

Tabela 10. Readequação da Demanda - Tarifa Horária Verde - PEAR.

Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 38.229,46
Janeiro/2017	R\$ 31.245,32
Dezembro/2016	R\$ 39.037,33
Novembro/2016	R\$ 23.271,18
Outubro/2016	R\$ 38.564,12
Setembro/2016	R\$ 41.114,58
Agosto/2016	R\$ 41.949,65
Julho/2016	R\$ 43.352,68
Junho/2016	R\$ 39.519,46
Maior/2016	R\$ 41.594,58
Abril/2016	R\$ 37.116,51
Março/2016	R\$ 35.929,10
Total	R\$ 450.923,97
Economia	R\$ 12.117,90

Novamente, é simulado o cenário em que a demanda contratada é acompanhada durante o ano, solicitando-se aumento e redução no contrato. Para essa situação, observa-se que nos meses de maio a outubro a energia faturada é maior que nos outros meses. Sendo assim, obteve-se uma demanda de 285 kW para este período, com redução para 249 kW nos meses restantes, gerando uma economia de R\$ 13.571,01 anuais, como mostra Tabela 11.

Tabela 11. Readequação da demanda com gestão de contrato – Tarifa Horária Verde - PEAR.

Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 37.760,38
Janeiro/2017	R\$ 30.776,24
Dezembro/2016	R\$ 38.717,83
Novembro/2016	R\$ 24.013,89
Outubro/2016	R\$ 38.564,12
Setembro/2016	R\$ 41.114,58
Agosto/2016	R\$ 41.949,65
Julho/2016	R\$ 43.352,68
Junho/2016	R\$ 39.519,46
Maior/2016	R\$ 41.594,58
Abril/2016	R\$ 36.647,43
Março/2016	R\$ 35.460,02
Total	R\$ 449.470,86
Economia	R\$ 13.571,01

Simulando-se agora para a tarifa horária azul, obteve-se a demanda na ponta de 282 kW e fora da ponta de 286 kW. Na Tabela 12, tem-se os valores faturados, com uma economia anual de R\$ 10.618,65.

Tabela 12. Contrato na Tarifa Horária Azul - PEAR.

Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 38.964,83
Janeiro/2017	R\$ 33.036,86
Dezembro/2016	R\$ 38.671,63
Novembro/2016	R\$ 27.348,01
Outubro/2016	R\$ 37.554,02
Setembro/2016	R\$ 39.160,49
Agosto/2016	R\$ 44.451,85
Julho/2016	R\$ 40.728,67
Junho/2016	R\$ 38.394,92
Maiο/2016	R\$ 40.117,84
Abril/2016	R\$ 36.680,96
Março/2016	R\$ 37.313,14
Total	R\$ 452.423,22
Economia	R\$ 10.618,65

A maior economia monetária foi para a tarifa horária azul com gestão de contrato, como mostra Tabela 13. De maio a outubro, a demanda contratada na ponta deve ser de 282 kW e fora de ponta de 286 kW. Complementarmente, a demanda de novembro a abril deve ser de 249 kW para a ponta e de 246 kW fora de ponta.

Tabela 13. Contrato de energia na Tarifa Horária Azul com gestão de contrato - PEAR.

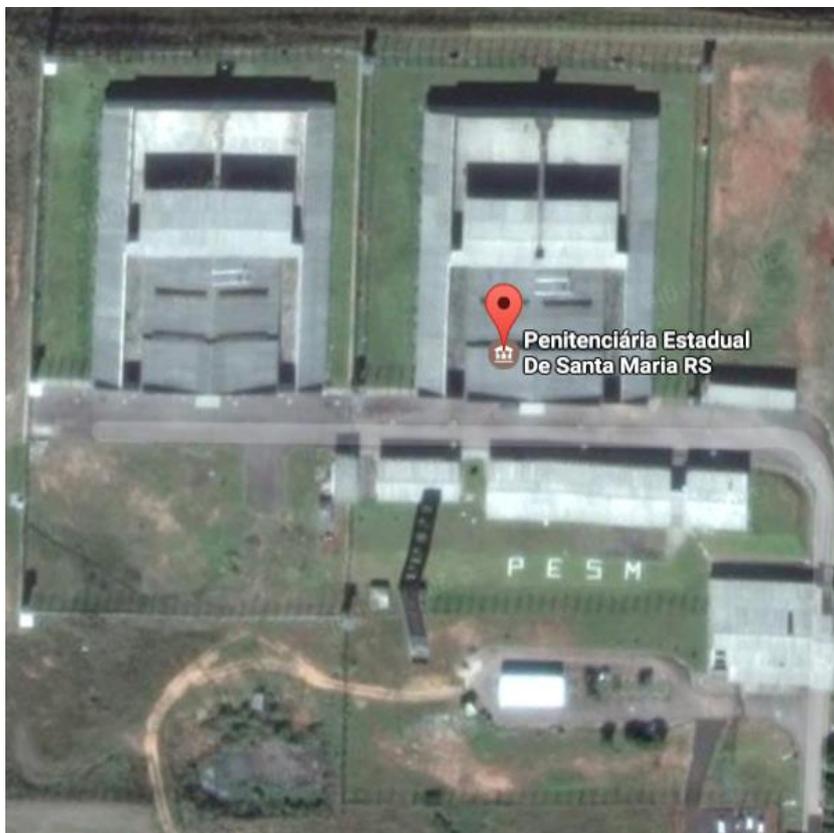
Mês/Ano	Valor Pago
Fevereiro/2017	R\$ 37.310,41
Janeiro/2017	R\$ 31.382,44
Dezembro/2016	R\$ 37.566,75
Novembro/2016	R\$ 29.786,28
Outubro/2016	R\$ 37.554,02
Setembro/2016	R\$ 39.160,49
Agosto/2016	R\$ 44.269,43
Julho/2016	R\$ 40.078,52
Junho/2016	R\$ 37.904,66
Maiο/2016	R\$ 40.117,84
Abril/2016	R\$ 35.052,60
Março/2016	R\$ 35.658,72
Total	R\$ 445.842,16
Economia	R\$ 17.199,71

Sendo assim, o estabelecimento deve ter o contrato readequado. Para confirmar a análise, o Fator de Carga (FC) calculado para o ano de 2016 foi de 0,7.

4.3 PENITENCIÁRIA ESTADUAL DE SANTA MARIA

A Penitenciária Estadual de Santa Maria (PESM), Figura 13, com aproximadamente 790 presos (maio/2017), possui um contrato de energia enquadrado na Tarifa Horária Verde, com demanda contratada de 200 kW. Diferentemente dos casos analisados anteriormente, a PESM é atendida pela concessionária de energia RGE Sul, a qual possui os preços de energia detalhados na Tabela 14.

Figura 13. Vista de satélite da PESM.



Fonte: Google Maps (2017).

Tabela 14. Preço da energia elétrica na concessionária RGE Sul.

Tarifa Horária Verde	
Energia Ponta	R\$ 0,98813
Fora Ponta	R\$ 0,32597
Demanda	R\$ 14,20
Tarifa Horária Azul	
Energia Ponta	R\$ 0,46321
Fora de Ponta	R\$ 0,32597
Demanda Ponta	R\$ 21,62
Demanda Fora Ponta	R\$ 14,20

Fonte: Adaptado de RGE Sul

A Tabela 15 mostra os valores de demanda e consumo de energia medidos no período de um ano, de dezembro de 2015 a novembro de 2016, seguida da Tabela 16, que mostra o gasto do estabelecimento em energia elétrica, faturado mês a mês, sem considerar impostos e bandeiras tarifárias.

Tabela 15. Valores medidos de novembro de 2016 a dezembro de 2015 - PESM.

Período	Demanda Medida		Energia Medida:	
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora Ponta
Novembro/2016	207	243*	9482	80450
Outubro/2016	216*	255*	11926	85176
Setembro/2016	215*	251*	12065	93184
Agosto/2016	239*	291*	12546	87618
Julho/2016	224*	255*	12069	89981
Junho/2016	220*	247*	10581	77482
Maiο/2016	239	207	9678	75298
Abril/2016	194	186	9172	64893
Março/2016	168	172	7908	57949
Fevereiro/2016	162	163	7806	61936
Janeiro/2016	176	176	8153	73114
Dezembro/2015	183	185	8832	65173

*Valores com demanda ultrapassada.

Tabela 16. Contrato atual, Tarifa Horária Verde - PESM.

Mês/Ano	Valor Pago
Novembro/2016	R\$ 40.265,54
Outubro/2016	R\$ 44.732,26
Setembro/2016	R\$ 47.309,58
Agosto/2016	R\$ 47.674,52
Julho/2016	R\$ 46.439,85
Junho/2016	R\$ 40.554,41
Maiο/2016	R\$ 38.609,41
Abril/2016	R\$ 33.056,30
Março/2016	R\$ 29.543,77
Fevereiro/2016	R\$ 30.742,62
Janeiro/2016	R\$ 34.729,19
Dezembro/2015	R\$ 32.811,61
Total	R\$ 466.469,05

Após simulação, obteve-se a readequação da demanda sendo de 243 kW, com uma economia de quase R\$ 7.000,00 anuais, mostrado na Tabela 17.

Tabela 17. Readequação de Demanda - PESM.

Mês/Ano	Valor Pago
Novembro/2016	R\$ 39.044,34
Outubro/2016	R\$ 42.999,86
Setembro/2016	R\$ 45.747,58
Agosto/2016	R\$ 46.453,32
Julho/2016	R\$ 44.707,45
Junho/2016	R\$ 39.162,81
Maiο/2016	R\$ 37.558,61
Abril/2016	R\$ 33.666,90
Março/2016	R\$ 30.154,37
Fevereiro/2016	R\$ 31.353,22
Janeiro/2016	R\$ 35.339,79
Dezembro/2015	R\$ 33.422,21
Total	R\$ 459.610,45
Economia	R\$ 6.858,60

Realizando-se a gestão do contrato, chegou-se à um valor de redução de demanda para os meses de dezembro a abril de 185 kW. A demanda contratada para o restante do ano continuou com o valor de 243 kW, obtendo-se uma economia anual de pouco mais de dez mil reais, segundo Tabela 18.

Tabela 18. Demanda otimizada com gestão de contrato – Tarifa Horária Verde - PESM.

Mês/Ano	Valor Pago
Novembro/2016	R\$ 42.999,86
Outubro/2016	R\$ 45.747,58
Setembro/2016	R\$ 46.453,32
Agosto/2016	R\$ 44.707,45
Julho/2016	R\$ 39.162,81
Junho/2016	R\$ 37.558,61
Maiο/2016	R\$ 32.843,30
Abril/2016	R\$ 29.330,77
Março/2016	R\$ 30.529,62
Fevereiro/2016	R\$ 34.516,19
Janeiro/2016	R\$ 32.598,61
Dezembro/2015	R\$ 39.044,34
Total	R\$ 455.492,45
Economia	R\$ 10.976,60

Por fim, simulou-se um cenário caso o estabelecimento seja enquadrado na Tarifa Horária Azul. Para o primeiro modo de contratação, chegou-se a uma demanda na Ponta de 214 kW e Fora de Ponta de 242 kW. Como mostra Tabela 19, obteve-se uma economia anual de aproximadamente de R\$ 10.000,00.

Tabela 19. Contrato readequado para Tarifa Horária Azul PESM.

Mês/Ano	Valor Pago
Novembro/2016	R\$ 38.679,52
Outubro/2016	R\$ 41.905,94
Setembro/2016	R\$ 44.026,90
Agosto/2016	R\$ 46.144,25
Julho/2016	R\$ 43.538,47
Junho/2016	R\$ 38.221,11
Maiο/2016	R\$ 38.712,42
Abril/2016	R\$ 33.464,81
Março/2016	R\$ 30.615,78
Fevereiro/2016	R\$ 31.868,18
Janeiro/2016	R\$ 35.672,60
Dezembro/2015	R\$ 33.398,59
Total	R\$ 456.248,58
Economia	R\$ 10.220,47

Novamente, com uma gestão de contrato, obteve-se maior economia, chegando-se em aproximadamente R\$ 20.000,00, conforme Tabela 20, com demanda entre maio e novembro de 228 kW na ponta de 243 kW fora da ponta, e de dezembro a abril de 185 kW na ponta e 178 kW fora da ponta. Confirmando a análise, o FC calculado foi na média anual de 0,78.

Tabela 20. Contrato na Tarifa Horária Azul com gestão de contrato - PESM.

Mês/Ano	Valor Pago
Novembro/2016	R\$ 38.996,40
Outubro/2016	R\$ 41.669,02
Setembro/2016	R\$ 44.343,78
Agosto/2016	R\$ 44.797,03
Julho/2016	R\$ 43.301,55
Junho/2016	R\$ 38.537,99
Maio/2016	R\$ 37.407,80
Abril/2016	R\$ 31.929,03
Março/2016	R\$ 29.080,00
Fevereiro/2016	R\$ 30.332,40
Janeiro/2016	R\$ 34.136,82
Dezembro/2015	R\$ 31.862,81
Total	R\$ 446.394,64
Economia	R\$ 20.074,41

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS ESTUDOS REALIZADOS

Com a realização dos estudos de caso propostos, percebeu-se que para todos os casos a Tarifa Horária Azul foi a que gerou melhor resultado. Isso se deve ao fato de haver uma hegemonia no consumo de energia em horário de ponta, como mostrado na Figura 8, Seção 2.7. Esse consumo leva a um Fator de Carga elevado, favorecendo os cenários da Tarifa Horária Azul. Com esse raciocínio, pode-se imaginar que para um número menor de apenados, esse consumo não consiga manter-se constante em horário de ponta (devido ao menor número de chuveiros ligados, por exemplo) diminuindo o Fator de Carga.

Face ao exposto, a fim de comparação, buscou-se os dados de uma unidade prisional de menor porte em relação as analisadas anteriormente. Com isso, escolheu-se o Presídio Estadual de Cachoeira do Sul, que conta com aproximadamente 200 apenados (dado de maio de 2017). O consumo e a demanda medidos para esta unidade são mostrados na Tabela 21.

Tabela 21. Consumo e Demanda medidos no Presídio Estadual de Cachoeira do Sul.

Mês/Ano	Demanda Medida		Energia Medida [kWh]	
	Ponta [kW]	Fora de Ponta [kW]	Ponta	Fora de Ponta
Fevereiro/2017	44	56	1977	14366
Janeiro/2017	44	48	2069	15893
Dezembro/2016	45	44	1912	15101
Novembro/2016	41	39	1725	12925
Outubro/2016	47	44	1896	15703
Setembro/2016	53	48	2022	13202
Agosto/2016	50	57	2054	15181
Julho/2016	51	58	2181	14476
Junho/2016	46	57	2133	14065
Maior/2016	55	62	2385	16654
Abril/2016	57	64	2294	16218
Março/2016	52	54	2056	13650

Frente aos dados expostos, pode-se calcular um Fator de Carga (FC) médio de 0,64, o que indica o favorecimento da unidade consumidora estar adequada na Tarifa Horária Verde. Realizando-se os cálculos, comprova-se a ideia inicialmente exposta, como mostra a Tabela 22. Em relação à otimização da demanda de acordo com a sazonalidade, não se obteve variação significativa nos valores faturados, pelo fato da demanda ser relativamente baixa, bem como sua variação nos diferentes horários.

Tabela 22. Valores faturados durante o ano, considerando-se as duas modalidades tarifárias.

Período	Tarifa Horária Azul	Tarifa Horária Verde
	Valor Faturado	Valor Faturado
Fevereiro	R\$ 6.832,42	R\$ 6.725,19
Janeiro	R\$ 7.253,26	R\$ 7.196,49
Dezembro	R\$ 6.996,44	R\$ 6.809,09
Novembro	R\$ 6.377,00	R\$ 6.034,15
Outubro	R\$ 7.143,91	R\$ 6.943,26
Setembro	R\$ 6.620,91	R\$ 6.456,37
Agosto	R\$ 7.079,91	R\$ 7.114,89
Julho	R\$ 6.958,42	R\$ 7.125,08
Junho	R\$ 6.823,92	R\$ 6.924,61
Maior	R\$ 8.204,92	R\$ 8.077,03
Abril	R\$ 8.346,14	R\$ 7.936,54
Março	R\$ 6.712,51	R\$ 6.610,58
Total	R\$ 85.349,76	R\$ 83.953,28

4.5 PAINEL FOTOVOLTAICO: PENITENCIÁRIA MODULADA DE IJUÍ

Nessa Seção é calculado a implementação de um sistema fotovoltaico na Penitenciária Modulada de Ijuí. A escolha dessa casa prisional deu-se basicamente pelo fato da concessionária local disponibilizar gratuitamente a memória de massa de suas unidades consumidoras. Para outras distribuidoras, por exemplo, o valor da memória de massa total em um ano pode ultrapassar o valor de R\$ 700,00. Outro fator importante foi a vasta disponibilidade de área livre no terreno local, sendo possível a instalação do sistema em local seguro.

4.5.1 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico.

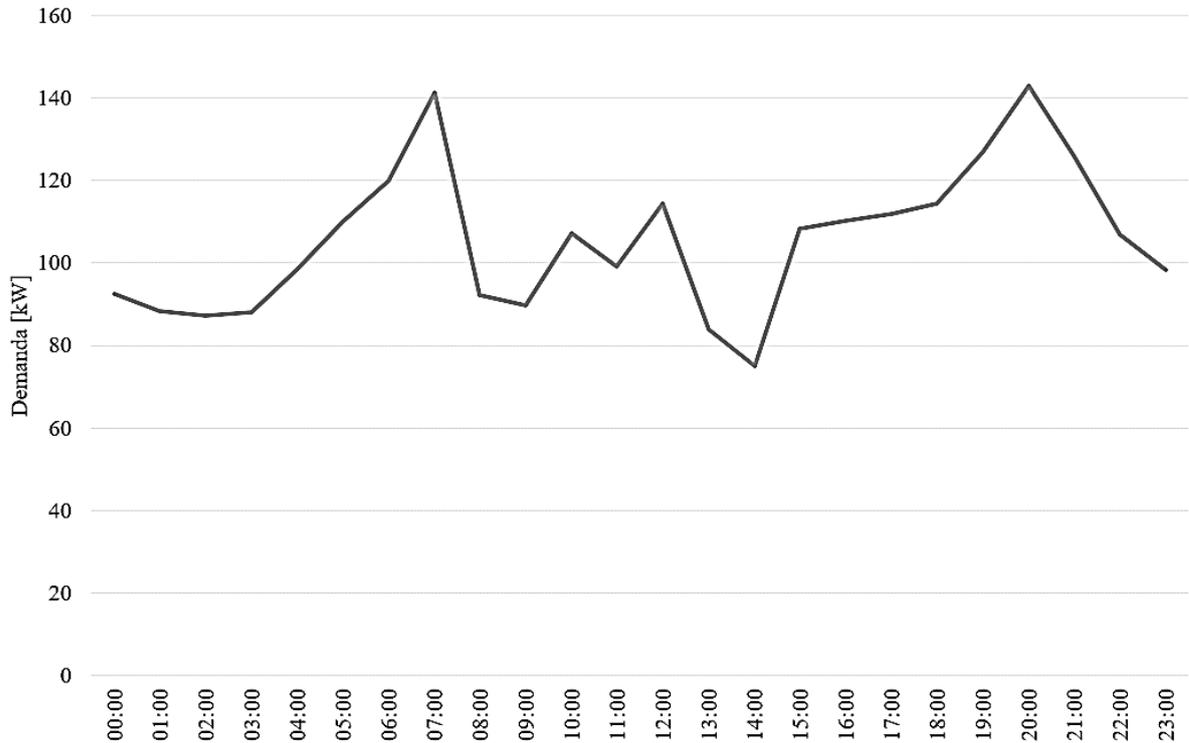
Junto ao Departamento Municipal de Energia Elétrica de Ijuí (DEMEI), obteve-se a memória de massa referente ao ano de 2016. Essa memória de massa consiste em mais de 70 mil medidas, onde o consumo é registrado de 15 em 15 minutos durante todos os dias do ano. Com base nesses dados, filtraram-se os mesmos a fim de obter um padrão de consumo de energia para cada hora do dia nos 12 meses do ano, como mostra Tabela 23.

Tabela 23. Consumo médio [kW] de energia para cada hora do dia.

Hora	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
00:00	92	91	84	90	82	94	85	83	82	84	92	89
01:00	88	90	80	86	77	90	82	80	78	81	89	84
02:00	87	88	79	85	77	85	78	78	77	80	87	84
03:00	88	88	78	83	75	83	75	74	76	81	86	88
04:00	99	91	79	83	76	82	75	73	77	83	86	98
05:00	110	98	86	93	85	86	80	78	83	99	90	110
06:00	120	111	100	108	104	105	101	100	112	140	124	118
07:00	141	133	123	135	133	139	131	140	151	155	139	141
08:00	92	104	143	154	168	188	178	171	173	128	147	86
09:00	90	86	89	98	116	129	119	122	116	104	96	86
10:00	107	96	87	91	106	133	120	113	109	105	91	100
11:00	99	99	98	101	117	149	134	122	118	98	108	95
12:00	114	106	90	105	108	141	118	112	108	99	92	108
13:00	84	90	100	109	109	132	113	109	114	98	111	83
14:00	75	74	74	89	83	99	85	79	85	84	89	75
15:00	108	93	66	77	77	96	83	80	79	101	87	112
16:00	110	113	113	108	119	147	136	126	130	118	124	110
17:00	112	120	118	134	133	160	141	135	129	115	107	109
18:00	114	117	115	138	150	175	156	145	136	123	112	116
19:00	127	135	144	160	161	176	163	155	159	148	118	126
20:00	143	144	148	157	153	169	157	151	157	143	144	141
21:00	126	124	130	138	128	143	129	124	127	120	137	121
22:00	107	107	106	117	106	117	106	102	101	100	114	105
23:00	98	98	93	99	91	103	93	91	89	90	99	98

A Figura 14 mostra graficamente os dados da Tabela 23. Neste caso, tem-se apenas o mês de janeiro. No entanto, observando as amostras, percebe-se que o mesmo perfil é seguido nos outros meses, variando apenas os valores de demanda a cada mês, por conta da sazonalidade do clima.

Figura 14. Perfil médio de consumo de energia no mês de janeiro.



O montante pago em energia elétrica no ano de 2016 é mostrado na Tabela 24. Não se considerou o valor pago em demanda contratada a fim de comparar o a energia em kWh gerada pelo painel com a gasta durante o ano.

Tabela 24. Energia consumida e valores faturados em 2016, sem considerar demanda.

Período	Ponta [kWh]	Fora de Ponta [kWh]
Janeiro	8311,22	66239,06
Fevereiro	8052,00	58489,74
Março	9372,87	62490,00
Abril	9547,26	65448,05
Maio	10196,32	67255,58
Junho	11438,24	75001,90
Julho	9989,44	70087,30
Agosto	10363,35	67906,40
Setembro	9953,23	66429,92
Outubro	8698,06	67066,60
Novembro	8220,87	65858,19
Dezembro	8524,09	64975,12
Total	112666,95	797247,86
Preço da Energia DEMEI	0,35308 R\$/kWh	0,2374 R\$/kWh
Valor Pago	R\$ 39.780,45	R\$ 189.266,64
Total	-	R\$ 229.047,09

O estabelecimento prisional encontra-se na Tarifa Horária Azul com máxima demanda contratada de 240 kW. Como descrito na Seção 3.3, a potência total a ser implementada pelo painel fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central está conectada. Sendo assim, ao ser realizada a pesquisa a fim de escolher o painel a ser comprado, levou-se em conta, além do preço, a potência gerada, pois um painel de maior potência reduz o número de módulos totais necessários.

Neste caso, selecionou-se Painel Solar Canadian de 315 Watt-pico (Wp), sendo essa a máxima potência gerada pelo painel solar em uma condição ideal, com especificações dadas na Tabela 25. Fazendo-se a divisão de 240 kW por 315 Wp, obtém-se um número N máximo de 760 painéis a serem instalados. Como os painéis possuem uma área 1,94 m², precisa-se de uma área de aproximadamente 1500 m², considerando-se o espaçamento de instalação. Essa área é disponível no local, como ilustra Figura 15.

Figura 15. Vista aérea da Penitenciária Modulada de Ijuí.



Fonte: Google Maps (2017).

Tabela 25. Especificações técnicas do Painel Solar Canadian 315 Wp.

Especificações Técnicas	
Potência máxima (P_{\max})	315 Wp
Tolerância:	0% a +5 W
Eficiência:	16,42%
Tipo de célula:	Silício Policristalino
Dimensões painel:	1960 x 992 x 40 (mm)
Moldura:	Alumínio
Peso:	22,4 kg

Fonte: Adaptado de Canadian Solar, 2017.

Com o painel determinado, necessita-se da irradiação solar para calcular quanto este painel vai gerar de energia ao longo do dia. Através do site do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito (CRESESB), pode-se consultar a melhor inclinação do painel a ser instalado de acordo com o local, buscando maior rendimento. Com isso, optou-se pela inclinação que gera a maior média de energia anual, 23°, como mostra Tabela 26.

Tabela 26. Tabela de Irradiação Solar Média de acordo com o ângulo do painel.

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Horizontal	0°	5,86	5,72	4,92	4,19	3,17	2,64	2,94	3,36	4,25	5,39	6,14	6,72	4,61
Igual a latitude	29°	5,21	5,45	5,18	5,04	4,25	3,72	4,08	4,16	4,67	5,3	5,55	5,83	4,87
Maior média anual	23°	5,42	5,59	5,21	4,94	4,09	3,55	3,9	4,06	4,65	5,4	5,75	6,09	4,89
Maior mínimo mensal	49°	4,3	4,72	4,8	5,05	4,51	4,05	4,39	4,25	4,45	4,69	4,61	4,7	4,54

Através do *software* RADIOSOL2, desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar – LABSOL da UFRGS, obteve-se a radiação média anual e a radiação média por hora de cada mês para a inclinação de 23°. A Figura 16 mostra a irradiação que incide no local durante o ano. Os dados para a média diária encontram-se na Tabela 27.

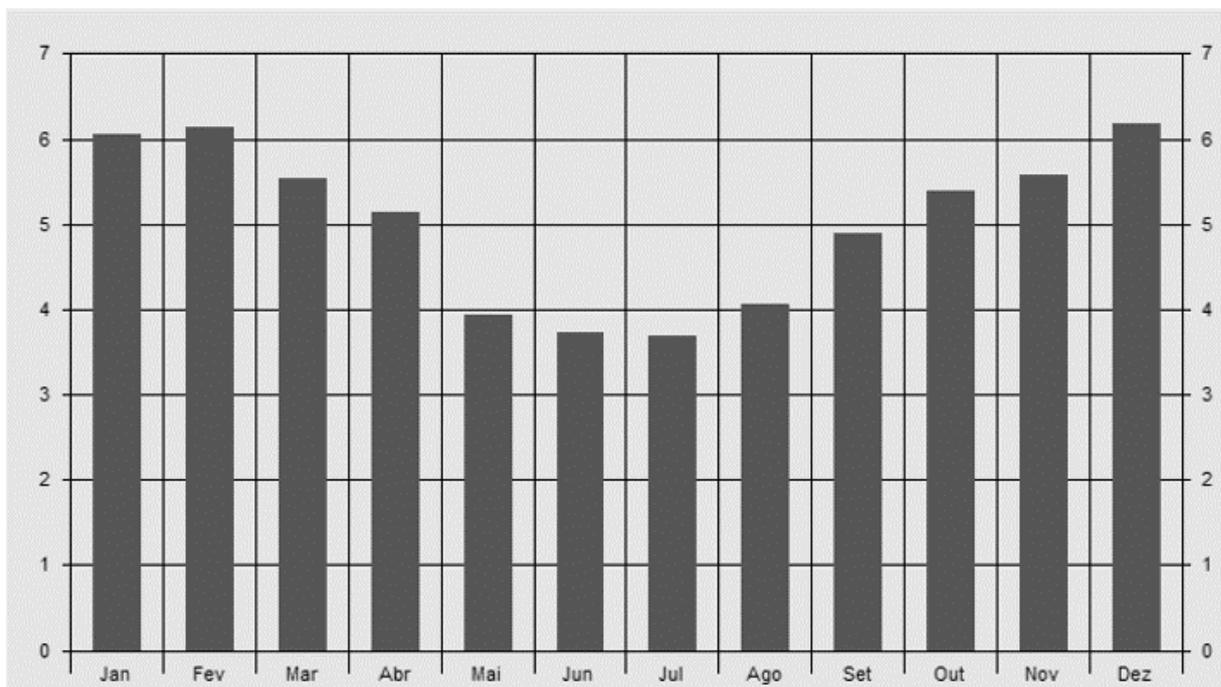
Figura 16. Irradiação Média Anual (kWh/m²) para Inclinação de 23° obtida no *software* RADIOSOL2.

Tabela 27. Irradiância média em W/m² a cada hora do mês.

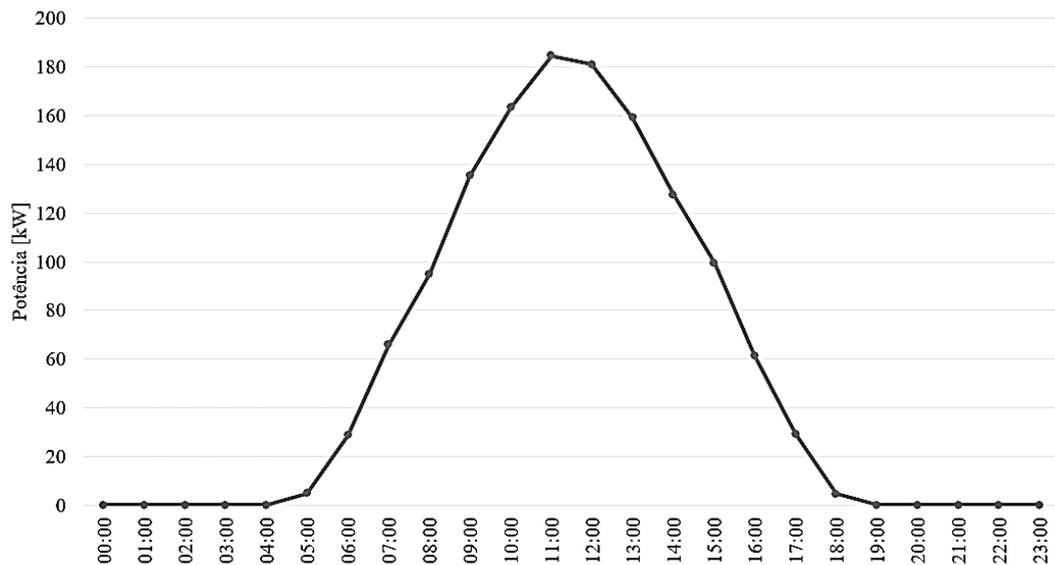
Horário	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Julho	Ago	Set	Out	Nov	Dez
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	30
06:00	129	111	68	19	0	0	0	0	44	81	115	141
07:00	297	269	217	193	111	97	105	144	182	226	255	283
08:00	428	437	392	366	260	258	247	313	359	415	421	483
09:00	610	624	590	524	431	411	388	434	544	549	551	624
10:00	737	748	733	655	537	536	503	532	648	695	639	725
11:00	833	828	752	768	643	549	558	610	688	776	744	819
12:00	817	883	844	750	601	599	605	615	678	748	785	805
13:00	718	776	677	701	530	516	472	543	661	677	705	747
14:00	575	614	541	572	425	402	430	436	488	542	564	615
15:00	449	462	433	384	274	244	265	299	378	361	405	464
16:00	277	272	218	183	124	117	112	125	181	232	256	280
17:00	132	108	74	24	0	0	0	0	49	82	111	134
18:00	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	29
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Com a irradiação incidente no painel, calcula-se a média de energia gerada, conforme (8). Como a eficiência do painel utilizado é de 16,42%, utilizou-se $n=15\%$, pois deve-se considerar a eficiência do inversor e demais equipamentos. Na Tabela 28, demonstra-se a energia gerada, em kWh, pelos 760 painéis projetados. A Figura 17 serve como base para melhor visualização dos dados.

Tabela 28. Energia gerada em kWh pelos painéis durante o ano.

Horário	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Julho	Ago	Set	Out	Nov	Dez
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0
06:00	29	25	15	4	0	0	0	10	18	25	31	0
07:00	66	60	48	43	22	23	32	40	50	57	63	22
08:00	95	97	87	81	57	55	69	80	92	93	107	57
09:00	135	138	131	116	91	86	96	121	122	122	138	91
10:00	163	166	162	145	119	111	118	144	154	142	161	119
11:00	185	184	167	170	122	124	135	152	172	165	182	122
12:00	181	196	187	166	133	134	136	150	166	174	178	133
13:00	159	172	150	155	114	105	120	147	150	156	166	114
14:00	127	136	120	127	89	95	97	108	120	125	136	89
15:00	100	102	96	85	54	59	66	84	80	90	103	54
16:00	61	60	48	41	26	25	28	40	51	57	62	26
17:00	29	24	16	5	0	0	0	11	18	25	30	0
18:00	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 17. Energia média por hora gerada no mês de janeiro.



Por fim, na Tabela 29 tem-se o montante, em R\$, em relação à energia gerada pelo painel, que foi de R\$ 96.359,61, que representaria a economia na fatura de energia elétrica no ano analisado. Relacionando-se a energia consumida durante o ano com a energia gerada, tem-se aproximadamente 45% do consumo atendido.

Tabela 29. Montante que representa a energia gerada anualmente.

Período	kWh
Janeiro	41536,57
Fevereiro	38056,84
Março	38059,73
Abril	34172,16
Maió	27045,15
Junho	24796,26
Julho	25320,47
Agosto	27835,34
Setembro	32582,91
Outubro	36994,69
Novembro	37038,13
Dezembro	42457,31
Total	405895,56
Preço da Energia Fora Ponta	0,2374
R\$ em Energia Gerada	R\$ 96.359,61

4.5.2 Balanço Financeiro do Projeto

Para todos os investimentos, sejam eles públicos ou privados, necessita-se realizar análises de viabilidade econômica do projeto, a qual é denominada de engenharia econômica e também conhecido por análise de investimentos. Nessa Seção, é realizada a análise financeira baseando-se em métodos como o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e tempo de retorno do investimento (*Payback*), a fim de verificar se compensa a instalação do projeto com o passar dos anos, analisando-se o fluxo de caixa e a relação custo/benefício, haja vista o alto investimento a ser realizado.

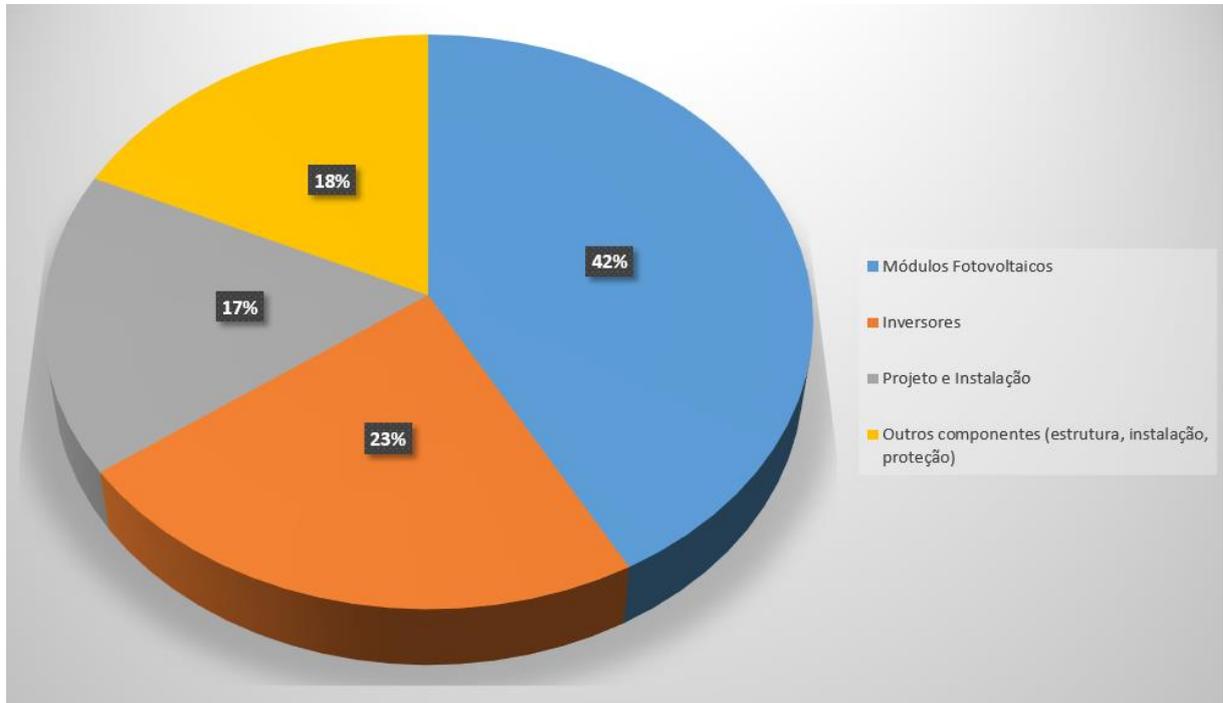
Com base no custo de aquisição dos painéis solares, encaminha-se para a totalização do investimento inicial do projeto. Para dimensionar esse custo, utilizou-se o estudo do Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (IDEAL) de 2016, Figura 18, que relata a composição do custo total de instalação de um sistema fotovoltaico. Sendo assim, utilizaram-se os valores de mercado pesquisado e, para inversores, projeto, instalação e

proteção, calculou-se com base nos 42% do painel e suas respectivas porcentagens, obtendo-se a Tabela 30.

Tabela 30. Formação do custo total para aquisição e instalação do Painel Solar dimensionado.

Equipamento	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Painel	760	R\$ 800,00	R\$ 608.000,00
Inversores	-	-	R\$ 332.952,38
Instalação	-	-	R\$ 246.095,24
Outros Componentes	-	-	R\$ 260.571,43
Total			R\$ 1.447.619,05

Figura 18. Composição do Custo Total da Instalação de um Sistema FV.



Fonte: Adaptado de IDEAL (2016).

Para a realização do estudo, considerou-se o período de garantia dos painéis fotovoltaicos, sendo esta de 25 anos. A cada ano, considerou-se uma perda de eficiência dos painéis de 0,8% (IDEAL, 2016). Além disso, considerou-se a substituição dos inversores após 20 anos, pois já é encontrado no mercado inversores com essa vida útil, quando bem abrigados.

Com relação às tarifas, para o reajuste da tarifa de energia, utilizada no cálculo do fluxo de caixa, considerou-se 9,7% ao ano (Nakabayashi, 2015). Para a TMA, utilizou-se o valor

acumulado dos últimos 12 meses da taxa SELIC, Sistema Especial de Liquidação e de Custódia, que era de 10,25% (dado de julho de 2017, Banco Central do Brasil).

A Tabela 31 apresenta o balanço financeiro do projeto. Como o VPL foi positivo, R\$ 331.219,08, considera-se que o projeto é viável. O Payback Simples e o Payback modificado indicam o tempo de retorno do projeto, como mostram as Figura 19 e Figura 20.

Tabela 31. Balanço Financeiro.

Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente (VP)	Payback Modificado	Payback Simples
0	2016	-1.447.619,05	-1.447.619,05	-1.447.619,05	-1.447.619,05
1	2017	96.359,60	87.401,00	-1.360.218,05	-1.351.259,45
2	2018	105.706,48	86.964,99	-1.273.253,06	-1.245.552,96
3	2019	115.960,01	86.531,15	-1.186.721,91	-1.129.592,95
4	2020	127.208,14	86.099,47	-1.100.622,44	-1.002.384,81
5	2021	139.547,33	85.669,95	-1.014.952,49	-862.837,49
6	2022	153.083,42	85.242,57	-929.709,91	-709.754,07
7	2023	167.932,51	84.817,33	-844.892,58	-541.821,56
8	2024	184.221,96	84.394,20	-760.498,38	-357.599,59
9	2025	202.091,50	83.973,19	-676.525,19	-155.508,10
10	2026	221.694,37	83.554,28	-592.970,91	66.186,27
11	2027	243.198,73	83.137,45	-509.833,46	309.385,00
12	2028	266.789,00	82.722,71	-427.110,75	576.174,00
13	2029	292.667,54	82.310,03	-344.800,72	868.841,54
14	2030	321.056,29	81.899,42	-262.901,30	1.189.897,83
15	2031	352.198,75	81.490,85	-181.410,45	1.542.096,58
16	2032	386.362,03	81.084,32	-100.326,13	1.928.458,60
17	2033	423.839,15	80.679,82	-19.646,32	2.352.297,75
18	2034	464.951,54	80.277,33	60.631,01	2.817.249,30
19	2035	510.051,85	79.876,86	140.507,87	3.327.301,14
20	2036	226.574,49	32.183,93	172.691,80	3.553.875,64
21	2037	248.552,22	32.023,37	204.715,17	3.802.427,86
22	2038	272.661,79	31.863,62	236.578,79	4.075.089,64
23	2039	299.109,98	31.704,66	268.283,45	4.374.199,62
24	2040	328.123,65	31.546,50	299.829,95	4.702.323,27
25	2041	359.951,64	31.389,12	331.219,08	5.062.274,92

Figura 19. Payback Simples: retorno do investimento em 10 anos.

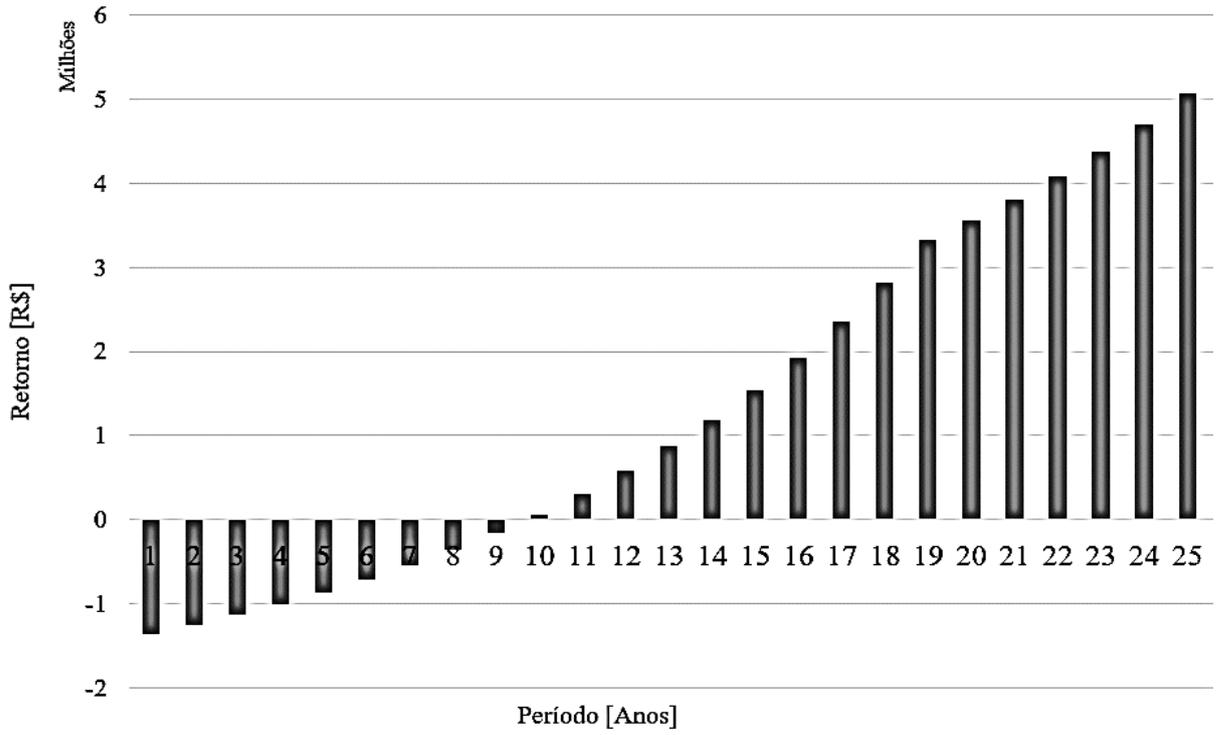
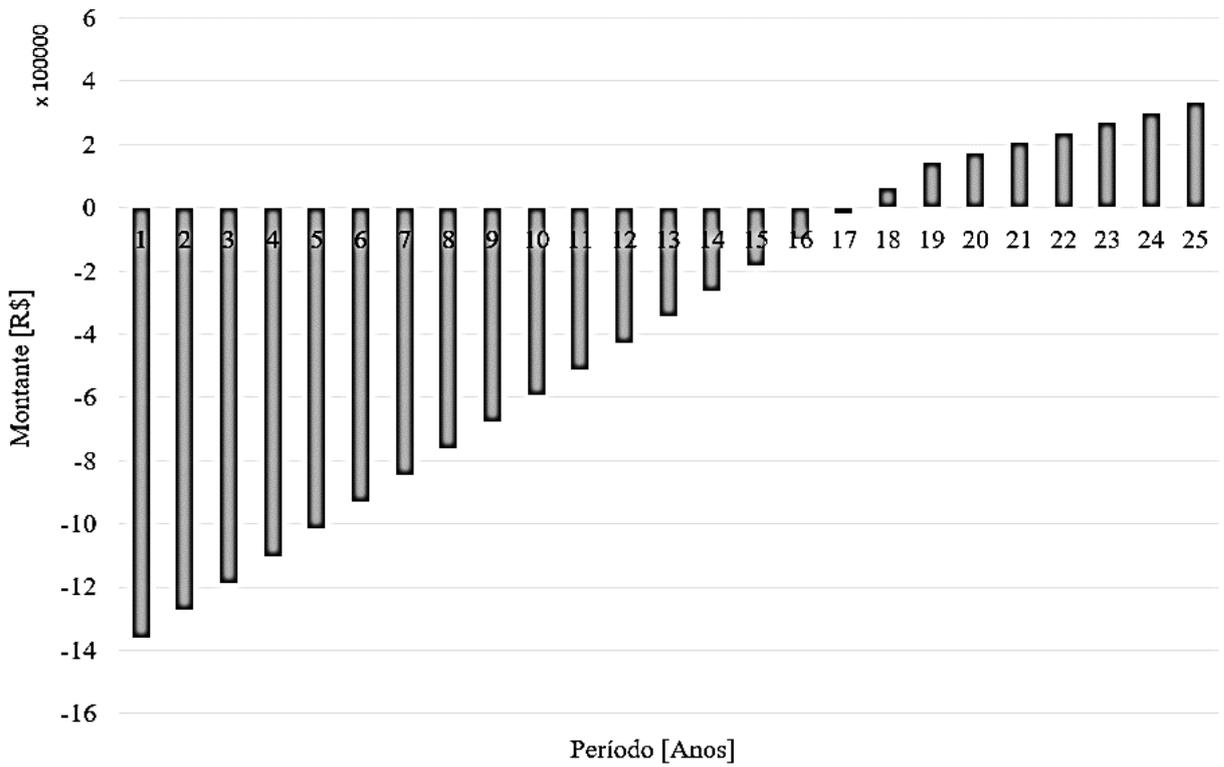
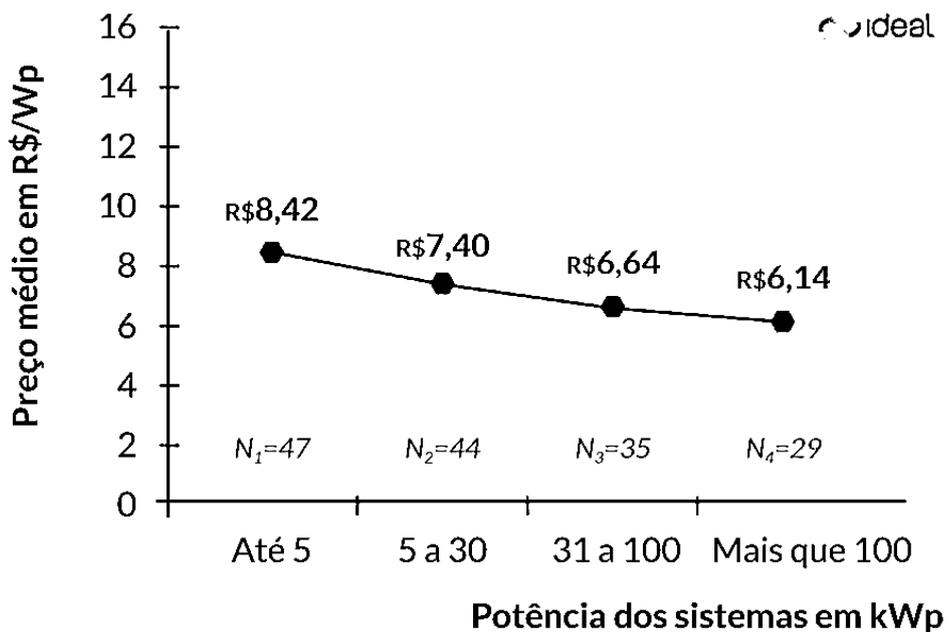


Figura 20. Payback modificado: retorno do investimento em 18 anos.



A TIR calculada foi de 12%. Como esta é maior que a TMA utilizada, torna-se mais um indicativo positivo na análise da viabilidade do projeto. Outro ponto a ser destacado é que o projeto se manteve na faixa de preço do sistema FV em relação a sua potência, como mostra a Figura 21, pois obteve-se um valor de R\$6,05/Wp.

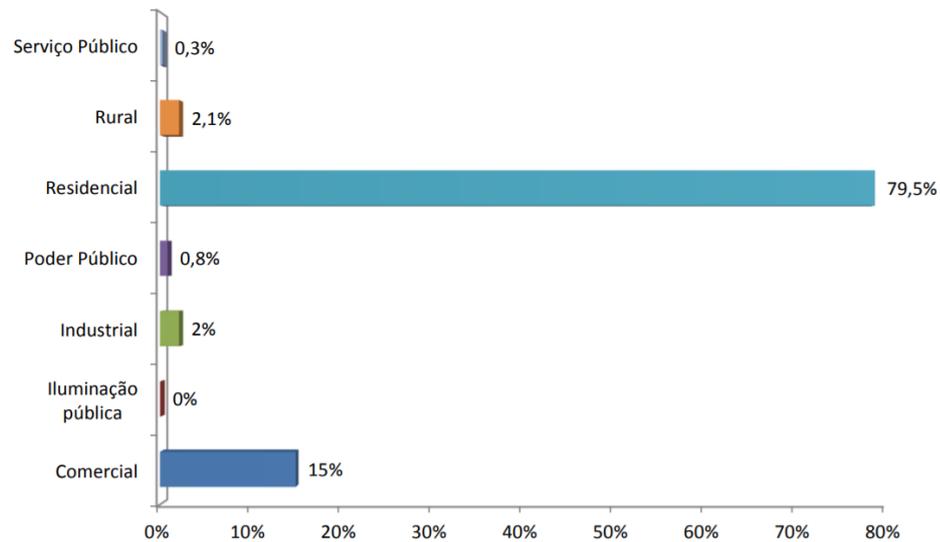
Figura 21. Preço de sistemas FV em 2015 por faixa de potência informados pelas empresas/fabricantes/revendedoras de módulos e inversores.



Fonte: IDEAL (2016).

No entanto, para concretização do cenário simulado, é de suma importância proporcionar condições adequadas aos equipamentos, como a instalação abrigada do inversor, por exemplo. Uma substituição prematura do inversor prejudicaria o investimento, dado o alto valor de aquisição destes equipamentos.

É claro que o grande crescimento dos investimentos em sistemas fotovoltaicos, como destacado anteriormente, é encabeçado principalmente pela instalação residencial, como mostra a Figura 22. Essa questão surge quando se olha para o *payback* modificado obtido nesse estudo de caso, sendo esse de risco relativamente alto. Em resumo, ponto a ser destacado aqui, é que quanto maior o preço da energia, menor o *payback* do investimento, justificando o domínio da instalação em residências, onde o preço da energia é em média 2,5 vezes mais alto que o valor pago por um consumidor do Grupo A4.

Figura 22. Classes de consumo dos consumidores.

Fonte: ANEEL (2017d).

Ainda assim, considera-se que o projeto tem potencial para ser implementado. No entanto, dado a urgência de investimentos (no que tange à questão de penitenciárias e segurança pública) em infraestrutura e geração de vagas prisionais, o momento não é adequado. Além do mais, com o crescimento dos investimentos nesse tipo de fonte de energia, o passar dos anos poderá acarretar o aumento da viabilidade de instalação desse sistema.

5 CONCLUSÕES

A Superintendência dos Serviços Penitenciários (SUSEPE) conta com aproximadamente 120 estabelecimentos prisionais, sendo esses de variados consumos de energia, pois existem os de regime fechado, semi-aberto ou locais com apenas carga de tornozeleira eletrônica, por exemplo. Pouco mais da metade dessas penitenciárias estão enquadradas no Grupo A4. Considerando-se que foi obtido nos estudos de caso aproximadamente R\$100.000,00 de economia anual, quando somados os três estabelecimentos analisados, conclui-se como um resultado considerável quando se projeta dar seguimento à análise para com o número total de casas prisionais.

Em relação a implementação do sistema fotovoltaico, uma economia anual de R\$ 96.359,61 em energia elétrica torna o projeto de implementação viável. A análise do *payback* simples mostra um tempo de retorno de aproximadamente 10 anos, o que em nível de Estado se considera um retorno adequado. Já para o caso do *payback* modificado, o retorno do investimento em 18 anos ainda é arriscado, dado que o tempo está próximo da vida útil dos painéis fotovoltaicos.

Comprando-se os dois métodos de economia de recursos analisados, destaca-se a facilidade de implementação, custo zero e o rápido retorno da readequação dos contratos de energia, tornando-se um estudo atrativo que possibilita a realocação da verba economizada em aplicações que darão retornos à população em geral. Já para o sistema fotovoltaico, como citado anteriormente, considera-se um momento delicado para implementação, haja vista a situação em que o país se encontra quando se fala em segurança pública.

Por fim, destaca-se que a melhor maneira de gerar economia de energia e de recursos em geral é a combinação de do maior número de ações possíveis para minimizar os desperdícios e aumentar a efetividade da energia elétrica e dos investimentos a serem realizados.

Durante o desenvolvimento do trabalho, atendeu-se a todos objetivos propostos inicialmente e também surgiram mais temas relacionados e possíveis de serem abordados. Para trabalhos futuros deixa-se a sugestão da análise de implementação de grupos geradores para trabalhar em horário de ponta com Tarifa Horária Verde, vide o perfil de consumo desses estabelecimentos. Outro ponto a ser abordado seria a compra de energia no Mercado Livre de Energia.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em 15 de abril de 2017a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **Entendendo a Tarifa**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa>>. Acesso em 21 de maio de 2017b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **Geração distribuída**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd.asp>>. Acesso em 21 de maio de 2017c.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **NOTA TÉCNICA 0056**. BRASÍLIA, 2017d.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **NOTA TÉCNICA 222**. BRASÍLIA, 2016a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **Por Dentro da Conta de Luz**. BRASÍLIA, 2016b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA **RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA 2.171**. BRASÍLIA, 2016c.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA 414**. BRASÍLIA, 2010a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA 418**. BRASÍLIA, 2010b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA 482**. BRASÍLIA, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA 687**. BRASÍLIA, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA 725**. BRASÍLIA, 2016d.

COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Custos e Tarifas**. Disponível em: <<http://www.cee.com.br/pportal/cee/Component/Controller.aspx?CC=1782>>. Acesso em 05 de março de 2017.

CRESESB. **Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em 20 de maio de 2017.

EL HAGE, F. S.; FERRAZ, L. P. C.; DELGADO, M. A. P. **A Estrutura Tarifária de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2011.

FILOMENA P. Tiago – **Notas de aula de engenharia econômica**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

GREENTECH DISTRIBUIDORA. **Sistema de Energia Solar Conectado a Rede Elétrica**. Disponível em: <http://www.greentechdistribuidora.com/SISTEMA-ENERGIA-SOLAR-CONECTADO-A-REDE-ELETRICA/prod-3498862/>. Acesso em 18 de maio de 2017.

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS NA AMERICA LATINA (IDEAL). **O Mercado Brasileiro de Geração Distribuída Fotovoltaica**. Edição 2016. Disponível em: https://issuu.com/idealeco_logicas/docs/estudofv2016_final?e=18281881/30000297> Acesso em 02 de junho de 2017.

NAKABAYASHI, Renny. **MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO BRASIL: PORTAL SOLAR. Tipos de Pannel Solar Fotovoltaico**. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-pannel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em 19 de julho de 2017.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. PROCEL. **Manual de tarifação da energia elétrica**. Rio de Janeiro, 2011.
VIABILIDADE ECONÔMICA. Dissertação - Instituto de Energia e Ambiente da USP. São Paulo, 2015.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2015. 224 p.

ANEXO A

Figura A1. Fatura de Energia da PESHM com histórico de consumo e demanda utilizada no estudo de caso.



AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S.A.
Rua Dona Laura, 320 - 10º andar - Porto Alegre - RS
CNPJ: 02.016.440/0001-62 - Inscrição Estadual: 096/2636525
Modelo "6" Número 31.663.501

Atendimento AES Sul
0800 707 1237
www.aessul.com.br
E-mail: atendimento.at@aes.com

NOTA FISCAL CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

Nome: SUPERINTENDENCIA DOS SERV PENITENCIA Endereço: R. VOLUNTARIOS DA PATRIA Nº 1358 AND 4 Bairro: CENTRO Município: PORTO ALEGRE CEP: 90230-010		Tipo de fatura: CONTA NORMAL	Código do Cliente:								
Emissão: 30/11/2016 Apresentação: 01/12/2016 Próxima leitura: 20/12/2016		Faturamento: NOV/2016 Período de consumo: 20/10/2016 a 21/11/2016									
Dados da Unidade Consumidora: Nome Fornecedor: PENIT. EST. DE SANTA MARIA Endereço: EST. SAO MARTINHO Nº 5050 HS Município: SANTA MARIA Tarifa: VCM-HV Dem. Classes (13.8 - 23 KV) Tipo de uso: Poder Público. Inscr. Est.: Tensão nominal: 13.800 Volts Limites adequados: 12.834 a 14.490 Volts		Demanda Contratada (kW): Ponta 207 Demanda Lida (kW): 200 Demanda Faturada (kW): 243 Demanda Ultrapassagem (kW): 43 Consumo Contratado (kWh): 65,07 Consumo Ultr. (kWh): 47,46 Fator de Carga: 65,07 Fator de Potência: 47,46	Período: RTT Seco: 1 Perdas transf: CMIP								
Indicadores de Continuidade Conjunto: Santa Maria 4 Mês de Apuração: SETEMBRO /2016 EUSD(R\$): 19.685,69		Histórico de Consumos									
Indicador		Período	Demanda (kW) Ponta F.Ponta	Consumo (kWh) Ponta F.Ponta	FER Ponta F.Ponta	Grandeza	Nº do Medidor	Leitura Anterior	Leitura Atual	Cte. de Medição	Total Medido
METAS REALIZADO		11/16	207 243	9462 80450	0 515	kWh Ponta (04)	04566972	249555	334214	0,112	9482
Indicador Mensal		10/16	216 255	11026 85176	0 0	kWh Fora Ponta (06)	04566972	380295	387478	11,2	80490
DMIC		09/16	215 251	12065 93184	0 0	kWh Max. Ponta (10)	04566972	0	463	0,448	207
DMIC		08/16	239 201	12546 87618	0 0	kWh Max. F. Ponta (14)	04566972	0	543	0,448	243
DMIC		07/16	224 255	12089 89981	0 0	kVAh Ponta (25)	04566972	297403	308647	0,112	1371
DICRI		06/16	220 247	10581 77482	0 0	kVAh Fora Ponta (29)	04566972	47890	48382	11,2	18850
FIC		05/16	239 207	9678 75298	0 0	UFER Ponta (88)	04566972	3799	3799	0,112	0
DMIC		04/16	194 188	9172 64853	0 22	UFER Fora Ponta (88)	04566972	716	762	11,2	515
DICRI		03/16	168 172	7908 57949	0 0	DMCR Max. Pta (69)	04566972	0	1537	0,112	172
DMIC		02/16	162 163	7806 81936	0 0	DMCR Max. F Pta (71)	04566972	0	1842	0,112	209
Meta: 12,71		01/16	176 176	8153 73114	0 0						
Realizado DICRI (diário): 00= 0,00		12/15	183 185	8832 85173	0 0						
		11/15	195 209	9124 74704	0 0						

É direito do consumidor: receber compensação, de forma automática na fatura, quando a meta do indicador for ultrapassada e solicitar anulação dos indicadores a qualquer tempo.

Faturas Pendentes de Pagamento:
01/2016 R\$ 43.943,83.



ICMS	
Base de Cálculo:	
Alíquota %:	ISENTO
Informações sobre condições gerais de fornecimento, tarifas, produtos, serviços prestados e impostos, encontram-se à disposição dos clientes, para consulta, através da nossa Central de Atendimento 24 horas ou em nosso site. O não pagamento até a data de vencimento acarretará a cobrança de multa, juros de mora e atualização monetária, bem como a suspensão do fornecimento de energia e a inclusão no SPC/SERASA. Resolução ANEEL nº 414 de 09/09/2010. Ouvidoria AES Sul: 0800 707 7278 Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul - AGERGS 0800 727 0167 - Ligação Gratuita de telefones fixos Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis	
Cuidado: Acidente com Energia Elétrica pode ser fatal.	
Adicional Bandeira Amarela : R\$ 832,83 PIS e COFINS (já incluído no total da fatura - Resolução ANEEL n.º 93/2005): R\$ 3.002,72	
Autenticação no verso	
Vencimento	Valor a pagar em Reais
30/12/2016	45.938,59

Figura A2. Histórico de consumo e demanda da PMEC.



Registro de Contas - Alta Tensão (v1.09.01)

Sistema AT Unidade Consumidora 57842108 Mês 02/2017 Página 1

Lote	Local	Livro	Identificação do Cliente										Endereço de Entrega					Endereço da Unidade (Leitura)				
97	1826	A01174	SUPERINTENDENCIA DOS SERVICOS PENITENCIARIOS										AVENIDA VOLUNTARIOS DA PATRIA,1358-AP 0411					AV GETULIO VARGAS, 2640				
Carga Aut.(kW)	Tensão	E.C.	Nº Eletrobrás			Data Ligação	Data Inst.kWh	Data Inst.kWh	Data Inst.kWh	Bairro		CEP	Bairro			Situação						
225	A4					19/07/10	24/01/11	24/01/11	24/01/11	CENTRO		90230010	CENTRO - PARALELA RS 401			AB						
Tributos	Fat.Pot.	Cód. kW	Corte	Multa	P. Transf	Ilum. Pub	Sup. Reg.	Cod. Fat.	T.Tar.	Classe	Subclasse	Fase	Prazo Ult.	Prazo Reg.	Código de Grupo	C.G.C.	Data Corte	Data Religação	Data Apres.	Data Vencto	UC Anterior	
		0			0	-53	1800	017	02	05	8480	TR				171.763.990/0016-9		17/02/17	13/03/17	5784210		

Demandas (Ativa e Reativa) e Consumos (Ativo e Reativo) Registrados/Levantamento de Fator de Carga (FC) - Medição Tarifa Horosazonal (Ponta e Fora de Ponta) ou Binômio (Geral)

Data	02/2017			01/2017			12/2016			11/2016			10/2016			09/2016			08/2016			07/2016			06/2016			05/2016			04/2016			03/2016			02/2016		
Grandezas	Códigos			Códigos			Códigos																																
	Irreg	Sit	Emi																																				
kW	P		344,06			357,12			355,58			402			426			444			482			518			512			458			386			359			364
	F/G		340,22			344,06			397,06			406			433			462			488			511			534			468			349			338			310
kW Ultrap.	P								32,06																														
	F/G																																						
kWh	P		16883			18152			20089			16456			22467			22174			23159			25469			24083			21715			19284			16901			16411
	F/G		117846			132158			132923			114566			137856			128448			127008			147264			143155			136838			119635			105389			116851
	R																																						
kVarh	P		31065			34949			31762																														
	F/G																																						
Fator Potência	P		,47751			,46092			,53454																														
	F/G		1			1			1																														
Fator Carga	P		.78			.77			.78																														
	F/G		.55			.55			.48																														
Corr. Prim.	P		15.65			16.24			16.17			18.28			19.37			20.19			21.92			23.56			23.28			20.83			17.55			16.33			16.55
	F/G		15.48			15.65			18.07			18.48			19.70			21.03			22.21			23.26			24.29			21.29			15.88			15.38			14.10

Equipamento Principal: 0003-RG-38436540

Situação da UC: LG

Isenções:

Energias Faturáveis	Faturado	Valor (R\$)	Lançamentos	Valor (R\$)	Cód. Div.	Valor (R\$)
CONSUMO FORA PONTA TU	117846	5654,25	CIP-CONTRIB DE ILUM PUB	525	TOT	57801,35
CONSUMO FORA PONTA TE	117846	24319,87	BASE CALCULO ICMS	55124,65	TPS	338,52
CONSUMO PONTA TUSD	16883	810,04	BASE CALCULO PIS/COFINS	55124,64	VIM	55124,65
CONSUMO PONTA TE	16883	5145,6	COFINS SOBRE RECEITA.	86,07		
DEMANDA PONTA TUSD	365	12534,1	COFINS SOBRE RECEITA.	4189,48		
DEMANDA FORA PONTA TU	365	4755,95	ENCARGO USO SIST.DISTRIBUICAO (CM)	23754,34		
CONSUMO REAT.FORA PON	32	6,86	MULTA CONTA ANTERIOR	1287,36		
			JUROS CONTA ANTERIOR	612,17		
			CORRECAO MONETARIA POR ATRASO	252,17		
			PIS SOBRE RECEITA.	13,99		
			PIS SOBRE RECEITA.	909,56		
			COFINS	1559,46		

Figura A3. Histórico de Consumo da PEAR utilizada no estudo de caso.

Lote		Local	Livro	Identificação do Cliente										Endereço de Entrega			Endereço da Unidade (Leitura)			Sistema	Mês	Página
90		1831	A01198	SUPERINTENDENCIA DOS SERVICOS PENITENCIARIOS										RUA VOLUNTARIOS DA PATRIA,1358-AP 0411			EST BR 290, 2305 - BL V			AT	02/2017	1
Carga Aut.(kW)		Tensão	E.C.	Nº Eletrobrás		Data Ligação	Data Inst.kWh	Data Inst.kWh	Data Inst.kWh	Data Inst.kWh	Bairro	CEP	Bairro		Situação							
380		A4				07/11/13	07/11/13	07/11/13	07/11/13	CENTRO	90230010	BR 290		AB								
Tributos	Fat.Pot.	Cód. kW	Corte	Multa	P. Transf.	Illum. Pub	Sup. Reg.	Cod. Fat.	T.Tar.	Classe	Subclasse	Fase	Prazo Ult	Prazo Reg.	Código de Grupo	Data Corte	Data Reliação	Data Apres.	Data Vencio			
	-34		0		0	-35	1800	017	04	05	8480	TR						09/02/17	13/03/17			

Demandas (Ativa e Reativa) e Consumos (Ativo e Reativo) Registrados/Levantamento de Fator de Carga (FC) - Medição Tarifa Horosazonal (Ponta e Fora de Ponta) ou Binômio (Geral)																																								
Data		02/2017			01/2017			12/2016			11/2016			10/2016			09/2016			08/2016			07/2016			06/2016			05/2016			04/2016			03/2016			02/2016		
Grandezas	Códigos	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi	Irreg	Sit	Emi			
		210	N	N	210	N	N	210	N	N	000			000			000			000			000			000			000			000			000					
kW	P																																							
	F/G			234,24			245,76			260,48			280			295			264			344			296			294			257			243			234			222
kW Ultrap.	P																																							
	F/G																																							
kWh	P			10776			9506			12100			6758			13255			14010			13778			15378			13461			13436			12184			9996			8888
	F/G			85524			63979			82535			45424			74784			81808			77104			83520			77632			86368			74592			80112			69184
	R																																							
kVarh	P			18155			16563			17338																														
	F/G																																							
Fator Potência	P			,51042			,49777			,5723																														
	F/G			,98269			,97553			,98363																														
Fator Carga	P																																							
	F/G			,54			,42			,50																														
Corr. Prim.	P																																							
	F/G			6.39			6.83			7.11			7.66			8.05			7.20			9.39			8.08			8.02			7.01			6.63			6.39			6.06

Equipamento Principal: 0003-RG-34806361			Situação da UC: LG			Isenções:		
Energias Faturáveis	Faturado	Valor (R\$)	Lançamentos	Valor (R\$)	Cód. Div.	Valor (R\$)		
CONSUMO FORA PONTA TU	85524	4103,44	DADOS DE MEDICAO DA MM	55,1	PSR	674,46		
CONSUMO FORA PONTA TE	85524	17649,58	CIP-CONTRIB DE ILLUM PUB	150,55	TCF	1156,42		
CONSUMO PONTA TUSD	10776	9478,56	BASE CALCULO ICMS	40877,08	TOT	39819,32		
CONSUMO PONTA TE	10776	3284,3	BASE CALCULO PIS/COFINS	40877,06	TPS	251,02		
DEMANDA TUSD	380	4951,4	COFINS SOBRE RECEITA.	15,52	VIM	40877,08		
CONSUMO REAT.FORA PON	11	2,36	COFINS SOBRE RECEITA.	3106,66				
			ENCARGO USO SIST.DISTRIBUICAO (CM)	18533,4				
			JUROS CONTA ANTERIOR	218,64				
			DEV.DIF.A MAIOR CONTA ANTERIOR	957,98				
			CORRECAO MONETARIA POR ATRASO	64,54				
			CRED VIOL META CONT	588,61				
			PIS SOBRE RECEITA.	2,75				

ANEXO B

Figura B1. Solicitação da autorização para usos dos dados de energia das casas prisionais.

Senhora Diretora de Administrativa

Através do presente apresento o projeto para fins de produzir o Trabalho de Conclusão de Curso na área de Engenharia Elétrica, o qual tem finalidade principal a pesquisa da legislação tarifária atualizada para contratos de distribuição de energia elétrica no Brasil, bem como análise da demanda de energia contratada, sendo esta realizada através de estudos de caso.

Assim, solicito autorização para acesso dos dados das contas de energia elétrica dos Estabelecimentos Prisionais do Estado do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre 11 de maio de 2017


Augusto Müller Schaedler

Figura B2. Autorização para uso dos dados de medição de energia.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA SEGURANÇA PÚBLICA
SUPERINTENDÊNCIA DOS SERVIÇOS PENITENCIÁRIOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA PRISIONAL



Disp. nº 052/17 - DENG

Assunto: Autorização Projeto de Pesquisa

Ao Gabinete da Administrativo:

O estagiário Augusto Müller Schaedler, solicitou ao Departamento de Engenharia Prisional, autorização para realizar o Projeto de Pesquisa para elaboração do Trabalho de Conclusão de curso, ênfase na legislação tarifária para contratos de distribuição de energia elétrica no Brasil.

O Departamento de Engenharia Prisional, autorizou a pesquisa nos arquivos de sua competência.

Segue a solicitação do estagiário para acesso das contas de energia elétrica para autorização da Diretora Administrativa.

Porto Alegre, 11 de maio de 2017.


Alexandre Porciúncula Micol
Dir. Deptos de Planejamento e Engenharia
SUSEPE

Figura B3. Concessão cedida.

DOF/DA,
RECEBIDO
EM 12/05/17
às 11:37 min.

De acordo

Encaminhe-se ao Setor de
Gestão de Despesas / Def para
o gerenciamento das
informações necessárias ao
atendimento da solicitação

Em, 12.05.17


Liciane Waltermann da Mota
Diretora Administrativa

Registro n. 60254
Data 11/05/17
GAB/DA - SUSEPE