

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

**Eric Guilherme Escovar
Matheus Prestes Minato**

**Estudo de caso de uma avaliação econômica entre a
implementação de um sistema fotovoltaico e migração
para o mercado livre de energia para um consumidor do
grupo A**

São Carlos

2021

**Eric Guilherme Escovar
Matheus Prestes Minato**

**Estudo de caso de uma avaliação econômica entre a
implementação de um sistema fotovoltaico e migração
para o mercado livre de energia para um consumidor do
grupo A**

Monografia apresentada ao Curso de Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em Sistemas de Energia e Automação, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Elmer Pablo Tito Cari

**São Carlos
2021**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

E74e	Escovar, Eric Guilherme Estudo de caso de uma avaliação econômica entre a implementação de um sistema fotovoltaico e migração para o mercado livre de energia para um consumidor do grupo A / Eric Guilherme Escovar; orientador Elmer Pablo Tito Cari . São Carlos, 2021. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2021. 1. Energia Elétrica. 2. Sistema de Energia Fotovoltaica. 3. Mercado Livre de Energia. 4. Análise de Investimento de Sistema Fotovoltaico. 5. Estudo de Viabilidade Econômica. I. Título.
------	--

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

P663e Prestes Minato, Matheus
Estudo de caso de uma avaliação econômica entre a implementação de um sistema fotovoltaico e migração para o mercado livre de energia para um consumidor do grupo A / Matheus Prestes Minato; orientador Elmer Pablo Tito Cari. São Carlos, 2021.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2021.

1. Energia Elétrica. 2. Sistema de Energia Fotovoltaica. 3. Mercado Livre de Energia. 4. Análise de Investimento de Sistema Fotovoltaico. 5. Estudo de Viabilidade Econômica. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Eric Guilherme Escovar

Título: “Estudo de caso de uma valiação econômica entre a implementação de um sistema fotovoltaico e migração para o mercado livre de energia para um consumidor do grupo A”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em
23/11/2021,

com NOTA 9,7 (nove, sete), pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Elmer Pablo Tito Cari - Orientador - SEL/EESC/USP

Prof. Associado José Carlos de Melo Vieira Júnior - SEL/EESC/USP

Mestre Gustavo Henrique de Paula Santos - IFSP/Campus
Campinas

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Matheus Prestes Minato

Título: “Estudo de caso de uma valiação econômica entre a implementação de um sistema fotovoltaico e migração para o mercado livre de energia para um consumidor do grupo A”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em
23/11/2021,

com NOTA 9,7 (nove, sete), pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Elmer Pablo Tito Cari - Orientador - SEL/EESC/USP

Prof. Associado José Carlos de Melo Vieira Júnior - SEL/EESC/USP

Mestre Gustavo Henrique de Paula Santos - IFSP/Campus
Campinas

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino

Este trabalho é dedicado aos nossos pais, por todo apoio e amor ao longo da graduação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaríamos de agradecer a Deus.

Agradecemos aos nossos pais por sempre nos incentivarem e acreditarem que seríamos capazes em enfrentar todos os desafios da graduação e na elaboração deste trabalho.

Agradecemos ao nosso orientador Elmer por sempre estar presente para indicar a direção correta que o trabalho deveria tomar.

Somos gratos aos amigos que fizemos ao longo do curso, e estamos certos que são amizades para a vida. Em especial, agradecemos ao Anderson Kiniti pela amizade e apoio.

Por fim, agradecemos ao grupo COMTRAFO pela disponibilidade das informações que permitiram a realização deste projeto e ao gerente Carlos, sempre pronto para nos ajudar.

"No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita ou não faz."

Ayrton Senna

RESUMO

ESCOVAR, E. MINATO, M. **Estudo de caso de uma avaliação econômica entre a implementação de um sistema fotovoltaico e migração para o mercado livre de energia para um consumidor do grupo A**. 2021. 159p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

A perceptível expansão da geração distribuída de energia fotovoltaica, gera dúvidas se esta é a melhor opção para qualquer unidade consumidora. Por outro lado, o mercado livre de energia, apesar de ser interessante opção em muitos casos, é pouco difundido na sociedade brasileira. O objetivo analisar uma indústria que migrou para o mercado livre em 2017, avaliando economicamente se a geração fotovoltaica teria sido uma melhor opção.

No estudo foram realizadas duas análises, a primeira teve por objetivo calcular mensalmente a economia obtida em função da migração para o mercado livre de energia, e projetar essa economia em um horizonte de tempo de 25 anos, vida útil considerada para um sistema fotovoltaico. A segunda análise baseia-se na suposição de que, ao invés de ter migrado para o mercado livre de energia no início de 2017, a indústria optou por adquirir e instalar um sistema de geração fotovoltaica próprio, projetado com base nas faturas de energia de 2016, e estima-se a economia obtida.

Para o mercado livre, cujo investimento inicial para a migração foi R\$66.285,16, obteve-se uma economia média mensal de 20,66% para os anos com faturas de energia disponíveis. A economia média anual obtida foi de R\$238.304,79. De 2021 em diante, supõe-se um crescimento de economia de 5% ao ano. Em função do baixo investimento inicial, obteve-se uma TIR de 347%, um payback descontando de 0,55 anos e um VPL de R\$3.405.836,67.

Para a geração fotovoltaica, após o desenvolvimento do projeto, estimou-se a economia com base nas faturas de energia para os anos disponíveis. A economia média anual foi de R\$607.024,46, e novamente se supõe que deste ponto em diante, a economia cresce 5% ao ano. O investimento inicial, que inclui o sistema fotovoltaico e um banco de capacitores de 60 kVAr, foi de R\$3.938.170,00, com base em orçamento fornecido por empresa da área, não incluindo a área necessária para os 2.136 módulos. O sistema fotovoltaico apresentou uma TIR de 17%, com payback descontado de 9,51 anos, e um VPL de R\$4.769.953,88.

Por fim, apesar do VPL encontrado no sistema fotovoltaico ter sido maior, o baixo investimento inicial, o payback muito curto e a grande TIR indicam que, para este estudo de caso, o mercado livre de energia se mostrou mais vantajoso, tendo sido uma decisão correta da empresa.

Palavras-chave: Energia elétrica. Sistema de Energia Fotovoltaica. Mercado Livre de Energia. Análise de investimento de sistema fotovoltaico. Estudo de viabilidade econômica.

ABSTRACT

ESCOVAR, E. MINATO, M. **Case study of an economic evaluation between the implementation of photovoltaic system and migration to the free energy market for a group A.** 2021. 159p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

The growing expansion of distributed generation of photovoltaic energy, widely noticeable, raises questions about whether this is in fact the best option for any consumer unit. On the other hand, the free energy market, despite being an interesting option in many cases, is still not widespread in Brazilian society. The objective of this work is to analyze an industry that migrated to the free market in 2017, and to evaluate economically whether photovoltaic generation would have been a better option.

In this project two analyses were made, the first one aimed to calculate monthly the savings obtained as a result of the migration to the free energy market, and this savings is projected over a time horizon of years, the useful life considered for a photovoltaic system. Then, it is assumed that, instead of having migrated to the free energy market in early 2017, the industry chose to acquire and install its own photovoltaic generation system, designed based on the 2016 energy bills, then estimate the savings.

For the free market, whose initial investment for migration was R\$66,285.16, there was an average monthly savings of 20.66% for the years with available energy bills. The average annual savings obtained was R\$238.304,79. From 2021 onwards, it is assumed an economy growth of 5% per year. Due to the low initial investment, an IRR of 347% was obtained, a discounted payback of 0.55 years and a NPV of R\$3.405.836,67.

For photovoltaic generation, after the development of the project, savings were estimated based on energy bills, again for the available years. The average annual savings were R\$607.024,46, and again it is assumed that from this point onwards, the savings grow by 5% per year. The initial investment, which includes the photovoltaic system and a 60 kVAr capacitor bank, was R\$3.938.170,00, not including the area required for the 2,136 modules. The photovoltaic system presented an IRR of 17%, with a discounted payback of 9.51 years, and a NPV of R\$4.769.953,88.

Finally, although the NPV found in the photovoltaic system was higher, the low initial investment, the very short payback and the large IRR indicate that, for this case study, the free energy market proved to be more advantageous, being the option for the free energy market correctly made by the company.

Keywords: Electricity. Photovoltaic Energy System. Free Energy Market. Photovoltaic system investment analysis. Economic feasibility study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz Elétrica Brasileira.	31
Figura 2 – Geração Distribuída Solar FV no Brasil por classe de consumo	32
Figura 3 – Geração distribuída: Ranking Estadual.	33
Figura 4 – Comparativo de irradiação entre Brasil e Alemanha	34
Figura 5 – Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil	35
Figura 6 – Exemplo de curva de carga e de geração fotovoltaica	46
Figura 7 – Fatura de Energia - Setembro/2017	56
Figura 8 – Conta de Energia COPEL - Mercado cativo - Fevereiro de 2016	62
Figura 9 – Diagrama Unifilar - COMTRAFO	69
Figura 10 – Proposta - Eletrotrafo Solar.	74
Figura 11 – Curva de carga de energia ativa média - COMTRAFO	75
Figura 12 – Curva de carga de energia reativa média - COMTRAFO	76
Figura 13 – Curva de geração e consumo médio de energia ativa - COMTRAFO	76
Figura 14 – Curva de carga - Energia ativa - COMTRAFO - 2017	77
Figura 15 – Curva de carga - energia reativa - COMTRAFO - 2017	78
Figura 16 – Curva de geração e consumo médio de energia ativa - 2017 - COMTRAFO	78
Figura 17 – Créditos injetados em média - 2017 - COMTRAFO	79
Figura 18 – Fator de potência - 2017 - COMTRAFO	80
Figura 19 – Energia reativa - 2017 - COMTRAFO	80
Figura 20 – Fluxo de caixa - Mercado Livre	94
Figura 21 – Fluxo de caixa descontado - Mercado Livre	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações Gerais - COMTRAFO - Fábrica 2	55
Tabela 2 – Impostos Mês de Setembro 2017	57
Tabela 3 – Tarifas - Setembro 2017	57
Tabela 4 – Fatura - Setembro 2017	59
Tabela 5 – Faturas equivalentes no mercado cativo	60
Tabela 6 – Faturas totais no mercado livre	60
Tabela 7 – Economia mensal no mercado livre	61
Tabela 8 – Demanda TUSD - 2016	63
Tabela 9 – Demanda isenta de ICMS - 2016	64
Tabela 10 – Consumo de energia no horário de Ponta - tarifa TUSD - 2016	64
Tabela 11 – Consumo de energia no horário fora de ponta - tarifa TUSD - 2016	65
Tabela 12 – Consumo de energia no horário de ponta - tarifa TE - 2016	65
Tabela 13 – Consumo de energia no horário fora de ponta - Tarifa TE - 2016	66
Tabela 14 – Consumo de energia reativa em excesso no horário de ponta - 2016	66
Tabela 15 – Consumo de energia reativa em excesso no horário fora de ponta - 2016	67
Tabela 16 – Bandeira Tarifaria - 2016	67
Tabela 17 – CIP - 2016	68
Tabela 18 – Impostos sobre as faturas no ano de 2016	68
Tabela 19 – Valores consolidados médios das faturas do ano de 2016	70
Tabela 20 – Coordenadas da unidade consumidora COMTRAFO	71
Tabela 21 – Valores de irradiação horizontal	71
Tabela 22 – Energia fotovoltaica prevista para ser injetada pela unidade consumidora	72
Tabela 23 – Potência fotovoltaica calculada para a COMTRAFO	72
Tabela 24 – Número de módulos do sistema fotovoltaico	73
Tabela 25 – Sobredimensionamento dos inversores	73
Tabela 26 – Energia fotovoltaica de pico a ser injetada pelo sistema fotovoltaico	74
Tabela 27 – Fatores de simultaneidade por ano	81
Tabela 28 – Economia projetada - Fora Ponta - Consumo instantâneo - 2017	82
Tabela 29 – Economia projetada - Fora Ponta - Consumo de créditos	83
Tabela 30 – Economia projetada - Ponta - Consumo de créditos	84
Tabela 31 – Custo projetado - Excedente de reativos	84
Tabela 32 – Economia - Banco de capacitores - 2017	85
Tabela 33 – Economia mensal - 2017	85
Tabela 34 – Economia projetada - Fora Ponta - Consumo instantâneo - 2018	85
Tabela 35 – Economia projetada - Fora Ponta - Crédito - 2018	86
Tabela 36 – Custo projetado - Excedente de reativos	86

Tabela 37 – Economia - Banco de capacitores - 2018	86
Tabela 38 – Economia mensal - 2018	87
Tabela 39 – Economia projetada - Fora Ponta - Consumo instantâneo - 2019	87
Tabela 40 – Economia projetada - Fora Ponta - Crédito - 2019	87
Tabela 41 – Custo projetado - Excedente de reativos - 2019	88
Tabela 42 – Economia - Banco de capacitores - 2019	88
Tabela 43 – Economia mensal - 2019	88
Tabela 44 – Economia projetada - Fora Ponta - Consumo instantâneo - 2020	89
Tabela 45 – Economia projetada - Fora Ponta - Crédito - 2020	89
Tabela 46 – Custo projetado - Excedente de reativos - 2020	89
Tabela 47 – Economia - Banco de capacitores - 2020	90
Tabela 48 – Economia mensal - 2020	90
Tabela 49 – Investimento inicial - Mercado livre de Energia	91
Tabela 50 – Economia anual - Real	92
Tabela 51 – Projeção ano a ano	93
Tabela 52 – Fluxo de caixa - ano a ano - Mercado livre	94
Tabela 53 – Indicadores - Mercado livre	95
Tabela 54 – Economia mensal projetada - geração fotovoltaica	96
Tabela 55 – Custos iniciais - sistema fotovoltaico	96
Tabela 56 – Projeção - ano a ano - Sistema fotovoltaico	97
Tabela 57 – Fluxo de caixa - ano a ano - Sistema fotovoltaico	98
Tabela 58 – Indicadores - Sistema fotovoltaico	99
Tabela 59 – Indicadores - Comparativo	99
Tabela 60 – Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2016	109
Tabela 61 – Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2017	110
Tabela 62 – Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2018	111
Tabela 63 – Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2019	112
Tabela 64 – Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2020	113
Tabela 65 – Demanda TUSD - 2017	115
Tabela 66 – Demanda TUSD - sem ICMS - 2017	115
Tabela 67 – Excesso de Demanda - 2017	116
Tabela 68 – Consumo Ponta - TUSD - 2017	116
Tabela 69 – Consumo Fora Ponta - TUSD - 2017	117
Tabela 70 – Consumo Ponta - TE - 2017	117
Tabela 71 – Consumo Fora Ponta TE - 2017	118
Tabela 72 – Energia Reativa Excesso Ponta - 2017	118
Tabela 73 – Energia Reativa Excesso Fora de Ponta - 2017	119
Tabela 74 – Bandeira Tarifária - 2017	119
Tabela 75 – Outros - 2017	120

Tabela 76 – CIP - 2017	120
Tabela 77 – Demanda TUSD - 2018	121
Tabela 78 – Demanda TUSD - Sem ICMS - 2018	121
Tabela 79 – Excesso de demanda - 2018	122
Tabela 80 – Consumo Ponta - TUSD - 2018	122
Tabela 81 – Consumo Fora Ponta - TUSD - 2018	123
Tabela 82 – Consumo Ponta - TE - 2018	123
Tabela 83 – Consumo fora Ponta - TE - 2018	124
Tabela 84 – Energia Reativa Excesso Ponta - 2018	124
Tabela 85 – Energia Reativa Excesso Fora de Ponta - 2018	125
Tabela 86 – Bandeiras Tarifárias - 2018	125
Tabela 87 – Outros - 2018	126
Tabela 88 – CIP - 2018	126
Tabela 89 – Demanda TUSD - 2019	127
Tabela 90 – Demanda Sem ICMS - TUSD - 2019	127
Tabela 91 – Excesso de Demanda - 2019	128
Tabela 92 – Consumo Ponta - TUSD - 2019	128
Tabela 93 – Consumo Fora Ponta - TUSD - 2019	129
Tabela 94 – Consumo Ponta - TE - 2019	129
Tabela 95 – Consumo Fora Ponta - TE - 2019	130
Tabela 96 – Energia Reativa Excesso Ponta - 2019	130
Tabela 97 – Energia Reativa Excesso Fora Ponta - 2019	131
Tabela 98 – Bandeiras Tarifárias - 2019	131
Tabela 99 – Outros -2019	132
Tabela 100– CIP - 2019	132
Tabela 101– Demanda - TUSD - 2020	133
Tabela 102– Demanda - TUSD - Sem ICMS - 2020	133
Tabela 103– Excesso de Demanda - 2020	134
Tabela 104– Consumo Ponta - TUSD - 2020	134
Tabela 105– Consumo fora Ponta - TUSD - 2020	135
Tabela 106– Consumo Ponta - TE - 2020	135
Tabela 107– Consumo Fora Ponta - TE - 2020	136
Tabela 108– Energia Reativa - Excesso Ponta - 2020	136
Tabela 109– Energia Reativa - Excesso Fora Ponta - 2020	137
Tabela 110– Bandeira Tarifária - 2020	137
Tabela 111– Outros - 2020	137
Tabela 112– CIP - 2020	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CC	Corrente Contínua
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCEI	Contrato de Comercialização de Energia Incentivada
CCEAL	Contrato de Comercialização de Energia no Ambiente Livre
CIP	Contribuição para Iluminação Pública
CNPJ	Comprovante Nacional da Pessoa Jurídica
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CPF	Cadastro de Pessoa Física
FC	Fator de Correção
FP	Fora de Ponta
FP	Fator de Potência
FS	Fator de Simultaneidade
GD	Geração Distribuída
GW	Gigawatt
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
kV	Quilovolt
kVAr	Quilovolt-ampere Reativo
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
MWh	Megawatt-hora

MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Técnica Brasileira
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PLD	Preço de Liquidação de Diferenças
P	Ponta
PIS	Programa de Integração Social
SFV	Sistema Fotovoltaico
SIN	Sistema Interligado Nacional
STC	Condições Padrão de Teste
TC	Tarifa de Consumo
TD	Tarifa de Demanda
TE	Tarifa de Energia
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
VPL	Valor Presente Líquido
W	Watt

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	29
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	31
2.1	Mercado de energia solar no Brasil	31
2.1.1	Potencial de utilização da energia solar fotovoltaica	33
2.1.2	Evolução e expansão da energia fotovoltaica no Brasil	34
2.1.3	Revisão da Resolução Normativa nº482/2012	35
2.2	Tarifação de energia elétrica	36
2.2.1	Conceitos gerais	36
2.2.2	Classificação de unidades consumidoras	37
2.2.3	Estrutura tarifária	38
2.2.4	Composição da conta de energia	38
2.2.5	Bandeiras tarifárias	42
2.3	Introdução ao mercado livre de energia	42
2.3.1	Classificação dos consumidores	43
2.3.2	Fontes de Energia	43
2.3.3	Ambiente de Contratação	44
2.4	Compensação de Energia Fotovoltaica	45
2.5	Conceitos básicos da energia solar fotovoltaica	47
2.5.1	Radiação solar	47
2.5.2	Efeito fotovoltaico	47
2.5.3	Tipos de radiação solar	47
2.5.4	Irradiância	47
2.5.5	Irradiação ou insolação	47
2.5.6	Orientação dos módulos fotovoltaicos	48
2.5.7	Componentes do sistema fotovoltaico <i>On-Grid</i>	48
2.6	Dimensionamento do projeto fotovoltaico para o grupo A	48
2.6.1	Metodologia de dimensionamento do sistema fotovoltaico	50
2.6.1.1	Energia Fotovoltaica produzida pelo sistema - E_{FV}	50
2.6.1.2	Potência fotovoltaica instalada (pico) no lado CC - P_{FV}	51
2.6.1.3	Número de módulos fotovoltaicos - N_{MOD}	51
2.6.1.4	Área ocupada pelos módulos - A_{total}	51
2.6.1.5	Dimensionamento preliminar do inversor fotovoltaico	52
2.7	Análise de investimentos	52
2.7.1	Valor presente líquido	52
2.7.2	Taxa interna de retorno	53

2.7.3	Payback simples e descontado	53
3	ESTUDO DE CASO	55
3.1	Processo de obtenção das faturas equivalentes no mercado cativo	55
3.1.1	Informações Gerais - COMTRAFO - Fábrica 2	55
3.1.2	Contas de Energia - Mercado Cativo	56
3.1.2.1	Impostos	57
3.1.2.2	Tarifas	57
3.1.2.3	Bandeira Tarifária	57
3.1.2.4	Cálculo da fatura	58
3.1.3	Faturas equivalentes no mercado cativo	59
3.2	Cálculo da economia mensal no mercado livre	60
3.3	Dimensionamento e economia com o sistema fotovoltaico	61
3.3.1	Dimensionamento do sistema fotovoltaico	69
3.3.2	Dados da unidade consumidora COMTRAFO	69
3.3.2.1	Estimativa da energia fotovoltaica	71
3.3.2.2	Potência fotovoltaica instalada do lado CC	72
3.3.2.3	Quantidade de módulos do sistema fotovoltaico	72
3.3.2.4	Características físicas do arranjo de módulos fotovoltaicos	72
3.3.2.5	Dimensionamento dos inversores	73
3.3.2.6	Energia fotovoltaica a ser injetada na rede	74
3.3.2.7	Proposta de sistema fotovoltaico - Eletrotrafo Solar	74
3.4	Análise energética do sistema fotovoltaico em funcionamento	75
3.4.1	Consumo e geração - Ano de 2020 - COMTRAFO	75
3.4.2	Consumo e geração - Ano de 2017 - COMTRAFO	76
3.4.2.1	Fator de potência com o sistema fotovoltaico instalado	79
3.4.3	Fator de Simultaneidade	81
3.5	Economia mensal estimada com o sistema fotovoltaico	81
3.5.1	Economia mensal - 2017	82
3.5.2	Economia mensal - 2018	85
3.5.3	Economia mensal - 2019	87
3.5.4	Economia mensal - 2020	88
4	ANÁLISE FINANCEIRA	91
4.1	Mercado livre de energia	91
4.1.1	Projeção financeira	92
4.1.2	Análise do investimento	93
4.2	Geração fotovoltaica de energia	95
4.2.1	Projeção financeira	96
4.2.2	Análise do investimento	98

4.3	Comparação dos investimentos	99
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	101
	REFERÊNCIAS	103
	APÊNDICES	107
	APÊNDICE A – GERAÇÃO FOTOVOLTAICA	109
	APÊNDICE B – CONSOLIDADO 2017	115
	APÊNDICE C – CONSOLIDADO 2018	121
	APÊNDICE D – CONSOLIDADO 2019	127
	APÊNDICE E – CONSOLIDADO 2020	133
	ANEXOS	139

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica faz parte de todos os momentos da vida humana. Esse tipo de energia é a mais consumida no segmento industrial, pois pode facilmente ser convertida em luz, calor, movimento e informação. Devido a sua alta demanda, existe uma busca constante pela diminuição de custos com as faturas de energia elétrica.

Dentre as possibilidades para economia no custo com energia elétrica, o uso de sistemas fotovoltaicos e a migração do mercado cativo para o mercado livre são duas soluções que as indústrias procuram para economizar nas faturas de energia elétrica.

Quando um sistema fotovoltaico ligado diretamente à rede elétrica de média ou baixa tensão é instalado, produz eletricidade a um custo competitivo e pode ser empregado para reduzir a fatura de energia elétrica da unidade consumidora. Além disso, esse tipo de energia renovável torna-se ainda mais vantajosa se considerarmos o crescente custo de energia no Brasil.

Já a migração das unidades consumidoras do mercado cativo para o mercado livre de energia possui variados benefícios, tal qual a maior previsibilidade orçamentária, em função da contratação prévia de energia a um preço determinado, um custo de energia competitivo quando comparado ao mercado cativo e o baixo investimento inicial.

Entretanto, tanto os sistemas fotovoltaicos, quanto o mercado livre de energia, apenas começaram a ganhar capilaridade nos últimos anos. Em função do crescimento destas duas modalidades, e o grande consumo de energia no setor industrial, que chega a 32,1% da matriz energética nacional (EPE, 2021), surge a seguinte hipótese da pesquisa: para uma indústria, o que é mais economicamente viável: sistema próprio de geração fotovoltaico próprio ou a migração para o mercado livre de energia?

Neste trabalho foi realizado o estudo de caso da empresa Comtrafo Indústria de Transformadores S.A., que migrou para o mercado de energia livre no início de 2017. Com os dados disponibilizados pela empresa foi possível calcular a economia mensal obtida pela indústria em uma de suas fábricas.

Em seguida, verificou-se a hipótese de: ao invés de optar pelo mercado livre, a COMTRAFO tivesse optado por adquirir e instalar sistema fotovoltaico próprio para gerar a demanda total de energia, qual das opções traria melhor retorno econômico ao longo da vida útil de um sistema fotovoltaico, que aqui considera-se de 25 anos, ciclo de vida de referência para muitos fabricantes? (TRINA, 2014)

A empresa possui algumas unidades fabris, de forma que a unidade em estudo é a denominada "Fábrica 2", que possui o maior consumo na empresa. Para estimar a

economia fotovoltaica, dimensiona-se um sistema fotovoltaico que atenda a demanda de energia da empresa, utilizando como referência o valor médio das componentes da fatura de energia do ano de 2016. Em seguida, estimam-se as economias anuais ano a ano para a para a geração fotovoltaica própria.

Finalmente, compara-se a economia obtida por meio do mercado livre de energia com a estimativa de economia obtida pela implementação do sistema fotovoltaico de energia, de forma a determinar qual opção se apresenta economicamente mais vantajosa, comparando-se o retorno do sistema fotovoltaico e do mercado livre de energia, por meio de indicadores como Taxa Interna de Retorno e *payback*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo é parte fundamental para a compreensão do estudo aqui realizado. Neste, apresentam-se aspectos relevantes referentes ao funcionamento de sistemas fotovoltaicos, da regulamentação brasileira de micro e minigeradores distribuídos, introdução ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, conceitos de mercado livre de energia, dentre outros fundamentos explorados ao longo do desenvolvimento do projeto.

2.1 Mercado de energia solar no Brasil

No momento em que o Brasil e o mundo enfrentam a pandemia do Covid-19, acarretando numa crise no setor econômico, a energia solar fotovoltaica é extremamente importante e estratégica para o desenvolvimento do Brasil. Com alto potencial de complementar a matriz energética nacional, a fonte solar fotovoltaica promete alavancar diversos setores da economia, recebendo cada vez mais investimentos para seu crescimento e sua democratização, além de ser reconhecida como a maior fonte de energia renovável geradora de emprego no mundo. (ABSOLAR, 2021)

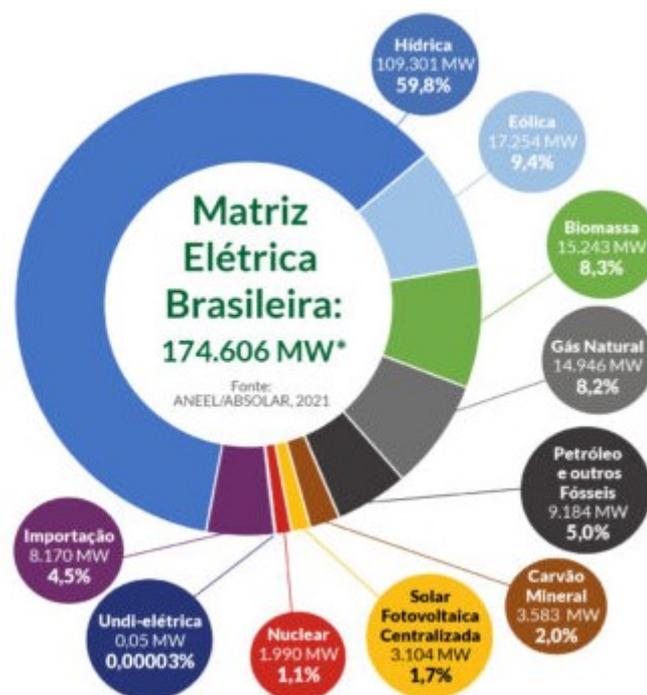


Figura 1: Matriz Elétrica Brasileira.

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2021

Atualmente destaca-se o papel estratégico e importante que a fonte solar fotovoltaica ocupará no Brasil, já se posicionando como a 8ª principal fonte de energia elétrica, conforme

figura 1.. Recentemente, a tecnologia consolidou-se como uma das opções mais competitivas de geração de energia renovável do país, tendo confirmado seus baixos preços-médios em leilões recentes do Governo Federal, bem como em contratos bilaterais entre geradores e consumidores. Trata-se de uma forte aposta e investimento para o desenvolvimento econômico, social e ambiental, com geração de emprego e renda, diversificação da matriz elétrica e agregando diversos benefícios para os consumidores e a sociedade brasileira. (KOLOSZUK, 2020)

A fonte de energia solar é a mais abundante do planeta e a que mais cresce no Brasil e o mundo. O Brasil é um dos países com o maior potencial de geração de energia solar fotovoltaica. Produzida nos telhados das casas, estacionamentos, fachadas de edifícios ou em usinas solares de grande porte, é uma fonte de energia renovável, grande geradora de empregos, que traz tecnologia, conhecimento e inovação para empresas e universidades que ajudam nosso país a crescer e a se desenvolver com sustentabilidade, com mais de quatrocentos mil sistema já instalados, conforme a Figura 7. (SOLAR, 2019)

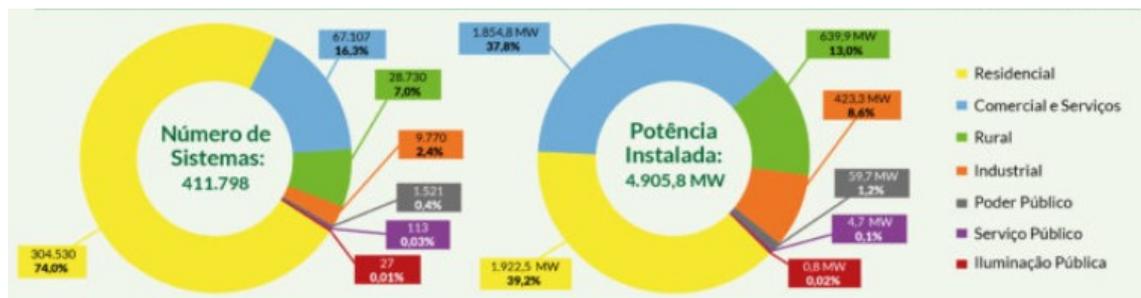


Figura 2: Geração Distribuída Solar FV no Brasil por classe de consumo

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2021

Quando olhamos dados de performance do setor no ano de 2021, percebemos que o Brasil está de fato bem posicionado para ser uma liderança mundial na área. Porém, quando olhamos para o uso da tecnologia, do ponto de vista do atendimento e suprimento da demanda, ainda estamos atrasados. (SOLAR, 2019)

Enquanto o fator de capacidade média, que representa o índice de produtividade das usinas fotovoltaicas, no mundo é de cerca de 11,6%, no Brasil os números do Ministério de Minas e Energia (MME) já mostram que chegamos a quase 18%. Ou seja, nossa produtividade e performance é mais de 50% superior que a de outros países. (SOLAR, 2019)

As regiões Sudeste, Centro Oeste (com forte destaque para Minas-Gerais, vide Figura 3), Norte e Nordeste do país têm um enorme potencial, inclusive para grandes usinas de energia solar, que está sendo aproveitado. Com esse potencial, a fonte, que há poucos anos possuía participação de 0,1%, já alcança mais de 1% da matriz elétrica nacional, ultrapassando neste ano a fonte nuclear. (SOLAR, 2019)



Figura 3: Geração distribuída: Ranking Estadual.

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2021

2.1.1 Potencial de utilização da energia solar fotovoltaica

Em comparação, por exemplo, com a energia eólica, a energia fotovoltaica é mais regular no fornecimento de eletricidade e pode ser empregada em todo o território nacional, já que nosso país é privilegiado com elevadas taxas de irradiação solar em todas as regiões. (REGENPOWER, 2021)

A quantidade de energia produzida por um sistema fotovoltaico depende da insolação do local onde é instalado. No caso desse presente projeto, o estudo de caso da instalação do sistema fotovoltaico é idealizado na cidade de Cornelio Procópio, no estado do Paraná. Ainda que no Brasil as regiões nordeste e centro-oeste sejam as que possuem maiores potenciais de aproveitamento de energia solar, a região Sul do país, apesar de ser a menos privilegiada, ainda possui insolações superiores do que as encontradas em países que empregam largamente a energia solar fotovoltaica. Por exemplo, a melhor insolação na

Alemanha é cerca de $3500\text{Wh}/\text{m}^2$ por dia, disponível apenas em uma pequena parte ao sul do seu território. A maior parte do território alemão possui menos de $3500\text{Wh}/\text{m}^2$ diários, enquanto o Brasil apresenta valores de insolação diária entre $4500\text{Wh}/\text{m}^2$ e $6000\text{Wh}/\text{m}^2$, conforme pode ser visto na figura 4. (VILLALVA, 2017)

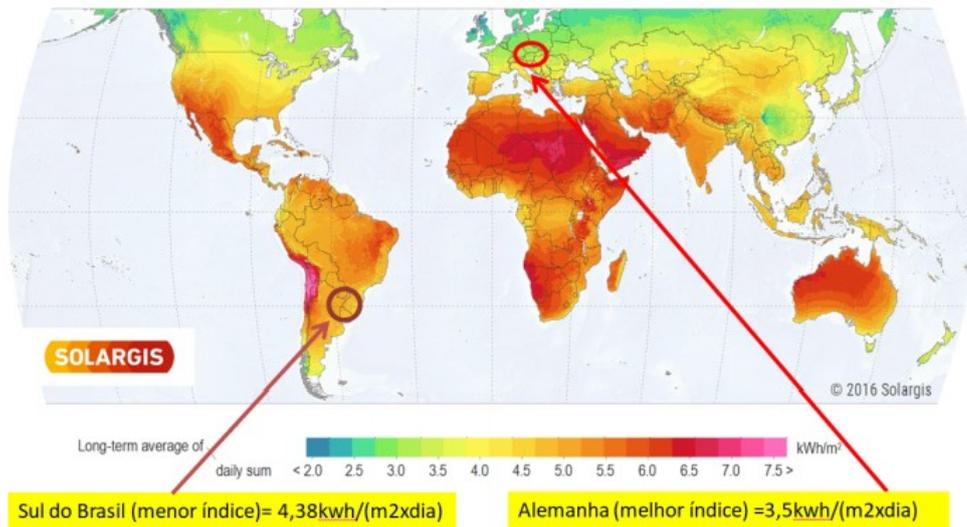


Figura 4: Comparativo de irradiação entre Brasil e Alemanha

Fonte: Adaptado de SOLARGIS, 2016

2.1.2 Evolução e expansão da energia fotovoltaica no Brasil

A energia solar fotovoltaica deve passar por uma expansão significativa no Brasil nos próximos 30 anos e atingir até 90 GW apenas em geração centralizada, de acordo com o Plano Nacional de Energia 2050 apresentado pelo Ministério de Minas e Energia em julho de 2020. (ABSOLAR, 2020)

O número de sistemas fotovoltaicos de geração distribuída e centralizada conectados ao SIN (Sistema Interligado Nacional) vem aumentando significativamente no Brasil após a aprovação em 2012 da resolução nº 482 pela ANEEL. A Figura 5 mostra o aumento anual da potência instalada até o ano de 2021.

Na maior parte dos casos avaliados pelo Plano Nacional de Energia 2050, levando em conta apenas a geração centralizada, a solar fotovoltaica atinge entre 27 a 90 GW em termos de capacidade instalada e entre 8 a 26 GW médios em termos de energia em 2050. Nesse horizonte, a participação da fonte na matriz elétrica atinge em torno de 5% a 16% da capacidade instalada total ou de 4% a 12% em termos de energia total em 2050, sem contar a parcela de geração distribuída fotovoltaica. (ABSOLAR, 2020)

Quanto à geração distribuída, cuja capacidade instalada atual é 3,49 GW (dos quais 3,30 GW são de solar), o Plano Nacional de Energia 2050 projeta que no final do

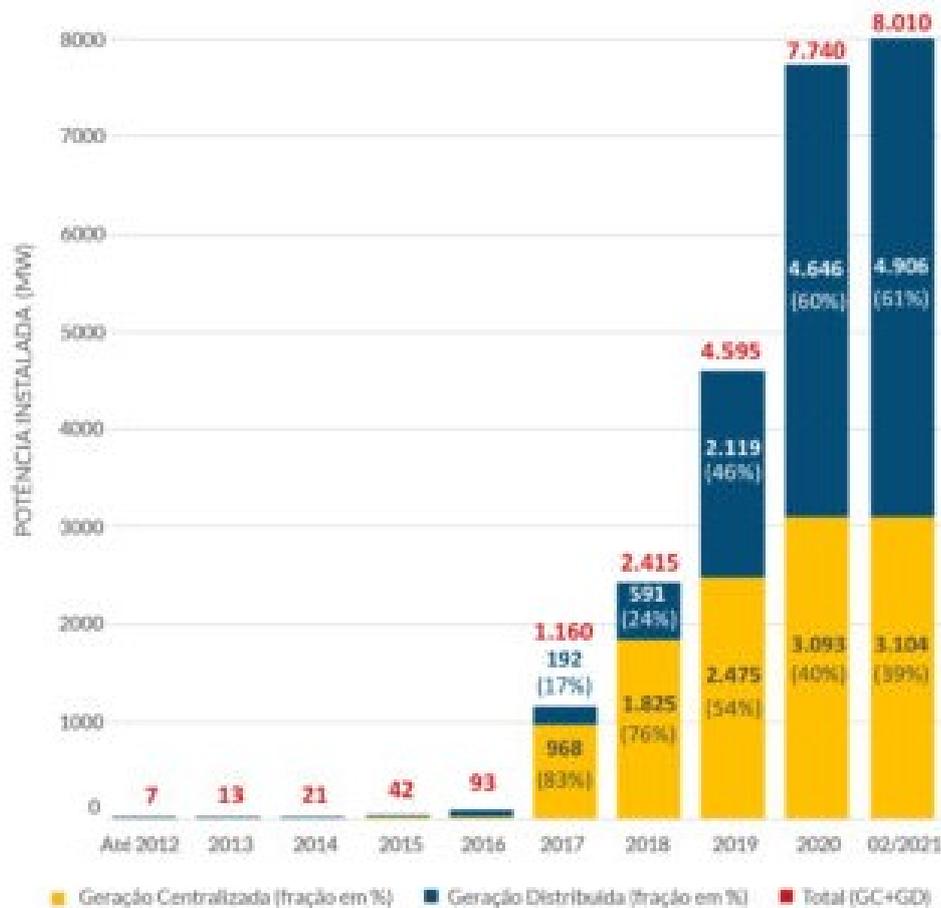


Figura 5: Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil

Fonte:ANEEL/ABSOLAR, 2021

horizonte a modalidade atingirá entre 28 GW e 50 GW, o que representaria um valor de 4% a 6% da carga total. A solar deve continuar liderando o segmento, representando pouco mais de 85% da capacidade instalada no fim do horizonte, por conta da sua modularidade, custo decrescente e difusão da tecnologia entre a sociedade. A análise leva em conta a revisão do mecanismo de compensação para a geração distribuída (GD) no início da década de 2020, com aplicação de tarifa binômica para novos micro e minigeradores, bem como determinantes econômicos — como o crescimento da renda das famílias e a perspectiva de queda dos custos das tecnologias. (ABSOLAR, 2020)

2.1.3 Revisão da Resolução Normativa nº482/2012

O aperfeiçoamento da Resolução Normativa nº 482/2012 (REN 482), que aborda a micro e minigeração distribuída, foi aprovado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Essa revisão foi colocada como item prioritário para a agenda regulatória do primeiro semestre de 2021. (SOLAR, 2021)

Inicialmente, as novas regras propostas pela ANEEL deveriam ter entrado em vigor no início do ano de 2020. Pela proposta, os créditos gerados seriam gradualmente abatidos sobre menos parcelas da tarifa de energia, até virar desconto apenas sobre o componente da tarifa que remunera a geração. As parcelas que compõe a tarifa referentes ao uso da rede da distribuidora não estariam mais sujeitas ao abatimento de créditos. O andamento da revisão foi impactado pela pandemia, que levou o Congresso a priorizar assuntos relacionados ao combate da Covid-19 e seus efeitos. As possíveis mudanças de regulamentação não foram utilizadas ao longo deste estudo, sendo consideradas as regras atuais de compensação na análise. (ABSOLAR, 2020)

2.2 Tarifação de energia elétrica

2.2.1 Conceitos gerais

Os conceitos explicitados abaixo são necessários para a compreensão das regras aplicáveis ao faturamento das unidades consumidoras:

a) Demanda

Média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kvar), respectivamente. (ANEEL, 2010)

b) Demanda máxima

Maior demanda verificada durante um intervalo de tempo especificado. (ANEEL, 2010)

c) Demanda medida

Maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento. (ANEEL, 2010)

d) Demanda contratada

Demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW). (ANEEL, 2010)

e) Demanda faturável

Valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW). (ANEEL, 2010)

f) Demanda de ultrapassagem

Parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa

em quilowatts (kW). (ANEEL, 2010)

g) Horário de ponta

Período definido pela distribuidora e aprovado pela ANEEL para toda sua área de concessão, considerando a curva de carga de seu sistema elétrico e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados definidos por lei federal. Esse horário possui como característica principal tarifas mais elevadas. (ANEEL, 2012b)

h) Horário fora de ponta

Período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta. (ANEEL, 2010)

2.2.2 Classificação de unidades consumidoras

A ANEEL divide os consumidores em dois grupos. O grupo A é composto por 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. São caracterizados pela tarifa binômica e divididos nos subgrupos abaixo (ANEEL, 2010):

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

O grupo B, por sua vez, é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômica e subdividido nos seguintes subgrupos (ANEEL, 2010):

- Subgrupo B1: residencial;
- subgrupo B2: rural;
- subgrupo B3: demais classes
- subgrupo B4: Iluminação pública.

2.2.3 Estrutura tarifária

A estrutura tarifária é definida como o conjunto de tarifas, aplicadas ao faturamento do mercado de distribuição de energia elétrica, que refletem a diferenciação relativa dos custos regulatórios da distribuidora entre os subgrupos, classes e subclasses tarifárias, de acordo com as modalidades e postos tarifários. Cada subgrupo possui alguma(s) possibilidade(s) de enquadramento, na qual este buscará a opção que permita a redução de seu custo relacionado à energia elétrica. (ANEEL, 2010)

A modalidade tarifária horária azul é obrigatória para unidades consumidoras atendidas por tensão maior ou igual a 69 kV, podendo ser escolhida pelos outros subgrupos, quando desejado. Isso implica que os subgrupos A1, A2 e A3 necessariamente serão enquadrados nesta modalidade. Como principal característica, haverá diferenciação para a demanda nos horários de ponta (P) e fora de ponta (FP), ocorrendo o mesmo para o consumo. (ANEEL, 2010)

A modalidade tarifária verde é passível de escolha para os subgrupos cuja tensão de fornecimento é inferior a 69kV, isto é, os subgrupos A3a, A4 e AS. Sua principal diferença com relação a modalidade azul é que há um valor único para a demanda, não havendo diferenciação entre postos tarifários. A tarifação do consumo segue igual ao caso anterior, diferenciando horários de ponta (P) e fora de ponta (FP). (ANEEL, 2010)

A estrutura tarifária convencional, por fim, é opção para os subgrupos A3a, A4 e AS, e obrigatória para os consumidores do grupo B. É a mais simples, em que não há diferenciação de postos tarifários para a demanda e nem para o consumo. (ANEEL, 2012a)

2.2.4 Composição da conta de energia

A tarifa tem como função assegurar aos prestadores de serviço (geradoras, transmissoras e distribuidoras) recursos suficientes para que possam atender de forma satisfatória e contínua os consumidores, bem como tenham capacidade financeira para realizar investimentos e melhorias. (ANEEL, 2012a)

A conta de luz é composta por três custos, que são somados pela ANEEL para a definição da tarifa de cada distribuidora: os de geração de energia, os de transporte de energia até o consumidor (transmissão e distribuição) e os encargos setoriais. Além da tarifa, os Governos Federal, Estadual e Municipal cobram na conta de energia elétrica o PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública, respectivamente. (ANEEL, 2012a)

Assim, o valor da fatura de energia é obtido por meio da soma dos faturamentos dos consumos e demanda faturáveis, na ponta e fora de ponta, além das componentes de ultrapassagem, e de energia e demandas reativas excedentes, que serão explicadas posteriormente.

De forma geral, ainda não incluídas as componentes de ultrapassagem e de excedente de reativos, podemos expressar que:

$$VPF = (CF_f \cdot TC_f + CF_p \cdot TC_p + TD_f \cdot DC_f + DF_p \cdot TD_p) \cdot \frac{1}{1 - Impostos} \quad (2.1)$$

Em que:

- VPF: Valor parcial da fatura, expresso em reais (R\$);
- CF_f : Consumo faturável, fora de ponta (kWh);
- TC_f : Tarifa de consumo, fora de ponta (R\$/kWh);
- CF_p : Consumo faturável, ponta (kWh);
- TC_p : Tarifa de consumo, ponta (R\$/kWh);
- DF_f : Demanda faturável, fora de ponta (kW);
- TD_f : Tarifa de demanda, fora de ponta (R\$/kW);
- DF_p : Demanda faturável, ponta (kW);
- TD_p : Tarifa de demanda, ponta (R\$/kW).

Os impostos mencionados na equação 2.1 são o PIS e Cofins (esfera federal) e o ICMS (esfera estadual), cuja metodologia de aplicação é "por dentro", em que ampliam sua base de aplicação do aplicação do cálculo. Além disso, de forma separada, ocorre a cobrança da Contribuição para Iluminação Pública - CIP (esfera municipal).

As tarifas de consumo (TC) e de demanda (TD) possuem duas componentes principais, denominadas tarifa de energia (TE) e tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD). A relação é a expressa nas equações 2.2 e 2.3. (ANEEL, 2012a)

$$TC = TE + TUSD \quad (2.2)$$

$$TD = TUSD \quad (2.3)$$

De forma sucinta, a TE é o valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao consumo de energia. Por outro lado, a TUSD é 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. (ANEEL, 2012a)

Conforme mencionado, a equação 2.1 não engloba todos os componentes da fatura de energia elétrica. A tarifa de ultrapassagem é a cobrança de tarifa sobre a diferença positiva entre a demanda medida e a contratada, quando excedidos os limites estabelecidos. A resolução Normativa N°414/2012, artigo 96, estabelece que a tarifa será cobrada quando a demanda medida exceder mais de 5% da demanda contratada. A equação que expressa o valor da tarifa é:

$$VPF_{ultrapassagem}(i) = 2 \cdot (DM_i - DC_i) \cdot VR_i \cdot \frac{1}{1 - Impostos} \quad (2.4)$$

Em que:

- $VPF_{ultrapassagem}$: Valor parcial da fatura, referente a ultrapassagem de demanda, expresso em reais (R\$);
- i : Posto tarifário i , ponta ou fora de ponta (kW);
- DM_i : Demanda medida, posto tarifário i (kW);
- DC_i : Demanda contratada, posto tarifário i (kW);
- TD_i : Tarifa de demanda, posto tarifário i (R\$/kW).

Em seguida, ocorre também a cobrança por excesso de reativos. Ocorre tanto a cobrança para o consumo reativo em excesso, como para a demanda. Existem dois casos, definidos na Resolução Normativa N°414/2010 da ANEEL, em que a unidade consumidora possui ou não possui equipamento de medição apropriado. Para o caso em que há o instrumento, os valores correspondentes à energia elétrica e demanda de potência reativas excedentes são apurados conforme abaixo.

Consumo reativo:

$$E_{RE} = \sum_{T=1}^n [EEAM_T \cdot (\frac{f_R}{f_T} - 1)] \cdot VR_{ERE} \quad (2.5)$$

Em que:

- E_{RE} : valor correspondente à energia elétrica reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência f_R , no período de faturamento, em reais (R\$);
- $EEAM_T$: Montante de energia elétrica ativa medida em intervalos "T", de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento, em megawatt-hora (MWh);
- f_R : Fator de potência de referência igual a 0,92;

- f_T : Fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo “T” de 1(uma) hora, durante o período de faturamento;
- VR_{ERE} : valor de referência equivalente à tarifa de energia "TE" da bandeira verde aplicável ao subgrupo B1, em Reais por megawatt-hora (R\$/MWh).

Demanda reativa:

$$D_{RE}(p) = [Max_T^n \cdot (PAM_T \cdot \frac{f_R}{f_T}) - PAF(p)] \cdot VR_{DRE} \quad (2.6)$$

Em que:

- D_{RE} : Valor, por posto tarifário “p”, correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “ f_R ” no período de faturamento, em reais (R\$);
- MAX_T^n : função que identifica o valor máximo da equação, dentro dos parênteses correspondentes, em cada posto tarifário “p”;
- PAM_T : demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização de 1 (uma) hora “T”, durante o período de faturamento, em quilowatt (kW);
- $PAF(p)$: demanda de potência ativa faturável, em cada posto tarifário “p” no período de faturamento, em quilowatt (kW);
- VR_{DRE} : valor de referência, em Reais por quilowatt (R\$/kW), equivalente às tarifas de demanda de potência - para o posto tarifário fora de ponta - das tarifas de fornecimento aplicáveis aos subgrupos do grupo A para a modalidade tarifária horária azul e das TUSD - Consumidores-Livres, conforme esteja em vigor o Contrato de Fornecimento.

É importante mencionar que a Resolução Normativa ANEEL N°414 - 2010, em seu artigo 96, determina que para a apuração da E_{RE} e D_{RE} deve-se considerar um período de seis horas, a ser determinado pela distribuidora, entre 23h30 min e 6h30min, em que o fator de potência de referência se inverte, sendo 0,92 capacitivo. No período complementar a este, a referência será 0,92 indutivo.

No caso de ausência de um medidor apropriado para aferição, os valores de E_{RE} e D_{RE} são:

Consumo reativo:

$$E_{RE} = [EEAM \cdot (\frac{f_R}{f_M} - 1)] \cdot VR_{ERE} \quad (2.7)$$

Demanda reativa:

$$D_{RE}(p) = (PAM \cdot \frac{f_R}{f_M}) - PAF] \cdot V R_{DRE} \quad (2.8)$$

Os termos das equações acima tem o mesmo significado para o caso com o medidor apropriado, porém a medição é feita para o período de faturamento, e não mais em intervalos.

2.2.5 Bandeiras tarifárias

Desde o ano de 2015, as contas de energia passaram a trazer uma novidade: o Sistema de Bandeiras Tarifárias, que apresenta as seguintes modalidades: verde, amarela e vermelha, que indicam se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em função das condições de geração de eletricidade. Cada modalidade apresenta as seguintes características (ANEEL, 2015a):

- **Bandeira verde:** condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- **Bandeira amarela:** condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,01343 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- **Bandeira vermelha - Patamar 1:** condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,04169 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;
- **Bandeira vermelha - Patamar 2:** condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,06243 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.

Os valores dispostos acima para as bandeiras são atualizados pela ANEEL quando necessário for, de modo a ajustar a tarifa as condições atuais do sistema.

2.3 Introdução ao mercado livre de energia

O mercado de energia no Brasil é dividido em Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL). O primeiro é composto pelos consumidores cativos, sendo o segundo por consumidores livres. (ABRACEEL, 2019)

A grande maioria dos consumidores está restrita ao ACR, em que há contratação exclusiva e compulsória da energia diretamente da distribuidora. As tarifas de consumo são fixadas pela ANEEL, sem possibilidade de negociação. (ABRACEEL, 2019)

O ACL permite que seus optantes escolham seus fornecedores de energia. Estes compram energia diretamente de geradores ou comercializadores, determinando preço, prazo e volume. (ABRACEEL, 2019)

2.3.1 Classificação dos consumidores

Existem dois tipos de consumidores no mercado livre, necessariamente pertencentes ao grupo A (ANEEL, 2016):

- **Consumidor livre:** deve possuir, no mínimo, 1.500 kW de demanda contratada para poder contratar energia proveniente de qualquer fonte de geração. O valor mínimo está em processo de redução pelo Ministério de Minas e Energia, em que era de 3.000kW até junho de 2019, com sucessivas reduções, até o valor esperado de 500kW em 2023, pela Portaria MME 514/18, com redação dada pela Portaria 465/2019.
- **Consumidor especial:** devem possuir demanda contratada igual ou maior que 500 kW. O consumidor especial pode comprar energia apenas de fontes incentivadas e convencionais especiais.

2.3.2 Fontes de Energia

A resolução normativa N^o745/2016, do Ministério de Minas e Energia, estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas de transmissão e de distribuição, TUST e TUSD, de forma estipular a forma de incentivo que será oferecido para a contratação de cada um dos geradores de energia. Essencialmente, podemos dividir as fontes em quatro grupos:

- **Energia Incentivada Especial:** refere-se a energia oriunda de (i) empreendimento hidroelétrico com potência igual ou inferior a 1.000 (mil) kW, (ii) empreendimento hidroelétrico com potência superior a 1.000 (mil) kW e igual ou inferior a 30.000 (trinta mil) kW, destinado a produção independente ou autoprodução, mantidas as características de PCH, ou um (iii) empreendimento com base em fontes solar, eólica, ou biomassa, cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30.000 (trinta mil) kW;
- **Energia Convencional Especial:** refere-se a energia oriunda de empreendimento hidroelétrico com potência superior a 1.000 (mil) kW e igual ou inferior a 50.000 (cinquenta mil) kW, sem características de PCH, ou um empreendimento com base em fontes solar, eólica ou biomassa cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja superior à 30.000 (trinta mil) kW e igual ou inferior a 50.000 (cinquenta mil) kW;
- **Energia Incentivada de Cogeração Qualificada:** refere-se a energia oriunda de empreendimento enquadrado como Cogeração Qualificada;

- **Energia Convencional:** refere-se a energia oriunda de demais empreendimentos não enquadrados nos itens anteriores.

Os três primeiros grupos, denominados "incentivados", terão aplicação de percentual de desconto na TUST/TUSD. O percentual de desconto depende de diversos fatores, tal como a data de homologação da outorga, do tipo de fonte de geração, da potência do empreendimento, dentre outros. As energias do tipo incentivada podem ter desconto de 50%, 80% ou 100% (ANEEL, 2016).

A forma de aplicação do desconto difere entre os consumidores da modalidade tarifária azul e verde. Para a tarifação azul, os descontos são aplicados diretamente nas tarifas de demanda (ponta e fora de ponta). Na verde, o desconto é aplicado na tarifa de demanda no horário fora de ponta e na TUSD do horário de ponta, contrapondo-a com a TUSD fora de ponta. (CCEE, 2019)

Em ambos os casos, o valor dos impostos é cobrado de forma integral, sem considerar qualquer aplicação de descontos para a composição da base de cálculo. Além disso, o preço da energia é diretamente ligado ao tipo de fonte e ao desconto repassado, de forma que a melhor escolha de gerador depende diretamente do perfil do consumo do consumidor. (CCEE, 2019)

2.3.3 Ambiente de Contratação

A comercialização de energia é realizada no Ambiente de Contratação Livre (ACL), por meio de operações de compra e venda de energia, que estão sob a tutela das regras e procedimentos da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) (RODRIGUES, 2017).

No contrato de comercialização, seja este de energia incentivada ou convencional, todos os termos já estarão especificados, como o preço, a condição de atendimento, dentre outros pontos de interesse. Caso seja de energia incentivada, terão o nome de Contrato de Comercialização de Energia Incentivada (CCEI). Os Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Livre (CCEAL) representam as demais negociações. Além destes, existe também o Contrato de Cessão de Montantes, que permite ao consumidor ceder parte ou totalidade da energia negociada em contratos. (INTERNERGIA, 2017)

Essencialmente, os contratos podem ser divididos por dois grupos. Primeiramente, os Contratos de Fechamento de Balanço Mensal, cuja função é complementar o balanço de energia de um determinado mês, com preço atrelado ao Preço de Liquidação de Diferenças (PLD), acrescido de um ágio de operação negociado livremente. O período destes contratos é de um mês. (ENGIE, 2021)

Os demais contratos terão seu período igual ou superior a 2 meses, com preço e condições livremente negociados. Estes permitem maior previsibilidade orçamentária,

porém exigem que a empresa tenha uma boa estimativa de seu consumo de energia. (ENGIE, 2021)

O PLD é um preço a ser divulgado pela CCEE, calculado antecipadamente, com periodicidade máxima semanal e com base no custo marginal de operação, limitado por preços mínimo e máximo, vigente para cada período de apuração e para cada submercado, pelo qual é valorada a energia comercializada no Mercado de Curto Prazo. (ANEEL, 2004)

2.4 Compensação de Energia Fotovoltaica

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 é o documento responsável por estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.

O sistema de compensação de energia elétrica é o sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Comprovante Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (ANEEL, 2012c)

Conforme mencionado, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo, no formato de crédito, que permite a unidade consumidora consumir esta quantidade de energia ativa por uma prazo de até 60 meses. O que é efetivamente transformado em crédito é o excesso de energia gerado pelo sistema fotovoltaico em um determinado momento, isto é, o que a unidade consumidora gera em excesso ao seu consumo em uma determinado instante. (ANEEL, 2012b)

A energia injetada compensa de forma integral a componente TE e TUSD da tarifa de energia elétrica. Entretanto, a situação não é tão simples ao analisar-se a componente tributária. Os tributos PIS e COFINS são isentos pelo Governo Federal, através da Lei nº13.169, de 6 de outubro de 2015.

O ICMS, por sua vez, é de responsabilidade estadual, o que implica em estados que isentam ou não este tributo. De forma geral, há a isenção do ICMS na TE, enquanto os estados que tributam o ICMS, o fazem na componente TUSD. A consequência da tributação é que a utilização do crédito, apesar de compensar a tarifa de energia, implica na cobrança de ICMS. Na prática, a energia injetada vale menos que a consumida.

Em cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia

elétrica, a utilização dos créditos ocorrerá primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração. Após isto, os créditos em excesso poderão ser utilizados nos demais postos tarifários. (ANEEL, 2012b)

Entretanto, a maior parte da energia é gerada no período fora de ponta, em que as tarifas TE e TUSD possuem menor valor. Assim, para a utilização dos créditos do período de ponta (em que a maior parte da energia é gerada) no período fora de ponta, há a valoração diferenciada com base nos valores da TE de cada posto, não havendo a relação de um para um.

O consumidor do grupo B será cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade. O consumidor do grupo A, por sua vez, será cobrado pela demanda contratada, conforme o caso. (ANEEL, 2012b)

Após a utilização dos créditos, o consumidor é cobrado conforme seu grupo e regime, como um consumidor cativo comum. Assim, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos a energia injetada e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R\$/MWh. (ANEEL, 2012b)

Vale salientar que o sistema fotovoltaico, de forma geral, injeta na rede energia ativa, de forma que a cobrança de energia reativa excedente é cobrada normalmente para os consumidores do grupo A. Este é, inclusive, um fator que afeta diretamente o retorno do investimento para os consumidores classe A, visto que há uma relevante queda no fator de potência medido pela concessionária, pois o consumidor estará utilizando majoritariamente energia reativa da rede, pois a ativa advém do sistema fotovoltaico.

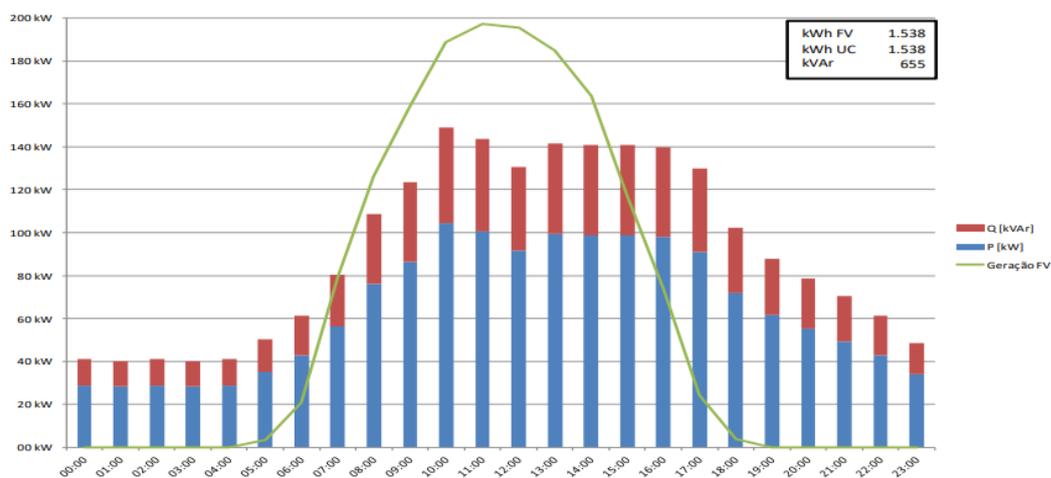


Figura 6: Exemplo de curva de carga e de geração fotovoltaica

Fonte: (PINTO, 2012)

A Figura 6 exemplifica como seria uma curva de geração fotovoltaica em comparação

com uma curva de carga média de uma unidade consumidora. Nota-se que o fator de simultaneidade é alto, pois os momentos de maior consumo de energia coincidem com o pico de geração. Porém, como o sistema fotovoltaico estará gerando energia ativa, o fator de simultaneidade cairá, pois a componente ativa não estará mais sendo fornecida pela distribuidora, e sim pelo sistema fotovoltaico.

2.5 Conceitos básicos da energia solar fotovoltaica

2.5.1 Radiação solar

São ondas eletromagnéticas transmitidas pelo Sol para nosso planeta, na qual possuem diferentes tipos de frequências e comprimentos de ondas. Estas são a fonte base de energia para o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos. (VILLALVA, 2017)

2.5.2 Efeito fotovoltaico

Esse efeito é o princípio de funcionamento dos sistemas fotovoltaicos para a geração de eletricidade. Consiste na transformação da radiação eletromagnética do Sol em energia elétrica através da criação de um diferencial de potencial sobre uma célula fotovoltaica formada pela junção de materiais semicondutores. Como a célula é conectada entre dois eletrodos, existirá uma tensão elétrica sobre eles, que por consequência se o circuito elétrico for fechado, haverá uma corrente elétrica. (VILLALVA, 2017)

2.5.3 Tipos de radiação solar

A radiação solar depende de vários fatores, como localização geográfica, hora do dia, dia do ano, das condições climáticas, da composição da atmosfera, da altitude e diversos outros fatores. Dessa forma, a radiação, antes de atingir as células fotovoltaicas, é caracterizada como radiação direta e radiação difusa. A radiação direta é os raios solares que incidem diretamente na superfície dos módulos fotovoltaicos. Já a radiação difusa, são os raios solares que chegam indiretamente nos módulos, por causa da difração da atmosfera, reflexos, dentre outros motivos. Essa informação é importante pois define basicamente o quanto de irradiância certa localidade pode apresentar. (VILLALVA, 2017)

2.5.4 Irradiância

Grandeza empregada para quantificar a radiação solar expressa na unidade de W/m^2 (watt por metro quadrado), ou seja, quantidade de potência por área. Essa grandeza é muito útil para especificar a eficiência dos sistemas fotovoltaicos. (VILLALVA, 2017)

2.5.5 Irradiação ou insolação

Grandeza utilizada para expressar a energia solar que incide sobre uma superfície de área ao longo de um determinado intervalo de tempo. É caracterizada pela unidade

de Wh/m^2 (watt-hora por metro quadrado). Essa medida é muito importante para o dimensionamento do sistema fotovoltaico e sua potência fotovoltaica. Essa informação é fundamental para qualquer dimensionamento de um sistema fotovoltaico. (VILLALVA, 2017)

Atualmente existem diversas plataformas e bancos de dados acessíveis para conseguir essa informação de qualquer localidade, de acordo com suas coordenadas geográficas. Exemplos de plataformas usadas nesse projeto foram *SUNDATA*, *PVSYST*, *GLOBAL SOLAR ATLAS* e *LABREN*.

2.5.6 Orientação dos módulos fotovoltaicos

A instalação correta de um módulo fotovoltaico deve levar em conta o movimento diário do Sol. Dessa forma, a melhor maneira de instalação é orientar a face voltada para o norte geográfico, levando-se em consideração que o sistema é projetado para uso no hemisfério sul. (CARI, 2020)

2.5.7 Componentes do sistema fotovoltaico *On-Grid*

Os componentes envolvidos no projeto do Sistema Solar Fotovoltaico *On-Grid* desse estudo de caso são listados a seguir.

- 1) Módulos Fotovoltaicos
- 2) Estruturas de Fixação
- 3) Cabeamento
- 4) Dispositivos de Proteção
- 5) Inversores Fotovoltaicos
- 6) Medidor Bidirecional
- 7) Rede da Concessionária

Para cada componente do sistema, existem diversas normas de atendimento previstas para que o sistema esteja nos padrões seguros e de condições de funcionamento, como a norma NBR 16.690 para os dispositivos de proteção. Visto que o objetivo desse projeto é focado na viabilidade econômica entre um sistema fotovoltaico e o mercado livre de energia elétrica, não se faz necessário adentrar em detalhes a respeito das normas de segurança e adequação dos componentes.

2.6 Dimensionamento do projeto fotovoltaico para o grupo A

As resoluções normativas 482 e 687 da ANEEL determinam alguns pontos importantes para consumidores do grupo A que querem instalar um SFV (sistema fotovoltaico):

-
- O limite de potência do sistema fotovoltaico que pode ser instalados pelo cliente é igual ao valor da demanda contratada (potência) em kW; (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)
 - A compensação da energia injetada deve ocorrer primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração; (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)
 - A compensação da energia consumida no horário de ponta se dará somente após a compensação total da energia consumida no horário fora de ponta. Essa compensação será feita de acordo com o fator de correção dado pela relação $(\frac{TEPonta}{TEForaPonta})$; (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)
 - Energia no Mercado Livre - não podem participar do sistema de compensação de energia. (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)
 - O aumento da demanda contratada pode exigir o aumento de potência instalada, com a troca do transformador. Os processos podem ocorrer simultaneamente. A solicitação de conexão à rede só pode ser feita após a conclusão do aumento da demanda contratada. Outro fator que pode limitar a potência de instalação é a disponibilidade de área para a instalação dos painéis; (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)
 - Deve ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A; (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)
 - O excedente de energia é a diferença positiva entre a energia injetada e a consumida, exceto para o caso de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras, em que o excedente é igual à energia injetada; (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)
 - O excedente de energia que não tenha sido compensado na própria unidade consumidora pode ser utilizado para compensar o consumo de outras unidades consumidoras, observando o enquadramento como empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada ou autoconsumo remoto; (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)
 - Quando a unidade consumidora onde ocorreu a geração excedente for faturada na modalidade convencional, os créditos gerados devem ser considerados como geração em período fora de ponta no caso de se utilizá-los em outra unidade consumidora; (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)
 - A adesão ao sistema de compensação de energia elétrica não se aplica aos consumidores livres ou especiais. (ANEEL, 2015b) (ANEEL, 2012b)

2.6.1 Metodologia de dimensionamento do sistema fotovoltaico

Considerando-se os pontos acima descritos pelas normas da ANEEL, nesse projeto utilizou-se de uma sequência de cálculos para dimensionamento de um sistema fotovoltaico que tem por objetivo, a compensação de energia nos horários de ponta e de fora de ponta. (CARI, 2020)

A priori, foram descritos alguns dados importantes que caracterizam o sistema de energia analisado. Obteve-se os seguintes dados da distribuidora de energia local (COPEL), das contas de energia da COMTRAFO e de fontes já citadas no presente texto.

- Demanda contratada - DC ;
- TE (ponta e fora de ponta);
- TUSD (ponta e fora de ponta);
- Potência instalada - PI ;
- Irradiância - Irs

O sistema fotovoltaico a ser projetado tem por objetivo compensar a energia consumida por toda a carga da empresa COMTRAFO. Segundo a RN 482/2012 (ANEEL, 2012), modificada pela RN 687/2015 (ANEEL, 2015), a máxima potência fotovoltaica que pode ser instalada pela unidade consumidora do grupo A, no caso a COMTRAFO, com alimentação de 13,8kV é de 750kW.

2.6.1.1 Energia Fotovoltaica produzida pelo sistema - E_{FV}

Calcula-se a energia fotovoltaica para compensar os consumos nos horários de ponta e fora de ponta, de acordo com a equação 2.9.

$$E_{FV} = E_{FP} + \frac{TE_P}{TE_{FP}} \cdot E_P \quad (2.9)$$

Fonte: CARI, 2020

Onde:

- E_{FV} : Energia fotovoltaica mensal gerada pelo sistema fotovoltaico [kWh];
- E_{FP} : Energia fora de ponta consumida pela indústria [kWh];
- TE_P : Tarifa de energia elétrica no horário de ponta [$\frac{R\$}{kWh}$];
- TE_{FP} : Tarifa de energia elétrica no horário fora de ponta [$\frac{R\$}{kWh}$];
- E_P : Energia do horário de ponta consumida pela indústria [kWh];

2.6.1.2 Potência fotovoltaica instalada (pico) no lado CC - P_{FV}

Determinou-se a potência de pico do sistema fotovoltaico de acordo com a equação 2.10.

$$P_{FV} = \frac{1000 \cdot E_{FV}}{Irs \cdot 30 \cdot \eta} \quad (2.10)$$

Fonte: CARI, 2020

Onde:

- P_{FV} : Potência de pico gerada pelo sistema fotovoltaico [W];
- E_{FV} : Energia fotovoltaica mensal gerada pelo sistema fotovoltaico [kWh];
- Irs : Irradiância solar de Cornélio Procópio - PR [$\frac{kWh}{m^2 \cdot dia}$];
- η : Rendimento do sistema fotovoltaico

2.6.1.3 Número de módulos fotovoltaicos - N_{MOD}

Para o cálculo do número de módulos fotovoltaicos do sistema, utilizou-se a equação 2.11.

$$N_{MOD} = \frac{P_{FV}}{P_{MOD}} \quad (2.11)$$

Fonte: CARI, 2020

Onde:

- N_{MOD} : Número de módulos fotovoltaicos;
- P_{FV} : Potência pico do sistema fotovoltaico - [kWp];
- P_{MOD} : Potência nominal do módulo fotovoltaico - [kW].

2.6.1.4 Área ocupada pelos módulos - A_{total}

A área total aproximada ocupada pelos módulos fotovoltaicos foi calculada de acordo com a equação 2.12.

$$A_{total} = N_{MOD} \cdot A_{MOD} \quad (2.12)$$

Fonte: CARI, 2020

Onde:

- A_{total} : Área necessária para a instalação dos sistema fotovoltaico - [m^2];
- N_{MOD} : Número de módulos fotovoltaicos;
- A_{MOD} : Área de cada módulo fotovoltaico - [m^2];

2.6.1.5 Dimensionamento preliminar do inversor fotovoltaico

A potência aplicada na entrada do inversor no lado CC é igual à potência de pico do sistema fotovoltaico calculado, de acordo com a equação 2.10. A potência nominal de saída do inversor foi calculada pela relação 2.13.

$$P_{CA-INV} = \frac{P_{FV}}{F_{SOB-INV}} \quad (2.13)$$

Fonte: CARI, 2020

Onde:

- P_{CA-INV} : Potência nominal de saída do inversor em CA - [W];
- $F_{SOB-INV}$: Fator de sobrecarga do lado CC em relação ao lado CA no inversor fotovoltaico.

2.7 Análise de investimentos

A seção objetiva apresentar conceitos de análise de investimentos, que será ferramenta para analisar a viabilidade econômica das opções de estudos do presente projeto.

2.7.1 Valor presente líquido

O valor presente líquido (VPL) é um método de avaliação usado para estimar a atratividade de uma oportunidade de investimento. O VPL é a concentração de todos os fluxos de caixa esperados, na data inicial. Assim, utiliza de projeções de fluxo de caixa futuro e os desconta utilizando uma taxa, em geral a taxa mínima de atratividade (TMA), para chegar a um valor presente para avaliar o investimento. Pode ser considerado um critério rigoroso e isento de falhas técnicas e, de maneira geral, o melhor procedimento para comparação de projetos diferentes, mas com o mesmo horizonte de tempo. (QUINTELLA, 2018)

Se o valor do VPL for positivo, então a soma na data inicial de todos os anos do fluxo de caixa a valor presente será maior que o valor investido. Como se trabalha com estimativas futuras de um projeto de investimento, pode-se dizer que o capital investido será recuperado, que será remunerado à taxa de juros que compensa o custo de oportunidade

do capital e que o projeto irá gerar um lucro extra, acima do retorno esperado, na data inicial, igual ao VPL. (QUINTELLA, 2018)

As entradas de fluxo de caixa possuem sinal positivo, enquanto as saídas de caixa terão o sinal negativo. O VPL é obtido pelo seguinte cálculo:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (2.14)$$

Fonte: QUINTELLA, 2018

Em que:

- VPL: Valor presente líquido;
- n: Número de períodos do projeto;
- F_t : Fluxo de caixa do período "t";
- i: Taxa de desconto utilizada pela investidor.

2.7.2 Taxa interna de retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de desconto que anula o valor presente dos fluxos de caixa futuros de um projeto de investimento. Um projeto de investimentos será considerado viável se sua TIR for igual ou superior ao custo de oportunidade dos recursos para sua implantação (TMA). (QUINTELLA, 2018)

A maior vantagem do método da TIR é apresentar como resultado o valor de uma taxa de juros, caracterizando-se como um indicador de rentabilidade, enquanto o método do VPL pode ser considerado como um indicador de lucratividade. (QUINTELLA, 2018)

Assim, a TIR é valor da taxa desconto i da equação 2.14 que fará com que o VPL seja nulo. Quanto maior a TIR, maior o retorno que o projeto oferece para certo investimento inicial.

2.7.3 Payback simples e descontado

Payback simples é o período de tempo necessário para que as entradas de caixa do projeto se igualem ao valor a ser investido, ou seja, o tempo de recuperação do investimento realizado. (GESSER, 2021)

Considerando que quanto maior o horizonte temporal, maiores são as incertezas, é natural que as empresas procurem diminuir seus riscos optando por projetos que tenham um retorno do capital dentro de um período de tempo razoável. (GESSER, 2021)

Payback Descontado é o período de tempo necessário para recuperar o investimento, avaliando-se os fluxos de caixa descontados, ou seja, considerando-se o valor do dinheiro no tempo. (GESSER, 2021)

3 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, a metodologia adotada para o estudo de caso será discutida. A questão que o presente projeto deseja responder é: supondo que a empresa de estudo, COMTRAFO Indústria de Transformadores S.A., ao invés de optar pelo mercado livre, cuja transição foi realizada em janeiro de 2017, houvesse iniciado a geração fotovoltaica própria, qual das opções traria melhor retorno econômico ao longo da vida útil de um sistema fotovoltaico? A empresa possui algumas unidades fabris, de forma que a unidade em estudo é a denominada "Fábrica 2", que possui o maior consumo na empresa. Assim, dimensiona-se um sistema fotovoltaico que atenda o consumo de energia da empresa, utilizando como referência o valor médio apresentado nas faturas do ano de 2016. Em seguida, estimam-se as economias anuais ano a ano para a opção do mercado livre e para a geração fotovoltaica própria, utilizando as contas de energia de janeiro/2017 até agosto/2020, fornecidas pela empresa. Feito isto, compara-se a economia obtida por meio do mercado livre de energia com a estimativa de economia obtida pela implementação do sistema fotovoltaico de energia, de forma a determinar qual opção se apresenta mais vantajosa economicamente, comparando-se o retorno do sistema fotovoltaico e do mercado livre de energia, por meio de indicadores como TIR e payback.

3.1 Processo de obtenção das faturas equivalentes no mercado cativo

3.1.1 Informações Gerais - COMTRAFO - Fábrica 2

A empresa de estudo, localizada em Cornélio Procópio/PR, é atendida pela distribuidora de energia COPEL. A empresa possui algumas unidades fabris, de forma que a unidade em estudo é a denominada "Fábrica 2", que possui o maior consumo na empresa. A Tabela 1 apresenta as informações que caracterizam a unidade consumidora de energia elétrica da empresa COMTRAFO em questão.

Tabela 1: Informações Gerais - COMTRAFO - Fábrica 2

Informações da Fábrica 2 - COMTRAFO	
Modalidade Tarifária	Verde
Grupo Tarifário	Subgrupo A4
Demanda Contratada	750 kW
Tensão Contratada	13,2 kV
Potência Instalada	1650 kVA

Fonte: Autoria Própria.

3.1.2 Contas de Energia - Mercado Cativo

A unidade fabril de estudo, conforme mencionado, está no mercado livre de energia desde janeiro de 2017. Assim, a fatura de energia elétrica enviada pela distribuidora de energia apresenta o valor faturado pela empresa como consumidor livre. Para obter os valores das faturas de energia elétrica no mercado cativo, foi necessário calcular a fatura equivalente, por meio das informações das contas de energia do mercado livre, como: consumo de energia faturado, demanda, tarifas e impostos, mês a mês.

Valores Faturados						
NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 000.000.931 - SÉRIE A						
Emitida em 15/09/2017						
Produto	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELETR USD PT	kWh	5027,00	0,673871	3.387,55	3.387,55	29,00
ENERGIA ELETR USD FP	kWh	101248,00	0,062726	6.350,89	6.350,89	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	12,00	0,395000	4,74	4,74	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	3709,00	0,395616	1.467,34	1.467,34	29,00
DEMANDA USD	kW	513,21	11,261024	5.779,27	5.779,27	29,00
DEMANDA USD ISENTA ICMS	kW	236,79	7,712192	1.826,17	0,00	0,00
SUBSTITUICAO TRIBUTARIA CONSUM	kWh	5027,00	0,286000	1.437,72	1.437,72	29,00
SUBSTITUICAO TRIBUTARIA CONSUM	kWh	101248,00	0,286000	28.956,91	28.956,91	29,00
CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO				66,00		
DEVOLUCAO AJUSTE DE FATURAMENTO				-74,78		
ICMS SUBVENCAO DECRETO 7891 (CDE)				2.365,62		
SERVIÇO MENSAL DE MEDICAO LIVRE				542,44		
DEDUCAO ENERGIA ELETRICA ACL-SEM ICMS				-21.580,19		
Base de Cálculo do ICMS				47.384,42		
Valor ICMS				13.741,48		
Valor Total da Nota Fiscal				30.529,68		
Reservado ao Fisco: 14C4.A6C8.11A2.07C6.3729.4E5A.154E.14CA						

Figura 7: Fatura de Energia - Setembro/2017

Fonte: COMTRAFO Indústria de Transformadores S.A.

O processo de obtenção da fatura equivalente do mercado livre para o cativo foi realizado para todas as contas disponibilizadas pela empresa, de janeiro de 2017 à agosto de 2020. Os passos serão demonstrados abaixo, por meio do cálculo para a fatura de energia apresentada na Figura 7.

3.1.2.1 Impostos

A alíquota de ICMS é de 29%, para o estado do Paraná, conforme o decreto N.º 7.871, de 29 de setembro de 2017. Por outro lado, o PIS e COFINS são apurados de forma não-cumulativa (Leis nº 10.637/2002, 10.833/2003 e 10.865/2004), pois sofrem alterações mensais. Os valores vigentes, bem como o histórico, foram obtidos por meio da própria COPEL, que os disponibiliza em seu website.

Tabela 2: Impostos Mês de Setembro 2017

Impostos	
ICMS	29%
PIS	1,43%
COFINS	6,55%

Fonte: Adaptado COPEL

3.1.2.2 Tarifas

As tarifas sofrem reajuste anual. Dessa forma, foi necessário verificar a resolução vigente mês a mês das faturas. Para a conta em análise, a resolução vigente era a Resolução Homologatória N.º 2.255 de 20 de junho de 2017. Assim, as tarifas em vigor no mês de setembro de 2017 estão apresentadas na Tabela 3:

Tabela 3: Tarifas - Setembro 2017

Tarifas	Tarifa Sem Impostos	Tarifa Com Impostos
TE Ponta [kWh]	R\$ 0,364910	R\$ 0,579038
TE Fora de Ponta [kWh]	R\$ 0,238810	R\$ 0,378943
TUSD Ponta [kWh]	R\$ 0,808550	R\$ 1,283005
TUSD Fora de Ponta [kWh]	R\$ 0,039530	R\$ 0,062726
Excedente Reativo Ponta [kWh]	R\$ 0,249320	R\$ 0,395620
Excedente Reativo F. de Ponta [kWh]	R\$ 0,249320	R\$ 0,395620
Demanda [kW]	R\$ 14,170000	R\$ 22,484925
Demanda de Ultrapassagem [kW]	R\$ 28,340000	R\$ 44,969851

Fonte: Autoria Própria

O valor com impostos é obtido por meio da equação abaixo:

$$Tarifa_{ComImposto} = \frac{Tarifa_{SemImposto}}{1 - ICMS - PIS - COFINS} \quad (3.1)$$

3.1.2.3 Bandeira Tarifária

As bandeiras tarifárias possuem grande influência no valor final da fatura de energia. Entretanto, por possuir contratos de compra de energia livre, não é possível identificar

a bandeira vigente na conta de energia em estudo, pois o valor de compra da energia é fixado por contratos bilaterais. A ANEEL divulga mensalmente qual a bandeira tarifária a ser aplicada. Para setembro de 2017, a bandeira tarifária em vigor foi a amarela, com R\$2,00 adicionais a cada 100 kWh de consumo. Aplicando os tributos vigentes, obtém-se o valor de R\$3,17 a cada 100kWh.

É importante ressaltar que para encontrar a bandeira equivalente para a fatura, é necessário considerar que a bandeira tarifária pode variar entre dois meses que fazem parte da mesma conta de energia. Assim, deve-se aplicar bandeira de forma proporcional, conforme abaixo. No mês de análise, a bandeira tarifária não se alterou entre os meses que compõe os dias da fatura.

$$Bandeira_{kWhMes_1}(R\$) = \frac{ConsumoTotal \cdot Dias_{Mes_1}}{Dias_{Totais}} \cdot \frac{Bandeira_{100kWhMes_1}}{100} \quad (3.2)$$

$$Bandeira_{kWhMes_2}(R\$) = \frac{ConsumoTotal \cdot Dias_{Mes_2}}{Dias_{Totais}} \cdot \frac{Bandeira_{100kWhMes_2}}{100} \quad (3.3)$$

Além disso, o Recurso Extraordinário (RE) 593824, que teve por relator o Ministro Edson Fachin, determina que:

A demanda de potência elétrica não é passível, por si só, de tributação via ICMS, porquanto somente integram a base de cálculo desse imposto os valores referentes àquelas operações em que haja efetivo consumo de energia elétrica pelo consumidor.

Dessa forma, derivam duas partes no cálculo da demanda. A demanda tem seu valor calculado conforme anteriormente explicado, multiplicando-se o valor medido pela tarifa com os tributos aplicáveis. Por outro lado, não há incidência de ICMS na parte não utilizada da demanda contratada, obtida pela diferença da demanda contratada e da demanda medida. Para este caso, a equação 3.1 não terá ICMS em seu denominador.

3.1.2.4 Cálculo da fatura

O cálculo da fatura é realizado por meio da multiplicação dos valores de consumo e demanda com as tarifas de tributo. Os valores de consumo e demanda são obtidos da fatura fornecida pela distribuidora. Na Tabela 4, encontra-se o resultado.

Tabela 4: Fatura - Setembro 2017

Item	Quantidade Faturada	Tarifa Com tributos	Total
Consumo Ponta TUSD [kWh]	5.027,00	R\$ 1,2830	R\$ 6.449,67
Consumo Fora Ponta TUSD [kWh]	101.248,00	R\$ 0,0627	R\$ 6.350,89
Consumo Ponta TE [kW]	5.027,00	R\$ 0,5790	R\$ 2.910,83
Consumo Fora Ponta TE [kW]	101.248,00	R\$ 0,3789	R\$ 38.367,24
Adicional Bandeira Mês 1	106.275,00	R\$ 3,1736	R\$ 3.372,74
Adicional Bandeira Mês 2	0,00	R\$ 0,0000	R\$ 0,00
Consumo Reativo Exc. Ponta [kVarh]	12,00	R\$ 0,3956	R\$ 4,75
Consumo Reativo Exc Fora de Ponta [kVarh]	3.709,00	R\$ 0,3956	R\$ 1.467,36
Demanda Medida Com ICMS [kW]	513,21	R\$ 22,4849	R\$ 11.539,49
Demanda Sem ICMS [kW]	236,79	R\$ 15,3988	R\$ 3.646,29
Demanda Ultrapassagem [kW]	0,00	R\$ 44,9699	R\$ 0,00
Demanda Ultrapassagem Reativa [kVar]	0,00	R\$ 22,4849	R\$ 0,00
Contribuição para Iluminação Pública			R\$ 66,00
Outros			R\$ 0,00
Total a pagar			R\$ 74.175,25

Fonte: Autoria Própria

O cálculo do valor da fatura para o mercado cativo é dado pela multiplicação entre o consumo de ponta e fora ponta, com suas respectivas tarifas com tributos, adicionadas aos valores de bandeiras tarifárias, demanda e consumo reativo em excesso.

Vale ressaltar que, caso os dias incluídos na fatura envolvam mais que um mês, deve-se obter o adicional de bandeira para os dias proporcionais a cada mês, conforme explicitado nas Equações 3.2 e 3.3.

3.1.3 Faturas equivalentes no mercado cativo

Foram realizados os passos mencionados anteriormente para todas as faturas dos meses disponibilizados pela empresa, de forma que as contas equivalentes para a "Fábrica 2" da COMTRAFO no mercado cativo, teriam os seguintes valores, consolidados na Tabela

5:

Tabela 5: Faturas equivalentes no mercado cativo

	2017	2018	2019	2020
Janeiro	R\$ 60.769,47	R\$ 73.429,52	R\$ 86.003,23	R\$ 96.224,33
Fevereiro	R\$ 57.103,69	R\$ 78.921,59	R\$ 96.328,94	R\$ 96.977,62
Março	R\$ 74.261,35	R\$ 94.345,39	R\$ 112.630,20	R\$ 111.550,52
Abril	R\$ 76.615,98	R\$ 106.818,06	R\$ 104.376,47	R\$ 103.300,25
Mai	R\$ 77.594,72	R\$ 87.423,76	R\$ 114.277,27	R\$ 106.312,54
Junho	R\$ 66.840,89	R\$ 96.514,62	R\$ 101.943,98	R\$ 113.630,76
Julho	R\$ 88.802,63	R\$ 123.494,82	R\$ 116.535,46	R\$ 102.477,98
Agosto	R\$ 74.175,25	R\$ 144.150,65	R\$ 109.843,47	R\$ 110.693,50
Setembro	R\$ 73.458,29	R\$ 143.853,70	R\$ 96.765,39	-
Outubro	R\$ 77.010,63	R\$ 169.930,42	R\$ 116.230,02	-
Novembro	R\$ 91.075,14	R\$ 145.097,25	R\$ 117.688,78	-
Dezembro	R\$ 75.933,82	R\$ 109.709,24	R\$ 76.005,46	-

Fonte: Autoria Própria

3.2 Cálculo da economia mensal no mercado livre

A economia gerada pelo mercado livre de energia será dada pela diferença mês a mês entre a fatura equivalente do mercado cativo, que pode ser encontrada na Tabela 5, e o valor final da fatura no mercado livre de energia. O valor da fatura do mercado livre de energia abaixo considera os valores pagos à distribuidora pelo uso do sistema, contratação de energia realizada, encargos do mercado livre e também a remuneração paga à comercializadora de energia que representa a COMTRAFO, que é um valor fixo mensal. O valor total mensal da fatura no mercado livre de energia foi fornecido pela comercializadora, com o seguinte histórico:

Tabela 6: Faturas totais no mercado livre

	2017	2018	2019	2020
Janeiro	R\$ 59.361,07	R\$ 55.256,66	R\$ 72.739,58	R\$ 83.072,65
Fevereiro	R\$ 56.069,64	R\$ 63.983,59	R\$ 73.473,93	R\$ 84.930,70
Março	R\$ 65.296,39	R\$ 74.109,46	R\$ 91.828,35	R\$ 94.078,16
Abril	R\$ 52.524,98	R\$ 80.279,13	R\$ 87.711,81	R\$ 81.404,41
Mai	R\$ 62.189,21	R\$ 66.359,04	R\$ 94.166,43	R\$ 96.815,00
Junho	R\$ 56.374,64	R\$ 71.470,63	R\$ 87.991,98	R\$ 101.040,66
Julho	R\$ 66.456,93	R\$ 95.798,73	R\$ 96.377,61	R\$ 93.962,93
Agosto	R\$ 53.700,24	R\$ 112.564,32	R\$ 87.382,57	R\$ 100.343,29
Setembro	R\$ 52.391,55	R\$ 107.798,32	R\$ 77.938,55	-
Outubro	R\$ 53.552,68	R\$ 109.894,48	R\$ 95.931,02	-
Novembro	R\$ 60.262,00	R\$ 93.881,85	R\$ 92.983,96	-
Dezembro	R\$ 53.534,46	R\$ 77.920,78	R\$ 63.149,73	-

Fonte: Autoria Própria

A economia mensal é, então, expressa pela diferença entre a Tabela 5 e 7, fornecendo os resultados abaixo consolidados:

Tabela 7: Economia mensal no mercado livre

	2017	2018	2019	2020
Janeiro	R\$ 1.408,40	R\$ 18.172,86	R\$ 13.263,65	R\$ 13.151,68
Fevereiro	R\$ 1.034,05	R\$ 14.938,00	R\$ 22.855,01	R\$ 12.046,92
Março	R\$ 8.964,96	R\$ 20.235,93	R\$ 20.801,85	R\$ 17.472,36
Abril	R\$ 24.091,00	R\$ 26.538,93	R\$ 16.664,66	R\$ 21.895,84
Mai	R\$ 15.405,51	R\$ 21.064,72	R\$ 20.110,84	R\$ 9.497,54
Junho	R\$ 10.466,25	R\$ 25.043,99	R\$ 13.952,00	R\$ 12.590,10
Julho	R\$ 22.345,70	R\$ 27.696,09	R\$ 20.157,85	R\$ 8.515,05
Agosto	R\$ 22.161,38	R\$ 31.586,33	R\$ 22.460,90	R\$ 10.350,21
Setembro	R\$ 21.066,74	R\$ 36.055,38	R\$ 18.826,84	-
Outubro	R\$ 23.457,95	R\$ 60.035,94	R\$ 20.299,00	-
Novembro	R\$ 30.813,14	R\$ 51.215,40	R\$ 24.704,82	-
Dezembro	R\$ 22.399,36	R\$ 31.788,46	R\$ 12.855,73	-

Fonte: Autoria Própria

Como o objetivo deste estudo é realizar a comparação econômica entre a opção pelo mercado livre de energia e de um sistema fotovoltaico próprio de geração, será necessário, adiante, estimar a economia mensal da unidade consumidora no mercado livre de energia ao longo da vida útil do sistema fotovoltaico.

O valor total das faturas do mercado cativo, de janeiro de 2017 a agosto de 2020, foi de R\$ 4.358.813,32. Por outro lado, o valor total das faturas no mercado livre de energia foi de R\$ 3.458.354,10 - o que resulta em uma economia de R\$ 900.459,32 no período. Percentualmente, a economia total do intervalo de estudo foi de 20,66%, que será a economia média considerada para as projeções posteriores.

3.3 Dimensionamento e economia com o sistema fotovoltaico

Nessa seção do trabalho, aborda-se toda a metodologia e resultados obtidos no projeto do sistema fotovoltaico, a partir da análise das contas de energia da indústria COMTRAFO. Estudou-se e analisou-se todas as faturas de energia da COPEL do ano de 2016 (este ano foi escolhido pois, caso a empresa houvesse realizado a transição para a geração fotovoltaica, o projeto teria sido executado com base nesse ano, pois a migração para o mercado livre ocorreu em janeiro de 2017). Foram observados os impostos e itens de composição das tarifas, que somados, unificam os valores mensais das faturas de energia elétrica.

A Figura 8 mostra uma das faturas de energia fornecidas pela empresa COMTRAFO, referentes à unidade fabril 2, para o estudo de caso desse trabalho.

Produto		Un.	Grandezas	Valor	Valor Total	Base de	Aliq.
Descrição			Faturadas	Unitário		Cálculo	ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA		kWh	5360,00	1,658125	8.887,55	8.887,55	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA		kWh	98644,00	0,546006	53.860,24	53.860,24	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA		kWh	336,00	0,448631	150,74	150,74	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA		kWh	2863,00	0,448666	1.284,53	1.284,53	29,00
DEMANDA		kW	541,72	10,934985	5.923,70	5.923,70	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS		kW	208,28	7,491934	1.560,42	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA		kWh			5.901,75	5.901,75	29,00
CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO					55,00		

Figura 8: Conta de Energia COPEL - Mercado cativo - Fevereiro de 2016

Fonte: COMTRAFO/COPEL, Adaptado

Percebe-se que existem oito descrições específicas que caracterizam as faturas de energia e como sua tarifa é contabilizada para seus clientes, são elas:

- Energia elétrica consumida no horário de ponta em kWh;
- Energia elétrica consumida no horário fora de ponta em kWh;
- Energia elétrica reativa consumida no horário de ponta em kWh;
- Energia elétrica reativa consumida no horário fora de ponta em kWh;
- Demanda consumida em kW;
- Demanda isenta de ICMS em kW (Demanda não utilizada);
- Energia consumida com a bandeira tarifária imposta no período de faturamento em kWh;
- Taxa de iluminação Pública do município.

Obs: Vale ressaltar que pode existir mais um item faturado nesse tipo de conta de energia, no qual seria a demanda de ultrapassagem medida em kW. Como a empresa em questão não ultrapassou nenhuma vez no ano de 2016 a demanda contratada, não houve cobrança de demanda de ultrapassagem.

De modo geral, todas as contas do ano de 2016 apresentam no mínimo sete desses itens, exceto quando não existe a cobrança de bandeira tarifária, caracterizando o consumo com bandeira verde.

Para projetar o sistema fotovoltaico a partir das contas de energia do ano de 2016, analisou-se as informações da Tabela 1, onde caracterizam-se os valores de demanda contratada, tensão contratada, potência instalada e modalidade tarifária.

A sequência de Tabelas a seguir, de 8 até 18, traz uma análise quantitativa e resumida dos valores consolidados do ano de 2016, das faturas de energia da empresa COMTRAFO.

O ano de 2016 foi o escolhido por referência pois vale ressaltar, novamente, que em 2017 a empresa COMTRAFO migrou para o sistema de faturas do mercado livre. Dessa forma, a referência para o dimensionamento do sistema fotovoltaico do estudo de caso sobre a viabilidade entre a instalação de um SFV e a migração da fatura para o mercado livre de energia, foi baseada em todas as faturas de energia do ano de 2016, resumidas a seguir.

A Tabela 8 mostra todos os valores mensais de demanda faturada pela fábrica 2 da COMTRAFO em cada mês.

Tabela 8: Demanda TUSD - 2016

Demanda TUSD	Quantidade Faturada [kW]	Tarifa Sem tributo	Tarifa Com Tributos	Total
jan./2016	488,16	R\$ 6,900000	R\$ 10,888581	R\$ 5.315,37
fev/2016	541,72	R\$ 6,900000	R\$ 10,935024	R\$ 5.923,72
mar./2016	597,02	R\$ 6,900000	R\$ 10,878700	R\$ 6.494,80
abr./2016	597,88	R\$ 6,900000	R\$ 10,786912	R\$ 6.449,28
mai./2016	675,64	R\$ 6,900000	R\$ 10,747664	R\$ 7.261,55
jun./2016	574,56	R\$ 6,900000	R\$ 10,686670	R\$ 6.140,13
jul./2016	578,01	R\$ 10,072000	R\$ 15,467834	R\$ 8.940,56
ago./2016	615,16	R\$ 10,560000	R\$ 16,111172	R\$ 9.910,95
set./2016	421,63	R\$ 10,560000	R\$ 16,073059	R\$ 6.776,88
out./2016	510,62	R\$ 10,560000	R\$ 16,011458	R\$ 8.175,77
nov./2016	465,69	R\$ 10,560000	R\$ 15,916897	R\$ 7.412,34
dez./2016	498,52	R\$ 10,560000	R\$ 15,819567	R\$ 7.886,37
Valor Médio	547,05	R\$ 8,689333	R\$ 13,360295	R\$ 7.223,98

Fonte: Autoria Própria

Como já visto na Figura 8, uma parte da demanda é isenta de ICMS. Essa demanda é a quantidade de demanda contratada, não utilizada pela indústria COMTRAFO. Exemplificando, o contratado é cerca de 750kW. Se a empresa usar somente 500kW do contratado, os 250kW restantes não contabilizaram ICMS sobre a fatura.

A Tabela 9 mostra esses valores pagos mensalmente e sua média no ano de 2016.

Tabela 9: Demanda isenta de ICMS - 2016

Demanda TUSD Sem ICMS	Quantidade Faturada [kW]	Tarifa Sem tributo	Tarifa Com Tributos	Total
jan./2016	61,84	R\$ 6,900000	R\$ 7,469981	R\$ 1.955,94
fev./2016	208,28	R\$ 6,900000	R\$ 7,491857	R\$ 1.560,40
mar./2016	52,98	R\$ 6,900000	R\$ 7,465353	R\$ 1.142,05
abr./2016	152,12	R\$ 6,900000	R\$ 7,422003	R\$ 1.129,04
mai./2016	74,36	R\$ 6,900000	R\$ 7,403433	R\$ 550,52
jun./2016	175,44	R\$ 6,900000	R\$ 7,374408	R\$ 1.293,77
jul./2016	171,99	R\$ 10,072000	R\$ 10,701682	R\$ 1.840,58
ago./2016	134,84	R\$ 10,560000	R\$ 11,168347	R\$ 1.505,94
set./2016	328,37	R\$ 10,560000	R\$ 11,151003	R\$ 3.661,65
out./2016	239,38	R\$ 10,560000	R\$ 11,121298	R\$ 2.662,22
nov./2016	284,31	R\$ 10,560000	R\$ 11,075595	R\$ 3.148,90
dez./2016	251,48	R\$ 10,560000	R\$ 11,028381	R\$ 2.773,42
Valor Médio	202,95	R\$ 8,689333	R\$ 9,239445	R\$ 1.935,37

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 10 mostra todos os valores mensais de energia consumida no período de ponta - TUSD. O valor médio desse consumo será importante para o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Tabela 10: Consumo de energia no horário de Ponta - tarifa TUSD - 2016

Consumo TUSD Ponta	Quantidade Faturada [kWh]	Tarifa Sem tributo	Tarifa Com Tributos	Total
jan./2016	3.536,00	R\$ 0,607590	R\$ 0,958811	R\$ 3.390,35
fev./2016	5.360,00	R\$ 0,607590	R\$ 0,962900	R\$ 5.161,14
mar./2016	5.528,00	R\$ 0,607590	R\$ 0,957941	R\$ 5.295,50
abr./2016	5.534,00	R\$ 0,607590	R\$ 0,949858	R\$ 5.256,51
mai./2016	5.879,00	R\$ 0,607590	R\$ 0,946402	R\$ 5.563,90
jun./2016	6.305,00	R\$ 0,607590	R\$ 0,941031	R\$ 5.933,20
jul./2016	6.242,00	R\$ 0,685945	R\$ 1,053424	R\$ 6.575,47
ago./2016	5.257,00	R\$ 0,698000	R\$ 1,064924	R\$ 5.598,31
set./2016	4.509,00	R\$ 0,698000	R\$ 1,062405	R\$ 4.790,38
out./2016	5.388,00	R\$ 0,698000	R\$ 1,058333	R\$ 5.702,30
nov./2016	5.072,00	R\$ 0,698000	R\$ 1,052083	R\$ 5.336,16
dez./2016	4.049,00	R\$ 0,698000	R\$ 1,045649	R\$ 4.233,83
Valor Médio	5221,58	R\$ 0,651790	R\$ 1,004480	R\$ 5.236,42

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 11, mostra também os valores médios obtidos em relação ao consumo de energia no horário fora de ponta para a tarifa do tipo TUSD.

Tabela 11: Consumo de energia no horário fora de ponta - tarifa TUSD - 2016

Consumo TUSD Fora Ponta	Quantidade Faturada [kWh]	Tarifa Sem tributo	Tarifa Com Tributos	Total
jan./2016	75.059,00	R\$ 0,075560	R\$ 0,119238	R\$ 8.949,87
fev./2016	98.644,00	R\$ 0,075560	R\$ 0,119746	R\$ 11.812,27
mar./2016	101.693,00	R\$ 0,075560	R\$ 0,119130	R\$ 12.114,65
abr./2016	93.601,00	R\$ 0,075560	R\$ 0,118125	R\$ 11.056,57
mai./2016	102.611,00	R\$ 0,075560	R\$ 0,117695	R\$ 12.076,77
jun./2016	109.803,00	R\$ 0,075560	R\$ 0,117027	R\$ 12.849,89
jul./2016	110.755,00	R\$ 0,060090	R\$ 0,092282	R\$ 10.220,67
ago./2016	108.204,00	R\$ 0,057710	R\$ 0,088047	R\$ 9.527,03
set./2016	89.834,00	R\$ 0,057710	R\$ 0,087839	R\$ 7.890,90
out./2016	100.947,00	R\$ 0,057710	R\$ 0,087502	R\$ 8.833,07
nov./2016	105.636,00	R\$ 0,057710	R\$ 0,086985	R\$ 9.188,77
dez./2016	76.456,00	R\$ 0,057710	R\$ 0,086453	R\$ 6.609,88
Valor Médio	97770,25	R\$ 0,066833	R\$ 0,103339	R\$ 10.094,20

Fonte: Autoria Própria

As Tabelas 12 e 13 mostram os valores, respectivamente, de consumo de energia no horário de ponta e fora de ponta para as tarifas do tipo TE.

Tabela 12: Consumo de energia no horário de ponta - tarifa TE - 2016

Consumo TE Ponta	Quantidade Faturada [kWh]	Tarifa Sem tributo	Tarifa Com Tributos	Total
jan./2016	3.536,00	R\$ 0,438690	R\$ 0,692277	R\$ 2.447,89
fev./2016	5.360,00	R\$ 0,438690	R\$ 0,695230	R\$ 3.726,43
mar./2016	5.528,00	R\$ 0,438690	R\$ 0,691649	R\$ 3.823,43
abr./2016	5.534,00	R\$ 0,438690	R\$ 0,685813	R\$ 3.795,29
mai./2016	5.879,00	R\$ 0,438690	R\$ 0,683318	R\$ 4.017,23
jun./2016	6.305,00	R\$ 0,438690	R\$ 0,679440	R\$ 4.283,87
jul./2016	6.242,00	R\$ 0,352396	R\$ 0,541184	R\$ 3.378,07
ago./2016	5.257,00	R\$ 0,339120	R\$ 0,517388	R\$ 2.719,91
set./2016	4.509,00	R\$ 0,339120	R\$ 0,516164	R\$ 2.327,39
out./2016	5.388,00	R\$ 0,339120	R\$ 0,514186	R\$ 2.770,43
nov./2016	5.072,00	R\$ 0,339120	R\$ 0,511149	R\$ 2.592,55
dez./2016	4.049,00	R\$ 0,339120	R\$ 0,508024	R\$ 2.056,99
Valor Médio	5.221,58	R\$ 0,390011	R\$ 0,602985	R\$ 3.161,62

Fonte: Autoria Própria

Tabela 13: Consumo de energia no horário fora de ponta - Tarifa TE - 2016

Consumo TE Fora Ponta	Quantidade Faturada [kWh]	Tarifa Sem tributo	Tarifa Com Tributos	Total
jan./2016	75.059,00	R\$ 0,268970	R\$ 0,424450	R\$ 31.858,76
fev./2016	98.644,00	R\$ 0,268970	R\$ 0,426260	R\$ 42.047,98
mar./2016	101.693,00	R\$ 0,268970	R\$ 0,424064	R\$ 43.124,38
abr./2016	93.601,00	R\$ 0,268970	R\$ 0,420486	R\$ 39.357,94
mai./2016	102.611,00	R\$ 0,268970	R\$ 0,418956	R\$ 42.989,53
jun./2016	109.803,00	R\$ 0,268970	R\$ 0,416579	R\$ 45.741,60
jul./2016	110.755,00	R\$ 0,227907	R\$ 0,350003	R\$ 38.764,61
ago./2016	108.204,00	R\$ 0,221590	R\$ 0,338075	R\$ 36.581,09
set./2016	89.834,00	R\$ 0,221590	R\$ 0,337275	R\$ 30.298,81
out./2016	100.947,00	R\$ 0,221590	R\$ 0,335983	R\$ 33.916,46
nov./2016	105.636,00	R\$ 0,221590	R\$ 0,333999	R\$ 35.282,28
dez./2016	76.456,00	R\$ 0,221590	R\$ 0,331956	R\$ 25.380,05
Valor Médio	97.770,25	R\$ 0,245806	R\$ 0,379841	R\$ 37.111,96

Fonte: Aatoria Própria

Observa-se entre as tabelas 10, 11, 12 e 13, os valores das tarifas de ponta são muito superiores aos valores das tarifas fora de ponta. As Tabelas 14 e 15 mostram os valores de excesso de energia reativa no ano base de 2016. Esses valores serão importantes para fazer uma análise quantitativa do fator de potência do sistema elétrico em relação ao consumo e produção de energia do sistema fotovoltaico da empresa COMTRAFO.

Tabela 14: Consumo de energia reativa em excesso no horário de ponta - 2016

Energia Reativa Excesso Ponta [kWh]	Quantidade Faturada [KWh]	Tarifa Sem tributo	Tarifa Com Tributos	Total
jan./2016	305,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,446763	R\$ 136,26
fev./2016	336,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,448669	R\$ 150,75
mar./2016	186,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,446358	R\$ 83,02
abr./2016	204,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,442592	R\$ 90,29
mai./2016	404,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,440981	R\$ 178,16
jun./2016	602,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,438479	R\$ 263,96
jul./2016	568,00	R\$ 0,238277	R\$ 0,365929	R\$ 207,85
ago./2016	6,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,353012	R\$ 2,12
set./2016	57,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,352177	R\$ 20,07
out./2016	7,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,350827	R\$ 2,46
nov./2016	38,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,348755	R\$ 13,25
dez./2016	0,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,346622	R\$ 0,00
Valor Médio	226,08	R\$ 0,257820	R\$ 0,398430	R\$ 95,68

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 15: Consumo de energia reativa em excesso no horário fora de ponta - 2016

Energia Reativa Excesso Fora Ponta [kWh]	Quantidade Faturada [kWh]	Tarifa Sem tributo	Tarifa Com Tributos	Total
jan./2016	2.384,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,446763	R\$ 1.065,08
fev./2016	2.863,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,448669	R\$ 1.284,54
mar./2016	2.011,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,446358	R\$ 897,63
abr./2016	3.352,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,442592	R\$ 1.483,57
mai./2016	3.783,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,440981	R\$ 1.668,23
jun./2016	5.199,00	R\$ 0,283110	R\$ 0,438479	R\$ 2.279,65
jul./2016	4.107,00	R\$ 0,238277	R\$ 0,365929	R\$ 1.502,87
ago./2016	577,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,353012	R\$ 203,69
set./2016	866,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,352177	R\$ 304,98
out./2016	1.218,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,350827	R\$ 427,31
nov./2016	1.470,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,348755	R\$ 512,67
dez./2016	1.839,00	R\$ 0,231380	R\$ 0,346622	R\$ 637,44
Valor Médio	2.472,42	R\$ 0,257820	R\$ 0,398430	R\$ 1.022,30

Fonte: Autoria Própria

Para o detalhamento completo das faturas de energia do ano de 2016 da unidade consumidora COMTRAFO levou-se em consideração os gastos e quantidade faturada de energia com as bandeiras tarifárias vigentes em cada mês e a contabilização da CIP (contribuição para o custeio do serviço de iluminação pública).

Tabela 16: Bandeira Tarifaria - 2016

Bandeira Tarifária [kWh]	Quantidade Faturada [kWh]	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total
jan./2016	78.595,00	R\$ 0,045000	R\$ 0,071012	R\$ 5.581,23
fev./2016	104.004,00	R\$ 0,035806	R\$ 0,056746	R\$ 5.901,77
mar./2016	107.221,00	R\$ 0,020172	R\$ 0,031804	R\$ 3.410,09
abr./2016	99.135,00	R\$ 0,005806	R\$ 0,009077	R\$ 899,88
mai./2016	108.490,00	R\$ 0,000000	R\$ 0,000000	R\$ 0,00
jun./2016	116.108,00	R\$ 0,000000	R\$ 0,000000	R\$ 0,00
jul./2016	116.997,00	R\$ 0,000000	R\$ 0,000000	R\$ 0,00
ago./2016	113.461,00	R\$ 0,000000	R\$ 0,000000	R\$ 0,00
set./2016	94.343,00	R\$ 0,000000	R\$ 0,000000	R\$ 0,00
out./2016	106.335,00	R\$ 0,000000	R\$ 0,000000	R\$ 0,00
nov./2016	110.708,00	R\$ 0,009194	R\$ 0,013857	R\$ 1.534,11
dez./2016	80.505,00	R\$ 0,000000	R\$ 0,000000	R\$ 0,00
Valor Médio	102991,8	R\$ 0,009665	R\$ 0,015208	R\$ 1.443,92

Fonte: Autoria Própria

Tabela 17: CIP - 2016

CIP	
jan./2016	R\$ 55,00
fev./2016	R\$ 55,00
mar./2016	R\$ 55,00
abr./2016	R\$ 55,00
mai./2016	R\$ 55,00
jun./2016	R\$ 55,00
jul./2016	R\$ 55,00
ago./2016	R\$ 55,00
set./2016	R\$ 55,00
out./2016	R\$ 55,00
nov./2016	R\$ 55,00
dez./2016	R\$ 55,00
Valor Médio	R\$ 55,00

Fonte: Autoria Própria

Por fim, temos um levantamento dos valores de impostos cobrados mensalmente no ano de 2016 para cada fatura de energia. A Tabela 18 mostra esses valores extraídos do site da COPEL. Esses valores são importantes para analisarmos os ajustes mensais das tarifas de energia e a quantidade de tributos faturados em cada conta.

Tabela 18: Impostos sobre as faturas no ano de 2016

Impostos	PIS	COFINS	ICMS	Total
dez./2015	1,29%	5,91%	29,00%	36,20%
jan./2016	1,41%	6,49%	29,00%	36,90%
fev./2016	1,41%	6,49%	29,00%	36,90%
mar./2016	1,32%	6,08%	29,00%	36,40%
abr./2016	1,21%	5,59%	29,00%	35,80%
mai./2016	1,21%	5,59%	29,00%	35,80%
jun./2016	1,10%	5,10%	29,00%	35,20%
jul./2016	1,00%	4,70%	29,00%	34,70%
ago./2016	0,95%	4,35%	29,00%	34,30%
set./2016	0,95%	4,35%	29,00%	34,30%
out./2016	0,88%	4,02%	29,00%	33,90%
nov./2016	0,80%	3,70%	29,00%	33,50%
dez./2016	0,73%	3,37%	29,00%	33,10%

Fonte: Autoria Própria

Vale destacar a importância de dimensionar um sistema fotovoltaico para que a energia produzida no horário fora de ponta consiga suprir a demanda de energia ativa no horário de ponta.

Como comentado na seção de sistema tarifário, na conta de energia paga-se pelo consumo de energia separado em duas partes, TUSD e TE. O objetivo do sistema fotovoltaico é compensar o maior valor possível de energia consumida, respeitando os limites de potência instalada e de demanda contratada. Assim, busca-se compensar tanto o consumo de ponta quanto o consumo fora de ponta pela energia gerada pelo sistema fotovoltaico, com base nos valores de 2016. Isso explica todo o detalhamento e cálculo das médias de energias das tabelas 10, 11, 12 e 13 no ano de 2016. A partir dessa base de dados, é possível projetar a energia fotovoltaica do sistema.

Para uma análise mais detalhada, e levando-se em consideração o fator de potência da unidade consumidora em questão, realizou-se um levantamento quantitativo do consumo da energia reativa em excesso nos horários de ponta e fora de ponta como mostrado nas Tabelas 14 e 15. Esses dados serão importantes no momento de analisar os efeitos que o sistema fotovoltaico exerce sobre o fator de potência da COMTRAFO.

3.3.1 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Para efetuar o estudo de caso do projeto de um sistema fotovoltaico na fábrica 2 da COMTRAFO, o diagrama unifilar fornecido pela empresa COMTRAFO, mostrado na Figura 9, permite identificar características básicas para o início do projeto fotovoltaico, como a potência do transformador e a demanda contratada.

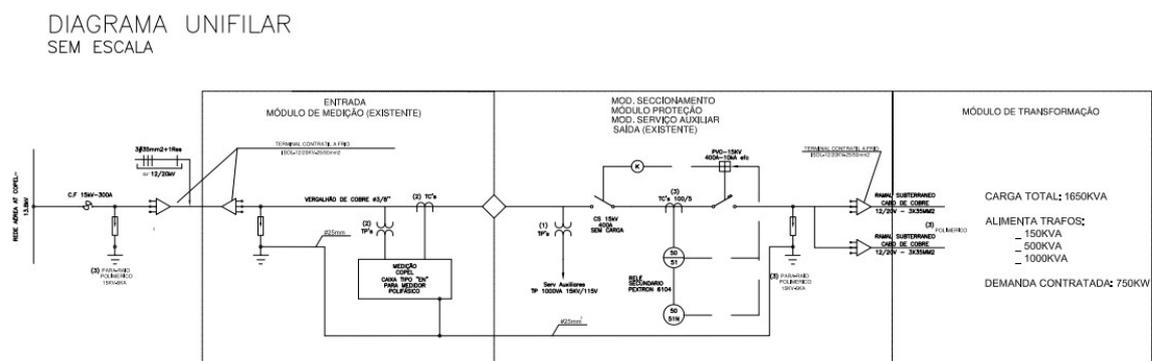


Figura 9: Diagrama Unifilar - COMTRAFO

Fonte: COMTRAFO

3.3.2 Dados da unidade consumidora COMTRAFO

De acordo com a Figura 9, a unidade consumidora em questão do grupo A é alimentada por uma tensão de 13,8 kV, porém a tensão contrada é de 13,2 kV, e possui demanda contratada de 750 kW. Essa unidade consumidora apresenta três transformadores, de potência de 150 kVA, 500 kVA e 1500kVA e carga total de 1650 kVA.

Com base nessas informações é possível definir qual potência fotovoltaica poderá ser instalada nessa unidade consumidora, levando-se em consideração que a concessionária COPEL verifica se a máxima potência em CA na saída dos inversores é menor ou igual ao valor da demanda contratada. Dessa forma, a máxima potência de saída do inversor deve estar limitada ao valor de 750 kW. Vale ressaltar que essa potência de saída do inversor não é a mesma potência dos arranjos dos módulos fotovoltaicos, pois o inversor ou conjunto de inversores está sempre sobredimensionado.

Com a potência de saída CA do inversor definida, realizou-se o dimensionamento do sistema fotovoltaico para a unidade fabril de estudo, a partir dos dados consolidados das faturas de energia elétrica do ano de 2016. Para uma análise mais assertiva, realizou-se o cálculo médio das faturas do ano de 2016, mostrada na tabela 19, utilizados como referência para o dimensionamento do projeto.

Tabela 19: Valores consolidados médios das faturas do ano de 2016

Valor Médio	Quantidade Faturada	Tarifa Sem Tributos	Tarifa Com Tributos	Total
Demanda [kW] TUSD	547,05	R\$ 8,689333	R\$ 13,360295	R\$ 7.308,76
Demanda [kW] TUSD Sem ICMS	202,95	R\$ 8,689333	R\$ 9,239445	R\$ 1.875,14
Consumo Ponta [kWh] TUSD	5.221,58	R\$ 0,651790	R\$ 1,004480	R\$ 5.244,98
Consumo Fora Ponta [kWh] TUSD	97.770,25	R\$ 0,066833	R\$ 0,103339	R\$ 10.103,48
Consumo Ponta [kWh] TE	5.221,58	R\$ 0,390011	R\$ 0,602985	R\$ 3.148,54
Consumo Fora Ponta [kWh] TE	97.770,25	R\$ 0,245806	R\$ 0,379841	R\$ 37.137,11

Fonte: Autoria Própria

Obs.: Como já comentado, na conta de energia paga-se pelo consumo de energia separado em duas partes, TUSD e TE. Na realização do projeto fotovoltaico, o valor pago por estas tarifas será eliminado. A ideia inicial é compensar tanto o consumo de ponta quanto o consumo fora de ponta por meio da energia gerada pelo sistema fotovoltaico.

Para iniciar a estimativa do projeto fotovoltaico a partir dos dados da Tabela 19, foram identificadas todas as características de localidade, irradiação, demanda contratada, e tarifas da unidade consumidora. A demanda contratada é de 750kW e os valores das

tarifas TE e TUSD estão na Tabela 19. As outras características estão listadas nas tabelas a seguir.

Tabela 20: Coordenadas da unidade consumidora COMTRAFO

Local	Cornélio Procópio/PR
Longitude	-50,65239
Latitude	-23,17906

Fonte: Autoria Própria

Os valores de coordenadas da tabela 20 foram extraídos do Google Maps, de acordo com o logradouro das faturas de energias fornecidas pela COMTRAFO.

A Tabela 21, mostra as medidas médias das irradiações horizontais em diferentes fontes de dados, usados nos principais **softwares** de simulação de sistemas fotovoltaicos.

Tabela 21: Valores de irradiação horizontal

Fonte	Irradiação Horizontal [$\frac{kWh}{m^2 \cdot dia}$]
Sun Data	4,96
Global Solar Atlas	5,215
LABREN - INPE	4,96
Valor Médio	5,045

Fonte: Autoria Própria

3.3.2.1 Estimativa da energia fotovoltaica

A partir dos valores das Tabelas 19, 20 e 21, determinou-se a estimativa de energia produzida pelo sistema fotovoltaico a fim de compensar a energia da unidade consumidora nos horários de ponta e fora de ponta.

A Tabela 19 mostra a energia consumida pela carga nos horários de ponta e fora de ponta. Como a energia a energia fotovoltaica é produzida basicamente no horário fora de ponta; por outro, a carga consome energia tanto no horário fora de ponta, como no horário de ponta. O que se deseja é que a energia fotovoltaica compense a energia da carga no horário fora de ponta e no horário de ponta, e sabe-se que o custo da tarifa em horário de ponta é mais caro que no horário fora de ponta.

Os créditos injetados no período fora de ponta, que aqui supõe-se ser responsável por toda a geração do sistema fotovoltaico, compensam a energia fora de ponta na propoção de 1:1. Já para compensar a energia da carga no horário de ponta é necessário multiplicar pelo fator $\frac{TE_{FP}}{TE_P}$. Utilizou-se a Equação 2.9 para o cálculo da energia fotovoltaica. Os valores calculados são mostrados na Tabela 22.

Tabela 22: Energia fotovoltaica prevista para ser injetada pela unidade consumidora

Cálculo Inicial - Energia Fotovoltaica a ser Injetada	
Consumo Fora de Ponta [kWh]	97.770,25
Consumo de Ponta [kWh]	5.221,58
TE Fora de Ponta [R\$/kWh]	R\$ 0,245806
TE Ponta [R\$/kWh]	R\$ 0,390011
Energia Fotovoltaica [kWh/Mês]	106.055,13

Fonte: Aatoria Própria

3.3.2.2 Potência fotovoltaica instalada do lado CC

Em seguida, calculou-se o valor da potência fotovoltaica de pico a ser instalada no lado CC do inversor, de acordo com a Equação 2.10, a partir da energia fotovoltaica mostrada na Tabela 22. A Tabela 23 mostra o valor da potência fotovoltaica CC prevista para esse sistema. Escolhe-se 80% de eficiência por este ser um valor conservador para a análise. (CARI, 2020)

Tabela 23: Potência fotovoltaica calculada para a COMTRAFO

Cálculo Potência Fotovoltaica (CC)	
Energia Fotovoltaica [kWh/Mês]	106.055,13
Irradiância Horizontal [kWh/m ² *dia]	5,045
Dias no Mês	30
Eficiência do Sistema (%)	80%
Potência Fotovoltaica [kW]	875,91

Fonte: Aatoria Própria

3.3.2.3 Quantidade de módulos do sistema fotovoltaico

A quantidade de módulos fotovoltaicos vai depender do modelo do módulo comercial selecionado. Para essa etapa, realizou-se os cálculos do dimensionamento de todo o sistema fotovoltaico da instalação fornecido pela empresa ELETROTRAFO SOLAR, empresa do grupo COMTRAFO. Dessa forma, o modelo de módulo solar escolhido foi o Painel solar fotovoltaico 410W 144 células policristalino CS3W-410P da marca *Canadian Solar*. A quantidade de módulos calculada a partir da potência fotovoltaica mostrada na Tabela 23 é mostrada na Tabela 24.

3.3.2.4 Características físicas do arranjo de módulos fotovoltaicos

O número de módulos foi obtido dividindo a potência fotovoltaica pela potência do módulo em STC de acordo com o seu *datasheet*. Além disso, a área ocupada pelos módulos foi calculada multiplicando o número de módulos pela área de cada um.

Tabela 24: Número de módulos do sistema fotovoltaico

Valor fornecidos pela Eletrotrafo	
Sistema fotovoltaico com 875,76 kWp	
Quantidade de módulos fotovoltaicos	2136
Potência Módulo Policristalino [Wp]	410
Potência Fotovoltaica [kWp]	875,76

Fonte: Autoria Própria

3.3.2.5 Dimensionamento dos inversores

De acordo com valor destacado em negrito na Tabela 23, a potência fotovoltaica para compensar toda a energia consumida pela unidade consumidora COMTRAFO é maior que a demanda contratada da mesma. Porém, como explicado, a concessionária COPEL identifica a potência de saída CA do inversor ou conjunto de inversores para caracterizar a instalação fotovoltaica. Dessa forma, a potência fotovoltaica instalada do lado CA do inversor deve ser menor do que do lado CC e portanto, os valores do sistema fotovoltaico calculados estão de acordo com o máximo de demanda contratada da COMTRAFO. A Tabela 25 mostra essa relação.

Tabela 25: Sobredimensionamento dos inversores

Fator de Sobredimensionamento do Inversor	
Potência CA - Inversor	750
Potência dos Módulos	875,76
Sobredimensionamento	0,168

Fonte: Autoria Própria

Nesse estudo de caso, a potência instalada do sistema fotovoltaico é limitada à demanda contratada. Se durante o processo for verificado que a potência fotovoltaica instalada é maior que a demanda contratada, então deve se ajustar a potência fotovoltaica instalada igual à demanda contratada ou aumentar a demanda contratada. Portanto, a potência fotovoltaica está limitada à demanda contratada da COMTRAFO, ou seja, 750 kW.

No artigo 7, inciso XI da RN 482/2012 (ANEEL, 2012) atualizada pela RN 687/2015 (ANEEL, 2015), está indicado que a compensação de energia do sistema fotovoltaico deve ocorrer primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, devendo ser observada a relação entre os valores das tarifas de energia (TE).

3.3.2.6 Energia fotovoltaica a ser injetada na rede

Comparando-se os valores das Tabelas 22 e 26, pode-se perceber que o sistema calculado apresenta uma pequena diferença de energia fotovoltaica a ser injetada por mês. Essa diferença se dá pela quantidade de módulos que foi calculada anteriormente e é desprezível para fins de comparação. Dessa forma, o sistema calculado atende as demandas de consumo de energia nos horários de ponta e fora de ponta da unidade consumidora.

Tabela 26: Energia fotovoltaica de pico a ser injetada pelo sistema fotovoltaico

Nova Energia Fotovoltaica a ser Injetada	
Potência Fotovoltaica [kW]	875,76
Eficiência do Sistema (%)	80%
Dias no Mês	30
Irradiância Horizontal [kWh/m ² dia]	5,045
Energia Fotovoltaica a ser Injetada [kWh/Mês]	106.037,02

Fonte: Autoria Própria

3.3.2.7 Proposta de sistema fotovoltaico - Eletrotrafo Solar

A Figura 10 mostra uma lista de itens que caracterizam o sistema fotovoltaico projetado. Essa lista é uma proposta comercial para a construção do sistema fotovoltaico em análise, realizada pela empresa **ELETROTRAFOSOLAR**. A proposta completa encontra-se nos anexos, e esta inclui os materiais e o serviço de engenharia e instalação. Em função da complexidade do sistema, não foi obtido outro orçamento confiável para comparação.

Área de ocupação do gerador fotovoltaico		5.859 m ²	
Peso do gerador fotovoltaico		68.352 Kg	
Geração estimada: (desde que instalado voltado para o Norte)		###	
Sistema Gerador Solar Fotovoltaico com Potência de 875,760 kWp		contendo:	
Qtde.	Unid.	Descrição dos Produtos	Marca
2136	Unid.	Painel solar fotovoltaico 410w 144 células policristalino CS3W-410P	Canadian Solar
03	Unid.	Inversor solar 250KW trif. 800V SG250HX 12 MPPT 24E	Sungrow
8000	Mts.	Cabo Mackflex solar 1,8 kvcc flex 6,0mm ² preto classe 5 NBR NM 280	Cordeiro
8000	Mts.	Cabo Mackflex solar 1,8 kvcc flex 6,0mm ² vermelho classe 5 NBR NM 280	Cordeiro
150	Unid.	Conector elétrico fêmea 53A 4,0-6,0mm ² 1500vcc PV-Plug	Canadian Solar
150	Unid.	Conector elétrico macho 53A 4,0-6,0mm ² 1500vcc PV-Plug	Canadian Solar
107	Kit	Estrutura alumínio naval Biposte p/ 20 placas 40mm retrato p/ solo	PLP Brasil
01	Kit	Cabine Metálica 15KV padrão Copel (Medição e Proteção – Solar)	Eletrotrafo
01	Pç	Transformador Pedestal 750KVA 15KV 800V YNd1 C/ 3 disj. BT 250A	COMTRAFO

Figura 10: Proposta - Eletrotrafo Solar.

Fonte: ELETROTRAFOSOLAR, Adaptado

É importante salientar que um sistema fotovoltaico deste porte exigiria aterramento, obras civis e área considerável, e tais custos não foram considerados no orçamento.

3.4 Análise energética do sistema fotovoltaico em funcionamento

3.4.1 Consumo e geração - Ano de 2020 - COMTRAFO

Como o estudo visa a comparação econômica da implementação de um sistema fotovoltaico em relação ao mercado livre de energia, foram realizadas previsões e simulações de como esse sistema fotovoltaico altera as faturas de energia, o consumo de energia ativa, reativa, fator de potência e fator de simultaneidade. Para isso, a empresa COMTRAFO disponibilizou a curva de carga média de energia ativa e reativa do ano de 2020. Esses valores estão caracterizados como consumo médio por hora.

As Figuras 11 e 12 mostram as curvas de carga médias de energia ativa e reativa para o ano de 2020. Esses valores serão referência para estimar a curva de carga dos anos anteriores.

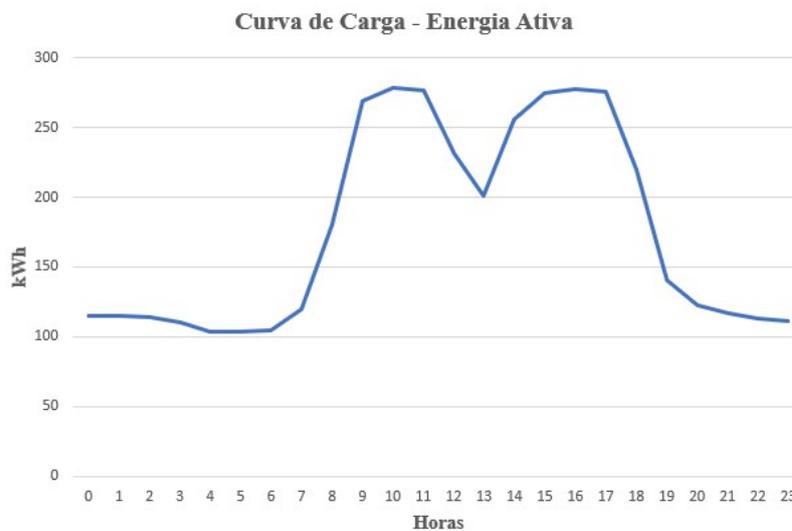


Figura 11: Curva de carga de energia ativa média - COMTRAFO

Fonte: COMTRAFO/COPEL, Adaptado

Como as Figuras 11 e 12 representam a média dos consumos de energias ativa e reativa, simulou-se a geração de energia ativa média por hora da suposta instalação fotovoltaica projetada anteriormente. A Figura 13 a seguir mostra a curva de geração média em relação ao consumo de energia ativo médio do ano de 2020. As simulações do sistema fotovoltaico foram realizadas por meio do software *PV*SOL*.



Figura 12: Curva de carga de energia reativa média - COMTRAFO

Fonte: COMTRAFO/COPEL, adaptado

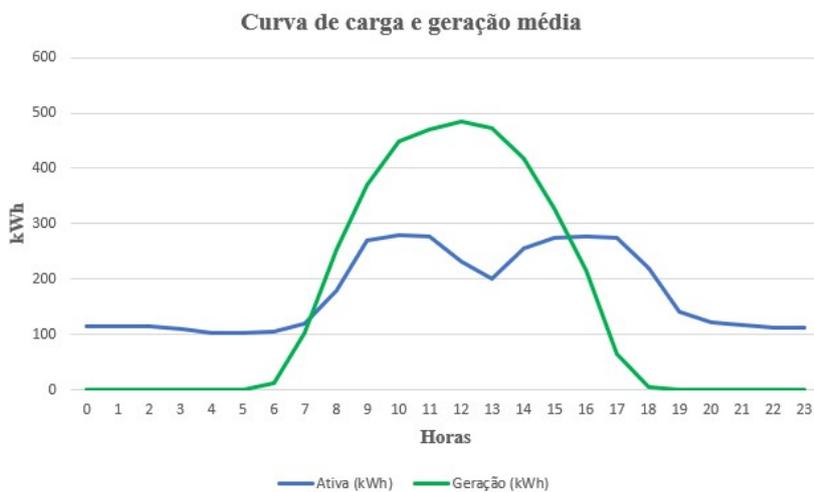


Figura 13: Curva de geração e consumo médio de energia ativa - COMTRAFO

Fonte: COMTRAFO/COPEL, adaptado

Vale ressaltar que a curva de geração fotovoltaica média foi gerada com a base de dados do software *PV*SOL*, utilizando-se de valores de irradiância solar do sistema *Meteonorm 7.1 (2001 - 2010)*.

3.4.2 Consumo e geração - Ano de 2017 - COMTRAFO

Visto que a COMTRAFO forneceu apenas os valores médios de curva de carga mostrados nas Figuras 11 e 12 do ano de 2020, optou-se por adaptar os valores da curva de carga proporcionalmente ao consumo fora ponta ano a ano. Dessa forma, foi realizada a

adequação de valores de consumo e demanda. Nesse item, analisou-se os valores para o ano de 2017. Assim o fator de correção utilizado foi calculado usando os valores de consumo médio fora ponta dos anos de 2020 e 2017. Assim temos, de acordo com a Equação 3.4.

$$FC = \frac{\text{ConsumoMedioforaponta} - 2017}{\text{ConsumoMedioforaponta} - 2020} \quad (3.4)$$

O consumo médio fora ponta em 2017 foi de 102.881,33 kWh e o consumo médio fora ponta de 2020 foi de 134.997,00 kWh. A Equação ??, mostra esse consumo.

$$FC = \frac{102.881,33}{134.997,00} = 0,7621$$

Usou-se o fator de correção $FC = 0,7621$ para adaptar os consumos de energia ativa e reativa do ano de 2017 em relação ao ano de 2020, multiplicando toda a curva pelo fator. A geração do ano de 2017, 2018, 2019 e 2020 foi considerada a mesma para todos os anos, visto a pequena diferença esperada na média anual entre os anos.

Dessa forma temos que a curva de carga de energia ativa para o ano de 2017 reajustada, é mostrada na Figura 14.



Figura 14: Curva de carga - Energia ativa - COMTRAFO - 2017

Fonte: COMTRAFO/COPEL, adaptado

A curva de energia reativa média é mostrada na Figura 15.

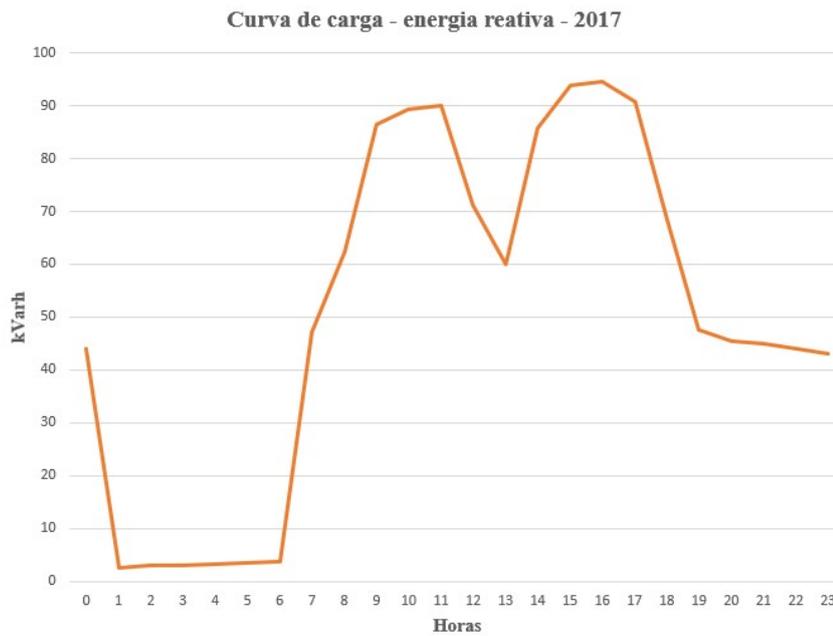


Figura 15: Curva de carga - energia reativa - COMTRAFO - 2017

Fonte: COMTRAFO/COPEL, Adaptado

A Figura 16 a seguir mostra a curva de geração média em relação ao consumo de energia ativo médio do ano de 2016.

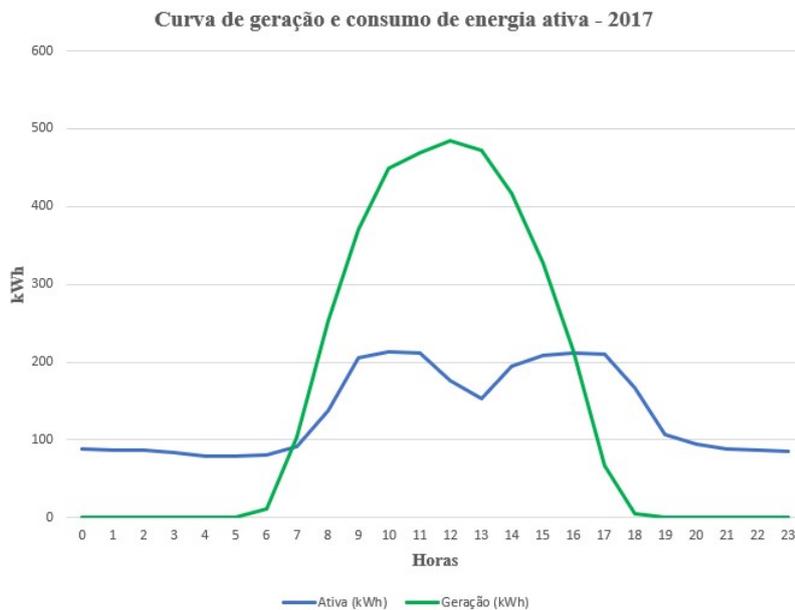


Figura 16: Curva de geração e consumo médio de energia ativa - 2017 - COMTRAFO

Fonte: COMTRAFO/COPEL, Adaptado

A partir dos valores da Figura 16, pode-se calcular os valores médios de créditos

injetados pela unidade consumidora. Os resultados são mostrados na Figura 17.

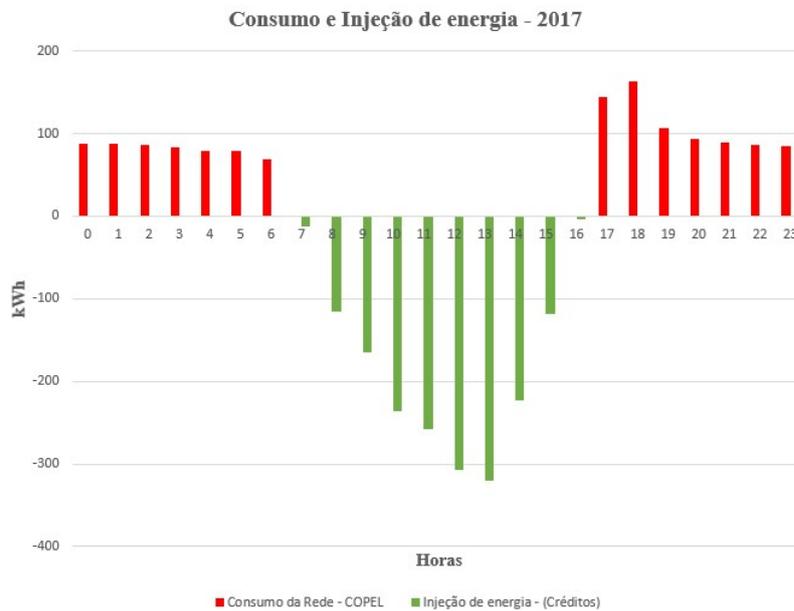


Figura 17: Créditos injetados em média - 2017 - COMTRAFO

Fonte: COMTRAFO/COPEL, adaptado

Os valores em vermelho mostram a quantidade de energia ativa média que a unidade consumidora precisa adquirir da rede elétrica. Já os valores em verde, são caracterizados pelas quantidade de energia ativa injetada na rede elétrica em forma de créditos de energia. Analisando-se os valores apresentados nas Figuras 16 e 17, temos que em média o fator de simultaneidade é de aproximadamente 48%, ou seja, quase metade da geração total diária é instantaneamente consumida, resultando em 52% de créditos acumulados.

Percebe-se que quando ocorre a injeção de energia ativa na rede, existe uma relação de diminuição do fator de potência da empresa COMTRAFO, visto que o sistema elétrico da empresa não consome energia ativa diretamente da rede, a relação do fator de potência tende a zero, resultado em redução do fator de potência.

3.4.2.1 Fator de potência com o sistema fotovoltaico instalado

Pode-se perceber que o efeito da instalação do sistema fotovoltaico no consumo de energia ativa para essa unidade consumidora foi satisfatório. Em contrapartida, a instalação desse sistema trouxe problemas para o fator de potência (FP) da unidade. A Figura 18 a seguir mostra esse efeito de modo quantitativo.

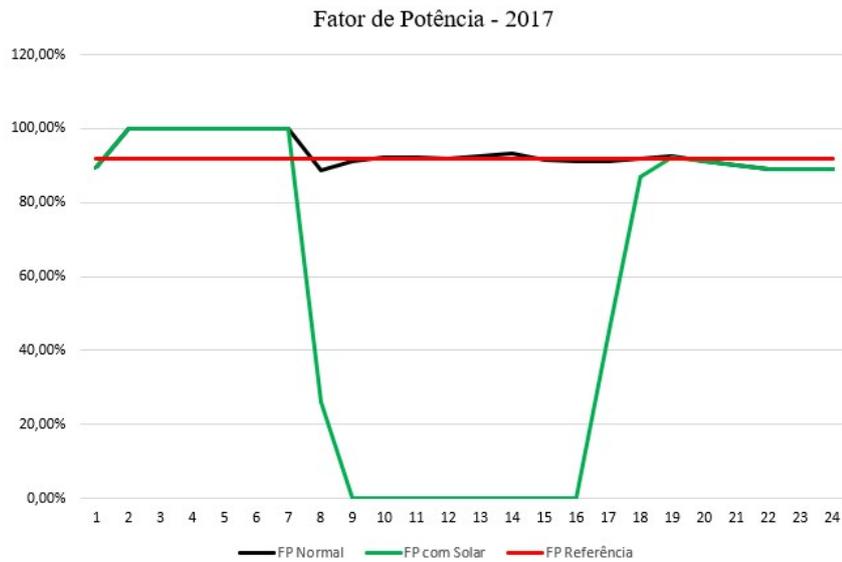


Figura 18: Fator de potência - 2017 - COMTRAFO

Fonte: COMTRAFO/COPEL, Adaptado



Figura 19: Energia reativa - 2017 - COMTRAFO

Fonte: COMTRAFO/COPEL, Adaptado

Numa análise qualitativa da Figura 18, quando o gerador fotovoltaico está gerando energia, a tendência é que o FP caia a zero. Isso se dá pelo fato que a unidade consumidora não está consumindo a energia ativa diretamente da rede elétrica. A COPEL contabiliza que a COMTRAFO está com seu FP zerado, visto que não há demanda ativa da rede, o que reflete no aumento da tarifa de excedente por reativos na fatura de energia mensal.

A Figura 19 mostra os valores de excedente reativos para duas diferentes situações de instalações na unidade consumidora. A primeira é o sistema fotovoltaico; e a segunda é a instalação com o sistema fotovoltaico junto a um banco de capacitores de 60 kVar.

O banco de capacitor citado foi dimensionado a partir dos valores de energia reativa em excesso calculados quando o sistema fotovoltaico está ligado. Dessa forma, para o primeiro ano de funcionamento hipotético do sistema fotovoltaico (2017), os valores de energia reativa excessiva calculados para cada hora em média, durante um ano, foram próximos de 60kVAr. Assim, selecionou-se um banco de capacitor de valor comercial de 60 kVAr para reduzir a energia reativa em excesso.

Pode-se perceber que com o banco de capacitores instalado, os valores de energia reativa médio diminuem significativamente, impactando-se assim diretamente no valor da fatura de energia mensal da COMTRAFO.

3.4.3 Fator de Simultaneidade

O cálculo do fator de simultaneidade para os anos de consumo analisados, de acordo com a Tabela 27, foi realizado por meio da Equação 3.5.

$$F_S = 1 - C \quad (3.5)$$

Onde:

- F_S : Fator de simultaneidade;
- C : % de créditos acumulados.

Os créditos foram calculados utilizando a relação entre consumo e geração de energia. A quantidade de energia adicional gerada em comparação a energia ativa consumida é contabilizada como crédito. Dessa forma, abaixo estão relacionados o percentual de energia que é gerado e consumido de forma instantânea. Conseqüentemente, o complementar deste é transformado em créditos. A Tabela 27 mostra os resultados para cada ano da Equação 3.5.

Tabela 27: Fatores de simultaneidade por ano

Fator de Simultaneidade - 2017	52%
Fator de Simultaneidade - 2018	65%
Fator de Simultaneidade - 2019	62%
Fator de Simultaneidade - 2020	65%
Média	61%

Fonte: Autoria Própria

3.5 Economia mensal estimada com o sistema fotovoltaico

De posse do projeto fotovoltaico, pode-se estimar a economia mensal média para os anos de estudo (2017, 2018, 2019 e 2020), de forma a permitir a análise e comparação

econômica com o mercado livre de energia. Tal como feito na obtenção da fatura de energia de setembro de 2017, abaixo demonstra-se o cálculo de forma completa para o ano de 2017, e o processo se repete para os anos posteriores.

3.5.1 Economia mensal - 2017

Visto que assume-se que toda a geração ocorre no período fora de ponta e, como já mencionado, a utilização dos créditos ocorre sempre primeiramente no posto tarifário em que foram gerados, inicia-se a análise pela economia fora de ponta. Sabe-se que o FS é de 52% para o ano de 2017, o que significa que 48% da energia gerada não é consumida de forma instantânea. Assim, do que é gerado, consome-se de forma a Equação 3.6.

$$kWh_{consumido} = Consumo_{ForaPonta} \cdot FS \quad (3.6)$$

Visto que no consumo instantâneo ocorre a economia total referente ao consumo, isto é, deixa-se de pagar tanto o valor da tarifa quanto os impostos, a economia de uma componente da fatura de energia pode ser expressa como a quantidade de consumo multiplicada pela tarifa com impostos, conforme a Equação 3.7.

$$Economia = Consumo_{kWh} \cdot Tarifa_{Impostos} \quad (3.7)$$

Assim, para o consumo instantâneo, no posto Fora Ponta, para o ano de 2017, a economia média obtida é mostrada na Tabela 28, para as componetes TUSD e TE.

Tabela 28: Economia projetada - Fora Ponta - Consumo instantâneo - 2017

Economia Projetada - Fora Ponta - Instantâneo - 2017				
Componente	Consumo	R\$/kWh	Impostos Totais	Economia
Consumo [kWh] TUSD	53.199,05	R\$ 0,08	R\$ 0,00	R\$ 3.992,22
Consumo [kWh] - TE	53.199,05	R\$ 0,36	R\$ 0,00	R\$ 19.108,62
Bandeira Tarifária	53.199,05	R\$ 0,03	R\$ 0,00	R\$ 1.789,03
Economia total				R\$ 24.889,97

Fonte: Autoria Própria

Em seguida, deve-se realizar a estimativa da economia por meio da utilização dos créditos no período fora de ponta. O valor de créditos considerado como utilizado é o necessário para cobrir todo o consumo do período fora de ponta.

Diferentemente do consumo instantâneo, a utilização dos créditos não gera economia do valor total equivalente no mercado cativo, pois o ICMS é cobrado na TUSD dos créditos a serem utilizados. Assim, a economia equivalente é a mesma da Equação 3.7, entretanto, é necessário descontar os impostos na utilização dos créditos, que são obtidos pela diferença

da tarifa sem impostos com a tarifa apenas com incidência do ICMS, multiplicada pelo consumo de créditos, como mostrado na Equação 3.8.

$$Impostos = Consumo_{Créditos} \cdot (TUSD_{ICMS} - TUSD_{SemImpostos}) \quad (3.8)$$

O valor médio da TUSD por kWh em 2017 foi de R\$0,048278. O ICMS, de 29%, resulta em um custo da TUSD por kWh quando ocorre apenas a incidência de ICMS de R\$0,067997 por kWh. A diferença entre estes representa o imposto a ser pago, conforme a Equação 3.9.

$$Impostos = 49.682,28 \cdot (0,067997 - 0,048278) = R\$979,69 \quad (3.9)$$

Assim, a economia média com a utilização de créditos, no posto Fora Ponta, para o ano de 2017, é apresentada na Tabela 29.

Tabela 29: Economia projetada - Fora Ponta - Consumo de créditos

Economia Projetada - Fora Ponta - Créditos				
Componente	Créditos	R\$/kWh	Impostos	Economia
Consumo [kWh] TUSD	49.682,28	R\$ 0,08	R\$ 979,69	R\$ 2.748,61
Consumo [kWh] - TE	49.682,28	R\$ 0,36	R\$ 0,00	R\$ 17.845,42
Bandeira Tarifária	49.682,28	R\$ 0,03	R\$ 0,00	R\$ 1.670,77
Economia total				R\$ 22.264,81

Fonte: Autoria Própria

Dessa forma, a economia estimada mensal média, para o ano de 2017, no período fora de ponta, é a soma dos resultados acima, totalizando R\$46.722,30. Entretanto, como o sistema foi desenvolvido para suprir o consumo nos dois postos tarifários, deve-se estimar a economia no período de ponta. Visto que para o desenvolvimento do estudo assumiu-se que toda a geração fotovoltaica ocorre no período fora de ponta, a economia na ponta ocorre apenas por meio de créditos, não havendo consumo instantâneo.

Relembrando do projeto do sistema, o valor do crédito gerado no período fora de ponta terá seu valor reduzido na ponta pelo fator $\frac{TE_{FP}}{TE_P}$. Tal como visto na Tabela 26, o sistema projetado é capaz de gerar 106.037,02 kWh/Mês. Das Tabelas 28 e 29, observa-se que já foram utilizados 53.199,05 kWh e 49.682,28 kWh, respectivamente, de forma que sobram 3.155,69 kWh em créditos. Da relação mencionada acima, teremos o seguinte consumo disponível de créditos no posto tarifário de ponta, conforme a Equação 3.10.

$$3.155,69 \cdot \frac{0,229734}{0,351702} = 2.061,32kWh \quad (3.10)$$

Prosseguindo com a estimativa de economia para o ano de 2017, os cálculos serão os mesmos da Equação 29, com a diferença que a custo da TE e TUSD são maiores, de forma que a economia estimada é mostrada conforme a Tabela 30.

Tabela 30: Economia projetada - Ponta - Consumo de créditos

Economia Projetada - Ponta - Créditos - 2017				
Componente	Créditos	R\$/kWh	Impostos	Economia
Consumo [kWh] TUSD	2.061,32	R\$ 1,18	R\$ 639,88	R\$ 1.800,58
Consumo [kWh] - TE	2.061,32	R\$ 0,55	R\$ 0,00	R\$ 1.133,48
Bandeira Tarifária	2.061,32	R\$ 0,03	R\$ 0,00	R\$ 69,32
Economia total				R\$ 3.003,38

Fonte: Autoria Própria

A geração de energia ativa resulta, conforme explicado, em uma redução do fator de potência da unidade consumidora, resultando em uma elevação do custo referente ao excedente de reativos na fatura de energia. O valor do excedente de energia é calculado conforme a Equação 2.5, cujos valores de excedente podem ser vistos na Figura 19, em verde, antes da instalação do banco de capacitores. Assim, a somatória dos excedentes de reativos obtida é 21.938,29 kWh, enquanto o custo médio de energia reativa excedente por kWh em 2017 é de R\$0,375080. Dessa forma, o excedente de reativos reduz a economia na conta de energia conforme a Tabela 31.

Tabela 31: Custo projetado - Excedente de reativos

Excedente Reativo na Ponta e Fora Ponta			
Componente	Quantidade	R\$/kWh	Custo
Excedente [kVarh]	21.938,29	R\$ 0,38	R\$ 8.228,61

Fonte: Autoria Própria

É visível que o custo referente ao excedente de energia reativa compromete a economia possível de ser obtida com o sistema fotovoltaico. Assim, tal como pode ser visto na Figura 19, propõe-se a instalação de um banco de capacitores de 60kVar, elevando o fator de potência da unidade consumidora e conseqüentemente reduzindo a energia reativa excedente. A economia resultante da instalação do banco de capacitores é dada pela diferença de reativo excedente entre as linhas verde e vermelha. Assim, subtraindo hora a hora os valores, teremos como resultado a diferença de 588,7 kWh por dia. Dessa forma, considerando 30 dias para um mês, teremos aumento na economia, conforme mencionado na Tabela 32.

Então, pode-se consolidar a economia esperada para o ano de 2017, em função da geração própria, de acordo com o valores apresentados na Tabela 33.

Tabela 32: Economia - Banco de capacitores - 2017

Redução excedente reativo		
Quantidade	R\$/kW	Economia
17.663,11	R\$ 0,38	R\$ 6.625,08

Fonte: Autoria Própria

Tabela 33: Economia mensal - 2017

Economia estimada - 2017	
Componente	Economia
Consumo - Instantâneo - Fora Ponta	R\$ 24.889,87
Consumo - Créditos - Fora Ponta	R\$ 22.264,81
Consumo - Créditos - Ponta	R\$ 3.003,38
Excedente de energia reativa	- R\$ 8.228,61
Economia - BC	R\$ 6.625,08
Economia total	R\$ 48.554,52

Fonte: Autoria Própria

3.5.2 Economia mensal - 2018

Para o cálculo da economia mensal estimada de 2018, seguem-se os mesmos passos realizados na seção anterior. O FS para o ano de 2018 é de 65%, mais elevado que o de 2017. Tal aumento implica que o consumo instantâneo é maior, o que eleva a economia estimada, visto que a compensação ocorre de forma integral. Assim, para o consumo instantâneo, no posto Fora Ponta, a economia média obtida para o ano de 2018 é mostrada na Tabela 34.

Tabela 34: Economia projetada - Fora Ponta - Consumo instantâneo - 2018

Economia Projetada - Fora Ponta - Instantâneo - 2018				
Componente	Quantidade	R\$/kWh	Impostos	Economia
Consumo [kWh] TUSD	87.813,96	R\$ 0,07848	R\$ 0,00	R\$6.893,22
Consumo [kWh] - TE	87.813,96	R\$ 0,400611	R\$ 0,00	R\$ 27.616,09
Bandeira Tarifária	87.813,96	R\$ 0,034803	R\$ 0,00	R\$ 3.056,19
Economia total				R\$ 45.128,65

Fonte: Autoria Própria

Conforme mencionado, ao comparar-se a Tabela 34 com a Tabela 28, percebe-se um aumento relevante na quantidade de consumo de forma instantânea. Em seguida, calcula-se a economia obtida por meio da utilização dos créditos para o período fora de ponta, caracterizados na Tabela 35.

Das Tabelas 34 e 35, observa-se que já foram utilizados 87.813,96 kWh e 18.223,06 kWh, que totalizam 106.037,02 kWh. Este é o valor estimado para a geração fotovoltaica,

Tabela 35: Economia projetada - Fora Ponta - Crédito - 2018

Economia Projetada - Fora Ponta - Créditos				
Componente	Créditos	R\$/kWh	Impostos	Economia
Consumo [kWh] TUSD	18.223,06	R\$ 0,078498	R\$ 757,72	R\$ 1.058,31
Consumo [kWh] - TE	18.223,06	R\$ 0,400611	R\$ 0,00	R\$ 7.300,36
Bandeira Tarifária	18.233,06	R\$ 0,034803	R\$ 0,00	R\$ 634,22
Economia total				R\$ 8.992,89

Fonte: Autoria Própria

de forma que para o ano de 2018 não há economia com créditos no posto de Ponta, em função do aumento expressivo no consumo de energia.

A somatória dos excedentes de reativos obtida é 26.557,16 kWh, enquanto o custo médio de energia reativa excedente por kWh em 2018 é de R\$0,419369. Dessa forma, o excedente de reativos reduz a economia na conta de energia conforme a Tabela 36.

Tabela 36: Custo projetado - Excedente de reativos

Excedente Reativo na Ponta e Fora Ponta - 2018			
Componente	Quantidade	R\$/kWh	Custo
Excedente [kVarh]	26.557,16,16	R\$ 0,419369	R\$ 11.137,25

Fonte: Autoria Própria

Relembrando, como há o banco de capacitores de 60 kVA instalado, podemos novamente estimar a economia obtida por este. Os resultados obtidos, por meio da redução hora a hora no reativo excedente, assim como mencionado na Tabela 37.

Tabela 37: Economia - Banco de capacitores - 2018

Redução excedente reativo -2018		
Quantidade	R\$/kW	Economia
17.794,48	R\$ 0,419369	R\$ 7.462,45

Fonte: Autoria Própria

Assim, obtém-se a economia mensal estimada para o ano de 2018, resumidamente apresentada na Tabela 38.

Tabela 38: Economia mensal - 2018

Economia estimada - 2018	
Componente	Economia
Consumo - Instantâneo - Fora Ponta	R\$ 45.128,65
Consumo - Créditos - Fora Ponta	R\$ 8.992,89
Excedente de energia reativa	- R\$ 11.137,25
Economia - BC	R\$ 7.462,45
Economia total	R\$ 50.446,74

Fonte: Autoria Própria

3.5.3 Economia mensal - 2019

Por meio dos mesmos passos, obtém-se os valores na para a economia mensal de 2019. O fator de simultaneidade foi estimado em 62%, uma redução de 3% com relação ao ano anterior. Primeiramente, calcula-se a economia projetada para o período FP, para o caso em que a economia é instantânea, mostrada na Tabela 39.

Tabela 39: Economia projetada - Fora Ponta - Consumo instantâneo - 2019

Economia Projetada - Fora Ponta - Instantâneo - 2019				
Componente	Quantidade	R\$/kWh	Impostos	Economia
Consumo [kWh] TUSD	79.694,80	R\$ 0,108744	R\$ 0,00	R\$ 8.666,33
Consumo [kWh] - TE	79.694,80	R\$ 0,412299	R\$ 0,00	R\$ 32.858,09
Bandeira Tarifária	79.694,80	R\$ 0,022372	R\$ 0,00	R\$ 1.782,93
Economia total				R\$43.307,35

Fonte: Autoria Própria

Em seguida, estima-se a economia obtida para o posto Fora Ponta, porém com a utilização de créditos, apresentada na Tabela 40.

Tabela 40: Economia projetada - Fora Ponta - Crédito - 2019

Economia Projetada - Fora Ponta - Créditos - 2019				
Componente	Créditos	R\$/kWh	Impostos	Economia
Consumo [kWh] TUSD	26.342,22	R\$ 0,108744	R\$ 758,19	R\$ 2.106,37
Consumo [kWh] - TE	26.342,22	R\$ 0,412299	R\$ 0,00	R\$ 10.860,87
Bandeira Tarifária	26.342,22	R\$ 0,022372	R\$ 0,00	R\$ 589,33
Economia total				R\$ 13.556,57

Fonte: Autoria Própria

Das Tabelas 39 e 40, observa-se que já foram utilizados 79.694,80 kWh e 26.342,22 kWh, que novamente consomem toda a energia fotovoltaica a ser gerada. Assim, não há economia com créditos no posto de ponta.

A somatória dos excedentes de reativos obtida é 26.545,93 kWh, enquanto o custo médio de energia reativa excedente por kWh em 2020 é de R\$0,433858. Dessa forma, o excedente de reativos reduz a economia na conta de energia conforme apresentado na Tabela 41.

Tabela 41: Custo projetado - Excedente de reativos - 2019

Excedente Reativo na Ponta e Fora Ponta			
Componente	Quantidade	R\$/kWh	Custo
Excedente [kVarh]	25.595,67	R\$ 0,433858	R\$ 11.049,89

Fonte: Aatoria Própria

Novamente, lembrando que no sistema foi adicionado um banco de capacitor de 60 kVA. Dessa forma, podemos estimar a economia obtida por meio desse banco de capacitor, conforme apresentado na Tabela 42.

Tabela 42: Economia - Banco de capacitores - 2019

Redução excedente reativo		
Quantidade	R\$/kW	Economia
17.926,53	R\$ 0,433858	R\$ 7.777,57

Fonte: Aatoria Própria

A Tabela 43 mostra os valores de economia mensal para as componentes de consumo instantâneo e créditos, no período Fora Ponta e excedente de reativos e economia do BC no ano de 2019.

Tabela 43: Economia mensal - 2019

Economia estimada - 2019	
Componente	Economia
Consumo - Instantâneo - Fora Ponta	R\$ 33.055,40
Consumo - Créditos - Fora Ponta	R\$ 19.011,17
Excedente de energia reativa	- R\$ 11.104,89
Economia - BC	R\$ 7.777,57
Economia total	R\$ 53.536,60

Fonte: Aatoria Própria

3.5.4 Economia mensal - 2020

Por fim, estima-se a economia mensal para o ano de 2020. O fator de simultaneidade foi de 65%, o mesmo calculado para o ano de 2018. Assim, estima-se a economia no posto Fora Ponta para o consumo instantâneo, para o ano de 2020, conforme caracterizado na Tabela 44.

Tabela 44: Economia projetada - Fora Ponta - Consumo instantâneo - 2020

Economia Projetada - Fora Ponta - Instantâneo - 2020				
Componente	Quantidade	R\$/kWh	Impostos	Economia
Consumo [kWh] TUSD	87.718,64	R\$ 0,120431	R\$ 0,00	R\$10.564,04
Consumo [kWh] - TE	87.718,64	R\$ 0,389813	R\$ 0,00	R\$ 34.193,87
Bandeira Tarifária	87.718,64	R\$ 0,002591	R\$ 0,00	R\$ 227,28
Economia total				R\$ 44.985,19

Fonte: Autoria Própria

Em seguida, a economia projetada para o posto Fora Ponta com os créditos foi estimada e caracterizada conforme a Tabela 45.

Tabela 45: Economia projetada - Fora Ponta - Crédito - 2020

Economia Projetada - Fora Ponta - Créditos - 2020				
Componente	Créditos	R\$/kWh	Impostos	Economia
Consumo [kWh] TUSD	18.318,38	R\$ 0,120431	R\$ 593,01	R\$ 1.613,09
Consumo [kWh] - TE	18.318,38	R\$ 0,389813	R\$ 0,00	R\$ 7.140,74
Bandeira Tarifária	18.318,38	R\$ 0,002591	R\$ 0,00	R\$ 47,46
Economia total				R\$ 8.801,29

Fonte: Autoria Própria

Observando-se as Tabelas 44 e 45, observa-se que já foram utilizados 87.718,64 kWh e 18.318,38 kWh, respectivamente, cuja soma totaliza 106.037,02 kWh, de forma que não sobram créditos para utilização no posto tarifário de Ponta.

A somatória dos excedentes de reativos obtida é 26.545,93 kWh, enquanto o custo médio de energia reativa excedente por kWh em 2020 é de R\$0,411171. Dessa forma, o excedente de reativos reduz a economia na conta de energia, conforme os valores apresentados na Tabela 46.

Tabela 46: Custo projetado - Excedente de reativos - 2020

Excedente Reativo na Ponta e Fora Ponta			
Componente	Quantidade	R\$/kWh	Custo
Excedente [kVarh]	26.545,93	R\$ 0,411171	R\$ 10.914,92

Fonte: Autoria Própria

Precisa-se, então, compor a economia obtida com a atuação do banco de capacitores de 60kVA, que permite reduzir o custo com excedente de reativos, caracterizada na Tabela 47.

Tabela 47: Economia - Banco de capacitores - 2020

Redução excedente reativo		
Quantidade	R\$/kW	Economia
17.796,98	R\$ 0,411171	R\$ 7.317,61

Fonte: Aatoria Própria

Por fim, somando-se todas as componentes mostradas nas Tabelas 44, 45, 46 e 47 obtém-se a economia média mensal estimada para o ano de 2020, conforme apresentada na Tabela 48.

Tabela 48: Economia mensal - 2020

Economia estimada - 2020	
Componente	Economia
Consumo - Instantâneo - Fora Ponta	R\$ 44.985,19
Consumo - Créditos - Fora Ponta	R\$ 8.801,29
Excedente de energia reativa	- R\$ 10.914,92
Economia - BC	R\$ 7.317,60
Economia total	R\$ 50.189,17

Fonte: Aatoria Própria

4 ANÁLISE FINANCEIRA

A Seção 3 determinou a economia anual para ambas as opções: mercado livre de energia e sistema de geração fotovoltaico próprio. Entretanto, os valores encontrados, por si só, não permitem nenhuma conclusão. O objetivo da presente seção é realizar análise financeira do investimento, considerando os custos iniciais para a migração para o mercado livre, bem como o investimento inicial para a geração própria.

4.1 Mercado livre de energia

A migração para o mercado livre de energia não é imediata, envolvendo alguns custos. O primeiro deles é a adequação do sistema de medição, cujo valor investido foi, conforme informado pela COMTRAFO, de R\$30.000,00. O segundo custo é a adesão à CCEE, que se resumiu ao custo da emissão de certidão de falência no Paraná e o envio dos documentos necessários, no valor total de R\$56,46.

Em seguida, houve a multa por recisão antecipada junto à distribuidora, no valor de R\$34.909,90. Por fim, ocorreram os encargos de medição (instalação inicial), cobrados na primeira fatura, que totalizaram R\$1.859,61. Dessa forma, consolidam-se todos os gastos da migração da fatura do mercado livre para o mercado cativo, na Tabela 49.

Tabela 49: Investimento inicial - Mercado livre de Energia

Custos iniciais - Mercado livre de energia	
Adequação do sistema de medição	R\$30.000,00
Documentos de adesão à CCEE	R\$54,46
Recisão antecipada junto á distribuidora	R\$34.909,09
Encargos de medição inicial	R\$1.859,61
Valor total	R\$66.285,16

Fonte: Autoria Própria

Para a projeção futura, algumas premissas foram determinadas. O principal componente do sistema fotovoltaico, o módulo fotovoltaico, possui garantia padrão de funcionamento de 25 anos com no mínimo 80% de sua eficiência original. Assim, para o presente estudo, foi utilizado o período supracitado como referência para as projeções financeiras. É interessante mencionar que, após os 25 anos de estudo, seria necessário revitalizar a usina fotovoltaica, enquanto no mercado livre de energia apenas seria necessário continuar contratando energia no mercado.

Conforme explicitado na Seção 3.1.4, a economia média obtida pela fábrica 2 da empresa foi de 20,66%. Para o ano de 2021, assume-se que a economia será a média dos

anos de 2017, 2018, 2019 e 2020 (anualizado), acrescido de um crescimento de 5% no valor economizado. Para o anos seguintes, assume-se que a economia anual crescerá 5% ao ano.

A Tabela 50 mostra a somatória dos valores das faturas de energia para cada ano, no mercado livre e cativo e os respectivos valores de economia anual, com base do no mercado livre.

Tabela 50: Economia anual - Real

Ano	Mercado Livre	Mercado Cativo	Economia Anual
2017	R\$ 691.713,79	R\$ 895.328,23	R\$ 203.614,44
2018	R\$ 1.009.316,99	R\$ 1.373.689,02	R\$ 364.372,03
2019	R\$ 1.021.675,52	R\$ 1.248.628,67	R\$ 226.953,15
2020 - até agosto	R\$ 735.647,80	R\$ 841.167,50	R\$ 105.519,70
2020 - anualizado	R\$ 1.103.471,70	R\$ 1.261.751,25	R\$ 158.279,55
Valor Médio			R\$238.304,79

Fonte: Autoria Própria

Além disso, para a realização da análise do investimento, é necessária a determinação de uma taxa mínima de atratividade. Conforme mencionado na Seção 2.7.2, a TMA é o custo de oportunidade dos recursos utilizados para a execução de um projeto, e que está intimamente ligada com as taxas de juros que são dispobinibilizadas para aplicações financeiras, em especial a SELIC.

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (1994), “para que a taxa seja atrativa deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco. Esta é, portanto, a taxa mínima de atratividade (TMA)”. Para a projeto, adota-se como TMA o valor projetado em março de 2021 para a SELIC em 2025 pelo banco Bradesco, de 7,5% a.a. (valor mais longo disponível no momento da elaboração deste projeto, disponível no anexo deste trabalho). Esse será o valor adotado para a taxa de desconto de todo o período.

4.1.1 Projeção financeira

O fluxo de caixa anual do projeto é dado pela economia obtida no ano descontada dos investimentos necessários. No caso do mercado livre de energia, como já exposto, o único custo relevante é a migração, que ocorreu no final de 2016. Os demais custos, tal como a remuneração do comercializador, já estão descontados da economia anual. O fluxo de caixa negativo representa uma saída de caixa, enquanto o fluxo de caixa positivo indica a entrada de caixa.

A Tabela 51 representa a economia obtida a cada ano para a empresa no mercado livre de energia. A economia é equivalente ao fluxo de caixa anual, por não haver nenhum outro investimento relevante a ser feito com exceção do inicial.

Tabela 51: Projeção ano a ano

Ano	Economia	Investimento	Fluxo de Caixa Anual
2016	0	-R\$ 66.825,16	-R\$ 66.825,16
2017	R\$ 203.614,44	0	R\$ 203.614,44
2018	R\$ 364.372,03	0	R\$ 364.372,03
2019	R\$ 226.953,15	0	R\$ 226.953,15
2020	R\$ 158.279,55	0	R\$ 158.279,55
2021	R\$ 250.220,03	0	R\$ 250.220,03
2022	R\$ 262.731,03	0	R\$ 262.731,03
2023	R\$ 275.867,59	0	R\$ 275.867,59
2024	R\$ 289.660,96	0	R\$ 289.660,96
2025	R\$ 304.144,01	0	R\$ 304.144,01
2026	R\$ 319.351,21	0	R\$ 319.351,21
2027	R\$ 335.318,77	0	R\$ 335.318,77
2028	R\$ 352.084,71	0	R\$ 352.084,71
2029	R\$ 369.688,95	0	R\$ 369.688,95
2030	R\$ 388.173,40	0	R\$ 388.173,40
2031	R\$ 407.582,07	0	R\$ 407.582,07
2032	R\$ 427.961,17	0	R\$ 427.961,17
2033	R\$ 449.359,23	0	R\$ 449.359,23
2034	R\$ 471.827,19	0	R\$ 471.827,19
2035	R\$ 495.418,55	0	R\$ 495.418,55
2036	R\$ 520.189,48	0	R\$ 520.189,48
2037	R\$ 546.198,95	0	R\$ 546.198,95
2038	R\$ 573.508,90	0	R\$ 573.508,90
2039	R\$ 602.184,34	0	R\$ 602.184,34
2040	R\$ 632.293,56	0	R\$ 632.293,56
2041	R\$ 663.908,24	0	R\$ 663.908,24

Fonte: Autoria Própria

4.1.2 Análise do investimento

Por meio das projeções acima realizadas, torna-se possível a análise do investimento. O fluxo de caixa acumulado ao longo do período analisado pode ser visto na Tabela 52, em que o fluxo de caixa acumulado é o somatório ano a ano dos fluxos de caixa, enquanto no fluxo de caixa acumulado descontado ocorre a aplicação do valor do dinheiro no tempo, utilizando a taxa de desconto estipulada nas premissas.

Tabela 52: Fluxo de caixa - ano a ano - Mercado livre

Ano	FC - Anual	FC - Acum.	FC - Desc.	FC - Acum. Desc.
2016	-R\$ 66.825,16	-R\$ 66.825,16	-R\$ 66.825,16	-R\$ 66.825,16
2017	R\$ 203.614,44	R\$ 136.789,28	R\$ 189.408,78	R\$ 122.583,62
2018	R\$ 364.372,03	R\$ 501.161,31	R\$ 315.303,00	R\$ 437.886,62
2019	R\$ 226.953,15	R\$ 728.114,46	R\$ 182.688,34	R\$ 620.574,96
2020	R\$ 158.279,55	R\$ 886.394,01	R\$ 118.519,81	R\$ 739.094,77
2021	R\$ 250.220,03	R\$ 1.136.614,04	R\$ 174.292,92	R\$ 913.387,69
2022	R\$ 262.731,03	R\$ 1.399.345,08	R\$ 170.239,60	R\$ 1.083.627,29
2023	R\$ 275.867,59	R\$ 1.675.212,66	R\$ 166.280,54	R\$ 1.249.907,83
2024	R\$ 289.660,96	R\$ 1.964.873,63	R\$ 162.413,55	R\$ 1.412.321,38
2025	R\$ 304.144,01	R\$ 2.269.017,64	R\$ 158.636,49	R\$ 1.570.957,87
2026	R\$ 319.351,21	R\$ 2.588.368,85	R\$ 154.947,27	R\$ 1.725.905,14
2027	R\$ 335.318,77	R\$ 2.923.687,63	R\$ 151.343,84	R\$ 1.877.248,99
2028	R\$ 352.084,71	R\$ 3.275.772,34	R\$ 147.824,22	R\$ 2.025.073,21
2029	R\$ 369.688,95	R\$ 3.645.461,29	R\$ 144.386,45	R\$ 2.169.459,66
2030	R\$ 388.173,40	R\$ 4.033.634,68	R\$ 141.028,62	R\$ 2.310.488,28
2031	R\$ 407.582,07	R\$ 4.441.216,75	R\$ 137.748,89	R\$ 2.448.237,17
2032	R\$ 427.961,17	R\$ 4.869.177,92	R\$ 134.545,43	R\$ 2.582.782,59
2033	R\$ 449.359,23	R\$ 5.318.537,15	R\$ 131.416,46	R\$ 2.714.199,06
2034	R\$ 471.827,19	R\$ 5.790.364,34	R\$ 128.360,27	R\$ 2.842.559,32
2035	R\$ 495.418,55	R\$ 6.285.782,88	R\$ 125.375,14	R\$ 2.967.934,46
2036	R\$ 520.189,48	R\$ 6.805.972,36	R\$ 122.459,44	R\$ 3.090.393,91
2037	R\$ 546.198,95	R\$ 7.352.171,31	R\$ 119.611,55	R\$ 3.210.005,45
2038	R\$ 573.508,90	R\$ 7.925.680,21	R\$ 116.829,88	R\$ 3.326.835,34
2039	R\$ 602.184,34	R\$ 8.527.864,55	R\$ 114.112,91	R\$ 3.440.948,25
2040	R\$ 632.293,56	R\$ 9.160.158,11	R\$ 111.459,12	R\$ 3.552.407,37
2041	R\$ 663.908,24	R\$ 9.824.066,34	R\$ 108.867,05	R\$ 3.661.274,42

Fonte: Autoria Própria

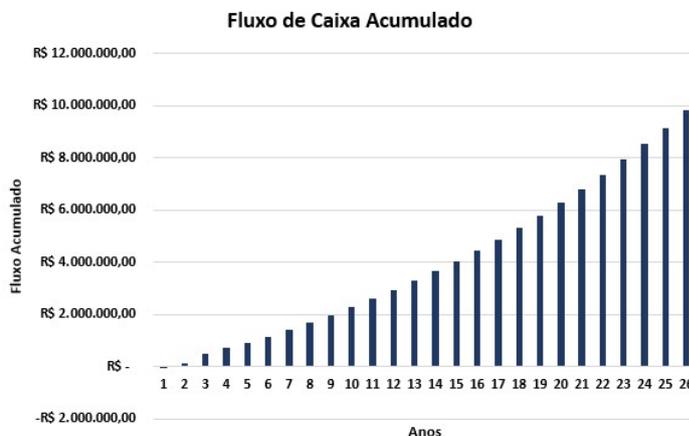


Figura 20: Fluxo de caixa - Mercado Livre

Fonte: Autoria própria

A visualização gráfica permite o melhor entendimento quanto à importância de se considerar o valor do dinheiro no tempo para análise do investimento. As Figuras 20 e 21 mostram que fluxos de caixa mais distantes tornam-se menos relevantes quando comparados com os de curto prazo, o que implica no formato convexo da curva.

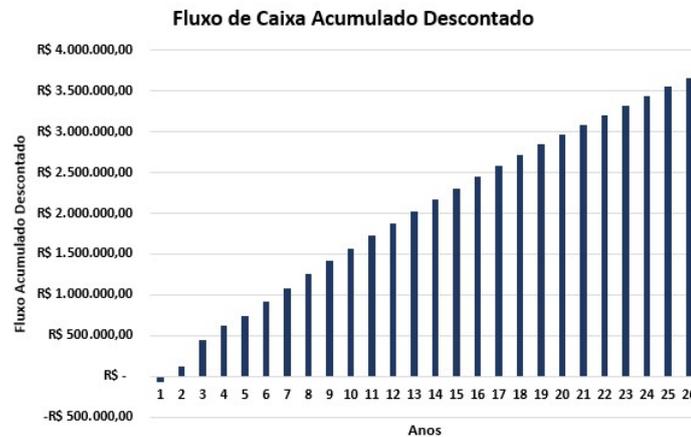


Figura 21: Fluxo de caixa descontado - Mercado Livre

Fonte: Autoria própria

Conforme explicitado na Seção 2.7, os métodos de análise aqui aplicados serão os seguintes: VPL, TIR, *payback* simples e descontado. A Tabela 53 apresenta o resultado de cada um dos indicadores econômicos calculados para o mercado livre.

Tabela 53: Indicadores - Mercado livre

TIR	347%
VPL	R\$ 3.405.836,67
<i>Payback</i> Simples (Anos)	0,49
<i>Payback</i> descontado (Anos)	0,55

Fonte: Autoria própria

O valor expressivo de TIR é resultado do baixo investimento inicial. Conforme explicitado na Seção 2.7, a TIR é a taxa de desconto aplicada nos fluxos de caixa futuro que gerará VPL nulo na data inicial. Quanto maior a TIR, maior a rentabilidade de um projeto. O período de *payback* muito curto, próximo a cinco meses, também decorre do nível muito baixo de investimento inicial comparado a economia mensal obtida após a migração.

4.2 Geração fotovoltaica de energia

A análise para o caso em que a unidade fabril 2 da geraria sua própria energia por meio de geração fotovoltaica segue os mesmos passos que os realizados para a o mercado

livre de energia. Inicialmente, com base nos valores calculados seção 3, obtém-se a média da economia estimada entre os anos de 2017 a 2020 (anualizado), de forma a reduzir a sazonalidade dos valores para os anos projetados. Para determinar o valor a ser utilizado em 2021, adiciona-se de 5% de aumento sobre a média dos anos anteriores. O resultado médio obtido é mostrado na Tabela 54.

Tabela 54: Economia mensal projetada - geração fotovoltaica

Economia anual - Real	Economia	Investimento
2017	R\$ 582.654,27	R\$ 3.938.170,00
2018	R\$ 605.360,90	0
2019	R\$ 642.439,22	0
2020 - Anualizado	R\$ 602.270,04	0
Valor Médio	R\$ 608.181,10	

Fonte: Autoria própria

Conforme orçamento elaborado pela Eletrotrafo Solar, o custo total para a construção do projeto, incluso o serviço de engenharia, seria de R\$3.928.170,00. O custo assumido para o banco de capacitores de 60 kVAr é de R\$ 10.000,00. É interessante observar que assumiu-se que o projeto estaria alocado no solo, porém não foi considerada na análise o custo para aquisição de um local que permita a instalação das 2136 painéis fotovoltaicos que seriam utilizadas para o projeto. O orçamento, disponível nos anexos, especifica alguns poucos itens que não estão inclusos no orçamento, porém opta-se por considerar os valores fornecidos como suficientes para elaboração total do projeto. Assim, o investimento inicial considerado é mostrado na Tabela 55.

Tabela 55: Custos iniciais - sistema fotovoltaico

Investimento inicial	
Sistema Fotovoltaico	R\$ 3.928.170,00
Banco de capacitores 60 kVAr	R\$ 10.000,00
Valor total	R\$ 3.938.170,00

Fonte: Eletrotrafo Solar e autoria própria

4.2.1 Projeção financeira

Mantendo-se a mesma premissa utilizada para o mercado livre de energia, assume-se que o valor médio de economia obtida a cada ano crescerá 5%. Ainda que seja esperado que a eficiência do sistema se reduza ao longo dos anos, entende-se que o crescente custo da energia compensaria tal redução, que conforme *datasheet* dos módulos, garante 25 anos de produção linear. Em função disso, a análise é realizada para o período de 25 anos, em que há garantia dos módulos.

O sistema fotovoltaico de grande porte exigirá manutenção periódica, de forma que assume-se um custo anual de 0,8% do investimento inicial para custear limpeza e cuidados necessários ao funcionamento de um sistema solar de porte razoável. (CARI, 2020).

No décimo quinto ano foi considerada a troca dos três inversores. O modelo utilizado no projeto fornecido pela Eletrotrafo Solar é o Sungrow SG250HX. Apesar de a proposta fornecida não discriminar quais são os valores de cada componente e serviço do projeto, a Eletrotrafo informou o valor de venda de R\$52.344,99 para a semana em que a proposta foi elaborada (03/12/2020). Além disso, inclui-se a substituição do banco de capacitores neste mesmo ano, novamente no valor de R\$10.000,00. O fluxo de caixa acumulado ao longo do período analisado de 25 anos para o sistema fotovoltaico é mostrado na Tabela 56.

Tabela 56: Projeção - ano a ano - Sistema fotovoltaico

Ano	Economia	Investimento	Manutenção	FC - Anual
2016	0	-R\$ 3.938.170,00	0	-R\$ 3.938.170,00
2017	R\$ 582.654,27	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 551.148,91
2018	R\$ 605.360,90	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 573.855,54
2019	R\$ 642.439,22	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 610.933,86
2020	R\$ 602.270,04	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 570.764,68
2021	R\$ 638.590,16	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 607.084,80
2022	R\$ 670.519,67	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 639.014,31
2023	R\$ 704.045,65	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 672.540,29
2024	R\$ 739.247,93	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 707.742,57
2025	R\$ 776.210,33	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 744.704,97
2026	R\$ 815.020,85	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 783.515,49
2027	R\$ 855.771,89	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 824.266,53
2028	R\$ 898.560,48	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 867.055,12
2029	R\$ 943.488,51	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 911.983,15
2030	R\$ 990.662,93	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 959.157,57
2031	R\$ 1.040.196,08	-R\$ 167.034,97	-R\$ 31.505,36	R\$ 841.655,75
2032	R\$ 1.092.205,88	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.060.700,52
2033	R\$ 1.146.816,18	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.115.310,82
2034	R\$ 1.204.156,99	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.172.651,63
2035	R\$ 1.264.364,84	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.232.859,48
2036	R\$ 1.327.583,08	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.296.077,72
2037	R\$ 1.393.962,23	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.362.456,87
2038	R\$ 1.463.660,34	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.432.154,98
2039	R\$ 1.536.843,36	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.505.338,00
2040	R\$ 1.613.685,53	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.582.180,17
2041	R\$ 1.694.369,81	0	-R\$ 31.505,36	R\$ 1.662.864,45

Fonte: Autoria própria

4.2.2 Análise do investimento

Novamente, com base nas projeções acima descritas, pode-se analisar o investimento no sistema fotovoltaico próprio de acordo com os resultados obtidos. O fluxo de caixa acumulado ao longo do período de 25 anos, pode ser visto na Tabela 57, em que o fluxo de caixa acumulado é o somatório ano a ano dos fluxos de caixa, enquanto no fluxo de caixa acumulado descontado ocorre a aplicação do valor do dinheiro no tempo, utilizando a taxa de desconto de 7,5% ao ano.

Tabela 57: Fluxo de caixa - ano a ano - Sistema fotovoltaico

Ano	FC - Anual	FC - Acumulado	FC - Descontado	FC - Desc. Acum.
2016	-R\$ 3.938.170,00	-R\$ 3.938.170,00	-R\$ 3.938.170,00	-R\$ 3.938.170,00
2017	R\$ 551.148,91	-R\$ 3.387.021,09	R\$ 512.696,66	-R\$ 3.425.473,34
2018	R\$ 573.855,54	-R\$ 2.813.165,56	R\$ 496.575,91	-R\$ 2.928.897,43
2019	R\$ 610.933,86	-R\$ 2.202.231,70	R\$ 491.777,67	-R\$ 2.437.119,77
2020	R\$ 570.764,68	-R\$ 1.631.467,02	R\$ 427.388,89	-R\$ 2.009.730,87
2021	R\$ 607.084,80	-R\$ 1.024.382,22	R\$ 422.870,16	-R\$ 1.586.860,72
2022	R\$ 639.014,31	-R\$ 385.367,91	R\$ 414.056,68	-R\$ 1.172.804,03
2023	R\$ 672.540,29	R\$ 287.172,38	R\$ 405.376,96	-R\$ 767.427,08
2024	R\$ 707.742,57	R\$ 994.914,95	R\$ 396.832,84	-R\$ 370.594,24
2025	R\$ 744.704,97	R\$ 1.739.619,92	R\$ 388.425,80	R\$ 17.831,57
2026	R\$ 783.515,49	R\$ 2.523.135,41	R\$ 380.156,96	R\$ 397.988,53
2027	R\$ 824.266,53	R\$ 3.347.401,94	R\$ 372.027,08	R\$ 770.015,61
2028	R\$ 867.055,12	R\$ 4.214.457,06	R\$ 364.036,67	R\$ 1.134.052,28
2029	R\$ 911.983,15	R\$ 5.126.440,21	R\$ 356.185,94	R\$ 1.490.238,23
2030	R\$ 959.157,57	R\$ 6.085.597,78	R\$ 348.474,87	R\$ 1.838.713,10
2031	R\$ 841.655,75	R\$ 6.927.253,53	R\$ 284.451,04	R\$ 2.123.164,14
2032	R\$ 1.060.700,52	R\$ 7.987.954,06	R\$ 333.470,45	R\$ 2.456.634,59
2033	R\$ 1.115.310,82	R\$ 9.103.264,88	R\$ 326.176,02	R\$ 2.782.810,60
2034	R\$ 1.172.651,63	R\$ 10.275.916,50	R\$ 319.019,08	R\$ 3.101.829,68
2035	R\$ 1.232.859,48	R\$ 11.508.775,98	R\$ 311.998,68	R\$ 3.413.828,36
2036	R\$ 1.296.077,72	R\$ 12.804.853,70	R\$ 305.113,74	R\$ 3.718.942,10
2037	R\$ 1.362.456,87	R\$ 14.167.310,57	R\$ 298.363,03	R\$ 4.017.305,13
2038	R\$ 1.432.154,98	R\$ 15.599.465,56	R\$ 291.745,26	R\$ 4.309.050,39
2039	R\$ 1.505.338,00	R\$ 17.104.803,56	R\$ 285.258,99	R\$ 4.594.309,38
2040	R\$ 1.582.180,17	R\$ 18.686.983,73	R\$ 278.902,75	R\$ 4.873.212,13
2041	R\$ 1.662.864,45	R\$ 20.349.848,17	R\$ 272.674,95	R\$ 5.145.887,08

Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos nos permitem calcular os indicadores do investimento. A tabela abaixo resume o resultado de cada um destes:

Tabela 58: Indicadores - Sistema fotovoltaico

TIR	17%
VPL	R\$ 4.786.871,70
Payback Simples (Anos)	6,58
Payback descontado (Anos)	9,51

Fonte: Autoria própria

Os resultados demonstram que os resultados indicam que o investimento no sistema fotovoltaico é positivo, pois apresenta TIR e VPL positivos, gerando retorno financeiro a empresa, remunerando o capital acima da taxa mínima de atratividade assumida.

Um ponto importante a se observar é que a proposta do sistema fotovoltaico a ser instalado foi elaborada em 2020, enquanto a análise supõe o sistema sendo instalado ao final de 2016. Neste período, o acesso aos equipamentos aumentou, bem como os custos destes foi reduzido, de forma que é de se esperar que o investimento inicial teria sido superior ao aqui considerado, o que resultaria em uma TIR menor, um VPL maior e *payback* simples e descontado maiores.

4.3 Comparação dos investimentos

Retomando a ideia inicial deste projeto: a migrou, em janeiro de 2017, para o mercado livre de energia. Se, ao invés deste movimento, a empresa tivesse optado por adquirir seu próprio sistema de geração fotovoltaico, qual traria melhor retorno financeiro ao longo da vida útil de um sistema fotovoltaico?

O consolidado das Tabelas 53 e 58 pode ser visto abaixo:

Tabela 59: Indicadores - Comparativo

Indicadores	Mercado Livre	Solar
TIR	347%	17%
VPL	R\$3.405.836,67	R\$ 4.786.871,10
Payback Simples (Anos)	0,49	6,58
Payback descontado (Anos)	0,55	9,51

Fonte: Autoria própria

O primeiro indicador a ser comparado é a TIR, que no mercado livre de energia possui um valor muito superior ao custo de oportunidade utilizado (7,5% a.a.). Relembrando, a TIR é a taxa de desconto na qual os fluxos de caixa futuros descontados a valor presente se igualam ao valor do investimento inicial. Pela definição, fica evidente o resultado expressivo: o investimento inicial do mercado livre de energia é muito pequeno quando comparado aos fluxos de caixa obtidos em cada ano. O sistema fotovoltaico apresentou uma TIR de 17%, que apesar de ser uma boa rentabilidade, é ofuscada pelo resultado do mercado livre.

O segundo indicador analisado é o VPL, que é o valor presente de pagamentos futuros descontados à uma taxa de custo capital. Neste parâmetro, o sistema fotovoltaico se sobressaiu, com um VPL superior em R\$1.381.034,43 versus o valor do mercado livre. Entretanto, o investimento inicial do sistema fotovoltaico é R\$3.871.344,84 maior que o do mercado livre. Tal diferença poderia aplicada em outros projetos da empresa, que trariam novos fluxos de caixa, provavelmente superiores a diferença de VPL calculada.

O terceiro indicador comparado é o *payback*, que estima o tempo para recuperação do valor investido. Inicialmente, comparando-se os *paybacks* simples, percebe-se a velocidade com que ocorre a recuperação do investimento do mercado livre. Novamente, tal número é resultado dos altos fluxos de caixa em relação ao baixo investimento inicial. O *payback* simples do sistema fotovoltaico é de 6,58 anos - que apesar de novamente ser um bom resultado, é ofuscado pelo valor obtido no mercado livre.

O *payback* descontado também objetiva estimar o tempo de recuperação do investimento, porém utiliza os fluxos de caixa descontados de cada ano. A aplicação da taxa de desconto nos fluxos de caixa implica que quanto mais distante um fluxo de caixa está do presente, menor será sua representatividade (valor). Isso explica a pequena diferença no resultado do *payback* simples para o descontado no caso do mercado livre, em que o retorno ocorre no primeiro ano. Por outro lado, a utilização deste indicador no sistema fotovoltaico apresentou diferença relevante, pois fluxos de caixa mais distantes fazem parte do cálculo.

Por fim, é importante ressaltar que no investimento inicial do sistema fotovoltaico, a proposta fornecida pela Eletrotrafo inclui os equipamentos e a instalação do equipamento, não foi assumido um valor para aquisição de área para instalação e aterramento. Entretanto, na prática, estes deveriam ser considerados, visto que seria um sistema vultuoso e invivável de ser instalado sobre a cobertura do prédio da empresa, tanto em função do peso quanto em área.

Além disso, ao fim da vida útil do sistema fotovoltaico, seria necessária a construção de uma nova usina para abastecer a empresa, bem como possivelmente novos investimentos seriam necessários para aumentar a capacidade de geração conforme o consumo da empresa aumente, enquanto no mercado livre de energia apenas são firmados novos contratos de energia, que permitem maior flexibilidade quanto ao crescimento da empresa.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A ascensão da energia fotovoltaica, não apenas no Brasil, mas a nível mundial, traz questionamentos sobre sua implementação. Por outro lado, o mercado livre de energia ainda é um contexto pouco explorado no território brasileiro, sendo amplamente difundido em países desenvolvidos, em especial na Europa.

O presente projeto buscou trazer uma comparação direta, ainda que por base de estimativas, quanto as opções acima mencionadas. O contexto detalhado expressa a realidade para uma indústria, mas que pode servir como parâmetro para outros setores.

O fato de uma indústria consumir energia em quantidade significativa faz com que o porte do sistema fotovoltaico a ser construído seja relevante, o que encarece o investimento inicial, exigindo que recursos que poderiam ser disponibilizados a outros projetos da empresa sejam imobilizados. Por outro lado, os custos de migração para o mercado livre são relativamente baixos, em especial quando comparados ao retorno projetado.

Existem dois pontos, que apesar de não considerados nas cálculos, são de importante menção: a área a ser ocupada pela sistema fotovoltaico é relevante e possivelmente precisaria ser adquirida pela empresa. Isto implica que o investimento inicial poderia ser ainda maior, tornando os resultados financeiros inferiores aos obtidos. O segundo ponto é que uma unidade geradora deste porte, com 2.136 módulos fotovoltaicos, certamente é de complexa operação e exige diversos cuidados.

É importante mencionar que, assim como o sistema fotovoltaico carrega riscos regulatórios que podem alterar a forma de compensação da energia gerada, o consumidor no mercado livre de energia deverá lidar com incertezas quanto à demanda a ser contratada e aos preço de energia, e que os resultados projetados ao longo deste projeto podem oscilar consideravelmente.

A economia no Mercado Livre de Energia depende da realização de bons contratos, e varia de acordo com o perfil de consumo de cada consumidor, sendo necessário um estudo de viabilidade da migração, com análise caso a caso.

Assim, ainda que os resultados expostos neste projeto favoreçam o mercado livre de energia, são necessários estudos com consumidores de diferentes perfis antes que se possa concluir qual a melhor opção.

Entretanto, o que fica evidente é que o mercado livre é uma alternativa viável e vantajosa, e que deve ser considerada pelas empresas com potencial para serem consumidores especiais/livres, como alternativa ao mercado cativo.

Por fim, para trabalhos futuros é interessante o desenvolvimento deste estudo para

consumidores com diferentes perfis de carga, de forma a verificar se as conclusões aqui obtidas se mantêm. Além disso, a simulação de como os resultados encontrados seriam afetados por mudanças regulatórias, tanto na geração fotovoltaica, quanto no mercado livre, pode trazer uma nova visão à discussão.

REFERÊNCIAS

ABRACEEL. **CARTILHA MERCADO LIVRE DE ENERGIA ELÉTRICA**. 2019. Disponível em: <<https://www.enelenergialivre.com.br/wp-content/uploads/2020/09/Cartilha-da-ABRACEEL.pdf>>. Acesso em: 28 de maio de 2021.

ABSOLAR. **Brasil energia**: Brasil vive ano histórico em expansão de energia solar. 2020. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/brasil-vive-ano-historico-em-expansao-de-energia-solar/>>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

_____. **Infográfico Absolar**: Energia solar fotovoltaica no brasil. 2021. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/wp-content/uploads/2021/02/2021.01.0820InfogrC3A1fico0ABSOLAR20nC2B02027.pdf>>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 109, DE 26 DE OUTUBRO DE 2004**. 2004. ANEEL. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2004109.pdf>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2020.

_____. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, DE 09 DE SETEMBRO DE 2010**. 2010. ANEEL. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2020.

_____. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 479, DE 3 DE ABRIL DE 2012**. 2012. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www2.ANEEL.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>>. Acesso em: 03 de janeiro de 2021.

_____. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE abril DE 2012**. 2012. ANEEL. Disponível em: <<http://www2.ANEEL.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 27 de outubro de 2021.

_____. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 517, DE 11 DE DEZEMBRO DE 2012**. 2012. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www2.ANEEL.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>>. Acesso em: 18 de junho de 2021.

_____. **Bandeiras tarifárias**. 2015. Disponível em: <<https://www.ANEEL.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

_____. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015**. 2015. ANEEL. Disponível em: <<http://www2.ANEEL.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 06 de junho de 2021.

_____. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 745, DE 22 DE NOVEMBRO DE 2016**. 2016. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/24634418/do1-2016-11-29-resolucao-normativa-n-745-de-22-de-novembro-de-2016-24634332>. Acesso em: 18 de junho de 2021.

CARI, ELMER PABLO TITO. **Apostila Curso solar USP: Introdução a sistemas fotovoltaicos, dimensionamento e instalação.** USP, São Paulo, 2020. 94 p.

CCEE. **CÁLCULO DO DESCONTO APLICADO À TUSD/TUST.** 2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/audiencias-publicas-antigas?p_p_id=participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_ideDocumento=30474&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacaopublica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=2Fhtml2Fpp2Fvisualizar.jsp#:~:text=Na20comercializaA7C3A3o20de20energia20incentivada2C20para20o20c3A1lculo20do20desconto,compra2C20e20o20requisito20incentivado2C>. Acesso em: 28 de maio de 2021.

ENGIE. **Mercado Livre de Energia: aqui estão as respostas para as suas principais dúvidas.** 2021. Disponível em: <<https://blog-solucoes.engie.com.br/consultoria-gestao-energia/mercado-livre-de-energia-principais-duvidas/>>. Acesso em: 15 de junho de 2021.

EPE. **Balço Energético Nacional Relatório Síntese: Ano base 2020.** 2021. Publicações dados abertos. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_SC3ADntese_2021_PT.pdf>. Acesso em: 28 de setembro de 2021.

GESSER, H. **Análise de Investimentos.** 2021. Contabilizando com a administração e economia. Disponível em: <<https://proffhubert.yolasite.com/resources/Apostila20An20Investimentos20CRCSC.PDF>>. Acesso em: 20 de setembro de 2021.

INTERNERGIA. **Mercado Livre de Energia: Conheça os Tipos de Contratos.** 2017. Disponível em: <<https://interenergia.com.br/single-post/2017/08/mercado-livre-de-energia-conheca-os-tipos-de-contratos/>>. Acesso em: 05 de junho de 2021.

KOLOSZUK, R. S. e R. **Cenário solar: Evolução e perspectivas da fonte solar fotovoltaica no Brasil.** 2020. Editora Brasil Energia. Disponível em: <<http://cenariosolar.editorabrasilenergia.com.br/evolucao-e-perspectivas-da-fonte-solar-fotovoltaica-no-brasil/>>. Acesso em: 20 setembro 2020.

PINTO, A. **EXCEDENTE DE REATIVOS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE Síntese: Ano base 2012.** 2012. Revista Brasileira de Energia Solar Volume III Número 2 Dezembro de 2012 p. 110-116. Acesso em: 28 de setembro de 2021.

QUINTELLA, M. **Análise de Projetos de Investimentos.** 2018. Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: <http://marcusquintella.com.br/sig/lib/uploaded/material/Analise_de_Projetos_Apostila_Texto.pdf>. Acesso em: 20 de setembro de 2021.

REGENPOWER. **Which renewable energy is better, wind or solar?:** Regenpower. 2021. Disponível em: <<https://regenpower.com/articles/which-renewable-energy-is-better-wind-or-solar/>>. Acesso em: 29 de agosto de 2021.

RODRIGUES, I. **Mercado Livre de Energia: Conheça os tipos de contratos**. 2017. Disponível em: <<https://interenergia.com.br/single-post/2017/08/mercado-livre-de-energia-conheca-os-tipos-de-contratos/>>. Acesso em: 26 de agosto de 2021.

SOLAR, P. **A energia solar fotovoltaica no Brasil**: Portal solar. 2019. Matriz fotovoltaica. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/a-energia-fotovoltaica-no-brasil.html>>. Acesso em: 23 de maio de 2021.

_____. **Revisão do regulamento da geração distribuída GD é estabelecida pela ANEEL, protagonizando a agenda regulatória do primeiro semestre de 2021**: Portal solar. 2021. Blog Solar. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/geracao-distribuida/revisao-do-regulamento-da-geracao-distribuida-gd-e-estabelecida-pela-ANEEL>>. Acesso em: 05 de junho de 2021.

TRINA. **The Lifecycle of a Solar Panel**: Trina solar. 2014. Disponível em: <<https://www.trinasolar.com/us/resources/blog/lifecycle-solar-panel>>. Acesso em: 23 de maio de 2021.

VILLALVA, MARCELO GRADELLA. **Energia Solar fotovoltaica: Conceitos e aplicações**. Saraiva, São Paulo, 2017. 405 p.

Apêndices

APÊNDICE A – GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

As Tabelas 60, 61, 62, 63, 64, mostram os valores calculados para a geração de energia fotovoltaica, consumo de energia ativa, reativa, geração líquida (Consumo - Geração), fator de Potência, fator de potência com o sistema fotovoltaico, energia reativa excedente com e sem o sistema fotovoltaico, para os anos, de 2016,2017,2018,2019 e 2020, respectivamente.

Tabela 60: Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2016

Hrs	Ativa (kWh)	Reativa (kVArh)	Geração (kWh)	Geração Líquida	FP Normal	FP com Solar	Reativa Exc Solar (kVArh)	Reativo Exc Solar AC (kVArh)
0	83,49	41,92	0	83,49	89,37%	89,37%	1,1	0
1	83,02	2,45	0	83,02	99,96%	99,96%	0	0
2	82,59	2,84	0	82,59	99,94%	99,94%	0	0
3	79,56	2,78	0	79,56	99,94%	99,94%	0	0
4	75,36	3,08	0	75,36	99,92%	99,92%	0	0
5	75,03	3,29	0	75,03	99,90%	99,90%	0	0
6	75,84	3,47	11,36	64,48	99,90%	99,86%	0	0
7	86,81	44,82	103,31	-16,5	88,86%	0,00%	41,23	0
8	130,41	59,26	253,1	-122,69	91,04%	0,00%	54,52	0
9	195,09	82,24	370,58	-175,49	92,15%	0,00%	75,66	15,66
10	201,88	84,94	448,65	-246,77	92,17%	0,00%	78,14	18,14
11	200,47	85,58	469,45	-268,98	91,97%	0,00%	78,73	18,73
12	167,53	67,74	483,82	-316,29	92,71%	0,00%	62,32	2,32
13	145,78	56,96	472,98	-327,2	93,14%	0,00%	52,4	0
14	184,98	81,57	417,25	-232,27	91,50%	0,00%	75,05	15,05
15	198,64	89,16	327,17	-128,53	91,23%	0,00%	82,03	22,03
16	200,95	89,83	214,82	-13,87	91,29%	0,00%	82,64	22,64
17	199,59	86,29	65,95	133,64	91,79%	84,01%	6,89	0
18	159,28	65,16	4,21	155,07	92,55%	92,19%	0	0
19	101,74	45,31	0	101,74	91,35%	91,35%	0,29	0
20	89,02	43,2	0	89,02	89,97%	89,97%	0,88	0
21	84,36	42,69	0	84,36	89,22%	89,22%	1,19	0
22	81,82	41,8	0	81,82	89,05%	89,05%	1,23	0
23	80,82	40,96	0	80,82	89,20%	89,20%	1,15	0

Fonte: Autoria Própria

Tabela 61: Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2017

Hora	Ativa (kWh)	Reativa (kVArh)	Geração (kWh)	Geração Líquida	FP normal	FP com Solar	Reativa Exc Solar (kVArh)	Reativo Exc Solar BC (kVArh)
0	87,85	44,11	0	87,85	89,37%	89,37%	1,16	0
1	87,36	2,58	0	87,36	99,96%	99,96%	0	0
2	86,9	2,99	0	86,9	99,94%	99,94%	0	0
3	83,72	2,92	0	83,72	99,94%	99,94%	0	0
4	79,3	3,24	0	79,3	99,92%	99,92%	0	0
5	78,96	3,47	0	78,96	99,90%	99,90%	0	0
6	79,81	3,65	11,36	68,45	99,90%	99,86%	0	0
7	91,35	47,16	103,31	-11,96	88,86%	0,00%	43,39	0
8	137,23	62,36	253,1	-115,87	91,04%	0,00%	57,37	0
9	205,29	86,54	370,58	-165,29	92,15%	0,00%	79,61	19,61
10	212,43	89,38	448,65	-236,22	92,17%	0,00%	82,23	22,23
11	210,95	90,05	469,45	-258,5	91,97%	0,00%	82,85	22,85
12	176,29	71,28	483,82	-307,53	92,71%	0,00%	65,58	5,58
13	153,4	59,94	472,98	-319,58	93,14%	0,00%	55,14	0
14	194,65	85,84	417,25	-222,6	91,50%	0,00%	78,97	18,97
15	209,02	93,82	327,17	-118,15	91,23%	0,00%	86,32	26,32
16	211,45	94,52	214,82	-3,37	91,29%	0,00%	86,96	26,96
17	210,02	90,8	65,95	144,07	91,79%	84,60%	6,72	0
18	167,6	68,57	4,21	163,39	92,55%	92,21%	0	0
19	107,06	47,68	0	107,06	91,35%	91,35%	0,31	0
20	93,67	45,46	0	93,67	89,97%	89,97%	0,92	0
21	88,77	44,93	0	88,77	89,22%	89,22%	1,25	0
22	86,1	43,99	0	86,1	89,05%	89,05%	1,3	0
23	85,04	43,1	0	85,04	89,20%	89,20%	1,21	0

Fonte: Autoria Própria

Tabela 62: Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2018

Hrs	Ativa (kWh)	Reativa (kVArh)	Geração (kWh)	Geração Líquida	FP Normal	FP com Solar	Reativa Exc Solar (kVArh)	Reativo Exc Solar BC (kVArh)
0	115,35	57,92	0	115,35	89,37%	89,37%	1,53	0
1	114,69	3,39	0	114,69	99,96%	99,96%	0	0
2	114,1	3,93	0	114,1	99,94%	99,94%	0	0
3	109,92	3,83	0	109,92	99,94%	99,94%	0	0
4	104,11	4,26	0	104,11	99,92%	99,92%	0	0
5	103,67	4,55	0	103,67	99,90%	99,90%	0	0
6	104,78	4,79	11,36	93,42	99,90%	99,87%	0	0
7	119,93	61,92	103,31	16,62	88,86%	25,92%	40,92	0
8	180,17	81,87	253,1	-72,93	91,04%	0,00%	75,32	15,32
9	269,53	113,62	370,58	-101,05	92,15%	0,00%	104,53	44,53
10	278,91	117,34	448,65	-169,74	92,17%	0,00%	107,96	47,96
11	276,97	118,23	469,45	-192,48	91,97%	0,00%	108,77	48,77
12	231,46	93,58	483,82	-252,36	92,71%	0,00%	86,1	26,1
13	201,4	78,7	472,98	-271,58	93,14%	0,00%	72,4	12,4
14	255,56	112,7	417,25	-161,69	91,50%	0,00%	103,69	43,69
15	274,44	123,18	327,17	-52,73	91,23%	0,00%	113,33	53,33
16	277,62	124,1	214,82	62,8	91,29%	45,15%	58,14	0
17	275,75	119,21	65,95	209,8	91,79%	86,94%	6,03	0
18	220,05	90,03	4,21	215,84	92,55%	92,29%	0	0
19	140,56	62,6	0	140,56	91,35%	91,35%	0,41	0
20	122,98	59,68	0	122,98	89,97%	89,97%	1,21	0
21	116,55	58,99	0	116,55	89,22%	89,22%	1,64	0
22	113,04	57,75	0	113,04	89,05%	89,05%	1,7	0
23	111,65	56,58	0	111,65	89,20%	89,20%	1,58	0

Fonte: Autoria Própria

Tabela 63: Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2019

Hora	Ativa (kWh)	Reativa (kVArh)	Geração (kWh)	Geração Líquida	FP Normal	FP com Solar	Reativa Exc Solar (kVArh)	Reativo Exc Solar BC (kVArh)
0	109,38	54,93	0	109,38	89,37%	89,37%	1,45	0
1	108,76	3,21	0	108,76	99,96%	99,96%	0	0
2	108,2	3,72	0	108,2	99,94%	99,94%	0	0
3	104,23	3,64	0	104,23	99,94%	99,94%	0	0
4	98,73	4,04	0	98,73	99,92%	99,92%	0	0
5	98,31	4,32	0	98,31	99,90%	99,90%	0	0
6	99,37	4,54	11,36	88,01	99,90%	99,87%	0	0
7	113,73	58,72	103,31	10,42	88,86%	17,47%	43,76	0
8	170,86	77,64	253,1	-82,24	91,04%	0,00%	71,43	11,43
9	255,6	107,74	370,58	-114,98	92,15%	0,00%	99,12	39,12
10	264,49	111,28	448,65	-184,16	92,17%	0,00%	102,38	42,38
11	262,65	112,12	469,45	-206,8	91,97%	0,00%	103,15	43,15
12	219,49	88,74	483,82	-264,33	92,71%	0,00%	81,64	21,64
13	190,99	74,63	472,98	-281,99	93,14%	0,00%	68,66	8,66
14	242,35	106,87	417,25	-174,9	91,50%	0,00%	98,32	38,32
15	260,25	116,81	327,17	-66,92	91,23%	0,00%	107,47	47,47
16	263,27	117,69	214,82	48,45	91,29%	38,07%	63,47	3,47
17	261,49	113,05	65,95	195,54	91,79%	86,57%	6,13	0
18	208,68	85,37	4,21	204,47	92,55%	92,28%	0	0
19	133,3	59,37	0	133,3	91,35%	91,35%	0,39	0
20	116,62	56,6	0	116,62	89,97%	89,97%	1,15	0
21	110,53	55,94	0	110,53	89,22%	89,22%	1,55	0
22	107,2	54,76	0	107,2	89,05%	89,05%	1,61	0
23	105,88	53,66	0	105,88	89,20%	89,20%	1,5	0

Fonte: Autoria Própria

Tabela 64: Geração Fotovoltaica - Curva de carga - 2020

Hrs	Ativa (kWh)	Reativa (kVArh)	Geração (kWh)	Geração Líquida	FP Normal	FP com Solar	Reativa Exc Solar (kVArh)	Reativo Exc Solar BC (kVArh)
0	115,28	57,89	0	115,28	89,37%	89,37%	1,52	0
1	114,63	3,39	0	114,63	99,96%	99,96%	0	0
2	114,03	3,92	0	114,03	99,94%	99,94%	0	0
3	109,85	3,83	0	109,85	99,94%	99,94%	0	0
4	104,05	4,25	0	104,05	99,92%	99,92%	0	0
5	103,6	4,55	0	103,6	99,90%	99,90%	0	0
6	104,72	4,79	11,36	93,36	99,90%	99,87%	0	0
7	119,86	61,89	103,31	16,55	88,86%	25,83%	40,95	0
8	180,07	81,83	253,1	-73,03	91,04%	0,00%	75,28	15,28
9	269,38	113,55	370,58	-101,21	92,15%	0,00%	104,47	44,47
10	278,75	117,28	448,65	-169,9	92,17%	0,00%	107,89	47,89
11	276,81	118,16	469,45	-192,64	91,97%	0,00%	108,71	48,71
12	231,32	93,53	483,82	-252,5	92,71%	0,00%	86,05	26,05
13	201,28	78,65	472,98	-271,7	93,14%	0,00%	72,36	12,36
14	255,41	112,64	417,25	-161,84	91,50%	0,00%	103,62	43,62
15	274,27	123,11	327,17	-52,9	91,23%	0,00%	113,26	53,26
16	277,46	124,03	214,82	62,64	91,29%	45,08%	58,19	0
17	275,58	119,14	65,95	209,63	91,79%	86,94%	6,03	0
18	219,92	89,97	4,21	215,71	92,55%	92,29%	0	0
19	140,48	62,57	0	140,48	91,35%	91,35%	0,41	0
20	122,91	59,65	0	122,91	89,97%	89,97%	1,21	0
21	116,48	58,95	0	116,48	89,22%	89,22%	1,64	0
22	112,98	57,72	0	112,98	89,05%	89,05%	1,7	0
23	111,59	56,55	0	111,59	89,20%	89,20%	1,58	0

Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE B – CONSOLIDADO 2017

Tabela 65: Demanda TUSD - 2017

Demanda [kW] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	547	R\$ 10,56	R\$ 15,78	R\$ 8.634,26
fev./2017	549	R\$ 10,56	R\$ 15,88	R\$ 8.717,95
mar./2017	695,52	R\$ 10,56	R\$ 15,99	R\$ 11.119,90
abr./2017	641,95	R\$ 10,56	R\$ 16,11	R\$ 10.341,71
mai./2017	627,26	R\$ 10,56	R\$ 16,25	R\$ 10.190,56
jun./2017	575,42	R\$ 11,38	R\$ 17,66	R\$ 10.163,81
jul./2017	611,71	R\$ 14,17	R\$ 22,23	R\$ 13.598,89
ago./2017	513,21	R\$ 14,17	R\$ 22,48	R\$ 11.539,49
set./2017	638,49	R\$ 14,17	R\$ 22,67	R\$ 14.475,85
out./2017	491,61	R\$ 14,17	R\$ 22,95	R\$ 11.281,16
nov./2017	663,55	R\$ 14,17	R\$ 22,95	R\$ 15.226,73
dez./2017	464,83	R\$ 14,17	R\$ 22,95	R\$ 10.666,63
Valor Médio	584,96	R\$ 12,43	R\$ 19,492	R\$ 11.329,74

Fonte: Autoria Própria

Tabela 66: Demanda TUSD - sem ICMS - 2017

Demanda [kW] TUSD Sem ICMS	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	203	R \$ 10,56	R\$ 11,01	R\$ 2.235,33
fev./2017	201	R \$ 10,56	R\$ 11,06	R\$ 2.222,58
mar./2017	54,48	R \$ 10,56	R\$ 11,11	R\$ 605,27
abr./2017	108,05	R \$ 10,56	R\$ 11,17	R\$ 1.206,78
mai./2017	122,74	R \$ 10,56	R\$ 11,23	R\$ 1.378,87
jun./2017	174,58	R \$ 11,38	R\$ 12,18	R\$ 2.126,21
jul./2017	138,29	R \$ 14,17	R\$ 15,28	R\$ 2.112,97
ago./2017	236,79	R \$ 14,17	R\$ 15,40	R\$ 3.646,29
set./2017	111,51	R \$ 14,17	R\$ 15,49	R\$ 1.726,88
out./2017	258,39	R \$ 14,17	R\$ 15,61	R\$ 4.034,59
nov./2017	86,45	R \$ 14,17	R\$ 15,61	R\$ 1.349,86
dez./2017	285,17	R\$ 14,17	R\$ 15,61	R\$ 4.452,74
Valor Médio	165,04	R\$ 12,43	R\$ 13,397	R\$ 2.258,20

Fonte: Autoria Própria

Tabela 67: Excesso de Demanda - 2017

Excesso de Demanda	Quantidade Faturada	Tarifa sem Tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	0	R\$ 21,120000	R\$ 31,5695	R\$ 0,0000
fev./2017	0	R\$ 21,120000	R\$ 31,7594	R\$ 0,0000
mar./2017	0	R\$ 21,120000	R\$ 31,9758	R\$ 0,0000
abr./2017	0	R\$ 21,120000	R\$ 32,2197	R\$ 0,0000
mai./2017	0	R\$ 21,120000	R\$ 32,4923	R\$ 0,0000
jun./2017	0	R\$ 22,750323	R\$ 35,3266	R\$ 0,0000
jul./2017	0	R\$ 28,340000	R\$ 44,4619	R\$ 0,0000
ago./2017	0	R\$ 28,340000	R\$ 44,9699	R\$ 0,00
set./2017	0	R\$ 28,340000	R\$ 45,3440	R\$ 0,00
out./2017	0	R\$ 28,340000	R\$ 45,8947	R\$ 0,00
nov./2017	0	R\$ 28,340000	R\$ 45,8947	R\$ 0,00
dez./2017	0	R\$ 28,340000	R\$ 45,8947	R\$ 0,00
Valor Médio	0,00	R\$ 24,865860	R\$ 38,984	R\$ 0,0000

Fonte: Autoria Própria

Tabela 68: Consumo Ponta - TUSD - 2017

Consumo Ponta [kWh] - TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	5221,0	R\$ 0,698	R\$ 1,043	R\$ 5.447,32
fev./2017	4769,0	R\$ 0,698	R\$ 1,050	R\$ 5.005,66
mar./2017	7535,0	R\$ 0,698	R\$ 1,057	R\$ 7.962,80
abr./2017	6356,0	R\$ 0,698	R\$ 1,065	R\$ 6.768,10
mai./2017	6093,0	R\$ 0,698	R\$ 1,074	R\$ 6.542,94
jun./2017	5071,0	R\$ 0,723	R\$ 1,123	R\$ 5.692,77
jul./2017	6595,0	R\$ 0,809	R\$ 1,269	R\$ 8.365,84
ago./2017	5027,0	R\$ 0,809	R\$ 1,283	R\$ 6.449,67
set./2017	4953,0	R\$ 0,809	R\$ 1,294	R\$ 6.407,60
out./2017	5524,0	R\$ 0,809	R\$ 1,309	R\$ 7.233,09
nov./2017	6750,0	R\$ 0,809	R\$ 1,309	R\$ 8.838,40
dez./2017	5459,0	R\$ 0,809	R\$ 1,309	R\$ 7.147,97
Valor Médio	5779,4	R\$ 0,755	R\$ 1,182	R\$ 6.821,85

Fonte: Autoria Própria

Tabela 69: Consumo Fora Ponta - TUSD - 2017

Consumo Fora Ponta [kWh] - TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	97770,0	R\$ 0,058	R\$ 0,086	R\$ 8.433,94
fev./2017	91569,0	R\$ 0,058	R\$ 0,087	R\$ 7.946,54
mar./2017	110474,0	R\$ 0,058	R\$ 0,087	R\$ 9.652,47
abr./2017	104414,0	R\$ 0,058	R\$ 0,088	R\$ 9.192,57
mai./2017	107923,0	R\$ 0,058	R\$ 0,089	R\$ 9.581,90
jun./2017	95369,0	R\$ 0,054	R\$ 0,083	R\$ 7.938,26
jul./2017	117004,0	R\$ 0,040	R\$ 0,062	R\$ 7.256,30
ago./2017	101248,0	R\$ 0,040	R\$ 0,063	R\$ 6.350,89
set./2017	99390,0	R\$ 0,040	R\$ 0,063	R\$ 6.286,22
out./2017	98815,0	R\$ 0,040	R\$ 0,064	R\$ 6.325,76
nov./2017	112154,0	R\$ 0,040	R\$ 0,064	R\$ 7.179,67
dez./2017	98446,0	R\$ 0,040	R\$ 0,064	R\$ 6.302,14
Valor Médio	102881,3	R\$ 0,048	R\$ 0,075	R\$ 7.703,89

Fonte: Autoria Própria

Tabela 70: Consumo Ponta - TE - 2017

Consumo Ponta [kWh] - TE	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	5221,0	R\$ 0,339	R\$ 0,507	R\$ 2.646,56
fev./2017	4769,0	R\$ 0,339	R\$ 0,510	R\$ 2.431,97
mar./2017	7535,0	R\$ 0,339	R\$ 0,513	R\$ 3.868,69
abr./2017	6356,0	R\$ 0,339	R\$ 0,517	R\$ 3.288,25
mai./2017	6093,0	R\$ 0,334	R\$ 0,514	R\$ 3.128,80
jun./2017	5071,0	R\$ 0,341	R\$ 0,529	R\$ 2.683,61
jul./2017	6595,0	R\$ 0,365	R\$ 0,572	R\$ 3.775,62
ago./2017	5027,0	R\$ 0,365	R\$ 0,579	R\$ 2.910,83
set./2017	4953,0	R\$ 0,365	R\$ 0,584	R\$ 2.891,84
out./2017	5524,0	R\$ 0,365	R\$ 0,591	R\$ 3.264,39
nov./2017	6750,0	R\$ 0,365	R\$ 0,591	R\$ 3.988,89
dez./2017	5459,0	R\$ 0,36491	R\$ 0,59095	R\$ 3.225,98
Valor Médio	5779,4	R\$ 0,352	R\$ 0,550	R\$ 3.175,45

Fonte: Autoria Própria

Tabela 71: Consumo Fora Ponta TE - 2017

Consumo Fora Ponta [kWh] - TE	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	97770,0	R\$ 0,222	R\$ 0,331	R\$ 32.383,94
fev./2017	91569,0	R\$ 0,222	R\$ 0,333	R\$ 30.512,44
mar./2017	110474,0	R\$ 0,222	R\$ 0,335	R\$ 37.062,73
abr./2017	104414,0	R\$ 0,222	R\$ 0,338	R\$ 35.296,87
mai./2017	107923,0	R\$ 0,216	R\$ 0,333	R\$ 35.905,15
jun./2017	95369,0	R\$ 0,221	R\$ 0,344	R\$ 32.778,53
jul./2017	117004,0	R\$ 0,239	R\$ 0,375	R\$ 43.837,03
ago./2017	101248,0	R\$ 0,239	R\$ 0,379	R\$ 38.367,24
set./2017	99390,0	R\$ 0,239	R\$ 0,382	R\$ 37.976,52
out./2017	98815,0	R\$ 0,239	R\$ 0,387	R\$ 38.215,40
nov./2017	112154,0	R\$ 0,239	R\$ 0,387	R\$ 43.374,08
dez./2017	98446,0	R\$ 0,23881	R\$ 0,38674	R\$ 38.072,70
Valor Médio	102881,3	R\$ 0,230	R\$ 0,359	R\$ 36.981,89

Fonte: Autoria Própria

Tabela 72: Energia Reativa Excesso Ponta - 2017

Energia Reativa Excesso Ponta [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	226,0	R\$ 0,231	R\$ 0,346	R\$ 78,164
fev./2017	0,0	R\$ 0,231	R\$ 0,348	R\$ 0,000
mar./2017	0,0	R\$ 0,231	R\$ 0,350	R\$ 0,000
abr./2017	0,0	R\$ 0,231	R\$ 0,353	R\$ 0,000
mai./2017	3,0	R\$ 0,226	R\$ 0,348	R\$ 1,043
jun./2017	37,0	R\$ 0,231	R\$ 0,359	R\$ 13,289
jul./2017	30,0	R\$ 0,249	R\$ 0,391	R\$ 11,735
ago./2017	12,0	R\$ 0,249	R\$ 0,396	R\$ 4,747
set./2017	16,0	R\$ 0,249	R\$ 0,399	R\$ 6,383
out./2017	0,0	R\$ 0,249	R\$ 0,404	R\$ 0,000
nov./2017	28,0	R\$ 0,249	R\$ 0,404	R\$ 11,305
dez./2017	39,0	R\$ 0,24932	R\$ 0,40376	R\$ 15,74653
Valor Médio	32,6	R\$ 0,240	R\$ 0,375	R\$ 11,868

Fonte: Autoria Própria

Tabela 73: Energia Reativa Excesso Fora de Ponta - 2017

Energia Reativa Excesso Fora Ponta [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	2472,0	R\$ 0,231	R\$ 0,346	R\$ 854,96
fev./2017	608,0	R\$ 0,231	R\$ 0,348	R\$ 211,55
mar./2017	1031,0	R\$ 0,231	R\$ 0,350	R\$ 361,17
abr./2017	377,0	R\$ 0,231	R\$ 0,353	R\$ 133,07
mai./2017	817,0	R\$ 0,226	R\$ 0,348	R\$ 284,11
jun./2017	349,0	R\$ 0,231	R\$ 0,359	R\$ 125,35
jul./2017	1654,0	R\$ 0,249	R\$ 0,391	R\$ 646,96
ago./2017	3709,0	R\$ 0,249	R\$ 0,396	R\$ 1.467,36
set./2017	707,0	R\$ 0,249	R\$ 0,399	R\$ 282,03
out./2017	1675,0	R\$ 0,249	R\$ 0,404	R\$ 676,29
nov./2017	3498,0	R\$ 0,249	R\$ 0,404	R\$ 1.412,34
dez./2017	2318,0	R\$ 0,249	R\$ 0,404	R\$ 935,91
Valor Médio	1601,3	R\$ 0,240	R\$ 0,375	R\$ 615,93

Fonte: Autoria Própria

Tabela 74: Bandeira Tarifária - 2017

Bandeira Tarifária [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2017	102991,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
fev./2017	96338,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
mar./2017	118009,0	R\$ 0,020	R\$ 0,030	R\$ 3.573,32
abr./2017	110770,0	R\$ 0,030	R\$ 0,046	R\$ 5.069,57
mai./2017	114016,0	R\$ 0,030	R\$ 0,046	R\$ 5.262,28
jun./2017	100440,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
jul./2017	123599,0	R\$ 0,020	R\$ 0,031	R\$ 3.878,22
ago./2017	106275,0	R\$ 0,030	R\$ 0,048	R\$ 5.059,11
set./2017	104343,0	R\$ 0,020	R\$ 0,032	R\$ 3.338,98
out./2017	104339,0	R\$ 0,035	R\$ 0,057	R\$ 5.913,95
nov./2017	118904,0	R\$ 0,050	R\$ 0,081	R\$ 9.627,85
dez./2017	103905,0	R\$ 0,03000	R\$ 0,04858	R\$ 5.048,02
Valor Médio	108660,8	R\$ 0,022	R\$ 0,035	R\$ 3.897,61

Fonte: Autoria Própria

Tabela 75: Outros - 2017

Outros	
jan./2017	R\$ 0,00
fev./2017	R\$ 0,00
mar./2017	R\$ 0,00
abr./2017	R\$ 5.253,06
mai./2017	R\$ 5.253,06
jun./2017	R\$ 5.253,06
jul./2017	R\$ 5.253,05
ago./2017	R\$ 0,00
set./2017	R\$ 0,00
out./2017	R\$ 0,00
nov./2017	R\$ 0,00
dez./2017	R\$ 0,00
Valor Médio	R\$ 1.751,02

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 76: CIP - 2017

CIP	
jan./2017	R\$ 55,00
fev./2017	R\$ 55,00
mar./2017	R\$ 55,00
abr./2017	R\$ 66,00
mai./2017	R\$ 66,00
jun./2017	R\$ 66,00
jul./2017	R\$ 66,00
ago./2017	R\$ 66,00
set./2017	R\$ 66,00
out./2017	R\$ 66,00
nov./2017	R\$ 66,00
dez./2017	R\$ 66,00
Valor Médio	R\$ 63,25

Fonte: Aatoria Própria

APÊNDICE C – CONSOLIDADO 2018

Tabela 77: Demanda TUSD - 2018

Demanda [kW] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	485,56	R\$ 14,17	R\$ 22,61	R\$ 10.978,75
fev./2018	858,81	R\$ 14,17	R\$ 21,97	R\$ 18.867,19
mar./2018	883	R\$ 14,17	R\$ 21,47	R\$ 18.957,74
abr./2018	864	R\$ 14,17	R\$ 21,47	R\$ 18.549,82
mai./2018	539	R\$ 14,17	R\$ 21,47	R\$ 11.572,17
jun./2018	603,93	R\$ 14,27	R\$ 21,62	R\$ 13.058,00
jul./2018	635,9	R\$ 14,60	R\$ 22,12	R\$ 14.066,88
ago./2018	528,76	R\$ 14,60	R\$ 22,29	R\$ 11.786,10
set./2018	596,16	R\$ 14,60	R\$ 22,62	R\$ 13.486,11
out./2018	524,44	R\$ 14,60	R\$ 23,64	R\$ 12.399,71
nov./2018	553,82	R\$ 14,60	R\$ 23,64	R\$ 13.094,37
dez./2018	564,19	R\$ 14,60	R\$ 23,64	R\$ 13.339,55
Valor Médio	636,46	R\$ 14,39	R\$ 22,381	R\$ 14.179,70

Fonte: Autoria Própria

Tabela 78: Demanda TUSD - Sem ICMS - 2018

Demanda [kW] TUSD Sem ICMS	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	264,44	R\$ 14,17	R\$ 15,46	R\$ 4.087,61
fev./2018	0	R\$ 14,17	R\$ 15,16	R\$ 0,00
mar./2018	0	R\$ 14,17	R\$ 14,92	R\$ 0,00
abr./2018	0	R\$ 14,17	R\$ 14,92	R\$ 0,00
mai./2018	211	R\$ 14,17	R\$ 14,92	R\$ 3.147,23
jun./2018	146,07	R\$ 14,27	R\$ 15,02	R\$ 2.194,18
jul./2018	114,1	R\$ 14,60	R\$ 15,37	R\$ 1.753,54
ago./2018	221,24	R\$ 14,60	R\$ 15,45	R\$ 3.418,10
set./2018	153,84	R\$ 14,60	R\$ 15,61	R\$ 2.401,18
out./2018	225,56	R\$ 14,60	R\$ 16,09	R\$ 3.628,84
nov./2018	196,18	R\$ 14,60	R\$ 16,09	R\$ 3.156,17
dez./2018	185,81	R\$ 14,60	R\$ 16,09	R\$ 2.989,34
Valor Médio	143,19	R\$ 14,39	R\$ 15,423	R\$ 2.231,35

Fonte: Autoria Própria

Tabela 79: Excesso de demanda - 2018

Excesso de Demanda	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	0	R\$ 28,34	R\$ 45,22	R\$ 0,00
fev./2018	108,81	R\$ 28,34	R\$ 43,94	R\$ 4.780,89
mar./2018	133	R\$ 28,34	R\$ 42,94	R\$ 5.710,94
abr./2018	114	R\$ 28,34	R\$ 42,94	R\$ 4.895,09
mai./2018	0	R\$ 28,34	R\$ 42,94	R\$ 0,00
jun./2018	0	R\$ 28,54	R\$ 43,24	R\$ 0,00
jul./2018	0	R\$ 29,20	R\$ 44,24	R\$ 0,00
ago./2018	0	R\$ 29,20	R\$ 44,58	R\$ 0,00
set./2018	0	R\$ 29,20	R\$ 45,24	R\$ 0,00
out./2018	0	R\$ 29,20	R\$ 47,29	R\$ 0,00
nov./2018	0	R\$ 29,20	R\$ 47,29	R\$ 0,00
dez./2018	0	R\$ 29,20	R\$ 47,29	R\$ 0,00
Valor Médio	29,65	R\$ 28,79	R\$ 44,76	R\$ 1.282,24

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 80: Consumo Ponta - TUSD - 2018

Consumo Ponta [kWh] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	6530,0	R\$ 0,809	R\$ 1,290	R\$ 8.424,81
fev./2018	5206,0	R\$ 0,809	R\$ 1,254	R\$ 6.526,06
mar./2018	8054,0	R\$ 0,809	R\$ 1,225	R\$ 9.866,76
abr./2018	10944,0	R\$ 0,809	R\$ 1,225	R\$ 13.407,23
mai./2018	9462,0	R\$ 0,809	R\$ 1,225	R\$ 11.591,67
jun./2018	8745,0	R\$ 0,816	R\$ 1,237	R\$ 10.817,26
jul./2018	10465,0	R\$ 0,842	R\$ 1,276	R\$ 13.353,66
ago./2018	19188,0	R\$ 0,842	R\$ 1,286	R\$ 24.671,37
set./2018	19123,0	R\$ 0,842	R\$ 1,305	R\$ 24.953,53
out./2018	23329,0	R\$ 0,842	R\$ 1,364	R\$ 31.817,36
nov./2018	17958,0	R\$ 0,842	R\$ 1,364	R\$ 24.492,09
dez./2018	11814,0	R\$ 0,842	R\$ 1,364	R\$ 16.112,57
Valor Médio	12568,2	R\$ 0,826	R\$ 1,285	R\$ 16.336,20

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 81: Consumo Fora Ponta - TUSD - 2018

Consumo Fora Ponta [kWh] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	101906,0	R\$ 0,040	R\$ 0,063	R\$ 6.427,87
fev./2018	102014,0	R\$ 0,040	R\$ 0,061	R\$ 6.252,11
mar./2018	129198,0	R\$ 0,040	R\$ 0,060	R\$ 7.738,18
abr./2018	148563,0	R\$ 0,040	R\$ 0,060	R\$ 8.898,02
mai./2018	125756,0	R\$ 0,040	R\$ 0,060	R\$ 7.532,02
jun./2018	124280,0	R\$ 0,044	R\$ 0,067	R\$ 8.360,15
jul./2018	147570,0	R\$ 0,060	R\$ 0,092	R\$ 13.502,66
ago./2018	152168,0	R\$ 0,060	R\$ 0,092	R\$ 14.029,66
set./2018	146782,0	R\$ 0,060	R\$ 0,094	R\$ 13.734,37
out./2018	163654,0	R\$ 0,060	R\$ 0,098	R\$ 16.004,96
nov./2018	158508,0	R\$ 0,060	R\$ 0,098	R\$ 15.501,70
dez./2018	120526,0	R\$ 0,060	R\$ 0,098	R\$ 11.787,15
Valor Médio	135077,1	R\$ 0,050	R\$ 0,079	R\$ 10.814,07

Fonte: Autoria Própria

Tabela 82: Consumo Ponta - TE - 2018

Consumo Ponta [kWh] TE	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	6530,0	R\$ 0,36	R\$ 0,58	R\$ 3.802,24
fev./2018	5206,0	R\$ 0,36	R\$ 0,57	R\$ 2.945,30
mar./2018	8054,0	R\$ 0,36	R\$ 0,55	R\$ 4.453,01
abr./2018	10944,0	R\$ 0,36	R\$ 0,55	R\$ 6.050,87
mai./2018	9462,0	R\$ 0,36	R\$ 0,55	R\$ 5.231,48
jun./2018	8745,0	R\$ 0,38	R\$ 0,58	R\$ 5.055,90
jul./2018	10465,0	R\$ 0,44	R\$ 0,66	R\$ 6.918,63
ago./2018	19188,0	R\$ 0,44	R\$ 0,67	R\$ 12.782,43
set./2018	19123,0	R\$ 0,44	R\$ 0,68	R\$ 12.928,62
out./2018	23329,0	R\$ 0,44	R\$ 0,71	R\$ 16.484,82
nov./2018	17958,0	R\$ 0,44	R\$ 0,71	R\$ 12.689,54
dez./2018	11814,0	R\$ 0,44	R\$ 0,71	R\$ 8.348,05
Valor Médio	12568,2	R\$ 0,40	R\$ 0,63	R\$ 8.140,91

Fonte: Autoria Própria

Tabela 83: Consumo fora Ponta - TE - 2018

Consumo Fora Ponta [kWh] TE	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	101906,0	R\$ 0,239	R\$ 0,381	R\$ 38.832,25
fev./2018	102014,0	R\$ 0,239	R\$ 0,370	R\$ 37.770,49
mar./2018	129198,0	R\$ 0,239	R\$ 0,362	R\$ 46.748,14
abr./2018	148563,0	R\$ 0,239	R\$ 0,362	R\$ 53.755,05
mai./2018	125756,0	R\$ 0,239	R\$ 0,362	R\$ 45.502,71
jun./2018	124280,0	R\$ 0,247	R\$ 0,375	R\$ 46.546,44
jul./2018	147570,0	R\$ 0,275	R\$ 0,416	R\$ 61.424,89
ago./2018	152168,0	R\$ 0,275	R\$ 0,419	R\$ 63.822,28
set./2018	146782,0	R\$ 0,275	R\$ 0,426	R\$ 62.479,01
out./2018	163654,0	R\$ 0,275	R\$ 0,445	R\$ 72.808,14
nov./2018	158508,0	R\$ 0,275	R\$ 0,445	R\$ 70.518,73
dez./2018	120526,0	R\$ 0,27	R\$ 0,44	R\$ 53.620,90
Valor Médio	135077,1	R\$ 0,257	R\$ 0,401	R\$ 54.485,75

Fonte: Autoria Própria

Tabela 84: Energia Reativa Excesso Ponta - 2018

Energia Reativa Excesso Ponta [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	0,0	R\$ 0,249	R\$ 0,398	R\$ 0,00
fev./2018	3,0	R\$ 0,249	R\$ 0,387	R\$ 1,16
mar./2018	41,0	R\$ 0,249	R\$ 0,378	R\$ 15,49
abr./2018	61,0	R\$ 0,249	R\$ 0,378	R\$ 23,04
mai./2018	0,0	R\$ 0,249	R\$ 0,378	R\$ 0,00
jun./2018	12,0	R\$ 0,258	R\$ 0,391	R\$ 4,70
jul./2018	17,0	R\$ 0,288	R\$ 0,437	R\$ 7,42
ago./2018	83,0	R\$ 0,288	R\$ 0,440	R\$ 36,52
set./2018	135,0	R\$ 0,288	R\$ 0,447	R\$ 60,28
out./2018	184,0	R\$ 0,288	R\$ 0,467	R\$ 85,87
nov./2018	406,0	R\$ 0,288	R\$ 0,467	R\$ 189,48
dez./2018	697,0	R\$ 0,288	R\$ 0,467	R\$ 325,29
Valor Médio	136,6	R\$ 0,270	R\$ 0,419	R\$ 62,44

Fonte: Autoria Própria

Tabela 85: Energia Reativa Excesso Fora de Ponta - 2018

Energia Reativa Excesso Fora Ponta [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	2036,0	R\$ 0,249	R\$ 0,398	R\$ 809,98
fev./2018	4430,0	R\$ 0,249	R\$ 0,387	R\$ 1.712,38
mar./2018	2089,0	R\$ 0,249	R\$ 0,378	R\$ 789,14
abr./2018	3105,0	R\$ 0,249	R\$ 0,378	R\$ 1.172,94
mai./2018	1937,0	R\$ 0,249	R\$ 0,378	R\$ 731,72
jun./2018	854,0	R\$ 0,258	R\$ 0,391	R\$ 334,34
jul./2018	982,0	R\$ 0,288	R\$ 0,437	R\$ 428,79
ago./2018	1040,0	R\$ 0,288	R\$ 0,440	R\$ 457,58
set./2018	1997,0	R\$ 0,288	R\$ 0,447	R\$ 891,72
out./2018	3202,0	R\$ 0,288	R\$ 0,467	R\$ 1.494,39
nov./2018	5424,0	R\$ 0,288	R\$ 0,467	R\$ 2.531,40
dez./2018	6686,0	R\$ 0,288	R\$ 0,467	R\$ 3.120,39
Valor Médio	2815,2	R\$ 0,270	R\$ 0,419	R\$ 1.206,23

Fonte: Autoria Própria

Tabela 86: Bandeiras Tarifárias - 2018

Bandeira Tarifária [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2018	108436,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
fev./2018	107220,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
mar./2018	137252,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
abr./2018	159507,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
mai./2018	135218,0	R\$ 0,010	R\$ 0,015	R\$ 2.048,76
jun./2018	133025,0	R\$ 0,050	R\$ 0,076	R\$ 10.077,65
jul./2018	158035,0	R\$ 0,050	R\$ 0,076	R\$ 11.972,35
ago./2018	171356,0	R\$ 0,050	R\$ 0,076	R\$ 13.080,61
set./2018	165905,0	R\$ 0,050	R\$ 0,077	R\$ 12.852,88
out./2018	186983,0	R\$ 0,050	R\$ 0,081	R\$ 15.140,32
nov./2018	176466,0	R\$ 0,010	R\$ 0,016	R\$ 2.857,75
dez./2018	132340,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
Valor Médio	147645,3	R\$ 0,023	R\$ 0,04	R\$ 5.669,19

Fonte: Autoria Própria

Tabela 87: Outros - 2018

Outros	
jan./2018	0,0
fev./2018	0,0
mar./2018	0,0
abr./2018	0,0
mai./2018	0,0
jun./2018	0,0
jul./2018	0,0
ago./2018	0,0
set./2018	0,0
out./2018	0,0
nov./2018	0,0
dez./2018	0,0
Valor Médio	0,0

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 88: CIP - 2018

CIP	Outros
jan./2018	R\$ 66,00
fev./2018	R\$ 66,00
mar./2018	R\$ 66,00
abr./2018	R\$ 66,00
mai./2018	R\$ 66,00
jun./2018	R\$ 66,00
jul./2018	R\$ 66,00
ago./2018	R\$ 66,00
set./2018	R\$ 66,00
out./2018	R\$ 66,00
nov./2018	R\$ 66,00
dez./2018	R\$ 66,00
Valor Médio	R\$ 66,00

Fonte: Aatoria Própria

APÊNDICE D – CONSOLIDADO 2019

Tabela 89: Demanda TUSD - 2019

Demanda [kW] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	589,24	R\$ 14,60	R\$ 23,17	R\$ 13.655,40
fev./2019	715,39	R\$ 14,60	R\$ 22,81	R\$ 16.319,83
mar./2019	628,12	R\$ 14,60	R\$ 22,64	R\$ 14.217,91
abr./2019	692,06	R\$ 14,60	R\$ 22,64	R\$ 15.665,23
mai./2019	782,78	R\$ 14,60	R\$ 22,64	R\$ 17.718,74
jun./2019	546,91	R\$ 14,40	R\$ 22,22	R\$ 12.154,96
jul./2019	536,54	R\$ 13,75	R\$ 21,07	R\$ 11.306,40
ago./2019	755,13	R\$ 13,75	R\$ 21,09	R\$ 15.924,90
set./2019	496,8	R\$ 13,75	R\$ 21,13	R\$ 10.496,31
out./2019	576,28	R\$ 13,75	R\$ 21,13	R\$ 12.175,55
nov./2019	705,88	R\$ 13,75	R\$ 20,96	R\$ 14.795,50
dez./2019	696,38	R\$ 13,75	R\$ 21,05	R\$ 14.658,95
Valor Médio	643,46	R\$ 14,16	R\$ 21,879	R\$ 14.090,81

Fonte: Autoria Própria

Tabela 90: Demanda Sem ICMS - TUSD - 2019

Demanda [kW] TUSD Sem ICMS	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	160,76	R\$ 14,60	R\$ 15,87	R\$ 2.551,19
fev./2019	34,61	R\$ 14,60	R\$ 15,70	R\$ 543,34
mar./2019	121,88	R\$ 14,60	R\$ 15,61	R\$ 1.903,15
abr./2019	57,94	R\$ 14,60	R\$ 15,61	R\$ 904,73
mai./2019	0	R\$ 14,60	R\$ 15,61	R\$ 0,00
jun./2019	203,09	R\$ 14,40	R\$ 15,35	R\$ 3.118,16
jul./2019	213,46	R\$ 13,75	R\$ 14,59	R\$ 3.114,14
ago./2019	0	R\$ 13,75	R\$ 14,60	R\$ 0,00
set./2019	253,2	R\$ 13,75	R\$ 14,62	R\$ 3.700,57
out./2019	173,72	R\$ 13,75	R\$ 14,62	R\$ 2.538,96
nov./2019	44,12	R\$ 13,75	R\$ 14,53	R\$ 641,28
dez./2019	53,62	R\$ 13,75	R\$ 14,58	R\$ 781,67
Valor Médio	109,70	R\$ 14,16	R\$ 15,108	R\$ 1.649,77

Fonte: Autoria Própria

Tabela 91: Excesso de Demanda - 2019

Excesso de Demanda	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	0	R\$ 29,20	R\$ 46,35	R\$ 0,00
fev./2019	0	R\$ 29,20	R\$ 45,63	R\$ 0,00
mar./2019	0	R\$ 29,20	R\$ 45,27	R\$ 0,00
abr./2019	0	R\$ 29,20	R\$ 45,27	R\$ 0,00
mai./2019	0	R\$ 29,20	R\$ 45,27	R\$ 0,00
jun./2019	0	R\$ 28,80	R\$ 44,45	R\$ 0,00
jul./2019	0	R\$ 27,50	R\$ 42,15	R\$ 0,00
ago./2019	0	R\$ 27,50	R\$ 42,18	R\$ 0,00
set./2019	0	R\$ 27,50	R\$ 42,26	R\$ 0,00
out./2019	0	R\$ 27,50	R\$ 42,26	R\$ 0,00
nov./2019	0	R\$ 27,50	R\$ 41,92	R\$ 0,00
dez./2019	0	R\$ 27,50	R\$ 42,10	R\$ 0,00
Valor Médio	0,00	R\$ 28,32	R\$ 43,758	R\$ 0,00

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 92: Consumo Ponta - TUSD - 2019

Consumo Ponta [kWh] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	5984,0	R\$ 0,842	R\$ 1,337	R\$ 7.999,37
fev./2019	7240,0	R\$ 0,842	R\$ 1,316	R\$ 9.527,16
mar./2019	9923,0	R\$ 0,842	R\$ 1,306	R\$ 12.956,51
abr./2019	8860,0	R\$ 0,842	R\$ 1,306	R\$ 11.568,55
mai./2019	9083,0	R\$ 0,842	R\$ 1,306	R\$ 11.859,72
jun./2019	7547,0	R\$ 0,845	R\$ 1,304	R\$ 9.842,18
jul./2019	10518,0	R\$ 0,855	R\$ 1,310	R\$ 13.775,11
ago./2019	8070,0	R\$ 0,855	R\$ 1,311	R\$ 10.577,15
set./2019	6807,0	R\$ 0,855	R\$ 1,313	R\$ 8.938,21
out./2019	10128,0	R\$ 0,855	R\$ 1,313	R\$ 13.298,99
nov./2019	8907,0	R\$ 0,855	R\$ 1,303	R\$ 11.603,00
dez./2019	5364,0	R\$ 0,855	R\$ 1,308	R\$ 7.017,54
Valor Médio	8202,6	R\$ 0,849	R\$ 1,311	R\$ 10.746,96

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 93: Consumo Fora Ponta - TUSD - 2019

Consumo Fora Ponta [kWh] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	103458,0	R\$ 0,060	R\$ 0,096	R\$ 9.917,19
fev./2019	120234,0	R\$ 0,060	R\$ 0,094	R\$ 11.345,21
mar./2019	143314,0	R\$ 0,060	R\$ 0,094	R\$ 13.418,19
abr./2019	132482,0	R\$ 0,060	R\$ 0,094	R\$ 12.404,01
mai./2019	143456,0	R\$ 0,060	R\$ 0,094	R\$ 13.431,49
jun./2019	134856,0	R\$ 0,065	R\$ 0,100	R\$ 13.509,88
jul./2019	146392,0	R\$ 0,080	R\$ 0,122	R\$ 17.901,33
ago./2019	129458,0	R\$ 0,080	R\$ 0,122	R\$ 15.842,72
set./2019	114404,0	R\$ 0,080	R\$ 0,123	R\$ 14.026,27
out./2019	143033,0	R\$ 0,080	R\$ 0,123	R\$ 17.536,27
nov./2019	139279,0	R\$ 0,080	R\$ 0,122	R\$ 16.940,66
dez./2019	86752,0	R\$ 0,080	R\$ 0,122	R\$ 10.596,97
Valor Médio	128093,2	R\$ 0,070	R\$ 0,109	R\$ 13.905,85

Fonte: Autoria Própria

Tabela 94: Consumo Ponta - TE - 2019

Consumo Ponta [kWh] - TE	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	5984,0	R\$ 0,44	R\$ 0,69	R\$ 4.144,54
fev./2019	7240,0	R\$ 0,44	R\$ 0,68	R\$ 4.936,10
mar./2019	9923,0	R\$ 0,44	R\$ 0,68	R\$ 6.712,87
abr./2019	8860,0	R\$ 0,44	R\$ 0,68	R\$ 5.993,76
mai./2019	9083,0	R\$ 0,44	R\$ 0,68	R\$ 6.144,61
jun./2019	7547,0	R\$ 0,44	R\$ 0,67	R\$ 5.071,31
jul./2019	10518,0	R\$ 0,43	R\$ 0,66	R\$ 6.970,90
ago./2019	8070,0	R\$ 0,43	R\$ 0,66	R\$ 5.352,56
set./2019	6807,0	R\$ 0,43	R\$ 0,66	R\$ 4.523,18
out./2019	10128,0	R\$ 0,43	R\$ 0,66	R\$ 6.729,95
nov./2019	8907,0	R\$ 0,43	R\$ 0,66	R\$ 5.871,70
dez./2019	5364,0	R\$ 0,43	R\$ 0,66	R\$ 3.551,23
Valor Médio	8202,6	R\$ 0,43	R\$ 0,67	R\$ 5.500,23

Fonte: Autoria Própria

Tabela 95: Consumo Fora Ponta - TE - 2019

Consumo Fora Ponta [kWh] - TE	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	103458,0	R\$ 0,275	R\$ 0,436	R\$ 45.114,26
fev./2019	120234,0	R\$ 0,275	R\$ 0,429	R\$ 51.610,44
mar./2019	143314,0	R\$ 0,275	R\$ 0,426	R\$ 61.040,65
abr./2019	132482,0	R\$ 0,275	R\$ 0,426	R\$ 56.427,06
mai./2019	143456,0	R\$ 0,275	R\$ 0,426	R\$ 61.101,14
jun./2019	134856,0	R\$ 0,271	R\$ 0,418	R\$ 56.433,21
jul./2019	146392,0	R\$ 0,260	R\$ 0,398	R\$ 58.220,27
ago./2019	129458,0	R\$ 0,260	R\$ 0,398	R\$ 51.525,08
set./2019	114404,0	R\$ 0,260	R\$ 0,399	R\$ 45.617,45
out./2019	143033,0	R\$ 0,260	R\$ 0,399	R\$ 57.032,98
nov./2019	139279,0	R\$ 0,260	R\$ 0,396	R\$ 55.095,88
dez./2019	86752,0	R\$ 0,26	R\$ 0,40	R\$ 34.464,40
Valor Médio	128093,2	R\$ 0,267	R\$ 0,412	R\$ 52.806,90

Fonte: Autoria Própria

Tabela 96: Energia Reativa Excesso Ponta - 2019

Energia Reativa Excesso Ponta [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	334,0	R\$ 0,288	R\$ 0,457	R\$ 152,79
fev./2019	191,0	R\$ 0,288	R\$ 0,450	R\$ 86,01
mar./2019	289,0	R\$ 0,288	R\$ 0,447	R\$ 129,13
abr./2019	104,0	R\$ 0,288	R\$ 0,447	R\$ 46,47
mai./2019	141,0	R\$ 0,288	R\$ 0,447	R\$ 63,00
jun./2019	280,0	R\$ 0,285	R\$ 0,440	R\$ 123,09
jul./2019	150,0	R\$ 0,274	R\$ 0,420	R\$ 62,97
ago./2019	316,0	R\$ 0,274	R\$ 0,420	R\$ 132,75
set./2019	380,0	R\$ 0,274	R\$ 0,421	R\$ 159,94
out./2019	756,0	R\$ 0,274	R\$ 0,421	R\$ 318,19
nov./2019	509,0	R\$ 0,274	R\$ 0,418	R\$ 212,53
dez./2019	705,0	R\$ 0,274	R\$ 0,419	R\$ 295,63
Valor Médio	346,3	R\$ 0,281	R\$ 0,434	R\$ 148,54

Fonte: Autoria Própria

Tabela 97: Energia Reativa Excesso Fora Ponta - 2019

Energia Reativa Excesso Fora Ponta [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	5252,0	R\$ 0,288	R\$ 0,457	R\$ 2.402,50
fev./2019	4208,0	R\$ 0,288	R\$ 0,450	R\$ 1.894,85
mar./2019	4892,0	R\$ 0,288	R\$ 0,447	R\$ 2.185,78
abr./2019	2911,0	R\$ 0,288	R\$ 0,447	R\$ 1.300,65
mai./2019	3419,0	R\$ 0,288	R\$ 0,447	R\$ 1.527,63
jun./2019	3697,0	R\$ 0,285	R\$ 0,440	R\$ 1.625,19
jul./2019	3600,0	R\$ 0,274	R\$ 0,420	R\$ 1.511,23
ago./2019	4725,0	R\$ 0,274	R\$ 0,420	R\$ 1.985,01
set./2019	4247,0	R\$ 0,274	R\$ 0,421	R\$ 1.787,49
out./2019	7135,0	R\$ 0,274	R\$ 0,421	R\$ 3.002,99
nov./2019	7292,0	R\$ 0,274	R\$ 0,418	R\$ 3.044,74
dez./2019	6389,0	R\$ 0,274	R\$ 0,419	R\$ 2.679,14
Valor Médio	4813,9	R\$ 0,281	R\$ 0,434	R\$ 2.078,93

Fonte: Autoria Própria

Tabela 98: Bandeiras Tarifárias - 2019

Bandeira Tarifária [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2019	109442,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
fev./2019	127474,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
mar./2019	153237,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
abr./2019	141342,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
mai./2019	152539,0	R\$ 0,010	R\$ 0,016	R\$ 2.364,95
jun./2019	142403,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
jul./2019	156910,0	R\$ 0,015	R\$ 0,023	R\$ 3.607,13
ago./2019	137528,0	R\$ 0,040	R\$ 0,061	R\$ 8.437,30
set./2019	121211,0	R\$ 0,040	R\$ 0,061	R\$ 7.449,97
out./2019	153161,0	R\$ 0,015	R\$ 0,023	R\$ 3.530,14
nov./2019	148186,0	R\$ 0,042	R\$ 0,064	R\$ 9.417,49
dez./2019	92116,0	R\$ 0,013	R\$ 0,021	R\$ 1.893,93
Valor Médio	136295,8	R\$ 0,015	R\$ 0,022	R\$ 3.058,41

Fonte: Autoria Própria

Tabela 99: Outros -2019

Outros	
jan./2019	R\$ 0,00
fev./2019	R\$ 0,00
mar./2019	R\$ 0,00
abr./2019	R\$ 0,00
mai./2019	R\$ 0,00
jun./2019	R\$ 0,00
jul./2019	R\$ 0,00
ago./2019	R\$ 0,00
set./2019	R\$ 0,00
out./2019	R\$ 0,00
nov./2019	R\$ 0,00
dez./2019	R\$ 0,00
Valor Médio	R\$ 0,00

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 100: CIP - 2019

CIP	
jan./2019	R\$ 66,00
fev./2019	R\$ 66,00
mar./2019	R\$ 66,00
abr./2019	R\$ 66,00
mai./2019	R\$ 66,00
jun./2019	R\$ 66,00
jul./2019	R\$ 66,00
ago./2019	R\$ 66,00
set./2019	R\$ 66,00
out./2019	R\$ 66,00
nov./2019	R\$ 66,00
dez./2019	R\$ 66,00
Valor Médio	R\$ 66,00

Fonte: Aatoria Própria

APÊNDICE E – CONSOLIDADO 2020

Tabela 101: Demanda - TUSD - 2020

Demanda [kW] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	679,1	R\$ 13,75	R\$ 21,22	R\$ 14.409,92
fev./2020	570,24	R\$ 13,75	R\$ 21,15	R\$ 12.059,06
mar./2020	687,74	R\$ 13,75	R\$ 21,12	R\$ 14.526,00
abr./2020	604,8	R\$ 13,75	R\$ 21,05	R\$ 12.733,12
mai./2020	699,84	R\$ 13,75	R\$ 20,98	R\$ 14.682,33
jun./2020	866,59	R\$ 14,10	R\$ 21,46	R\$ 18.595,47
jul./2020	763,77	R\$ 15,26	R\$ 22,62	R\$ 17.278,16
ago./2020	693,79	R\$ 15,26	R\$ 22,52	R\$ 15.624,61
Valor Médio	695,73	R\$ 14,17	R\$ 21,515	R\$ 14.988,58

Fonte: Autoria Própria

Tabela 102: Demanda - TUSD - Sem ICMS - 2020

Demanda [kW] TUSD Sem ICMS	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	70,9	R\$ 13,75	R\$ 14,66	R\$ 1.039,31
fev./2020	179,76	R\$ 13,75	R\$ 14,62	R\$ 2.628,91
mar./2020	62,26	R\$ 13,75	R\$ 14,61	R\$ 909,75
abr./2020	145,2	R\$ 13,75	R\$ 14,58	R\$ 2.116,95
mai./2020	50,16	R\$ 13,75	R\$ 14,54	R\$ 729,53
jun./2020	0	R\$ 14,10	R\$ 14,89	R\$ 0,00
jul./2020	0	R\$ 15,26	R\$ 16,12	R\$ 0,00
ago./2020	56,21	R\$ 15,26	R\$ 15,77	R\$ 886,49
Valor Médio	70,56	R\$ 14,17	R\$ 14,975	R\$ 1.038,87

Fonte: Autoria Própria

Tabela 103: Excesso de Demanda - 2020

Excesso de Demanda	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	0	R\$ 27,50	R\$ 42,44	R\$ 0,00
fev./2020	0	R\$ 27,50	R\$ 42,29	R\$ 0,00
mar./2020	0	R\$ 27,50	R\$ 42,24	R\$ 0,00
abr./2020	0	R\$ 27,50	R\$ 42,11	R\$ 0,00
mai./2020	0	R\$ 27,50	R\$ 41,96	R\$ 0,00
jun./2020	116,59	R\$ 28,20	R\$ 42,92	R\$ 5.003,62
jul./2020	0	R\$ 30,52	R\$ 45,24	R\$ 0,00
ago./2020	0	R\$ 30,52	R\$ 45,04	R\$ 0,00
Valor Médio	14,57	R\$ 28,34	R\$ 43,030	R\$ 625,45

Fonte: Autoria Própria

Tabela 104: Consumo Ponta - TUSD - 2020

Consumo Ponta [kWh] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	6977,0	R\$ 0,855	R\$ 1,319	R\$ 9.201,03
fev./2020	7340,0	R\$ 0,855	R\$ 1,314	R\$ 9.646,99
mar./2020	10577,0	R\$ 0,855	R\$ 1,313	R\$ 13.884,30
abr./2020	11664,0	R\$ 0,855	R\$ 1,308	R\$ 15.261,96
mai./2020	8300,0	R\$ 0,855	R\$ 1,304	R\$ 10.822,17
jun./2020	7427,0	R\$ 0,868	R\$ 1,321	R\$ 9.808,30
jul./2020	9137,0	R\$ 0,912	R\$ 1,352	R\$ 12.350,47
ago./2020	10607,0	R\$ 0,912	R\$ 1,346	R\$ 14.273,11
Valor Médio	9003,6	R\$ 0,871	R\$ 1,322	R\$ 11.906,04

Fonte: Autoria Própria

Tabela 105: Consumo fora Ponta - TUSD - 2020

Consumo Fora Ponta [kWh] TUSD	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	116189,0	R\$ 0,080	R\$ 0,123	R\$ 14.306,67
fev./2020	128216,0	R\$ 0,080	R\$ 0,123	R\$ 15.734,17
mar./2020	142086,0	R\$ 0,080	R\$ 0,123	R\$ 17.414,81
abr./2020	123513,0	R\$ 0,080	R\$ 0,122	R\$ 15.089,73
mai./2020	139969,0	R\$ 0,080	R\$ 0,122	R\$ 17.040,17
jun./2020	145658,0	R\$ 0,079	R\$ 0,121	R\$ 17.585,42
jul./2020	137148,0	R\$ 0,078	R\$ 0,115	R\$ 15.834,19
ago./2020	147197,0	R\$ 0,078	R\$ 0,115	R\$ 16.918,10
Valor Médio	134997,0	R\$ 0,079	R\$ 0,120	R\$ 16.240,41

Fonte: Autoria Própria

Tabela 106: Consumo Ponta - TE - 2020

Consumo Ponta [kWh] TE	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	6977,0	R\$ 0,43	R\$ 0,67	R\$ 4.656,18
fev./2020	7340,0	R\$ 0,43	R\$ 0,67	R\$ 4.881,86
mar./2020	10577,0	R\$ 0,43	R\$ 0,66	R\$ 7.026,15
abr./2020	11664,0	R\$ 0,43	R\$ 0,66	R\$ 7.723,31
mai./2020	8300,0	R\$ 0,43	R\$ 0,66	R\$ 5.476,56
jun./2020	7427,0	R\$ 0,43	R\$ 0,65	R\$ 4.818,05
jul./2020	9137,0	R\$ 0,41	R\$ 0,60	R\$ 5.502,86
ago./2020	10607,0	R\$ 0,41	R\$ 0,60	R\$ 6.359,50
Valor Médio	9003,6	R\$ 0,43	R\$ 0,65	R\$ 5.805,56

Fonte: Autoria Própria

Tabela 107: Consumo Fora Ponta - TE - 2020

Consumo Fora Ponta [kWh] TE	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	116189,0	R\$ 0,260	R\$ 0,400	R\$ 46.529,39
fev./2020	128216,0	R\$ 0,260	R\$ 0,399	R\$ 51.172,03
mar./2020	142086,0	R\$ 0,260	R\$ 0,399	R\$ 56.637,97
abr./2020	123513,0	R\$ 0,260	R\$ 0,397	R\$ 49.076,13
mai./2020	139969,0	R\$ 0,260	R\$ 0,396	R\$ 55.419,52
jun./2020	145658,0	R\$ 0,257	R\$ 0,391	R\$ 56.960,21
jul./2020	137148,0	R\$ 0,249	R\$ 0,369	R\$ 50.582,79
ago./2020	147197,0	R\$ 0,260	R\$ 0,367	R\$ 54.045,37
Valor Médio	134997,0	R\$ 0,258	R\$ 0,390	R\$ 52.552,93

Fonte: Autoria Própria

Tabela 108: Energia Reativa - Excesso Ponta - 2020

Energia Reativa Excesso Ponta [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	448,0	R\$ 0,274	R\$ 0,423	R\$ 189,37
fev./2020	216,0	R\$ 0,274	R\$ 0,421	R\$ 90,99
mar./2020	294,0	R\$ 0,274	R\$ 0,421	R\$ 123,70
abr./2020	145,0	R\$ 0,274	R\$ 0,419	R\$ 60,81
mai./2020	338,0	R\$ 0,274	R\$ 0,418	R\$ 141,26
jun./2020	326,0	R\$ 0,271	R\$ 0,413	R\$ 134,48
jul./2020	328,0	R\$ 0,262	R\$ 0,388	R\$ 127,35
ago./2020	227,0	R\$ 0,262	R\$ 0,387	R\$ 87,74
Valor Médio	290,3	R\$ 0,271	R\$ 0,411	R\$ 119,46

Fonte: Autoria Própria

Tabela 109: Energia Reativa - Excesso Fora Ponta - 2020

Energia Reativa Excesso Fora Ponta [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	7745,0	R\$ 0,274	R\$ 0,423	R\$ 3.273,82
fev./2020	1656,0	R\$ 0,274	R\$ 0,421	R\$ 697,62
mar./2020	2286,0	R\$ 0,274	R\$ 0,421	R\$ 961,84
abr./2020	2795,0	R\$ 0,274	R\$ 0,419	R\$ 1.172,22
mai./2020	4630,0	R\$ 0,274	R\$ 0,418	R\$ 1.935,01
jun./2020	1598,0	R\$ 0,271	R\$ 0,413	R\$ 659,21
jul./2020	1896,0	R\$ 0,262	R\$ 0,388	R\$ 736,16
ago./2020	1631,0	R\$ 0,262	R\$ 0,387	R\$ 630,42
Valor Médio	3029,6	R\$ 0,271	R\$ 0,411	R\$ 1.258,29

Fonte: Autoria Própria

Tabela 110: Bandeira Tarifária - 2020

Bandeira Tarifária [kWh]	Quantidade Faturada	Tarifa sem tributo	Tarifa com Tributos	Total da Operação
jan./2020	123166,0	R\$ 0,013	R\$ 0,021	R\$ 2.552,65
fev./2020	135556,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
mar./2020	152663,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
abr./2020	135177,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
mai./2020	148269,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
jun./2020	153085,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
jul./2020	146285,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
ago./2020	157804,0	R\$ 0,000	R\$ 0,000	R\$ 0,00
Valor Médio	144000,6	R\$ 0,002	R\$ 0,003	R\$ 319,08

Fonte: Autoria Própria

Tabela 111: Outros - 2020

Outros	
jan./2020	R\$ 0,00
fev./2020	R\$ 0,00
mar./2020	R\$ 0,00
abr./2020	R\$ 0,00
mai./2020	R\$ 0,00
jun./2020	R\$ 0,00
jul./2020	R\$ 0,00
ago./2020	R\$ 1.802,15
Valor Médio	R\$ 225,27

Fonte: Autoria Própria

Tabela 112: CIP - 2020

CIP	
jan./2020	R\$ 66,00
fev./2020	R\$ 66,00
mar./2020	R\$ 66,00
abr./2020	R\$ 66,00
mai./2020	R\$ 66,00
jun./2020	R\$ 66,00
jul./2020	R\$ 66,00
ago./2020	R\$ 66,00
Valor Médio	R\$ 66,00

Fonte: Autoria Própria

Anexos

**COPEL**

Copel Distribuição S.A.
 José Izidoro Biazetto, 158 bl.C - Mossunguê - Curitiba PR - CEP 81200-240
 CNPJ: 04.368.898/0001-06- IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4

COMTRAFO INDUSTRIA DE TRANSFORMADORES ELETRICOS S.A.
 CH PARAISO - S N COMTRAFO SERVICE
 RURAL - CORNELIO PROCOPIO - PR - CEP: 86300-000

82160 01 820 603400
 CNPJ 00.138.806/0002-21 - IE: 9035956120

Mês de Referência
Setembro/2016

Unidade Consumidora
68426844

VENCIMENTO
04/10/2016

VALOR A PAGAR
R\$ 56.126,03

FAT-01-20163930224385-5

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 003.474.113 - SÉRIE B**

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	kWh	4509,00	1,578567	7.117,76	7.117,76	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	kWh	89834,00	0,425114	38.189,69	38.189,69	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	57,00	0,351930	20,06	20,06	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	866,00	0,352171	304,98	304,98	29,00
DEMANDA	kW	421,63	16,073026	6.776,87	6.776,87	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	328,37	11,151049	3.661,67	0,00	0,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

55,00

Segunda Via

Base de Cálculo do ICMS 52.409,36	Valor ICMS 15.198,71	Valor Total da Nota Fiscal 56.126,03
--------------------------------------	-------------------------	---

Reservado ao Fisco: 9706.2350.38CF.0072.98D4.B4A2.CBDB.FBC7

INCLUSO NA FATURA PIS R\$532,68 E COFINS R\$2.439,09 CONFORME RES. ANEEL 130/2005.

GERENTE DA AGENCIA COPEL DE SUA REGIAO: EVANDRO CARLO BOLOGNESE

A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados à prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações.

O não pagamento da fatura 15 dias após o vencimento acarretará inclusão no

cadastro de inadimplentes CADIN/PR

Periodos Band.Tarif.: Verde:20/08-19/09

Segunda Via

IDENTIFICAÇÃO
68426844Mês
09/2016Vencimento
04/10/2016Valor a Pagar
56.126,03

VOCABULÁRIO

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica - Órgão regulador e fiscalizador do setor elétrico.

Conjunto - Agrupamento de unidades consumidoras de uma mesma área de concessão de distribuição, definido pela Copel e aprovado pela ANEEL.

Custo de Disponibilidade do Sistema Elétrico - Valor mínimo mensal faturável para unidades consumidoras do Grupo "B", de acordo com os limites fixados por tipo de ligação, conforme determinação da ANEEL: monofásico - valor em moeda corrente equivalente a 30 kWh; bifásico - 50 kWh; e trifásico - 100 kWh.

Fator de Potência - Percentual que indica quanto da energia elétrica está sendo utilizada de forma útil. Se o fator de potência estiver abaixo de 92%, será faturado o valor correspondente ao consumo reativo excedente à quantidade permitida conforme determinação da ANEEL.

A medição do fator de potência é realizada em unidades consumidoras trifásicas comerciais e industriais e em residenciais com disjuntor acima de 100 amperes.

Perdas de Transformação - Percentual de ajuste aplicado sobre o consumo de energia elétrica ativa e reativa e demanda (medida em kW) para compensação das perdas de transformação nos casos em que o fornecimento é feito em tensão primária de distribuição, a medição é instalada em tensão distinta daquela de fornecimento e o faturamento é efetuado no grupo "A" (tarifação binômia- consumo e demanda).

Tensão Contratada (TC) - valor eficaz de tensão que deverá ser informado ao consumidor por escrito, ou estabelecido em contrato, expresso em volts ou quilovolts.

Horário de ponta - É o período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela Copel considerando a curva de carga de seu sistema elétrico. O Horário de Ponta é aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão da Copel, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e os seguintes feriados: 01 de janeiro, 21 de abril, 01 de maio, 07 de setembro, 12 de outubro, 02 de novembro, 15 de novembro, 25 de dezembro.

Para a área de concessão da Copel, o Horário de Ponta inicia às 18h e finaliza às 21h. Durante o horário de verão, é acrescido uma hora ao início e ao fim do Horário de Ponta (19h às 22h).

Demanda - A demanda é a potência medida em kW (quilo-watt) e faturada de acordo com o maior valor registrado em um período de 15 minutos durante o ciclo de faturamento. Os produtos relativos a demanda aparecem na fatura dependendo do montante contratado para cada unidade consumidora.

INFORMAÇÕES SUPLEMENTARES

As Informações Suplementares referentes a Histórico de pagamentos, Medição e faturamento, Composição se valores de tarifa, Juros multas e acréscimos, Indicadores de continuidade e limites aplicáveis, estão disponíveis para emissão em www.copel.com e nos canais de atendimento.

ONDE PAGAR

As faturas de clientes do Grupo "A" (tarifa binômia) devem ser pagas somente nos bancos conveniados com a Copel.

As faturas de clientes do Grupo "B" (tarifa monômia) podem ser pagas em supermercados, farmácias e outros estabelecimentos credenciados ou em bancos conveniados.

Prefira sempre débito em conta corrente, é muito mais cômodo, fácil e seguro.

LEGISLAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO

A legislação que regulamenta as atividades do setor elétrico está à disposição dos consumidores para consulta nos escritórios comerciais da COPEL ou no site www.copel.com. Verifique também os serviços disponíveis na Agência Virtual.

Telefone Copel: 0800 643 75 75 - email: copel@copel.com

Telefone Ouvidoria COPEL: 0800 64 70 606 (dias úteis das 8h às 18h - ligação gratuita) - email: ouvidoria@copel.com

Telefone ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica: 167 (ligação gratuita na origem em telefone fixo e tarifada na origem de telefones celulares) - email: ouvidoria@aneel.gov.br

Dúvidas, Sugestões, Elogios e Reclamações, utilize o site www.copel.com, as agências ou 0800 643 75 75.



Acesse a Agência Virtual da COPEL

Baixe o Aplicativo da COPEL



ANDROID



IOS

Cuide bem do seu melhor amigo!
Prenha seu cão no dia da leitura.
Isso garante a segurança do
nosso pessoal, e a sua
tranquilidade.

(Lei nº 121/199 Lei da Posse Responsável)

COMTRAFO INDUSTRIA DE TRANSFORMADORES ELETRICOS S.A.
CH PARAISO - S N COMTRAFO SERVICE
RURAL - CORNELIO PROCOPIO - PR - CEP: 86300-000
82160 01 820 603400
CNPJ 00.138.806/0002-21 - IE: 9035956120
Mês de Referência
Setembro/2016
Unidade Consumidora
68426844
VENCIMENTO
04/10/2016
VALOR A PAGAR
R\$ 56.126,03

FAT-01-20163930224385-5

Emitida em 23/09/2016

EXTRATO DE FATURAMENTO - TARIFA HORARIA VERDE
Informações Técnicas
Mês/Ano Consumo/Use do Sistema: 09/2016
 Data de Emissão: 20/09/2016
 Data Real Leit Atual: 19/09/2016
 Data Real Leit Anterior: 19/08/2016
 Data Provável Prox Leitura: 21/10/2016
Indust/Fabr Transform, Indutores Conv Sincron
 Perdas de Transformação: 0%
 Rel. Transform. Corrente: 30/5
 Rel. Transform. Potencial: 13800/115

EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO			
SAG 1681HC	kW	kWh	kvarh
Medidor	0028600457	0028600457	0028600457
Constante	0.86400	0.21600	0.21600
Constante Excedente Reativo kW/kWh			0.21600

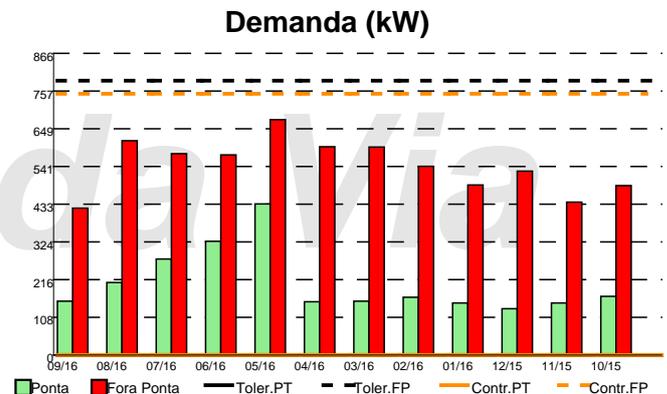
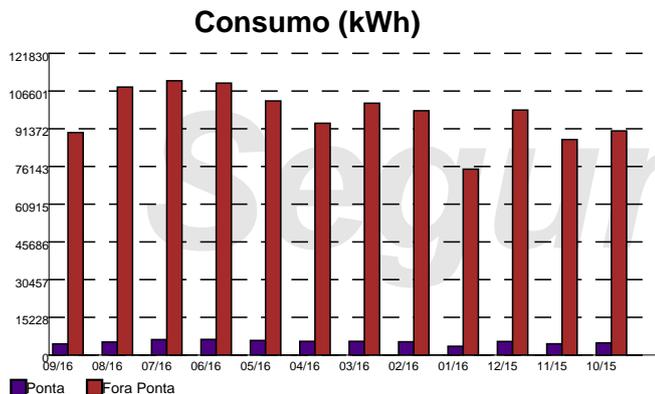
Grandezas e Valores para Faturamento

Produto	Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Contratado	Faturado	Tarifa	Total
ENERGIA ELET CONSUMO PTA	3340948	3361824	4509,00		4509,00	1,578567	7.117,76
ENERGIA ELET CONSUMO F PTA	33922609	34338508	89834,00		89834,00	0,425114	38.189,69
ENERGIA REAT EXC PONTA	21784	22052	57,00		57,00	0,351930	20,06
ENERGIA REAT EXC F PONTA	283305	287315	866,00		866,00	0,352171	304,98
DEMANDA	712	488	421,63	750,00	421,63	16,073026	6.776,87
DEMANDA ISENTA ICMS					328,37	11,151049	3.661,67
ENERGIA ELETRICA CONSUMO	37263557	37700332	94343,00				
ENER.REAT.INDUTIVA	12914913	13049338	29035,00				

DENUNCIE O FURTO DE FIOS! LIGUE 181.
Informações Suplementares

Tarifas	Consumo
CONSUMO F PONTA	0,279300
CONSUMO PTA	1,037120
DEMANDA	10,560000

 Tensão Contratada: 13200 volts
 Limite Adequado de Tensão: 12280 a 13860 volts

Histórico de Consumo e Pagamentos


Mês/Ano	Valor da Fatura	Data de Vencimento	Data de Pagamento	Consumo Ponta	Consumo Fora Pta.	Demanda Ponta	Demanda Fora Pta.	Dem.Cont. Ponta	Dem.Cont. Fora Pta.	Dem.Tol. Ponta	Dem.Tol. Fora Pta.
09/2016	56.126,03	04/10/2016	04/10/2016	4509	89834	154.65	421.63	0	750	0	787.5
08/2016	66.103,52	02/09/2016	02/09/2016	5257	108204	208.22	615.16	0	750	0	787.5
07/2016	71.484,63	03/08/2016	03/08/2016	6242	110755	275.61	578.01	0	750	0	787.5
06/2016	78.839,43	04/07/2016	04/07/2016	6305	109803	326.59	574.56	0	750	0	787.5
05/2016	74.360,82	03/06/2016	03/06/2016	5879	102611	433.72	675.64	0	750	0	787.5
04/2016	69.571,84	04/05/2016	04/05/2016	5534	93601	152.92	597.88	0	750	0	787.5
03/2016	76.439,37	04/04/2016	04/04/2016	5528	101693	154.65	597.02	0	750	0	787.5
02/2016	77.623,93	04/03/2016	04/03/2016	5360	98644	165.88	541.72	0	750	0	787.5
01/2016	60.753,96	03/02/2016	03/02/2016	3536	75059	149.47	488.16	0	750	0	787.5
12/2015	79.235,49	07/01/2016	07/01/2016	5476	98919	133.05	527.9	0	750	0	787.5
11/2015	67.694,91	03/12/2015	03/12/2015	4534	87016	149.47	438.91	0	750	0	787.5
10/2015	68.953,83	05/11/2015	05/11/2015	4918	90510	168.48	486.43	0	750	0	787.5

COMTRAFO INDUSTRIA DE TRANSFORMADORES ELETRICOS S A
CH PARAISO - S N COMTRAFO SERVICE
RURAL - CORNELIO PROCOPIO - PR - CEP: 86300-000**82160 01 820 603400**
CNPJ 00.138.806/0002-21 - IE: 9035956120

Mês de Referência

Setembro/2017

Unidade Consumidora

68426844

VENCIMENTO

29/09/2017

VALOR A PAGAR

R\$ 30.529,68

FAT-01-20175287289005-44

Valores Faturados**NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 000.000.931 - SÉRIE A**

Emitida em 15/09/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELETR USD PT	kWh	5027,00	0,673871	3.387,55	3.387,55	29,00
ENERGIA ELETR USD FP	kWh	101248,00	0,062726	6.350,89	6.350,89	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	12,00	0,395000	4,74	4,74	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	3709,00	0,395616	1.467,34	1.467,34	29,00
DEMANDA USD	kW	513,21	11,261024	5.779,27	5.779,27	29,00
DEMANDA USD ISENTA ICMS	kW	236,79	7,712192	1.826,17	0,00	0,00
SUBSTITUICAO TRIBUTARIA CONSUM	kWh	5027,00	0,286000	1.437,72	1.437,72	29,00
SUBSTITUICAO TRIBUTARIA CONSUM	kWh	101248,00	0,286000	28.956,91	28.956,91	29,00

CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO	66,00
DEVOLUCAO AJUSTE DE FATURAMENTO	-74,78
ICMS SUBVENCAO DECRETO 7891 (CDE)	2.365,62
SERVICO MENSAL DE MEDICAO LIVRE	542,44
DEDUCAO ENERGIA ELETRICA ACL-SEM ICMS	-21.580,19

Base de Cálculo do ICMS 47.384,42	Valor ICMS 13.741,48	Valor Total da Nota Fiscal 30.529,68
--------------------------------------	-------------------------	---

Reservado ao Fisco: 14C4.A6C8.11A2.07C6.3729.4E5A.154E.14CA

DESCONTO CLIENTE LIVRE R\$ 7.234,71
INCLUSO NA FATURA PIS R\$269,07 E COFINS R\$1.232,44 CONFORME RES. ANEEL 130/2005.
GERENTE DA AGENCIA COPEL DE SUA REGIAO: EVANDRO CARLO BOLOGNESE
Atraso superior a 15dias sujeita inclusão no cadastro de inadimplentes CADIN/PR
A PARTIR DE 01/08/2017 - PIS/PASEP 1,43% e COFINS 6,55%.
A qualquer tempo pode ser solicitado o cancelamento de valores não relacionados
à prestação do serviço de energia elétrica, como convênios e doações.
NOTA FISCAL ANULADA PELA NF-E 8971 EMITIDA EM 01/11/2017.
NOTA FISCAL SUBSTITUIDA PELA NF 458 EMITIDA EM 01/11/2017

Segunda Via

IDENTIFICAÇÃO
68426844Mês
09/2017Vencimento
29/09/2017Valor a Pagar
30.529,68

VOCABULÁRIO

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica - Órgão regulador e fiscalizador do setor elétrico.

Conjunto - Agrupamento de unidades consumidoras de uma mesma área de concessão de distribuição, definido pela Copel e aprovado pela ANEEL.

Custo de Disponibilidade do Sistema Elétrico - Valor mínimo mensal faturável para unidades consumidoras do Grupo "B", de acordo com os limites fixados por tipo de ligação, conforme determinação da ANEEL: monofásico - valor em moeda corrente equivalente a 30 kWh; bifásico - 50 kWh; e trifásico -100 kWh.

Fator de Potência - Percentual que indica quanto da energia elétrica está sendo utilizada de forma útil. Se o fator de potência estiver abaixo de 92%, será faturado o valor correspondente ao consumo reativo excedente à quantidade permitida conforme determinação da ANEEL.

A medição do fator de potência é realizada em unidades consumidoras trifásicas comerciais e industriais e em residenciais com disjuntor acima de 100 amperes.

Perdas de Transformação - Percentual de ajuste aplicado sobre o consumo de energia elétrica ativa e reativa e demanda (medida em kW) para compensação das perdas de transformação nos casos em que o fornecimento é feito em tensão primária de distribuição, a medição é instalada em tensão distinta daquela de fornecimento e o faturamento é efetuado no grupo "A" (tarifação binômia- consumo e demanda).

Tensão Contratada (TC) - valor eficaz de tensão que deverá ser informado ao consumidor por escrito, ou estabelecido em contrato, expresso em volts ou quilovolts .

Horario de ponta - É o período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela Copel considerando a curva de carga de seu sistema elétrico. O Horário de Ponta é aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão da Copel, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e os seguintes feriados: 01 de janeiro, 21 de abril, 01 de maio, 07 de setembro, 12 de outubro, 02 de novembro, 15 de novembro, 25 de dezembro.

Para a área de concessão da Copel, o Horário de Ponta inicia às 18h e finaliza às 21h. Durante o horário de verão, é acrescido uma hora ao início e ao fim do Horário de Ponta (19h às 22h).

Demanda - A demanda é a potência medida em kW (quilo-watt) e faturada de acordo com o maior valor registrado em um período de 15 minutos durante o ciclo de faturamento. Os produtos relativos a demanda aparecem na fatura dependendo do montante contratado para cada unidade consumidora.

INFORMAÇÕES SUPLEMENTARES

As Informações Suplementares referentes a Histórico de pagamentos, Medição e faturamento, Composição se valores de tarifa, Juros multas e acréscimos, Indicadores de continuidade e limites aplicáveis, estão disponíveis para emissão em www.copel.com e nos canais de atendimento.

ONDE PAGAR

As faturas de clientes do Grupo "A" (tarifa binômia) devem ser pagas somente nos bancos conveniados com a Copel.

As faturas de clientes do Grupo "B" (tarifa monômia) podem ser pagas em supermercados, farmácias e outros estabelecimentos credenciados ou em bancos conveniados.

Prefira sempre débito em conta corrente, é muito mais cômodo , fácil e seguro.

LEGISLAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO

A legislação que regulamenta as atividades do setor elétrico está à disposição dos consumidores para consulta nos escritórios comerciais da COPEL ou no site **www.copel.com**. Verifique também os serviços disponíveis na Agência Virtual.

Telefone Copel: **0800 643 75 75** - email: **copel@copel.com**

Telefone Ouvidoria COPEL: **0800 64 70 606** (dias úteis das 8h às 18h - ligação gratuita) - email : **ouvidoria@copel.com**

Telefone ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica: **167** (ligação gratuita na origem em telefone fixo e tarifada na origem de telefones celulares) - email: **ouvidoria@aneel.gov.br**

Dúvidas, Sugestões , Elogios e Reclamações, utilize o site **www.copel.com**, as **agências** ou **0800 643 75 75**.



Acesse a
Agência
Virtual da
COPEL

Baixe o
Aplicativo
da COPEL



ANDROID



IOS

Cuide bem do seu melhor amigo!
Prenha seu cão no dia da leitura.
Isso garante a segurança do
nosso pessoal, e a sua
tranquilidade.

(Lei nº 121/199 Lei da Posse Responsável)



COPEL

Copel Distribuição S.A.
 José Izidoro Biazetto, 158 bl.C - Mossunguê - Curitiba PR - CEP 81200-240
 CNPJ: 04.368.898/0001-06 - IE 90.233.073-99 - IM 423.992-4

**COMTRAFO INDUSTRIA DE TRANSFORMADORES ELETRICOS S A
 CH PARAISO - S N COMTRAFO SERVICE
 RURAL - CORNELIO PROCOPIO - PR - CEP: 86300-000**

82160 01 820 603400
 CNPJ 00.138.806/0002-21 - IE: 9035956120

Mês de Referência
Setembro/2017

Unidade Consumidora
68426844

VENCIMENTO
29/09/2017

VALOR A PAGAR
R\$ 30.529,68

FAT-01-20175287289005-44

EXTRATO DE FATURAMENTO - CLIENTE LIVRE - TARIFA HORARIA VERDE

Emitida em 22/09/2017

Informações Técnicas

Mês/Ano Consumo/Usado do Sistema: 09/2017 Indust/Fabr Transform, Indutores Conv Sincron
 Data de Emissão 15/09/2017 Perdas de Transformação: 0%
 Data Real Leit Atual 31/08/2017 Rel. Transform. Corrente: 30/5
 Data Real Leit Anterior 31/07/2017 Rel. Transform. Potencial: 13800/115
 Data Provável Prox Leitura 01/10/2017

EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO			
E750-FR	kW	kWh	kvarh
Medidor	0036680362	0036680362	0036680362
Constante	0.86400	0.21600	
Constante Excedente Reativo kW/kWh			0.21600

Grandezas e Valores para Faturamento

Produto	Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Contratado	Faturado	Tarifa	Total
ENERGIA ELETR USD PT	146539	169815	5027,00		5027,00	0,673871	3.387,55
ENERGIA ELETR USD FP	2477715	2946458	101248,00		101248,00	0,062726	6.350,89
ENERGIA REAT EXC PONTA	331	389	12,00		12,00	0,395000	4,74
ENERGIA REAT EXC F PONTA	19589	36761	3709,00		3709,00	0,395616	1.467,34
DEMANDA USD	708	594	513,21	750,00	513,21	11,261024	5.779,27
DEMANDA USD ISENTA ICMS					236,79	7,712192	1.826,17
SUBSTITUICAO TRIBUTARIA CONSUM			5027,00		5027,00	0,286000	1.437,72
SUBSTITUICAO TRIBUTARIA CONSUM			101248,00		101248,00	0,286000	28.956,91
ENERGIA ELETRICA CONSUMO	2624254	3116273	0,00				

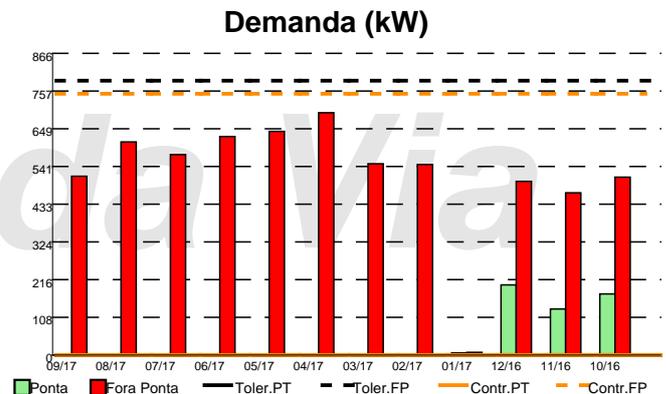
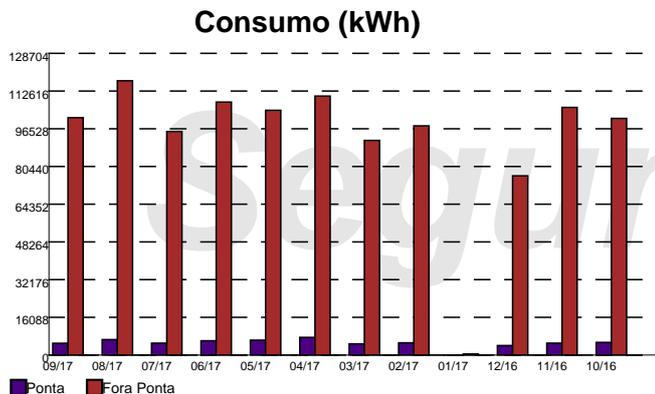
DENUNCIE O FURTO DE FIOS! LIGUE 181.

Informações Suplementares

Tarifas	
ENERGIA ELETR USD FP	0,039530
ENERGIA ELETR USD PT	0,808550
DEMANDA USD	14,170000

Tensão Contratada: 13200 volts
 Limite Adequado de Tensão: 12280 a 13860 volts

Histórico de Consumo e Pagamentos



Mês/Ano	Valor da Fatura	Data de Vencimento	Data de Pagamento	Consumo Ponta	Consumo Fora Pta.	Demanda Ponta	Demanda Fora Pta.	Dem.Cont. Ponta	Dem.Cont. Fora Pta.	Dem.Tol. Ponta	Dem.Tol. Fora Pta.
09/2017	30.529,68	29/09/2017	29/09/2017	5027	101248	0	513.21	0	750	0	787.5
08/2017	38.885,54	29/08/2017	29/08/2017	6595	117004	0	611.71	0	750	0	787.5
07/2017	34.365,99	28/07/2017	28/07/2017	5071	95369	0	575.42	0	750	0	787.5
06/2017	37.342,39	29/06/2017	29/06/2017	6093	107923	0	627.26	0	750	0	787.5
05/2017	28.337,67	31/05/2017	31/05/2017	6356	104414	0	641.95	0	750	0	787.5
04/2017	27.964,85	03/05/2017	03/05/2017	7535	110474	0	695.52	0	750	0	787.5
03/2017	32.878,82	31/03/2017	31/03/2017	4769	91569	0	549	0	750	0	787.5
02/2017	36.560,65	03/03/2017	03/03/2017	5221	97770	0	547	0	750	0	787.5
01/2017	38.573,20	05/02/2017	06/02/2017	42	458	6.04	7.77	0	750	0	787.5
12/2016	49.632,54	04/01/2017	04/01/2017	4049	76456	201.31	498.52	0	750	0	787.5
11/2016	65.075,41	05/12/2016	05/12/2016	5072	105636	132.19	465.69	0	750	0	787.5
10/2016	62.544,43	04/11/2016	04/11/2016	5388	100947	175.39	510.62	0	750	0	787.5

Dados do Cliente

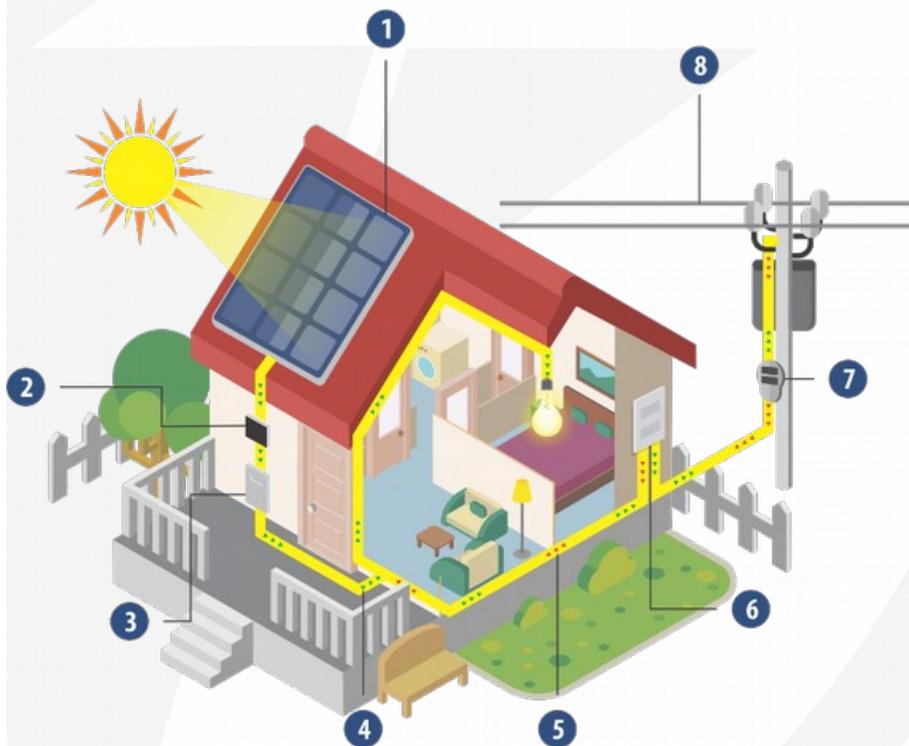
Cliente	Matheus Prestes Minato	CNPJ/CPF			
Fone		Responsável	Matheus Prestes Minato		
Endereço		Bairro			
Cidade	Cornélio Procópio – PR	CEP	86300-000	Frete	CIF
E-mail	matheus.minato@usp.br	Transportadora	A Verificar		
Vendedor	Rodrigo Henrique (43) 3520-5070	Representante	Eletrotrafo Solar		

1. Proposta comercial para fornecimento de sistema solar fotovoltaico ON-GRID.

Fornecimento de Gerador Solar Fotovoltaico e serviço técnico especializado para implantação de geração de energia solar fotovoltaica de acordo com a Resolução Normativa nº 687 da ANEEL, de 01 de março de 2016.

2. Como Funciona o Sistema Solar Fotovoltaico ON-GRID Eletrotrafo.

On-Grid é o tipo de sistema onde não há armazenamento de energia, toda energia excedente gerada pelos painéis fotovoltaicos é direcionada à rede elétrica, sendo convertida em créditos de energia gerando descontos em sua conta de luz, através do sistema de compensação.



1 **Painéis Solares Fotovoltaicos**

Recebem energia do sol e convertem em energia elétrica contínua (CC)

2 **String Box**

Quadro de Proteção da parte contínua (CC)

3 **Inversor**

Converte toda a energia elétrica contínua produzida pelos painéis em energia elétrica alternada (CA) para consumo na residência e exportação para a rede

4 **Energia Gerada (CA)**

5 **Energia Consumida (CA)**

6 **Quadro Elétrico de Proteção e Distribuição**

7 **Medidor de Energia Bidirecional**

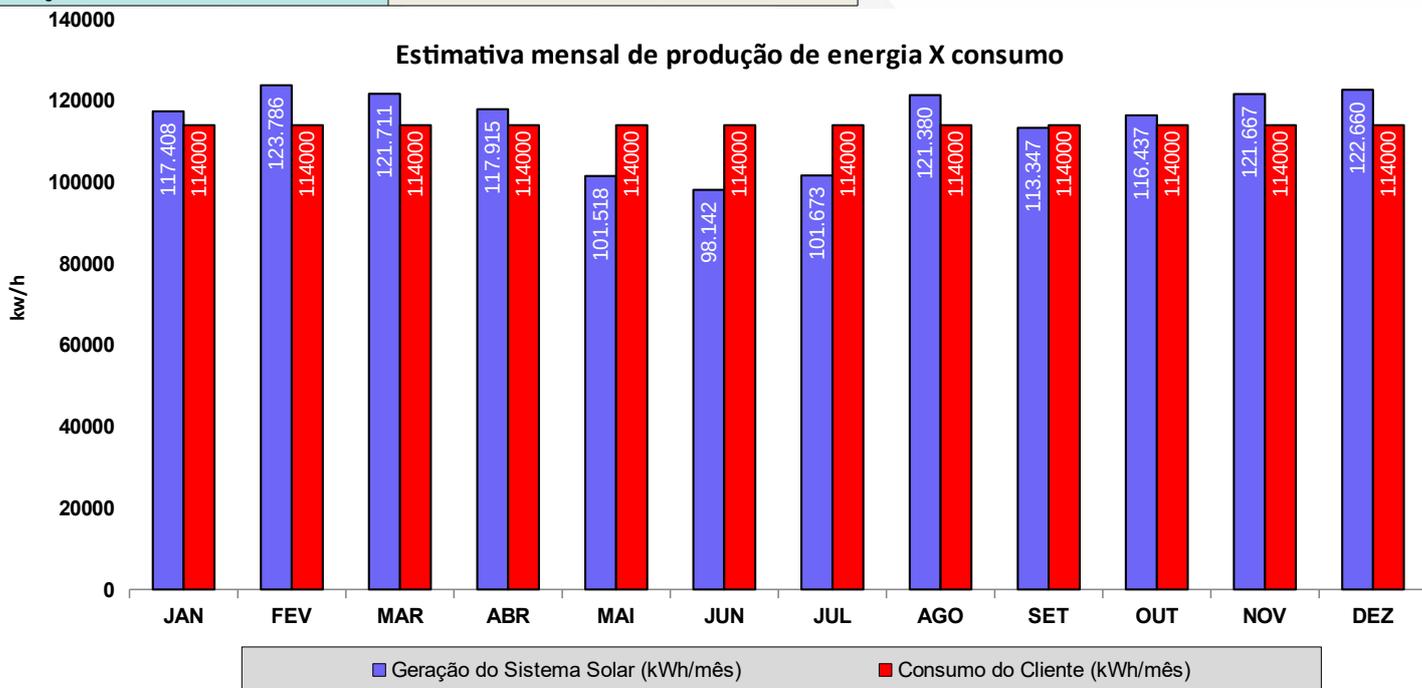
Registra a energia consumida e excedente gerado para compensação de créditos no final do mês

8 **Rede da Concessionária de Energia**

Todo o excedente de energia gerado e não consumido é injetado na rede, gerando créditos e economia no final do mês (R\$)

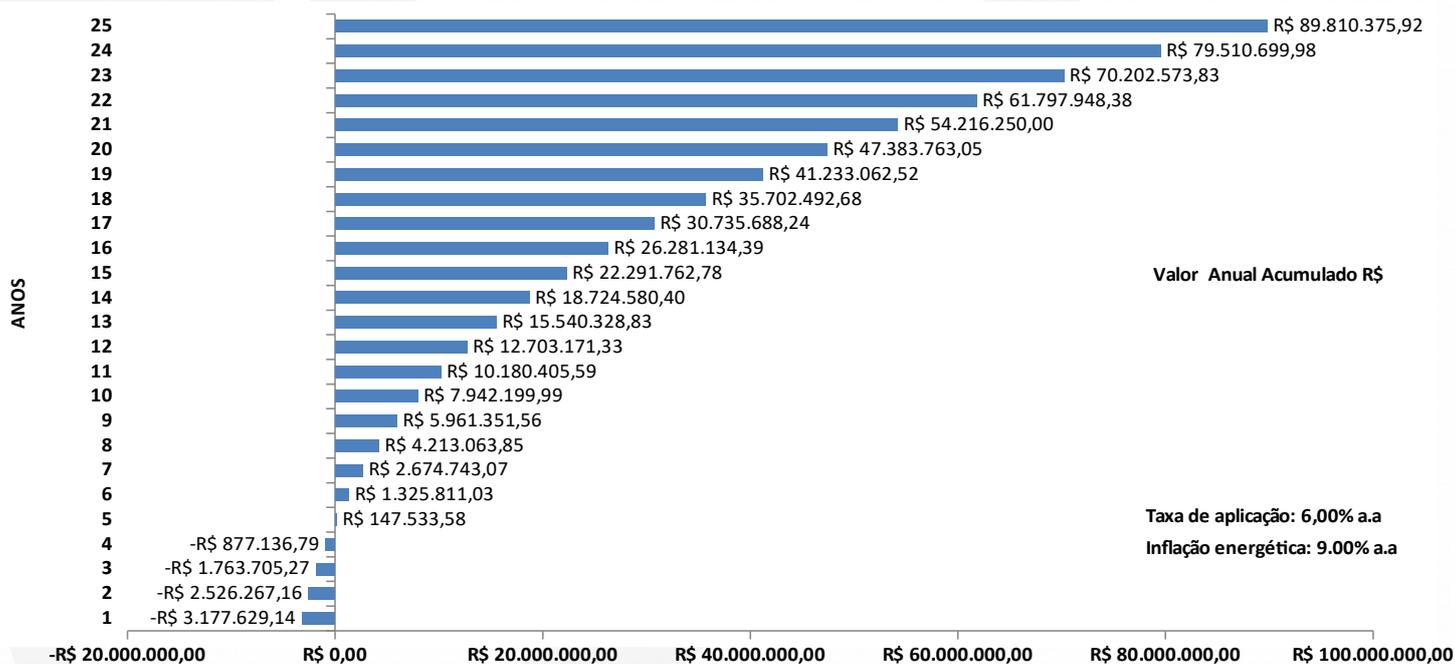
3. Detalhes de geração estimada do gerador de energia solar.

Entrada de Energia:	Trifásico	Valor kWh/mês:	R\$ 0,54480
Orientação de telhado:	Norte	Inclinação prevista:	20°
Área prevista p/ instalação:	5.859 m ²	Peso Aprox. em telhado:	68.352 Kg
Consumo Médio Atual:	114.000 kWh/mês	Consumo Médio Estimado:	###
Geração Média Estimada:	114.804 kWh/mês		



Obs: Estimativa de geração e compensação com base na radiação no Plano Inclinado fornecido por órgãos de metrologia e "Cadernos Temáticos ANEEL de Micro e Minigeração Distribuída, Sistema de Compensação de Energia Elétrica, 2ª edição.

4. Economia financeira sobre a geração de energia remunerada.



Tempo estimado de retorno do investimento: 4 anos

Eletrotrafo Produtos Elétricos Ltda.
Tel. 43 3520 5000
eletrotrafo@eletrotrafo.com.br
www.eletrotrafo.com.br

Lojas
Cornélio Procopio - Tel. 43 3520 5000
Guarapuava - PR - Tel. 42 3629 9800

Londrina - Tel. 43 3294 5000
Pato Branco - PR | Tel. 46 3225 5555
Telêmaco Borba - PR | Tel. 42 3273 7000



5. Potência total de geração instalada: **2136** placas X **410 Wp** = **875,760 kWp**

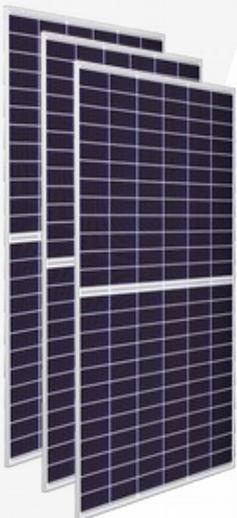
5.1. Especificações de Área e Peso / Descrição dos Produtos.

Área de ocupação do gerador fotovoltaico			5.859 m ²
Peso do gerador fotovoltaico			68.352 Kg
Geração estimada: (desde que instalado voltado para o Norte)			###
Sistema Gerador Solar Fotovoltaico com Potência de 875,760 kWp			contendo:
Qtde.	Unid.	Descrição dos Produtos	Marca
2136	Unid.	Painel solar fotovoltaico 410w 144 células policristalino CS3W-410P	Canadian Solar
03	Unid.	Inversor solar 250KW trif. 800V SG250HX 12 MPPT 24E	Sungrow
8000	Mts.	Cabo Mackflex solar 1,8 kvcc flex 6,0mm ² preto classe 5 NBR NM 280	Cordeiro
8000	Mts.	Cabo Mackflex solar 1,8 kvcc flex 6,0mm ² vermelho classe 5 NBR NM 280	Cordeiro
150	Unid.	Conector elétrico fêmea 53A 4,0-6,0mm ² 1500vcc PV-Plug	Canadian Solar
150	Unid.	Conector elétrico macho 53A 4,0-6,0mm ² 1500vcc PV-Plug	Canadian Solar
107	Kit	Estrutura alumínio naval Biposte p/ 20 placas 40mm retrato p/ solo	PLP Brasil
01	Kit	Cabine Metálica 15KV padrão Copel (Medição e Proteção – Solar)	Eletrafo
01	Pç	Transformador Pedestal 750KVA 15KV 800V YNd1 C/ 3 disj. BT 250A	COMTRAFO

6. Especificações de produtos e serviços.

Projeto, aprovação, mão de obra de instalação do sistema solar e primeira configuração do monitoramento estão inclusos nesta proposta.

O sistema será composto pelos equipamentos e serviços especificados acima.



Eletrafo Produtos Elétricos Ltda.
Tel. 43 3520 5000
eletrafo@eletrafo.com.br
www.eletrafo.com.br

Lojas
Cornélio Procópio - Tel. 43 3520 5000
Guarapuava - PR - Tel. 42 3629 9800

Londrina - Tel. 43 3294 5000
Pato Branco - PR | Tel. 46 3225 5555
Telêmaco Borba - PR | Tel. 42 3273 7000



7. Itens excluídos desta proposta.

- Materiais para adequações de redes da distribuidora;
- Adequação da entrada de energia (localização, sistema de proteção, etc);
- Monitoramento remoto da usina;
- Seguros relacionados à obra;
- Armazenagem do equipamento;
- Qualquer outro item necessário não incluso nesta proposta;
- Cabos para conexões MT entre transformador e cabine;
- Cabos de alimentação CA do sistema gerador solar.

Obs: Qualquer produto ou serviço não incluso nessa proposta, o custeio será de responsabilidade do cliente.

8. Prazo de Entrega.

O prazo regulatório de entrega do sistema fotovoltaico é de até 120 dias, a partir da implantação/ aprovação do projeto.

9. Local de Instalação.

Os módulos fotovoltaicos serão instalados em área de Solo, visando obter o melhor ponto de irradiação solar para geração de energia elétrica renovável. Caso haja interesse em outro local de instalação, favor solicitar um orçamento personalizado.

10. Data Base / Câmbio.

O preço indicado nesta proposta tem como data base o mês de dezembro de 2020. Variações ptax poderão ser repassadas no fechamento do pedido, a mesma é válida por 10 dias.

11. Garantia Contra Defeitos de Fabricação pelo fabricante/importador:

Painel Fotovoltaico:  **CanadianSolar**

- 25 anos de garantia de produção de energia
- 10 anos de garantia contra defeito de fabricação nos módulos fotovoltaicos
- Classificação "A" do Inmetro
- Certificações internacionais TUV, UL IEC e VDE

Inversor:   **CanadianSolar**

- 5 anos contra defeito de fabricação

SUNGROW
Clean power for all

ASSISTÊNCIA TÉCNICA AUTORIZADA



Eletrotrafo Produtos Elétricos Ltda.
Tel. 43 3520 5000
eletrotrafo@eletrotrafo.com.br
www.eletrotrafo.com.br

Lojas
Cornélio Procópio - Tel. 43 3520 5000
Guarapuava - PR - Tel. 42 3629 9800

Londrina - Tel. 43 3294 5000
Pato Branco - PR | Tel. 46 3225 5555
Telêmaco Borba - PR | Tel. 42 3273 7000



GRUPO
COMTRAFO

COMTRAFO TRANSFORMADORES S.A. - Acesse: www.comtrafo.com.br

12. Valor total desta cotação:

Valor para pagamento à vista	R\$ 3.928.170,00	Três milhões, novecentos e vinte e oito mil, cento e setenta reais.	
Consumo Mensal Médio kWh	Valor Médio Mensal R\$	Valor a Pagar Mensal R\$	Economia Mensal R\$
114.000	R\$ 81.957,20	R\$ 19.850,00	R\$ 62.107,20
Simulação para pagamento c/ juros aproximados de 1% ao mês	Parcela do financiamento R\$	Economia mensal da fatura R\$	Valor Complementar
60 Parcelas de	R\$ 87.379,97	R\$ 62.107,20	R\$ 25.272,77
COMPARATIVO – FINANCIAMENTO X ECONOMIA EM ANOS			
ANOS	FINANCIAMENTO	ECONOMIA NA FATURA	SALDO 12 MESES
1º ano	R\$ 1.048.559,66	R\$ 745.286,40	-R\$ 303.273,26
2º ano	R\$ 1.048.559,66	R\$ 812.362,18	-R\$ 236.197,49
3º ano	R\$ 1.048.559,66	R\$ 885.474,77	-R\$ 163.084,89
4º ano	R\$ 1.048.559,66	R\$ 965.167,50	-R\$ 83.392,16
5º ano	R\$ 1.048.559,66	R\$ 1.052.032,58	R\$ 3.472,91
*Financiamento de Energia Solar sujeito a análise de crédito.		*O valor da parcela poderá sofrer alteração no momento da contratação.	
Opcional: Contrate o seguro das placas fotovoltaicas por 1 ano em 4 parcelas			

Lembrando que esta é uma proposta de consulta prévia. Para estudos mais exatos, precisamos dos dados completos para dimensionar o tamanho e a viabilidade do sistema. Preços, produtos e serviços poderão sofrer alterações após detalhamento técnico em função da formatação e instalação do sistema.

A presente proposta tem validade de 10 (Dez) dias a partir de sua data de emissão ou enquanto durarem os estoques a que a mesma se refere.

A fim de prestar o melhor serviço e garantir a satisfação de nossos clientes, a ELETROTRAFOS PRODUTOS ELÉTRICOS LTDA. coloca-se à disposição para esclarecimentos.

Atenciosamente,

Raimundo Minato
Diretor Comercial
r.minato@eletrotrafo.com.br

Rodrigo Henrique
Gerente de Vendas Solar
solar1@eletrotrafo.com.br

Comprador,

TERMO DE COMPROMISSO E ACEITE DE PROPOSTA

Assinatura: _____

Responsável: _____

CPF: _____ RG: _____

E-mail: _____

Data: _____



HiDM

High density MONO PERC module

400W~420W

CS1U-400 | 405 | 410 | 415 | 420MS

MORE POWER



Maximize the light absorption area, module efficiency up to 20.4 %



Low temperature coefficient (Pmax): -0.37 % / °C



Better shading tolerance

MORE RELIABLE



Lower internal current, lower hot spot temperature



Cell crack risk limited in small region, enhance the module reliability



Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa*



enhanced product warranty on materials and workmanship*



linear power output warranty*

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system

ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system

OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / KS / INMETRO

IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE

UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



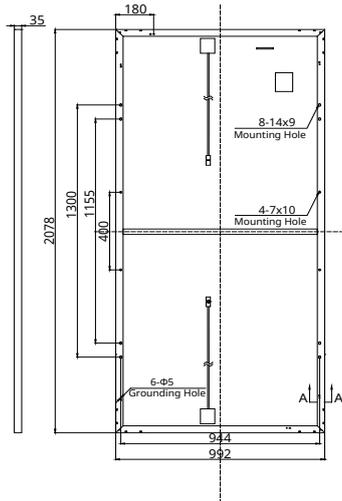
As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.

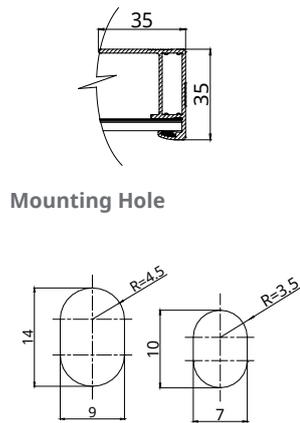
* For detail information, please refer to Installation Manual.

ENGINEERING DRAWING (mm)

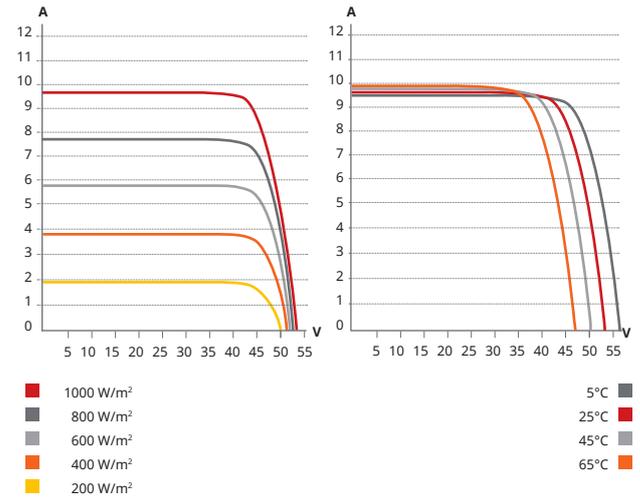
Rear View



Frame Cross Section A-A



CS1U-405MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS1U	400MS	405MS	410MS	415MS	420MS
Nominal Max. Power (Pmax)	400 W	405 W	410 W	415 W	420 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	44.1 V	44.3 V	44.5 V	44.7 V	44.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.08 A	9.16 A	9.23 A	9.30 A	9.37 A
Open Circuit Voltage (Voc)	53.4 V	53.5 V	53.6 V	53.7 V	53.8 V
Short Circuit Current (Isc)	9.60 A	9.65 A	9.70 A	9.75 A	9.80 A
Module Efficiency	19.4%	19.6%	19.9%	20.1%	20.4%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC) or 1000V (IEC)				
Module Fire Performance	CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	15 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ + 10 W				

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS1U	400MS	405MS	410MS	415MS	420MS
Nominal Max. Power (Pmax)	296 W	300 W	304 W	307 W	311 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	40.8 V	41.0 V	41.2 V	41.4 V	41.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.26 A	7.32 A	7.37 A	7.43 A	7.48 A
Open Circuit Voltage (Voc)	49.9 V	50.0 V	50.1 V	50.2 V	50.3 V
Short Circuit Current (Isc)	7.75 A	7.79 A	7.83 A	7.87 A	7.91 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Dimensions	2078 × 992 × 35 mm (81.8 × 39.1 × 1.38 in)
Weight	23.4 kg (51.6 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 4 bypass diodes
Cable	4.0 mm ² (IEC)
Cable length (Including connector)	1000 mm (39.4 in) (+) and 640 mm (25.2 in) (-) *; leap-frog connection: 1780 mm (70.1 in)**
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	660 pieces

* Adjacent two modules (portrait: left and right modules, landscape: up and down modules) need to be rotated 180 degrees.

** Need to confirm with the tracker suppliers there are no mounting or operation risks when cables go across the torque tube and bearing house.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	43±3 °C

PARTNER SECTION



The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

SG250HX Novo

SUNGROW

Clean power for all

Inversor string de múltiplos MPPTs para sistema de 1.500 Vcc



ALTO RENDIMENTO

- 12 MPPTs com máxima eficiência 99%
- Compatível com módulo bifacial
- Função anti-PID integrada e PID recovery

BAIXO CUSTO

- Compatível com cabos CA de Al e Cu
- Conexão CC 2 em 1 ativada
- Comunicação de linha de energia (PLC)
- Opcional Função Q noturna

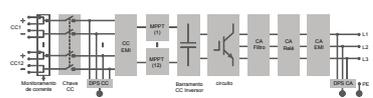
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO INTELIGENTES

- Atualização de firmware remota e comissionamento sem toque
- Varredura e diagnóstico da curva IV online*
- Design sem fusíveis com monitoramento de corrente de string inteligente

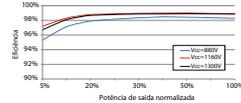
SEGURANÇA COMPROVADA

- IP66 e grau anticorrosivo C5
- Dispositivo de proteção contra surtos (DPS) tipo II para CC e para CA
- Compatível com segurança e código de rede globais

DIAGRAMA DO CIRCUITO

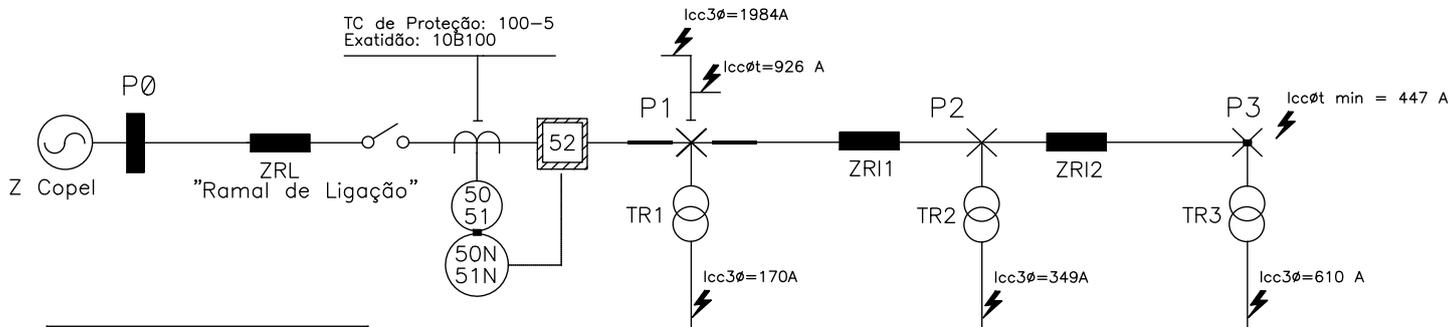


CURVA DE EFICIÊNCIA



Descrição do tipo	SG250HX
Entrada (CC)	
Tensão máxima de entrada FV	1.500 V
Tensão mínima de entrada FV / Tensão de entrada de inicialização	600 V / 600 V
Tensão nominal de entrada FV	1.160 V
Intervalo de tensão MPP	600 V - 1.500 V
Intervalo de tensão MPP para potência nominal	860 V - 1.300 V
Nº de entradas MPP independentes	12
Número máximo de strings FV por MPPT	2
Corrente de entrada máxima FV	26 A*12
Corrente máxima do conector de entrada	30 A
Corrente máxima de CC de curto-circuito	50 A*12
Saída (CA)	
Potência de saída CA	250 kVA a 30 °C / 225 kVA a 40 °C/200 kVA a 50°C
Corrente de saída CA máxima	180,5 A
Tensão CA nominal	3 / PE, 800 V
Intervalo de tensão CA	680 - 880V
Frequência nominal da rede / Faixa de frequência da rede	50 Hz / 45 - 55 Hz, 60 Hz / 55 - 65 Hz
THD	< 3 % (em potência nominal)
Injeção de corrente CC	< 0,5 % In
Fator de potência em potência nominal / Fator de potência ajustável	> 0,99/0,8 adiantado - 0,8 atrasado
Fases de alimentação / fases de conexão	
	3 / 3
Eficiência	
Eficiência máxima	99,0 %
Eficiência europeia	98,7 %
Proteção	
Proteção de conexão CC reversa	Sim
Proteção contra curto-circuito CA	Sim
Proteção contra corrente de fuga	Sim
Monitoramento de rede	Sim
Monitoramento de falha de aterramento	Sim
Interruptor CC	Sim
Interruptor CA	Não
Monitoramento de corrente da string FV	Sim
Função Q noturna	Sim
Proteção PID	Recuperação anti-PID ou PID
Proteção de sobretensão	DPS CC tipo II / CA tipo II
Dados gerais	
Dimensões (L*W*P)	1.051*660*363 mm
Peso	95 kg
Método de isolamento	Sem transformador
Grau de proteção contra intrusão	IP66
Consumo de energia à noite	< 2 W
Intervalo da temperatura ambiente operacional	-30 a 60 °C
Faixa de umidade relativa permitida (sem condensação)	0 - 100 %
Método de resfriamento	Resfriamento de ar forçado inteligente
Altitude máxima de operação	4.000 m (redução de potência a > 3.000 m)
Visor	LED, Bluetooth+aplicativo
Comunicação	RS485 / Opcional: PLC
Tipo de conexão CC	MC4 (máx. 6 mm²)
Tipo de conexão CA	Terminal OT (máx. 300 mm²)
Conformidade	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, IEC 61000-6-3, EN 50438, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013, UL1741, UL1741SA, IEC61547, IEC61547.1, CSA C22.2 107.1-01-2001, FCC Part15 Sub-part B Class A Limits, California Rule 21
Suporte à rede	Função Q noturna, LVRT, HVRT, controle de potência ativa e reativa e controle de taxa de rampa de potência

*: Compatível apenas com logger Sungrow e iSolarCloud



Informações Copel			
Ponto Entrega	Z1 = 0,9205 + j 1,8915 pu		
	Z0 = 1,7577 + j 9,2741 pu		
Icc3φ	1989 A		
Iccφφ	1722 A		
Iccφt	927 A		
Iccφt min	---		
RA	Marca	COOPER	
	Modelo	NOVA F6	
Fase:	Corrente	400A	Curva 201
Mult.	0,3	Add. ---	
Neutro:	Corrente	25A	Curva 201
Mult.	1,0	Add. ---	SEF=7s

Informações Cliente			
Trafos			
P1	TR1	150kVA - 220/127V - Z=3,38%	
P2	TR2	500kVA - 380/220V - Z=5,0%	
P3	TR3	1000kVA - 380/220V - Z=4,81%	
Cabos			
MT	ZRL	4x35mm ² -12/20kV - 18 m	
MT	ZRI1	4x35mm ² -12/20kV - 62 m	
MT	ZRI2	4x35mm ² -12/20kV - 90 m	

ROO	20/12/16	RAPHAEL	ESTEVO	HALISSON	
REV	DATA	RESP.	PROJ.	DES.	VISTO

PROP.:	COMTRAFO INDÚSTRIA DE TRANSFORMADORES S/A
OBRA:	AUMENTO DE CARGA 950KVA PARA 1650KVA
END.:	CHÁCARA PARAISO, S/N

DESCRIÇÃO:
- DIAGRAMA DE IMPEDÂNCIAS



AV. DR. FRANCISCO LACERDA JR., 1551
FONE/FAX: (43) 3520-5000
CNP: 06800-000-CORNÉLIO PROCÓPIO-PR
E-mail: engenharia@eletrotrafo.com.br

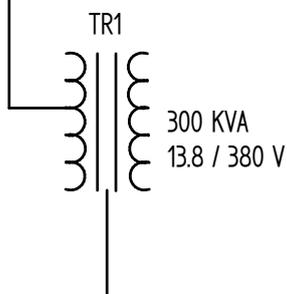
RAPHAEL MINATO
Engenheiro Eletricista
CREA-PR 93.222/D

CIDADE: CORNÉLIO PROCÓPIO-PR
DATA: 20/12/2016 ESC.: INDICADA
PROJETISTA: ESTEVO S. MUSSI JUNIOR
DESENHISTA: HALISSON AUGUSTO

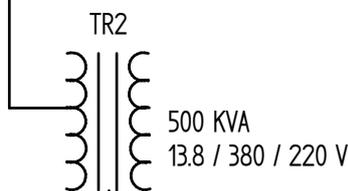
PRANCHA:
01/01



ENTRADA 13,8 ALTA TENSÃO



PRÉDIO ADMINISTRATIVO
QDG 1 - 380V



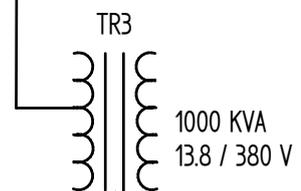
QDG 5 - 220V
CALDEIRARIA

BANCO CAPACITOR
225 KVAR - 380V

QDG 2 - 380V
CALDEIRARIA

QDG 3 - 380V
JATO GRANALHA

QDG 4 - 220V
SERVICE



QDG 9 - 380V
ESTUFAS -TF

QDG 10 - 380V
VAPOR PHASE

QDG 11 - 380V
TRATAMENTO ÓLEO

QDG 12 - 380V
BOBINAGEM TF

QDG 13 - 380V
EXPEDIÇÃO TF

BANCO CAPACITOR
110KVAR - 380V

QDG 6 - 380V
TRAFÓ DE FORÇA

QDG 7 - 380V
LABORATÓRIO TF

QDG 8 - 380V
PINTURA

		NOME	DATE	Solid Edge
PROJETO	Clebervan V. Ferreira	11/2020		
MONTADOR				TITLE
ENG APPR	Martin Klos			PROJETO UNIFILAR F2
FOLHA	1	REV.	0	

Mercado

Ações Bovespa
Cotações e Índices

A + A -

Publicações

Boletim Diário
 Cenário América Latina
 Cenário Econômico
 Cenário Setorial
 Destaque Depec
 Semana em Foco

Monitores

Apresentações Depec
 Boletim de Investimentos
 Notícias
 Regional
 Relatório Focus
 Setorial

Projeções

Curto Prazo
 Longo Prazo

Vídeos**Quem Somos****Institucional**

Conteúdo RSS
 Glossário
 Termo de uso

Projeções Bradesco Longo Prazo

Quadro síntese com as principais projeções econômicas de longo prazo elaboradas pela equipe econômica do Bradesco. Entre os indicadores, podemos destacar dólar, PIB, inflação, Contas Fiscais e Contas Externas. Edições disponíveis em português e inglês



Atualizado em: 2021-03-31 00:00:00.0

	2016	2017	2018	2019	2020	2021*	2022*	2023*	2024*	2025*
ATIVIDADE										
Crescimento Real do PIB (% aa.)	-3.28	1.32	1.80	1.41	-4.10	3.30	2.00	3.00	3.00	3.00
Agropecuária (%)	-5.20	14.20	1.30	0.63	2.00	2.00	1.80	3.50	3.50	3.50
Indústria (%)	-4.60	-0.50	0.70	0.37	-3.50	5.00	1.90	3.00	3.00	3.00
Serviços (%)	-2.30	0.80	2.10	1.66	-4.50	2.90	2.00	3.00	3.00	3.00
PIB Nominal (R\$ bilhões)	6,269.3	6,585.5	7,004.1	7,407.0	7,447.9	8,173.6	8,728.7	9,390.8	10,079.3	10,818.2
População - milhões	206.08	207.66	209.19	210.66	212.08	213.44	214.75	216.00	217.19	218.33
PIB per capita - R\$	30,422	31,713	33,483	35,161	35,119	38,295	40,647	43,476	46,407	49,550
Vendas no varejo - Restrita (%)	-6.20	2.00	2.30	1.90	1.20	5.40	2.20	3.20	3.20	3.20
Produção Industrial (%)	-6.40	2.50	1.00	-1.10	-4.50	6.00	1.90	3.00	3.00	3.00
Taxa de desemprego (% - média) - Pnad Contínua	11.50	12.70	12.26	11.90	13.20	14.70	14.20	14.00	13.80	13.60
Taxa de Crescimento da Massa Salarial - IBGE (%)	-4.07	2.55	2.66	2.50	-3.00	6.40	3.53	3.22	3.22	3.22
Rendimento médio real - IBGE (%)	-2.29	2.60	1.20	0.60	4.30	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00
INFLAÇÃO E JUROS										
IPCA (IBGE) - % aa.	6.29	2.95	3.75	4.31	4.52	5.04	3.50	3.25	3.00	3.00
IGP-M (FGV) - % aa.	7.17	-0.52	7.54	7.30	23.14	12.01	4.10	3.80	3.50	3.50
Taxa Selic Meta (% aa.)	13.75	7.00	6.50	4.50	2.00	5.25	6.25	7.50	7.50	7.50
CDI (% aa.) - Taxa dezembro	13.63	6.99	6.40	4.59	1.90	5.15	6.15	7.40	7.40	7.40
Taxa Selic nominal (acumulado 12 meses) %	14.03	9.96	6.42	5.95	2.76	3.73	5.76	6.80	7.46	7.43
Taxa Selic real / IPCA (acumulado 12 meses) %	7.28	6.81	2.58	1.57	-1.68	-1.25	2.18	3.44	4.33	4.30
Taxa Selic real / IGP-M (acumulado 12 meses) %	6.40	10.53	-1.04	-1.27	-16.55	-7.40	1.60	2.89	3.82	3.79
TJLP (% aa.) - acumulado no ano	7.50	7.12	6.72	6.20	4.87	5.55	5.80	5.80	5.80	5.80
EXTERNO E CÂMBIO										
Câmbio (R\$/US\$) - (Média Ano)	3.49	3.19	3.65	3.95	5.15	5.63	5.60	5.67	5.74	5.79
Câmbio (R\$/US\$) - (Final de período)	3.26	3.31	3.87	4.03	5.20	5.60	5.60	5.67	5.72	5.78
Exportações (em US\$ Bilhões)	184.31	218.07	239.54	225.82	210.67	246.15	269.22	247.45	259.82	272.81
Importações (em US\$ Bilhões)	139.68	154.11	186.49	185.35	167.44	178.65	198.80	200.40	210.42	220.95
Balança Comercial (em US\$ Bilhões)	44.63	63.96	53.05	40.47	43.23	67.51	70.42	47.04	49.40	51.87
Saldo em Trans. Correntes (% do PIB)	-1.35	-0.73	-2.17	-2.70	-0.86	0.24	-0.17	-1.50	-1.48	-1.46
Saldo em Trans. Correntes (US\$ bilhões)	-24.23	-15.01	-41.54	-50.70	-12.52	3.42	-2.72	-24.81	-26.05	-27.35
Reservas Internacionais (em US\$ bilhões)	372.22	381.97	386.96	356.88	353.31	359.67	366.14	372.73	379.44	386.27
Investimento Direto no País (em US\$ bilhões)	74.29	68.89	78.16	69.17	34.17	49.00	57.30	64.30	66.23	68.22
Resultado Primário (% do PIB) - Fim do período	-2.48	-1.68	-1.55	-0.84	-9.44	-3.00	-1.83	-1.18	-0.65	-0.11

Usamos cookies pra oferecer a melhor experiência e analisar o uso de nosso site, direcionar conteúdos e anúncios personalizados e facilitar a navegação de forma segura. Para mais informações, consulte nossa [Diretiva de Privacidade](#).

Fechar

CRÉDITO

Crédito Geral (Cresc. em % aa.)	-3.46	-0.40	5.14	6.50	15.66	7.95	9.23	9.79	9.95	10.12
Índice de Inadimplência Pessoa Física (em %)	6.05	5.23	4.79	5.01	4.16	5.00	4.80	4.50	4.50	4.50
Índice de Inadimplência Pessoa Jurídica (em %)	5.17	4.52	2.73	2.12	1.45	2.20	2.00	1.80	1.80	1.80
Crédito Livres total (Cresc. em % aa.)	-4.86	1.92	10.90	14.02	16.71	11.79	12.00	12.73	12.78	12.83

As projeções econômicas do Depec são reavaliadas todo início de mês.

Em momentos de maior volatilidade, o grau de incerteza e a margem de erro se elevam, especialmente entre períodos de revisão. As projeções refletem a premissa de que os ajustes necessários para a economia serão feitos nos próximos anos. Caso os ajustes não se confirmem, ou sejam ainda melhores do que o esperado, pode haver grande alteração nas projeções do cenário.

Última atualização do cenário: 2021-03-31 00:00:00.0

Download das projeções [XLS \(10 kb\)](#)

Para visualizar e imprimir arquivos em formato PDF é necessário que você tenha o aplicativo Adobe Reader instalado em seu computador.

[Voltar](#) [Topo](#)

Acompanhe:

Outros Sites

Fone Fácil Bradesco

Capitais e regiões metropolitanas 4002 0022

Demais localidades 0800 570 0022

Acesso do exterior 55 11 4002 0022

[Fale Conosco](#)

SAC - Serviço de Atendimento ao Consumidor

SAC - Alô Bradesco 0800 704 8383

Deficiência auditiva/fala 0800 722 0099

[Demais SAC](#)

Ouvidoria 0800 727 9933

[Portal do Consumidor - PROCONS](#)

[Sistema de Informação ao Crédito](#)

[Crédito Responsável](#)

[Código de Defesa do Consumidor](#)

[Diretivas de Privacidade](#)

[Lei Geral de Proteção de Dados](#)

[Banco Bradesco SA](#)
CNPJ: 60.746.948.0001-12

[Endereço da Sede](#)
Cidade de Deus, s/nº, Vila Yara, Osasco, SP
CEP: 06029-900

[Consumidor.gov.br](#)
[Endereço na Internet](#)
[www.economiaemdia.com.br](#)

Usamos cookies pra oferecer a melhor experiência e analisar o uso de nosso site, direcionar conteúdos e anúncios personalizados e facilitar a navegação de forma segura. Para mais informações, consulte nossa [Diretiva de Privacidade](#).

Fechar