

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

REGINA RAVAZI DA CÂMARA

**AMBIENTE DE SIMULAÇÃO PARA VERIFICAR A VIABILIDADE
DE ADESÃO DA TARIFA BRANCA**

São Leopoldo

2019

REGINA RAVAZI DA CÂMARA

**AMBIENTE DE SIMULAÇÃO PARA VERIFICAR A VIABILIDADE
DE ADESÃO DA TARIFA BRANCA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica, pelo Curso de
Engenharia Elétrica da Universidade do
Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador: Prof. Me. Armando Leopoldo Keller

São Leopoldo
2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente.

Aos meus pais Andréa e Honorato.

A minha tia Neidy.

Ao meu marido Gelso Júnior.

Ao professor e orientador Armando, e aos demais professores e colegas.

RESUMO

A partir da Resolução Normativa 733/2016 da ANEEL, foi instituída a nova modalidade tarifária para consumidores de baixa tensão, denominada Tarifa Branca, que entrou em vigor a partir do dia primeiro de janeiro de 2018, como uma opção para unidades com consumo superior ou igual a 500 kWh/mês, com previsão de disponibilidade para todos os consumidores a partir de janeiro de 2020. Surge então uma dúvida pertinente aos consumidores que se enquadram no programa: Como saber se o consumidor será beneficiado ao aderir esta nova modalidade tarifária? Este trabalho tem como objetivo descrever o desenvolvimento de uma ferramenta de simulação para auxiliar o consumidor nesta tomada de decisão. Esta ferramenta foi elaborada através do software Microsoft Excel® e linguagem de programação Python. A solução desenvolvida recebe as informações de consumo do usuário e calcula o valor da fatura deste consumidor para ambas tarifas branca e convencional. Se a adesão à tarifa branca apresentar maior vantagem financeira, o percentual de economia é apresentado ao consumidor, caso contrário, é indicado a realização de mudanças de hábitos de consumo, alterando o horário de utilização de determinados equipamentos. São apresentados os gráficos da curva de carga do consumo diário sem a alteração, e com alteração do horário de utilização das cargas. Foram analisados três perfis de consumo utilizando a ferramenta desenvolvida. O Caso A apresentou um percentual de economia de 4,7% utilizando a tarifa branca após a modificação do horário de utilização de determinados equipamentos. O Caso B apresentou um percentual de economia de 3,1% sem a necessidade de realocação das cargas. O Caso C não apresentou economia utilizando a tarifa branca. A ferramenta desenvolvida apresentou fácil comunicação com o usuário, e mostrou-se eficiente para auxiliá-lo a decidir pela mudança na sua modalidade tarifária.

Palavras-chave: Tarifa Branca. Plataforma de Simulação. Python

ABSTRACT

Based on ANEEL Normative Resolution 733/2016, the new tariff modality for low voltage consumers, called White Tariff, was instituted, which entered into force on January 1, 2018, as an option for units with higher or lower consumption. equal to 500 kWh / month, expected to be available to all consumers from January 2020. A pertinent question then arises for consumers who fall under the program: How to know if the consumer will benefit from joining this new tariff modality? This paper aims to describe the development of a simulation tool to assist the consumer in this decision making. This tool was developed using Microsoft Excel® software and Python programming language. The developed solution receives the user's consumption information and calculates this consumer's invoice value for both white and conventional tariffs. If adherence to the white tariff has greater financial advantage, the percentage of savings is presented to the consumer, otherwise it is indicated to make changes in consumption habits, changing the time of use of certain equipment. The graphs of the daily consumption load curve are shown without change, and with change in the load utilization time. Three consumption profiles were analyzed using the developed tool. Case A presented a savings percentage of 4.7% using the white rate after the modification of the time of use of certain equipment. Case B presented a savings percentage of 3.1% without the need for load reallocation. Case C showed no savings using the white tariff. The developed tool presented easy communication with the user, and proved efficient to help him to decide on the change in his tariff modality.

Keywords: White tariff. Simulation Platform. Python.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Disposição dos Postos Tarifários em 24 horas	16
Figura 2 - Possibilidades de Alteração da Curva de Carga.....	17
Figura 3 - Tarifa Branca <i>versus</i> Tarifa Convencional	21
Figura 4 - Relação Monetária: Tarifa Branca <i>versus</i> Tarifa Convencional	22
Figura 5 - Curva de Carga: Geladeira	27
Figura 6 - Curva de Carga: Ar Condicionado	28
Figura 7- Fluxograma Geral	33
Figura 8 - Fluxograma A: Leitura e Organização de Dados	34
Figura 9 - Fluxograma B: Composição da Tarifa Convencional	35
Figura 10 - Fluxograma C: Composição da Tarifa Branca	37
Figura 11 - Fluxograma D: Comparação entre Tarifa Branca e Tarifa Convencional	38
Figura 12 - Fluxograma E: Alteração do Horário de Utilização dos Equipamentos...	39
Figura 13 - Fluxograma F: Composição da Tarifa Branca com Alterações	41
Figura 14 - Fluxograma G: Apresentação das Curvas de Carga.....	42
Figura 15 - Entrada de Dados: Equipamentos	43
Figura 16 - Entrada de Dados: Utilização.....	44
Figura 17 - Entrada de dados: Tarifas.....	44
Figura 18 - Equipamentos: Caso A	45
Figura 19 - Horário de Utilização: Caso A	46
Figura 20 - Simulação: Caso A.....	47
Figura 21 - Curvas de Carga: Caso A	47
Figura 22 - Equipamentos: Caso B	48
Figura 23 - Horário de Utilização: Caso B	49
Figura 24 - Simulação: Caso B.....	50
Figura 25 - Curva de Carga: Caso B	50
Figura 26 - Equipamentos: Caso C	51
Figura 27 - Horário de Utilização: Caso C.....	52
Figura 28 - Simulação: Caso C	53
Figura 29 - Curva de Carga: Caso C.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva de Carga	25
Gráfico 2 - Curva de Carga Horária (MWh/h).....	26
Gráfico 3 - Valor da Fatura por Tarifa Aplicada	54
Gráfico 4 - Percentual de Economia utilizando a Tarifa Branca	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Feriados definidos em ANEEL (2010a)	15
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes da Tarifa Convencional	19
Tabela 2 - Componentes da Tarifa Branca	19
Tabela 3 - Componentes da Tarifa Branca considerando tributos	19
Tabela 4 - Bandeiras Tarifárias	20
Tabela 5 - Valor das Tarifas por Modalidade.....	23
Tabela 6 - Equipamentos Residenciais	24

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEEE-D	Companhia Estadual de Energia Elétrica - Distribuição
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GLD	Gerenciamento pelo Lado da Demanda
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
kV	Quilo Volt
kWh	Quilo Watt hora
MWh	Mega Watt hora
ONS	Órgão Nacional do Sistema Elétrico
PIS	Programa de Integração Social
PROCEL	Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica
PRODIST	Procedimento de Distribuição
PRORET	Procedimento de Regulações Tarifárias
R\$/kWh	Reais por Quilo Watt hora
RGE	Rio Grande Energia
TE	Tarifa de Energia
TOU	<i>Time of Use</i>
TUSD	Tarifa por uso do Sistema de Distribuição
W	Watt
kz	Fator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Classificação das Unidades de Consumo	14
2.2 Postos Tarifários	15
2.2.1 Posto Tarifário Ponta.....	15
2.2.2 Posto Tarifário Intermediário:	15
2.2.3 Posto Tarifário Fora de Ponta:	16
2.3 Gerenciamento pelo Lado da Demanda	16
2.4 Estrutura Tarifária	18
2.4.1 Componentes da Tarifa	18
2.4.2 Bandeiras Tarifárias	19
2.5 Modalidades Tarifárias	20
2.5.1 Tarifa Convencional.....	20
2.5.2 Tarifa Branca	20
2.5.3 Fator kz	22
2.6 Medidores de Energia	23
2.7 Identificação e Caracterização das Principais Cargas Residenciais	23
2.7.1 Deslocamento da Curva de Carga	26
2.7.2 Geladeiras e Climatizadores de Ar	26
2.8 Tarifa Horária em outros Países	29
2.9 Trabalhos Correlatos	30
3 METODOLOGIA	31
3.1 Entrada de Dados	31
3.2 Simulação	32
3.2.1 Leitura e Organização de Dados.....	33
3.2.2 Composição da Tarifa Convencional.....	35
3.2.3 Composição da Tarifa Branca	35
3.2.4 Comparação entre Tarifa Branca e Tarifa Convencional.....	38
3.2.5 Alteração do Horário de Utilização dos Equipamentos	39
3.2.6 Composição da Tarifa Branca com Alterações de Horário.....	40
3.2.7 Apresentação das Curvas de Carga	41
3.3 Validação do Sistema	42

4 SISTEMA PROPOSTO	43
5 ESTUDO DE CASO	45
5.1 Caso A.....	45
5.2 Caso B.....	48
5.3 Caso C.....	51
5.4 Análise dos Resultados	54
5.4.1 Análise dos Dados de Entrada	56
6 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Conforme mencionado em Silva (2018, p. 1), “O nível de desenvolvimento de um país pode ser mensurado através de um indicador principal: o consumo energético”. Para atender à demanda de consumo energético do Brasil, é necessária uma infraestrutura robusta e dinâmica, que garanta o equilíbrio entre geração disponível e demanda requerida. Este equilíbrio, atualmente, acontece prioritariamente pelo lado da geração, integrando ao sistema elétrico fontes de energia: renováveis (eólica, fotovoltaicas e biomassa) e não renováveis (termoelétricas).

Neste contexto, origina-se a proposta de gerenciamento da energia pelo lado da demanda, a qual é aplicada para o grupo consumidor de alta tensão desde 1985, porém para o setor de baixa tensão a proposta é recente. (SILVA, 2018). Segundo Baptista (2016), este fato acarreta maior concentração do consumo de energia em horários específicos. E em consequência disso, maiores despesas para a distribuidora, em função da necessidade de expansão do sistema.

Para as unidades consumidoras de baixa tensão, é ofertada a modalidade tarifária horária branca, ou simplesmente Tarifa Branca, cuja Resolução Normativa nº 414/2010 da Agência Nacional de Engenharia Elétrica (ANEEL) define variação do valor da energia elétrica em função do horário de consumo, sendo este dividido em horário de ponta, intermediário e fora de ponta, de modo que o consumidor é incentivado a diminuir o consumo em horários de ponta, melhorando a eficiência do sistema elétrico em horários em que a energia é mais demandada. (CUNHA, 2018).

A Tarifa Branca pode ser uma boa aliada ao consumidor, garantindo benefícios financeiros imediatos. Porém, deve ser analisada com cautela, pois se esta for adotada de maneira equivocada, pode trazer grandes prejuízos. O grande problema é a falta de conhecimento técnico dos consumidores para fazer a avaliação, pois podem encontrar dificuldades para realizar a análise de equipamentos como geladeira, freezer e ar condicionado, pois possuem diferentes estágios de consumo ao longo do dia. (ZULUAGA, 2018).

Este trabalho tem como objetivo a descrição da elaboração de uma plataforma de simulação que permite ao usuário a inserção de dados de cargas e tempo de utilização dos equipamentos de sua residência. A expectativa é que esta

plataforma verifique se há necessidade de realocação de cargas em função do tempo. Esperam-se as seguintes respostas da plataforma de simulação:

- a) sugestões de mudanças de hábitos do usuário, se necessário;
- b) resposta: positiva ou negativa, para adesão à Tarifa Branca.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um algoritmo que auxilia o consumidor quanto à decisão de troca de tarifa, realizando uma comparação entre a Tarifa Convencional e a Tarifa Branca.

Para uma melhor compreensão do trabalho, este está dividido em seis capítulos:

Capítulo 1 – Introdução: Definição do tema, contextualização do problema, proposta para solucionar o problema, o alcance do projeto, o objetivo e a justificativa, destacando a motivação e importância desta pesquisa.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: Apresenta uma síntese da fundamentação teórica do assunto descrito, disponibilizando o necessário para uma boa compreensão deste trabalho, descrevendo, também, estudos realizados recentemente com o mesmo objetivo.

Capítulo 3 – Metodologia: Descreve as ferramentas de simulação utilizadas e as etapas necessárias para elaboração do sistema proposto.

Capítulo 4 – Sistema Proposto: Neste capítulo é apresentado o sistema desenvolvido.

Capítulo 5 – Estudo de Caso: Neste capítulo foi realizado um estudo de caso utilizando o sistema proposto, com objetivo de avaliar a metodologia aplicada para desenvolvimento do trabalho. São apresentados os resultados obtidos e a análise destes resultados.

Capítulo 6 – Conclusão: Realiza análise do trabalho, verificando coerência entre os objetivos do trabalho, sistema proposto e resultados obtidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentados os conceitos básicos necessários para a compreensão deste trabalho. Os assuntos abordados são: classificação das unidades de consumo, definição de postos de horários, gerenciamento pelo lado da demanda, modalidades tarifárias, estrutura tarifária, medidores de energia, identificação e caracterização das principais cargas residências, tarifas diferenciadas em outros países e trabalhos correlatos.

2.1 Classificação das Unidades de Consumo

Conforme ANEEL (2010b), as unidades consumidoras são classificadas em dois grupos: grupo A e grupo B.

O grupo A é composto pelas unidades atendidas em alta tensão, igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição de tensão secundária, é caracterizado pela tarifa binômia. (ANEEL, 2010b). Este grupo é dividido em 6 subgrupos:

- a) Subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- b) Subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- c) Subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- d) Subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- e) Subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- f) Subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição. (ANEEL, 2010a, p. 5).

O grupo B é composto pelas unidades atendidas em baixa tensão, inferior a 2,3 kV, no qual enquadram-se as residências, lojas comerciais e iluminação pública, é caracterizado pela tarifa monômia. Este grupo é dividido em 4 subgrupos:

- a) Subgrupo B1 – Residencial e residencial de baixa renda;
- b) Subgrupo B2 – Rural;
- c) Subgrupo B3 – Demais classes;
- d) Subgrupo B4 – Iluminação pública. (ANEEL, 2010a, p. 5).

Conforme o Balanço Energético Nacional de 2018, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2018), com base no ano de 2017, as unidades consumidoras residenciais correspondem a 9,7% do consumo nacional, com um aumento de 0,5 % em relação ao ano anterior.

2.2 Postos Tarifários

Conforme ANEEL (2010a), postos tarifários são períodos predefinidos pela concessionária de energia e aprovados pela ANEEL para toda a área de concessão, que são utilizados na aplicação das tarifas de forma diferenciada ao longo do dia. Para estabelecer estes períodos, a concessionária deve levar em consideração a curva de carga da região atuante. As revisões desses períodos podem ser realizadas a cada cinco anos.

Os postos tarifários são definidos como: posto tarifário ponta, intermediário e fora de ponta.

2.2.1 Posto Tarifário Ponta

É o período de 3 horas consecutivas diárias definidas pela distribuidora, exceto para fins de semana e feriados definidos em ANEEL (2010a), apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Feriados definidos em ANEEL (2010a)

Dia do mês	Feriados Nacionais
01 de janeiro	Confraternização Universal
21 de abril	Tiradentes
01 de maio	Dia do Trabalho
07 de setembro	Independência
12 de outubro	Nossa Senhora Aparecida
02 de novembro	Finados
15 de novembro	Proclamação da República
25 de dezembro	Natal

Fonte: Adaptado de ANEEL (2010a).

2.2.2 Posto Tarifário Intermediário:

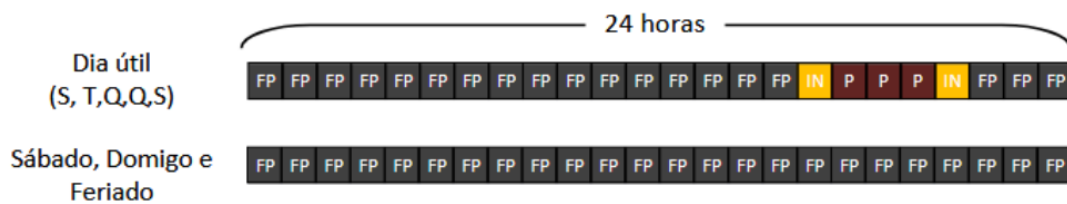
Período de duas horas, sendo uma hora imediatamente anterior e outra imediatamente posterior ao horário de ponta.

2.2.3 Posto Tarifário Fora de Ponta:

Período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas nos postos tarifários de ponta e intermediário.

A Figura 1 mostra a distinção dos postos de horários, em 24 horas, entre dias úteis, fins de semana e feriados.

Figura 1 - Disposição dos Postos Tarifários em 24 horas



Fonte: ANEEL (2010b, p. 7).

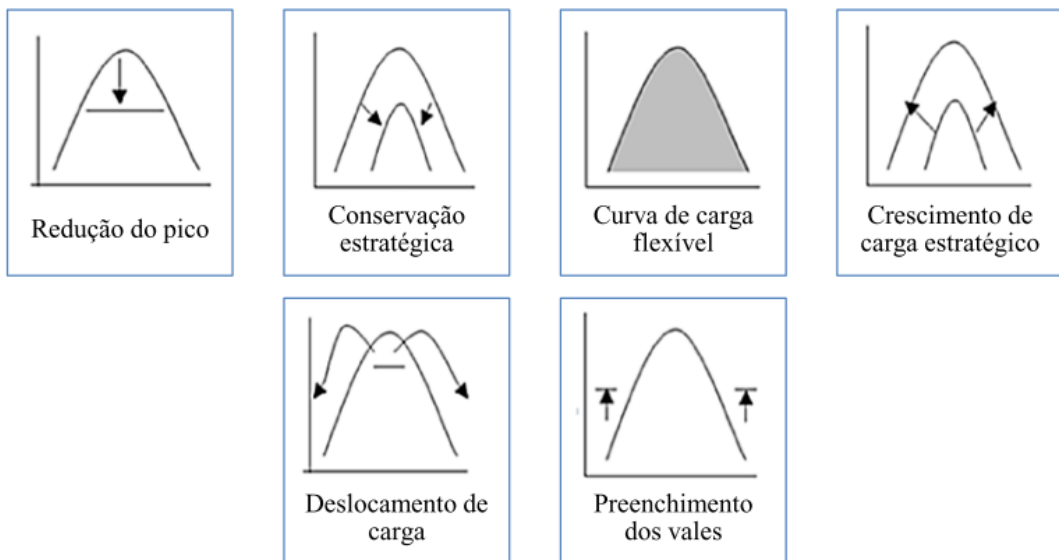
2.3 Gerenciamento pelo Lado da Demanda

Segundo Penido (2013), o Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) pode ser definido por ações e políticas utilizadas por órgãos do setor elétrico em conjunto com as concessionárias de energia, que visam incentivar o uso racional e eficiente da energia elétrica, incentivando mudanças de hábitos de consumo, e também substituição de equipamentos de baixa eficiência energética.

Conforme Silva (2018), dentre os principais objetivos do gerenciamento pelo lado da demanda estão: melhorar a confiabilidade da rede, reduzir picos de consumo e demanda total de energia, aumentar a eficiência energética, gerenciar gastos com eletricidade, proporcionar maior controle dos equipamentos elétricos, adiar investimentos nas redes de distribuição e transmissão, entre outros.

Os programas de GLD utilizam no mínimo uma das seis possibilidades de alteração da curva de carga, sendo essas: redução de pico, conservação estratégica, curva de carga flexível, crescimento de carga estratégico, deslocamento de carga e preenchimento dos vales, conforme pode ser observado na Figura 2. (SILVA, 2018).

Figura 2 - Possibilidades de Alteração da Curva de Carga



Fonte: Silva (2018, p. 7).

As seis possibilidades de alteração da curva de carga apresentadas por Silva (2018) podem ser definidas como:

- a) redução de pico: é realizada através do controle direto das cargas (esta ação pode ser tomada pela concessionária de energia), ou ainda, na utilização estratégica de geração distribuída;
- b) conservação estratégica: consiste na redução do consumo de energia, pode ser caracterizada pela substituição de equipamentos mais eficientes;
- c) curva de carga flexível: depende exclusivamente da flexibilidade da utilização dos equipamentos;
- d) crescimento de carga estratégico: geralmente acontece por substituição de combustíveis. Por exemplo: a adesão de carros elétricos;
- e) deslocamento de carga: é a combinação entre redução de pico e preenchimento de vales;
- f) preenchimento de vales: é o preenchimento das cargas fora do período de ponta.

2.4 Estrutura Tarifária

A Aneel disponibiliza em seu site o Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET), cujo Módulo 7 dispõe definições sobre a estrutura tarifária das concessionárias de distribuição. Nas seções 2.4.1 e 2.4.2 são apresentadas as tarifas de energia e as bandeiras tarifárias.

2.4.1 Componentes da Tarifa

Conforme Menezes (2014), o valor monetário cobrado pela energia elétrica é a soma de dois componentes: Tarifa de Energia (TE), que representa os valores cobrados pela compra, transmissão de energia e encargos setoriais e a Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), que representa apenas os valores cobrados pela distribuição de energia.

Conforme Bernardes (2016), além da TE e TUSD também são cobrados os impostos governamentais como Programa de Integração Social (PIS), Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), e as taxas de iluminação pública, que podem variar de acordo com cada região e município. Neste caso a ANEEL não tem obrigação de defini-las.

A equação (1) é utilizada para calcular o valor final da tarifa, considerando a cobrança dos impostos.

$$Tarifa = \frac{TUSD + TE}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (1)$$

A Tabela 1 demonstra a aplicação da equação 1 para a tarifa convencional, onde foram utilizados os valores tarifários cobrados pela concessionária Rio Grande Energia (RGE) no mês de junho de 2019. O valor cobrado para PIS no mês de junho é 1% e para COFINS é 4,57%. O valor de ICMS varia conforme a classe de consumo.

Tabela 1 - Componentes da Tarifa Convencional

Tarifa Convencional (R\$/kWh)				
	ICMS (%)	TUSD	TE	Tarifa com Tributos
Residencial	30	0,2505	0,29682	0,849480056
Rural	30	0,17535	0,2077	0,594521186
Comercial e Industrial	30	0,2505	0,29682	0,849480056
Industrial	18	0,2505	0,29682	0,716106241

Fonte: Adaptada de CPFL Energia (2019).

Na Tabela 2 estão dispostos os valores atribuídos para as componentes TUSD e TE, sem aplicação dos impostos. Neste caso, tem-se diferentes valores das componentes TUSD e TE para horário de ponta, intermediário e fora de ponta.

Tabela 2 - Componentes da Tarifa Branca

Tarifa Branca sem Tributos (R\$/kWh)						
Classe	Ponta		Fora de Ponta		Intermediário	
	TUSD	TE	TUSD	TE	TUSD	TE
Residencial	0,505	0,45257	0,16541	0,28266	0,33559	0,28266
Rural	0,3719	0,3168	0,11936	0,19786	0,24563	0,19786
Comercial e Industrial	0,59936	0,45257	0,18413	0,28266	0,39175	0,28266

Fonte: Adaptada de CPFL Energia (2019).

Na Tabela 3 estão dispostos os valores cobrados para tarifa branca com aplicação de tributos, calculado a partir da equação (1).

Tabela 3 - Componentes da Tarifa Branca considerando tributos

Tarifa Branca com Tributos (R\$/kWh)				
Classe	ICMS (%)	Ponta	FP	Int.
Residencial	30	1,486349	0,695437	0,959569
Rural	30	1,069007	0,492348	0,688328
Comercial e Industrial	30	1,632671	0,724492	1,046733
Industrial	18	1,376331	0,610742	0,882389

Fonte: Adaptada de CPFL Energia (2019).

2.4.2 Bandeiras Tarifárias

Conforme ANEEL (2019c), as bandeiras tarifárias representam um acréscimo no valor da energia referente aos custos de geração da eletricidade, que são

repassados para o consumidor. O sistema de bandeira tarifária dispõe das seguintes modalidades:

- a) bandeira verde: condição favorável de geração de energia;
- b) bandeira amarela: condição de geração menos favorável;
- c) bandeira vermelha - patamar 1: condições mais custosas de geração;
- d) bandeira vermelha - patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. (ANEEL, 2019c).

A Tabela 4 mostra o que muda em relação ao valor da energia que será repassado para o consumidor.

Tabela 4 - Bandeiras Tarifárias

Acréscimo (kWh)	Bandeiras Tarifárias			
	Verde	Amarela	Vermelha	
			Patamar 1	Patamar 2
	zero	0,1	0,4	0,6

Fonte: Adaptada de ANEEL (2019).

2.5 Modalidades Tarifárias

Nesta seção são abordadas as modalidades tarifárias disponíveis para consumidores do grupo B: a Tarifa Convencional e a Tarifa Branca. Também é abordada a relação existente entre o valor monetário das tarifas apresentadas.

2.5.1 Tarifa Convencional

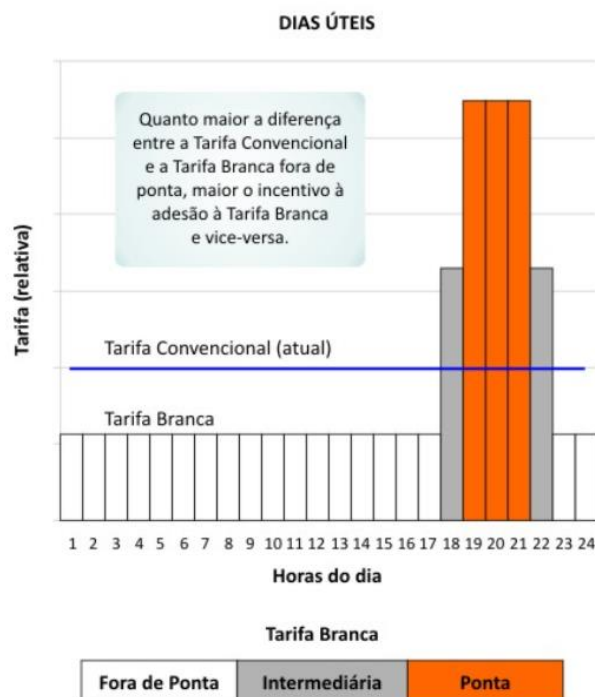
Tarifa aplicada às unidades consumidoras do grupo B, que não depende do período em que a energia é utilizada. Ou seja, o valor da tarifa é único para todas as horas do dia.

2.5.2 Tarifa Branca

Conforme ANEEL (2010a), a Tarifa Branca tem como principal característica a sua diferenciação de preços por posto de horário, diferenciando-se da tarifa

convencional. A Figura 3 mostra um comparativo entre a tarifa branca e a tarifa convencional para um período de 24 horas.

Figura 3 - Tarifa Branca *versus* Tarifa Convencional



Fonte: ANEEL (2019a).

A Resolução Normativa nº 733 estabeleceu os critérios de uso da tarifa branca, definindo esta modalidade como opção facultativa para unidade consumidores do grupo B, exceto para famílias de baixa renda, iluminação pública e famílias enquadradas na modalidade de pré-pagamento. (ANEEL, 2016).

Conforme ANEEL (2016), a previsão para vigência da modalidade é:

- a) 1º de janeiro de 2018 – unidades com consumo superior ou igual a 500 kWh/mês;
- b) 1º de janeiro de 2019 – unidades com consumo superior a 250 kWh/mês;
- c) 1º de janeiro de 2020 – demais consumidores.

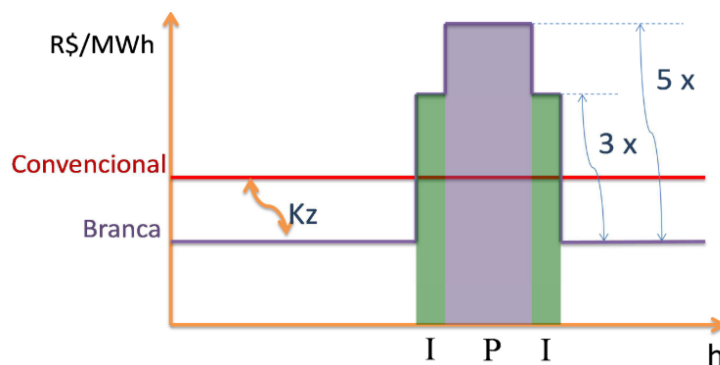
Conforme ANEEL (2019b), o consumidor interessado em aderir à modalidade tarifária branca deve entrar em contato com a distribuidora de energia da sua região e solicitar a troca da tarifa:

[...] se o consumidor não perceber a vantagem, ele pode solicitar sua volta ao sistema anterior (tarifa convencional). A distribuidora terá 30 dias após o pedido para retornar o consumidor ao sistema convencional. Caso queira participar de novo da modalidade tarifária branca, há um período de carência de 180 dias.

2.5.3 Fator kz

O fator kz é a relação entre o valor monetário da tarifa branca fora de ponta e a tarifa convencional. A Figura 4 mostra que para o horário de ponta o valor cobrado para tarifa branca é aproximadamente cinco vezes superior ao valor cobrado para a tarifa convencional, e para o horário intermediário é aproximadamente três vezes superior ao valor cobrado para a tarifa convencional.

Figura 4 - Relação Monetária: Tarifa Branca *versus* Tarifa Convencional



Fonte: Cunha (2018, p. 38).

A Tabela 5 mostra um exemplo da disposição dos preços atualizados cobrados pela Companhia Estadual de Energia Elétrica – Distribuição (CEEE-D), incluindo o valor kz aplicado a classe residencial, rural, comercial e industrial. Nota-se que em horário de ponta o valor cobrado pela tarifa branca é muito maior que o valor cobrado pela tarifa convencional. Em horário de ponta a tarifa branca possui a tarifa de menor preço. Em horário intermediário, o valor da tarifa branca é ligeiramente maior que o valor da tarifa convencional.

Tabela 5 - Valor das Tarifas por Modalidade

Classe	Modalidade				Fator Kz
	Convencional	Branca			
		Ponta	Intermediário	Fora de Ponta	
Residencial	0,5476	0,98699	0,64236	0,47457	0,55
Rural	0,38332	0,67098	0,4377	0,32821	0,56
Industrial e Comercial	0,5476	1,03675	0,67222	0,48452	0,52

Fonte: Adaptada de CEEE-D (2016).

2.6 Medidores de Energia

São equipamentos de medição utilizados pelas distribuidoras de energia para registrar a quantidade de energia consumida em quilowatt-hora (kWh). O medidor eletrônico exigido para adoção da nova modalidade tarifária deve ser capaz de apurar o consumo de energia elétrica ativa em pelo menos quatro postos tarifários (os três exigidos na cobrança da Tarifa Branca e mais um para aplicação de outro posto tarifário, caso seja necessário). As informações de energia consumida acumulada por posto tarifário devem estar disponíveis no mostrador do medidor. (ANEEL, 2012).

Atualmente, são disponibilizados dois tipos de medidores de energia para os consumidores de baixa tensão: medidores smart e medidores eletrônicos. Os medidores eletrônicos realizam uma amostragem da tensão e da corrente. Desta forma, com a utilização conjunta de microcontroladores ou microprocessadores, é possível obter mais informações da energia que está sendo consumida, por exemplo: demanda máxima e fator de potência. (PENIDO, 2013).

Conforme ANEEL (2019a), será necessária a substituição do medidor de energia da unidade, caso ainda não possua, por um medidor eletrônico, cujos custos da troca são de responsabilidade da distribuidora.

2.7 Identificação e Caracterização das Principais Cargas Residenciais

Conforme pesquisa divulgada pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em conjunto com a EPE, no ano de 2018, os equipamentos mais utilizados nas residências são aparelhos condicionadores de ar, geladeira, freezer, chuveiro elétrico, máquina de lavar roupa e lâmpadas. (EPE, 2018).

Em EPE (2018), realizou-se uma projeção de unidades destes aparelhos para o ano de 2022 a 2027, comparando-os com o ano de 2017, dispostos na Tabela 6. Pode-se perceber que o aparelho que tem mais potencial de aquisição entre as famílias brasileiras são os condicionadores de ar, e máquinas de lavar roupa. Enquanto o freezer está caindo em desuso, e o chuveiro elétrico vem sendo substituído por chuveiros a gás. O crescimento de 4,5% ao ano será o principal responsável pelo incremento da demanda por energia elétrica do setor neste período. É projetado um crescimento de 48% do consumo de energia elétrica no setor residencial entre os anos de 2017 e 2027. Resultado conjunto do aumento da renda média das famílias, número de novo domicílios, políticas de eficiência energética e expansão da malha de distribuição de combustíveis.

Tabela 6 - Equipamentos Residenciais

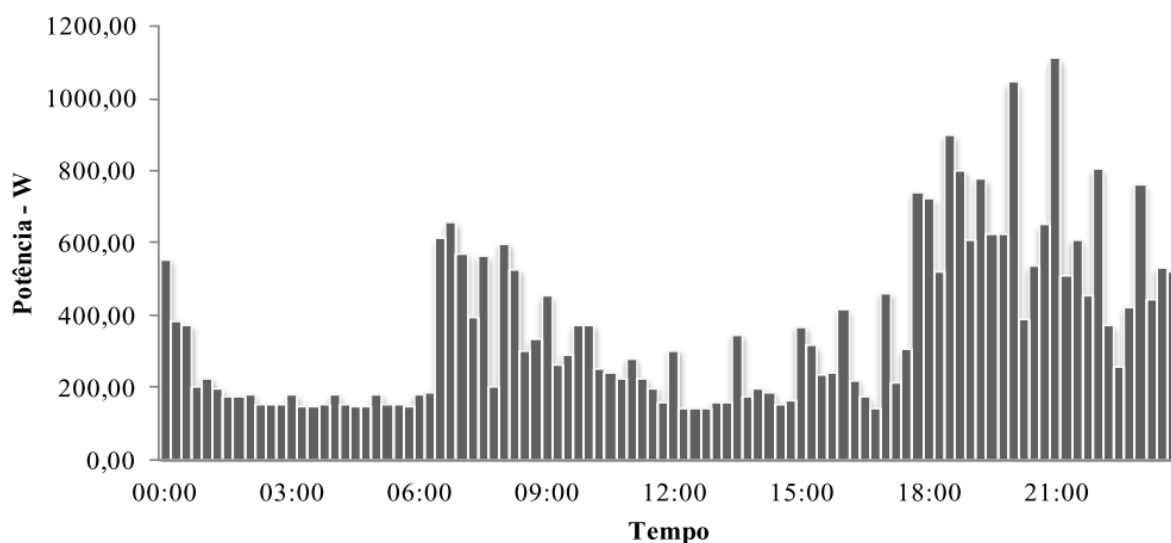
Equipamentos	2017	2022	2027
	unidades / 100 domicílios		
Condicionadores de ar	42	49	60
Geladeira	110	111	112
Freezer	18	16	15
Chuveiro Elétrico	65	62	58
Máquina de Lavar Roupa	69	78	79
Televisão	181	183	187
Lâmpadas	8900	9200	9400

Fonte: Adaptada de EPE (2018).

A identificação das cargas é realizada pelo levantamento técnico da potência consumida pelo equipamento utilizado. No entanto, a curva de carga consiste em uma representação gráfica da demanda da potência elétrica ao longo de um intervalo de tempo. (FERREIRA; FILIPE; KONOPATZKI, 2015).

O Gráfico 1 representa a curva de carga média de 40 unidades residenciais para dias úteis, da cidade de Medianeira no estado do Paraná.

Gráfico 1 - Curva de Carga



Fonte: Ferreira, Felipe, Konapatzki (2019, p. 12).

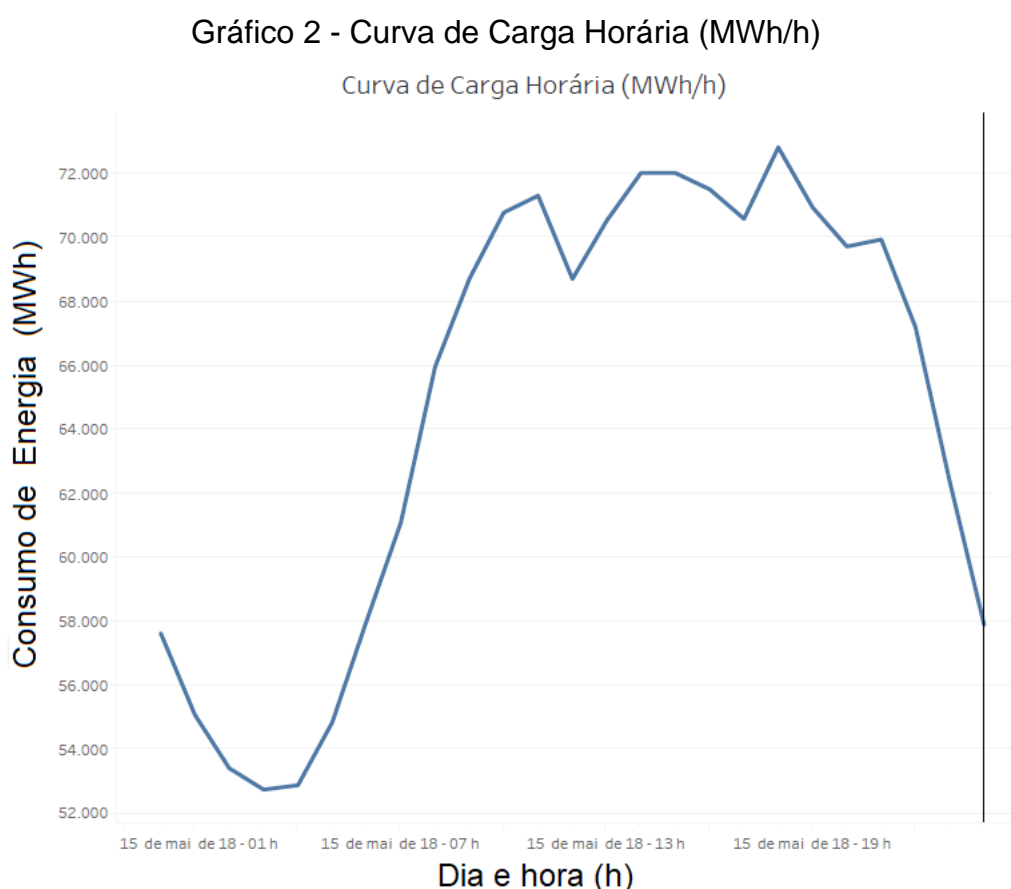
Os aparelhos podem ser divididos em quatro grupos:

- a) reguláveis: dispositivos de potência regulável. Exemplo: Ar condicionado e chuveiros elétricos;
- b) flexível: dispositivos cujo acionamento pode ser realizado em horários flexíveis. Exemplo: máquina de lavar roupas;
- c) inflexíveis dispensáveis: dispositivos que não se enquadram em nenhum dos grupos citados anteriormente, cuja interrupção de funcionamento não causa um grande desconforto a usuário. Exemplo: Filtro de água;
- d) inflexíveis indispensáveis: dispositivos que não são classificados como reguláveis ou flexíveis, mas sua interrupção pode causar um grande desconforto ao usuário. Exemplo: Microcomputador. (CASTRO, 2016).

Conforme Ferreira, Felipe e Konopatzki (2015), é possível concluir que o período da madrugada é composto principalmente pelo uso do ar-condicionado, e o período de pico acontece devido à coincidência com o fim dos turnos do trabalho e chegada dos moradores em suas residências, onde chuveiro e iluminação são as principais cargas.

2.7.1 Deslocamento da Curva de Carga

O Gráfico 2 mostra a curva de carga do Brasil do dia 15/02/2019, disponibilizada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). É possível observar que o pico no sistema elétrico não ocorre no tradicional período de ponta, mas em horas anteriores. Isso demonstra que, atualmente, a temperatura é um fator importante para explicar as variações de consumo durante um dia típico de verão. Este fato coloca em dúvida o benefício da tarifa branca para o sistema elétrico.



Fonte: Adaptada de ONS (2019).

2.7.2 Geladeiras e Climatizadores de Ar

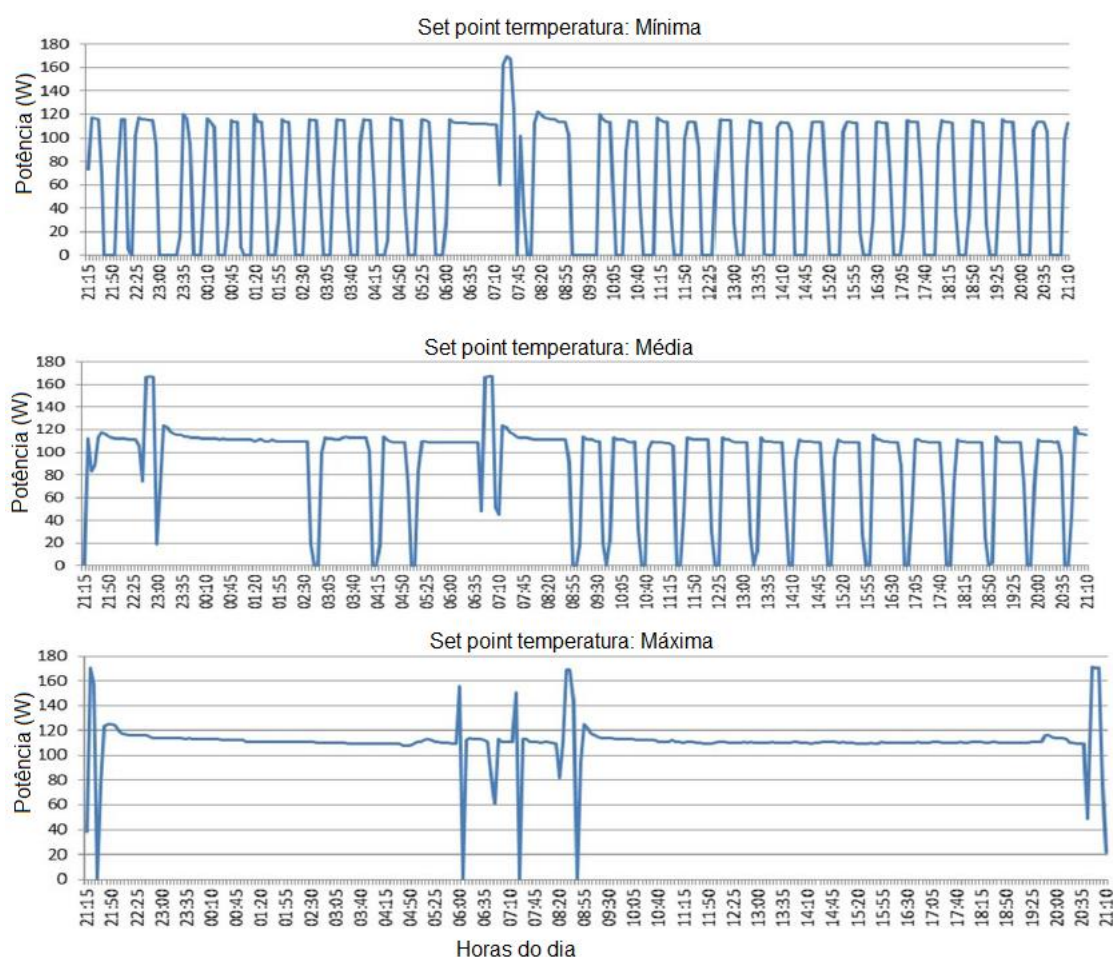
As geladeiras e climatizadores de ar são equipamentos que possuem uma particularidade relevante quando deseja-se obter a potência média destes equipamentos: o ciclo de trabalho.

Conforme o estudo de Santana (2016) o ciclo de trabalho destes equipamentos depende do ajuste que o usuário indicou. O estudo realizou uma

coleta de dados amostrais para tensão, corrente, potência ativa, potência reativa e fator de potência, utilizando um analisador de energia, para uma geladeira e um aparelho de ar condicionado.

Os dados de placa da geladeira, disponibilizados pelo fabricante, apontou a potência nominal do equipamento de 140 W e um consumo mensal do equipamento de 55 kWh. Porém, a Figura 5 mostra a variação da potência a cada 5 minutos de amostragem em um período de 24 horas. Observa-se que para o ajuste em temperatura máxima, ocorrem desligamentos ordenados com duração de aproximadamente 15 minutos. E para o ajuste em temperatura mínima ocorrem poucos desligamentos, aumentando o consumo de energia. (SANTANA,2016).

Figura 5 - Curva de Carga: Geladeira



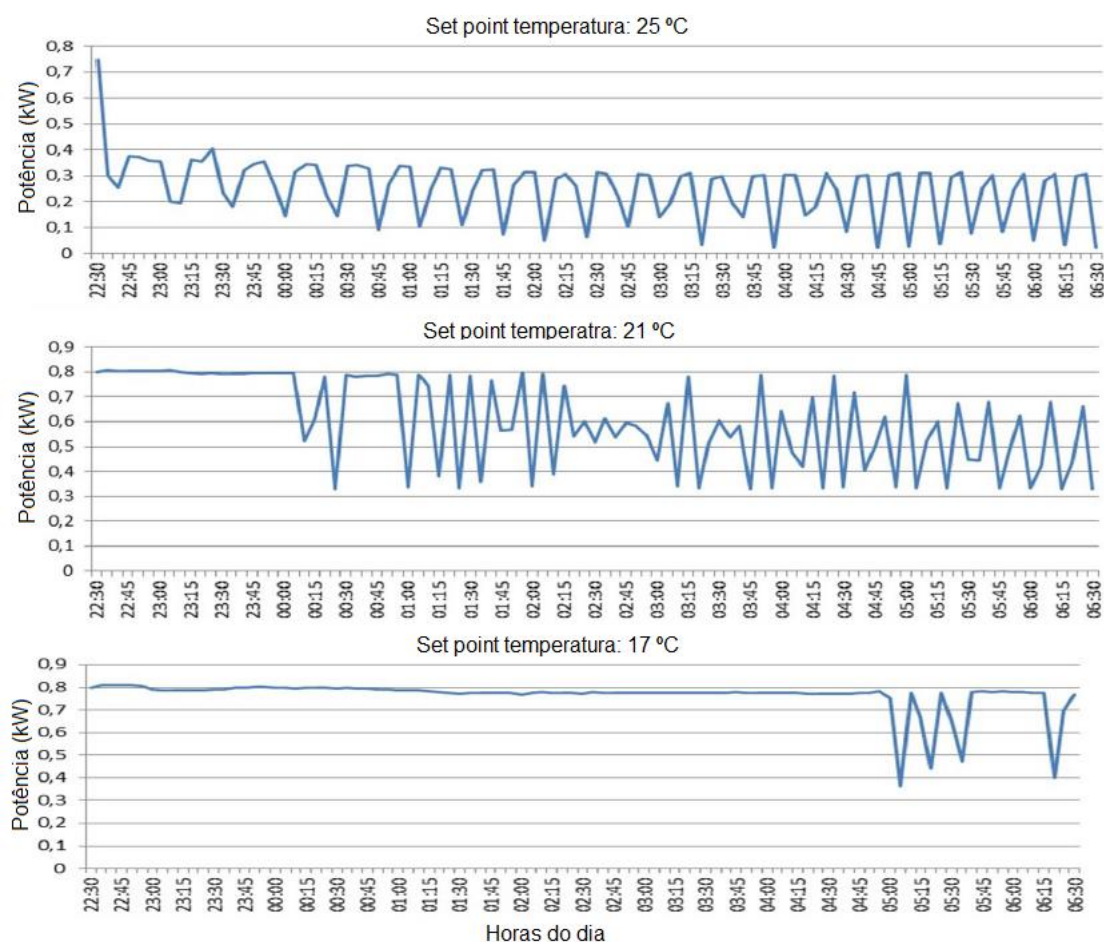
Fonte: Adaptada de Santana (2016, p.71).

De acordo com Santana (2016), o consumo mensal de energia para a geladeira analisada variou entre 45,46 kWh para ajuste em temperatura mínima e 79,39 kWh para ajuste em temperatura máxima.

O segundo equipamento analisado por Santana (2016) é o ar condicionado, cujo consumo mensal especificado pelo fabricante é 114,4 kWh.

A Figura 6 mostra a variação da potência a cada 5 minutos de amostragem em um período de 8 horas, variando o ajuste da temperatura entre 25 °C, 21 °C e 17 °C. Observa-se que para o ajuste da temperatura de 25 °C o equipamento opera a uma potência de funcionamento abaixo da sua potência nominal, com desligamentos ordenados durante todo o período. Para um ajuste de 21 °C o equipamento opera próximo de sua potência nominal, alternando entre uma potência inferior. Para um ajuste de 17 °C o equipamento trabalha próximo de sua potência nominal, diminuindo a potência em curtos períodos da madrugada. (SANTANA, 2016)

Figura 6 - Curva de Carga: Ar Condicionado



Fonte: Adaptada de Santana (2016, p.74).

Conforme estudo de Santana (2016), o consumo mensal de energia para o ar condicionado analisado variou entre 60,54 kWh para um ajuste de 25 °C e 185 kWh para um ajuste em temperatura máxima de 17 ° C.

2.8 Tarifa Horária em outros Países

Conforme Bernardes (2016), os países dos continentes europeu, asiático, americano e da Oceania estão adotando padrões de estruturas tarifárias que se assemelham com a Tarifa Branca. Internacionalmente, a tarifação horária é denominada *Time of Use* que significa Tempo de Uso, e é reconhecido pela sigla TOU.

Conforme Menezes (2014), no Canadá a estrutura da TOU conta ainda com o fator de sazonalidade, que no Brasil é aplicada apenas para o grupo de alta tensão, isso significa que os três postos tarifários são definidos de formas diferentes para inverno, verão e fins de semana.

Em Portugal, o sistema adotado é muito semelhante ao do Canadá, pois também possui o fator de sazonalidade em sua tarifa, com diferenciação de sábado, em que existem apenas dois postos horários.

Alguns países como Austrália, Espanha, Inglaterra e Suíça oferecem tarifas binômias aos seus consumidores de baixa tensão, estipulando um limite de potência contratada, como ocorre no Brasil para sistemas de alta tensão.

Conforme Bernardes (2016), na França são disponibilizados três sistemas para cobrança de energia. O primeiro é o sistema de taxa fixa, semelhante à tarifa convencional adotada no Brasil. O segundo é o modelo conhecido como “taxa dia e noite”, em que o consumidor possui oito horas diárias de consumo com valor da tarifa mais baixo, sendo que estas oito horas podem ser distribuídas em três períodos do dia, desde que não coincidam com o horário de pico. E a terceira opção é uma tarifa mais complexa, pois é composta por seis diferentes taxas, determinadas por cores (azul, branco e vermelho), com diferentes valores econômicos para horário de ponta e fora de ponta.

2.9 Trabalhos Correlatos

Esta seção aborda alguns trabalhos realizados com objetivos semelhantes ao sistema proposto.

O trabalho de Menezes (2014) analisou a viabilidade de adesão da Tarifa Branca, baseado em medições realizadas pelas concessionárias de energia. As medições foram obtidas através da Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição da ANEEL. As medições são enviadas pelas concessionárias de energia para a ANEEL com a finalidade de atender o Módulo 2 do Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no sistema Elétrico Nacional (PRODIST). As curvas de cargas foram organizadas em função das cinco regiões do Brasil e dispostas em um simulador implementado em Excel, onde foi calculado o valor da tarifa de energia para Tarifa Branca e para Tarifa Convencional. O estudo indicou inviabilidade da opção da modalidade horária branca sem que ocorra a alteração de hábitos de consumo de energia por parte do consumidor.

Cunha (2018) realizou coleta de dados em unidades consumidoras de baixa tensão em Mato Grosso do Sul, e concluiu que clientes com consumo entre 221 e 500 kWh/mês, os quais possuem perfis com características comerciais, são mais indicados para adotar a Tarifa Branca, comparando-se às outras faixas de consumo indicadas no estudo.

O estudo realizado por Cavalcante (2018) analisou o perfil da curva de carga de 36 unidades residenciais na cidade de Fortaleza – Ceará, baseado na coleta de dados durante o período de 7 dias consecutivos. O trabalho realizou comparações entre a curva de carga gerada pela pesquisa realizada pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) no ano de 2005 e a curva gerada em seu trabalho, concluindo que há diferenças de hábitos de consumo de energia entre os anos de 2005 e 2017, devido à aquisição de novos equipamentos elétricos.

Em Castro (2016), foi elaborada uma ferramenta de simulação para gerenciar cargas residenciais. O autor considera que os aparelhos possuam interface de comunicação, permitindo controle remoto das cargas. Neste trabalho, o autor propõe o deslocamento de cargas e variação de potência de equipamentos residenciais em horário de pico, visando à possibilidade de economia de energia utilizando a Tarifa Branca. O autor realiza a classificação das cargas, desta forma o conforto dos usuários é respeitado.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas três etapas necessárias para o desenvolvimento deste trabalho: entrada de dados, simulação do sistema, e validação do sistema

3.1 Entrada de Dados

A etapa de entrada de dados consiste em criar um ambiente de trabalho onde o usuário irá inserir dados sobre o seu consumo de energia, que posteriormente são utilizados para a simulação do sistema. Esta etapa é a principal interface do usuário com o sistema. O software utilizado para aplicação desta etapa foi o Microsoft Excel, esta ferramenta foi adotada devido a fácil familiarização do usuário com a ferramenta.

Os dados de entrada necessários são:

- a) nome dos equipamentos utilizados;
- b) potência nominal;
- c) classificação das cargas;
- d) intervalo de utilização;
- e) valor das tarifas.

A classificação das cargas deve ser realizada conforme mencionado na seção 2.8, onde os equipamentos são classificados em: reguláveis, flexível, inflexível dispensáveis e inflexíveis indispensáveis.

Para a elaboração do ambiente de trabalho onde o usuário insere os dados de entrada, foram criadas três abas de trabalho

Na primeira aba está disposta uma lista com equipamentos usuais em residências, e sua respectiva potência nominal e classificação. A potência nominal e a classificação das cargas podem ser alteradas pelo usuário, caso necessário. Se for utilizado algum equipamento que não consta na lista, é possível inserir novos equipamentos.

Na segunda aba de trabalho são inseridos pelo usuário os equipamentos utilizados diariamente, obrigatoriamente listados na primeira aba de trabalho. Nesta

segunda lista também deve ser inserido o horário de utilização de cada equipamento. Desta forma, o mesmo equipamento pode ser inserido quantas vezes for necessário, em horários distintos. O intervalo de utilização dos equipamentos consiste em especificar a hora de início de uso e de final de uso de cada equipamento.

E por fim, na terceira aba, deve ser inserido pelo usuário o valor cobrado pela concessionária de energia para a tarifa convencional e para a tarifa branca, com tributos inclusos, contendo, separadamente, os valores tarifários para tarifa convencional, para tarifa branca fora de ponta, intermediário e de ponta, conforme apresentado na seção 2.6.

3.2 Simulação

A etapa de simulação consiste em utilizar os dados apresentados na seção 3.1 para simulação do valor da fatura de energia prevista para o consumidor utilizando a tarifa branca e a tarifa convencional. A simulação foi desenvolvida utilizando a linguagem de programação Python.

Segundo Souza (2017) a linguagem Python é uma linguagem genérica, que pode ser utilizada em diversas aplicações, como por exemplo: desenvolvimento web, programação matemática e computacional, aplicativos para desktop e jogos, entre outros. As vantagens de utilização do Python é que a sintaxe de linguagem é simples, seu código é aberto e disponível para vários sistemas operacionais. Ao contrário do usual, a linguagem Python é de programação interpretada, o que a torna mais dinâmica. A versão utilizada para este trabalho é a versão 3.7.

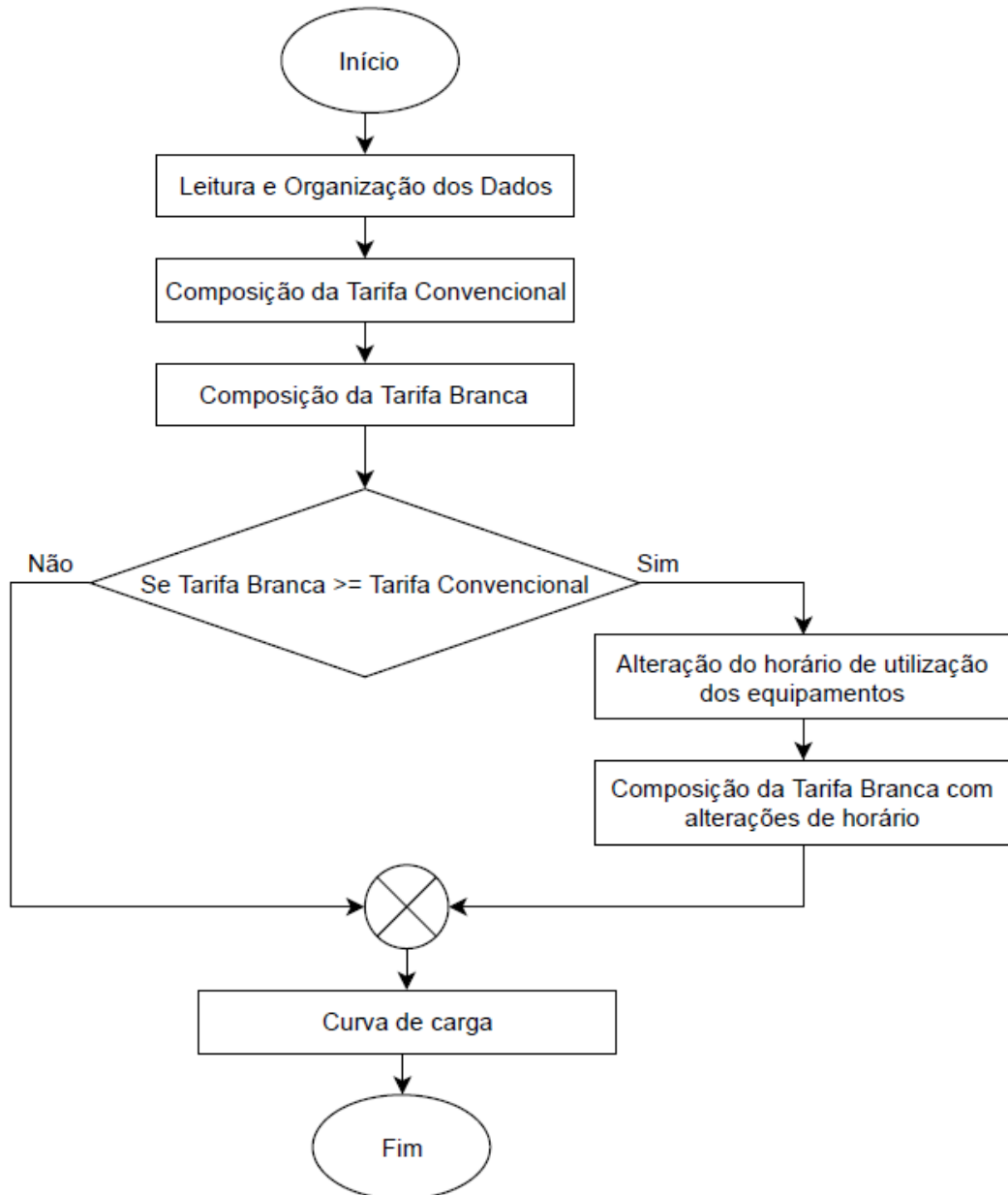
As bibliotecas utilizadas para implementação do código de programação são:

- a) pandas: trabalha com planilhas;
- b) numpy: trabalha com computação numérica;
- c) matplotlib: trabalha com gráficos.

Conforme mostra o fluxograma na Figura 7 a etapa de simulação foi dividida em sete partes: leitura e organização de dados, composição da tarifa convencional, composição da tarifa branca, comparação entre a tarifa branca e a tarifa

convencional, alteração do horário de utilização dos equipamentos, composição da tarifa branca com alterações de horário, apresentação das curvas de cargas.

Figura 7- Fluxograma Geral

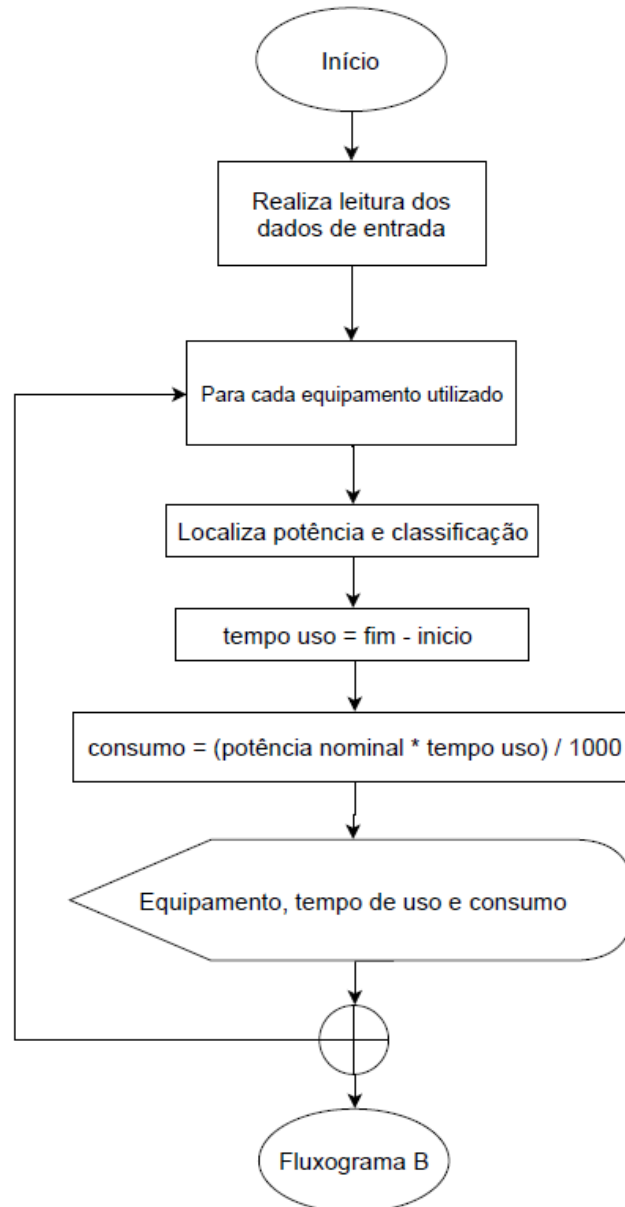


Fonte: Elaborada pela autora.

3.2.1 Leitura e Organização de Dados

Esta etapa caracteriza o início do sistema de simulação, onde é realizada a leitura e organização dos dados inseridos no arquivo em Excel, conforme mostra o fluxograma na Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma A: Leitura e Organização de Dados



Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme apresentado na Figura 8, para a organização dos dados foi criado um laço de repetição que verifica os equipamentos que o usuário está utilizando, sendo que, para cada equipamento utilizado é localizada a potência e a classificação do equipamento correspondente.

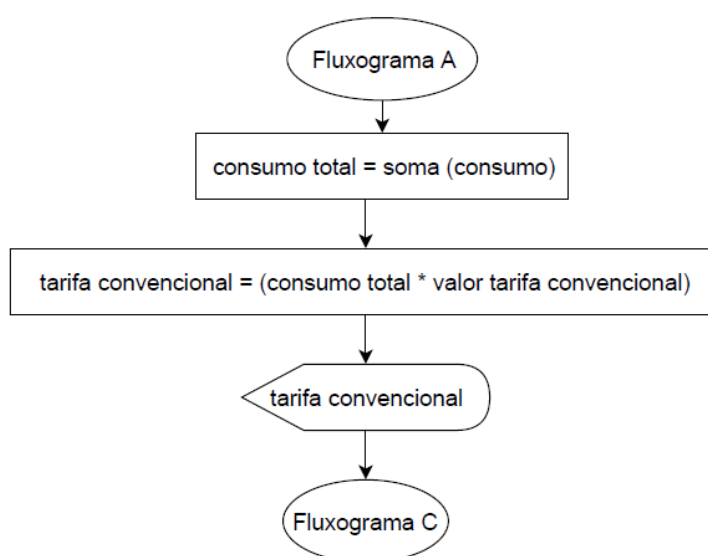
É calculado para cada equipamento o tempo de utilização e o consumo de energia. O valor do consumo de energia individual por equipamento, que é dado pelo produto do tempo de utilização e a potência (em W). O resultado deste cálculo é dividido por mil para se obter o valor do consumo de energia em (kWh), uma vez que o valor da tarifa é cobrado em reais por quilo watt hora (R\$/kWh).

É apresentado para o usuário a cada incremento: o equipamento utilizado, o tempo de utilização e o consumo calculado.

3.2.2 Composição da Tarifa Convencional

Nesta etapa o sistema realiza os cálculos necessários para a composição da tarifa convencional, conforme o fluxograma apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma B: Composição da Tarifa Convencional



Fonte: Elaborada pela autora.

Para a composição da tarifa convencional é calculado o valor total do consumo, realizando a soma do consumo de energia de todos os equipamentos utilizados.

O valor da fatura mensal utilizando da tarifa convencional, em reais, é dado pelo produto entre o valor cobrado pela tarifa convencional em R\$/kWh e o consumo em kWh em um dia, multiplicando-o por 30 dias.

3.2.3 Composição da Tarifa Branca

Nesta etapa, o fluxograma ilustrado na Figura 10 mostra os procedimentos necessários para calcular o valor da fatura previsto utilizando a tarifa branca.

Conforme mencionado na seção 2.4.2, a tarifa branca é composta pela soma do consumo em horário de ponta, fora de ponta e intermediário. Por este motivo a

plataforma de simulação deve identificar precisamente em qual destes períodos o equipamento está sendo utilizado. Para auxiliar a identificação período, foram criadas variáveis que determinam limites de tempo de cada intervalo:

- a) limite inferior: 18:00 horas;
- b) limite intermediário inferior: 19:00 horas;
- c) limite intermediário superior: 21:00 horas;
- d) limite superior: 22:00 horas.

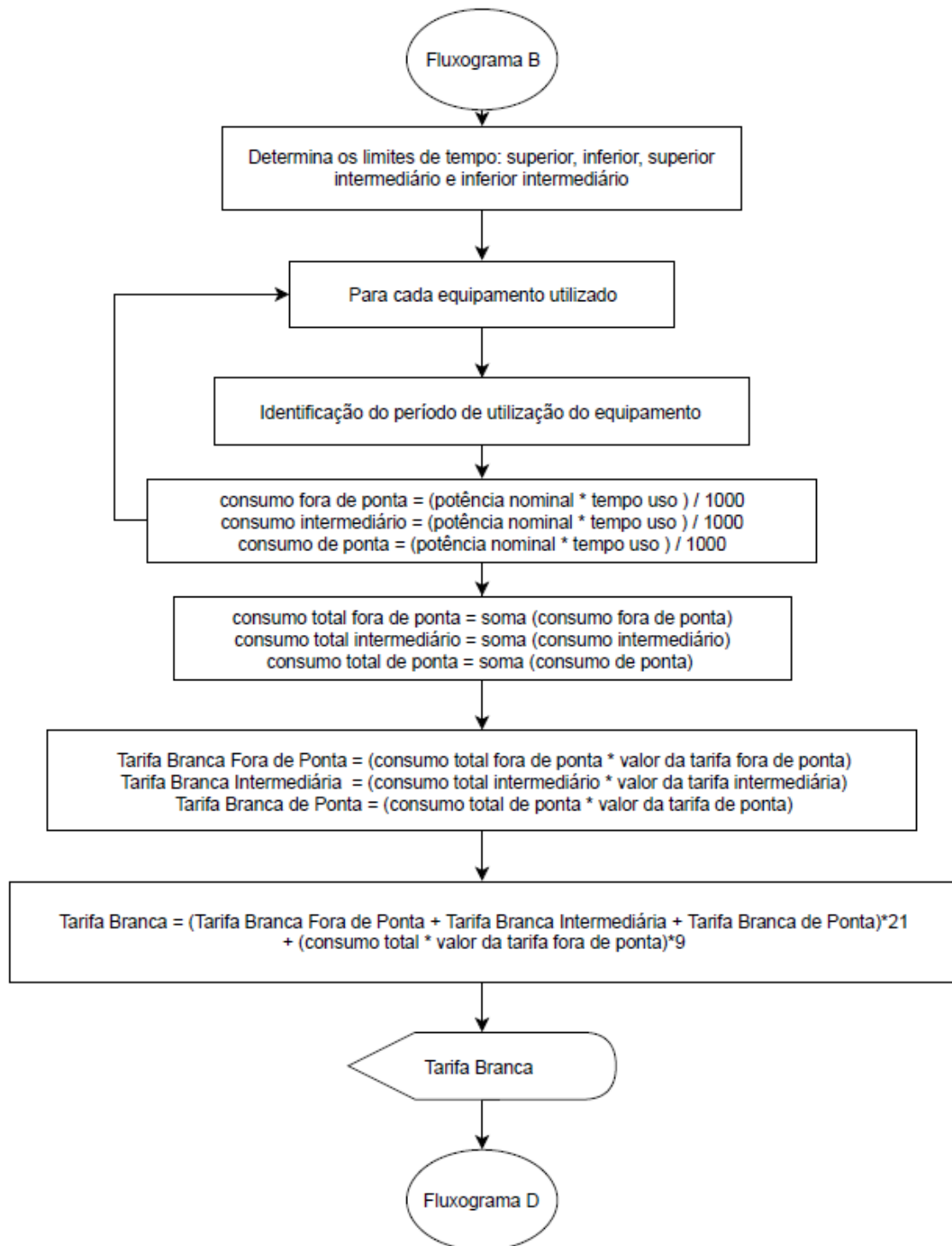
A adoção destes limites são fatores de extrema importância para implementação do código, visto que um único equipamento pode estar inserido em períodos cujas tarifas podem variar de acordo com o horário de sua utilização.

O consumo é dividido em três períodos: consumo fora de ponta, consumo intermediário, e consumo de ponta. Após identificado o período de utilização de cada equipamento é calculado seu consumo individualmente.

Para calcular o valor da fatura da tarifa branca é necessário obter primeiramente o consumo total em cada período, que é realizado pela soma do consumo individual. O consumo total por período é multiplicado pelo valor da tarifa por período cobrado pela concessionária de energia.

O valor da fatura para tarifa branca é a soma entre o valor da tarifa branca fora de ponta, intermediária e de ponta, multiplicado pelo número de dias úteis no mês, conforme mencionado na seção 2.2. Para sábados, domingos e feriados é utilizado o valor do consumo total diário, sem a necessidade de verificar o período de utilização dos equipamentos, multiplicando pelo número de dias não úteis no mês. Foram adotados para a realização dos cálculos o número de 21 dias úteis, e 9 dias não úteis no mês.

Figura 10 - Fluxograma C: Composição da Tarifa Branca



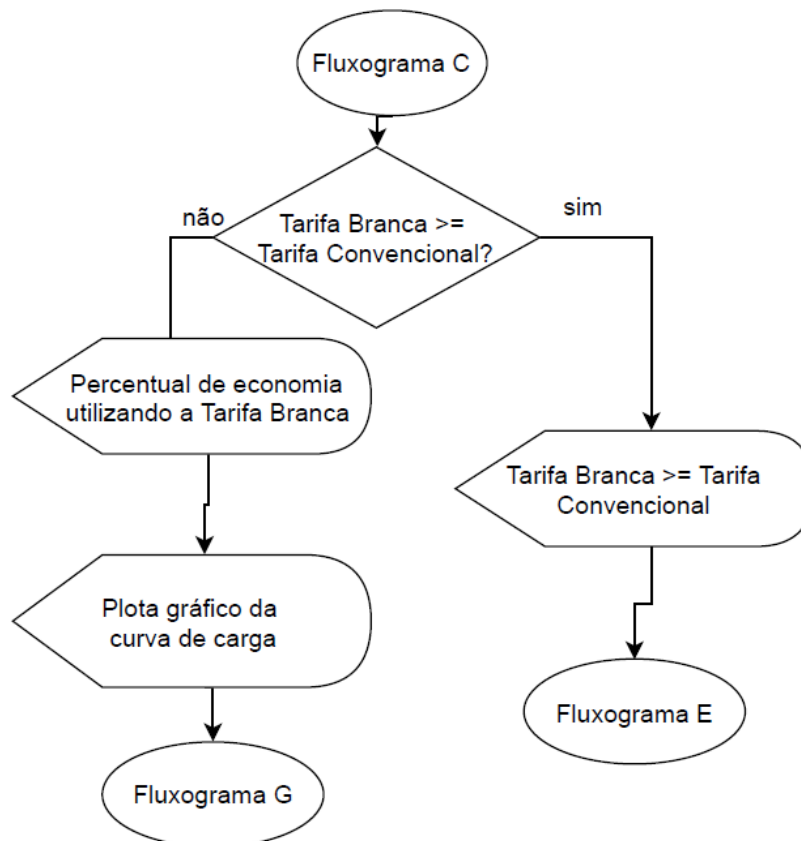
Fonte: Elaborada pela autora.

3.2.4 Comparação entre Tarifa Branca e Tarifa Convencional

Nesta etapa é realizada a comparação entre os valores encontrados para a tarifa branca e para a tarifa convencional. Conforme a Figura 11, se o valor simulado para tarifa branca for menor que o valor pago para tarifa convencional, o sistema irá informar ao usuário o valor percentual de economia da tarifa branca em relação a tarifa convencional, e prosseguir até o fluxograma G mostrado na Figura 14.

Se o valor simulado para tarifa branca for maior ou igual que o valor previsto para tarifa convencional, o sistema emite um aviso ao usuário informando que o valor da fatura simulada para tarifa branca é maior ou igual ao valor previsto para tarifa convencional, sendo necessário fazer alterações no horário de utilização de alguns equipamentos mostrado na Figura 12.

Figura 11 - Fluxograma D: Comparação entre Tarifa Branca e Tarifa Convencional

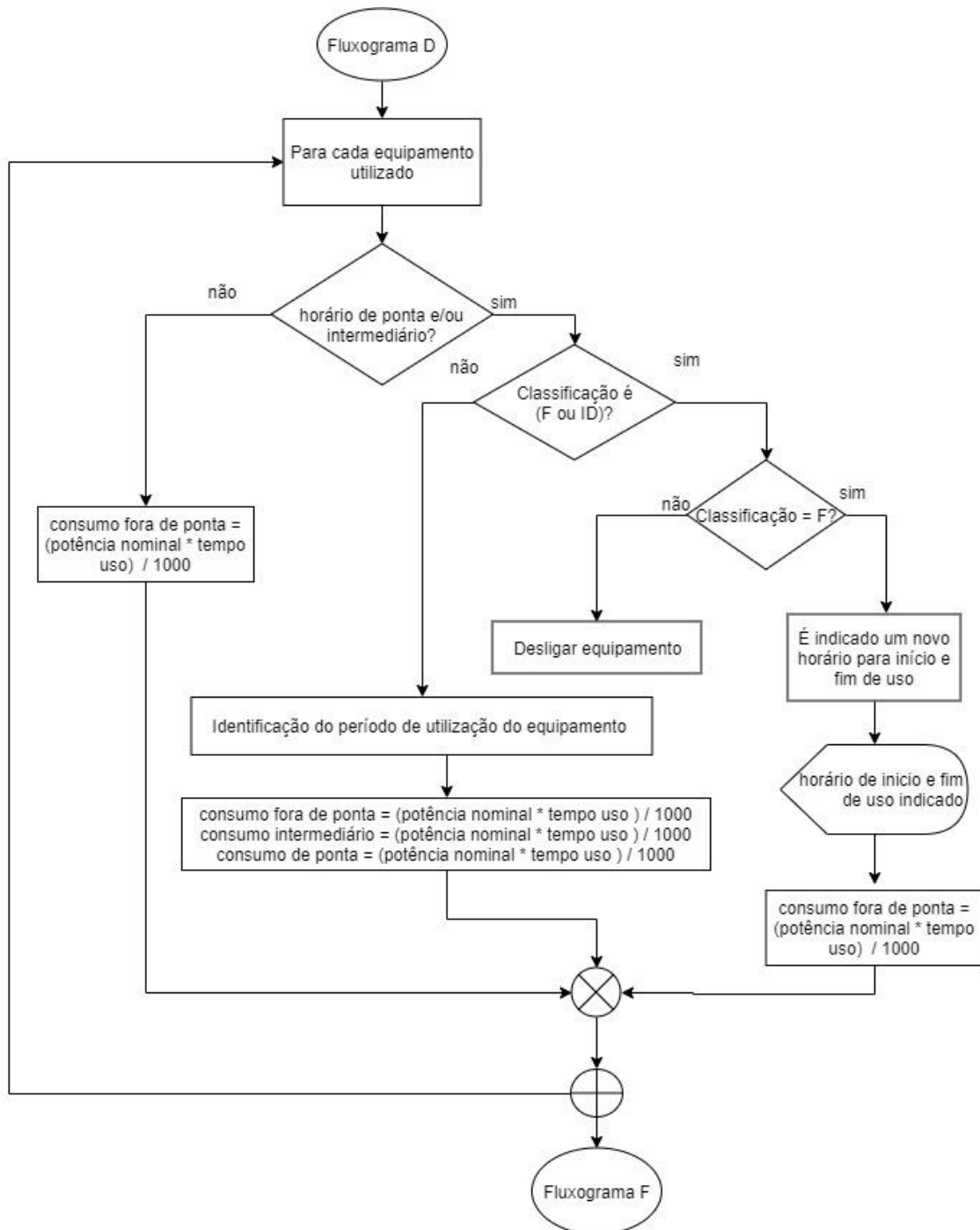


Fonte: Elaborada pela autora.

3.2.5 Alteração do Horário de Utilização dos Equipamentos

O fluxograma E mostrado na Figura 12 realiza as alterações de horário de utilização, caso necessário.

Figura 12 - Fluxograma E: Alteração do Horário de Utilização dos Equipamentos



Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme apresentado na Figura 12, para cada equipamento em utilização, será verificado se o intervalo de utilização está entre o horário de ponta ou intermediário. Caso positivo, o sistema deve verificar qual a classificação dessa carga.

Para os equipamentos classificados como indispensáveis e reguláveis não serão realocados. Portanto, o sistema irá verificar se os equipamentos utilizados entre o horário de ponta e/ou intermediário são flexíveis ou inflexíveis dispensáveis. Caso positivo, se o equipamento for classificado como flexíveis, este será realocado para um horário fora de ponta. Se o equipamento for classificado como inflexível dispensável, este será desligado em horário intermediário e de ponta.

A realocação de horário de utilização das cargas é realizada verificando a diferença de tempo entre o horário de início de funcionamento do equipamento e o limite de tempo inferior (18:00 horas), logo o horário de início e fim de utilização são deslocados para o período fora de ponta mais próximo do que era utilizado anteriormente.

3.2.6 Composição da Tarifa Branca com Alterações de Horário

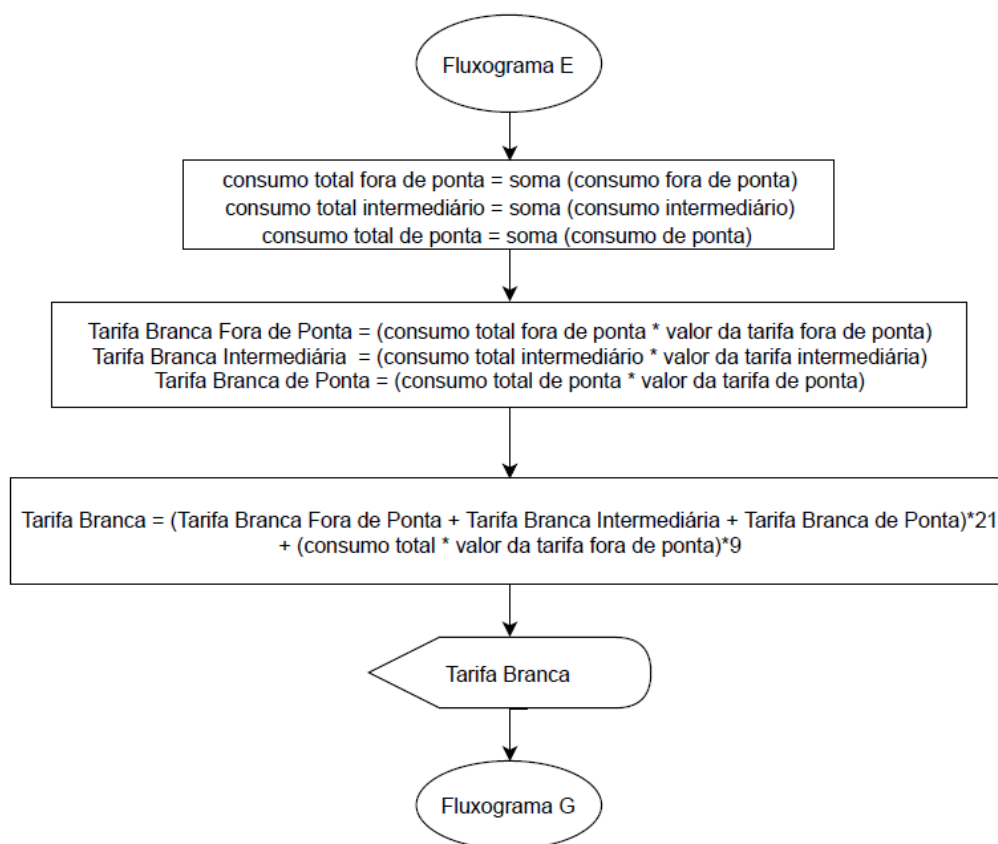
Após realizar as alterações de horários dos equipamentos, é realizado uma nova simulação da fatura para tarifa branca, conforme mostra a Figura 13.

A composição da tarifa branca com alterações de horário é realizada de forma semelhante ao mencionado na seção 3.2.3, onde o consumo é dividido em três períodos: consumo fora de ponta, consumo intermediário, e consumo de ponta. A identificação do período de utilização de cada equipamento foi realizada na seção 3.2.5.

Para calcular o valor da fatura da tarifa branca é obtido o consumo total em cada período, realizado pela soma do consumo individual. O consumo total por período é multiplicado pelo valor da tarifa por período cobrado pela concessionária de energia.

O valor da fatura para tarifa branca é a soma das componentes da tarifa branca por período, multiplicado pelo número de dias úteis no mês. Sendo que para os dias não úteis do mês, o consumo total diário é multiplicado pelo valor da tarifa branca fora de ponta.

Figura 13 - Fluxograma F: Composição da Tarifa Branca com Alterações



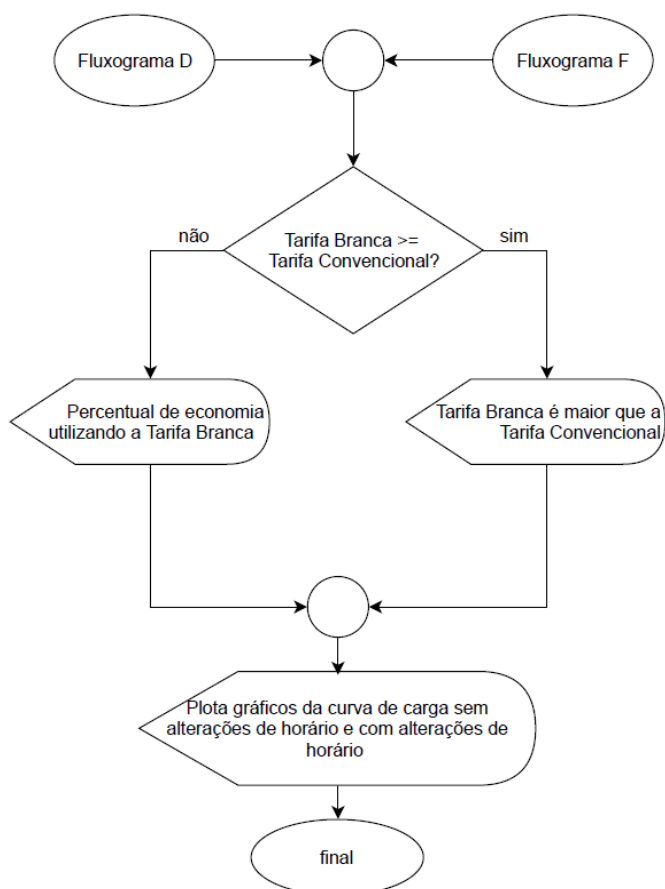
Fonte: Elaborada pela autora.

3.2.7 Apresentação das Curvas de Carga

Após recalculado o valor para tarifa branca, é verificado novamente se o valor pago para tarifa branca é maior ou igual ao valor pago para tarifa convencional. Em caso negativo é notificado ao usuário o percentual de economia, e em caso positivo, é informado que o valor pago para tarifa branca será maior em relação a tarifa convencional.

Posteriormente, é plotado um gráfico dispondo as curvas de cargas da unidade consumidora para um intervalo de 24 horas, a primeira curva de carga mostra o consumo sem a alteração do horário de utilização das cargas e a segunda com a alteração do horário de utilização das cargas, conforme mostra a Figura 14. Está etapa finaliza o sistema de simulação.

Figura 14 - Fluxograma G: Apresentação das Curvas de Carga



Fonte: Elaborada pela autora.

3.3 Validação do Sistema

Para validação da plataforma de simulação, foram realizados testes com três consumidores residenciais interessados em verificar a sua modalidade tarifária. Esta etapa tem como objetivo validar o sistema proposto.

Através da simulação dos dados de consumo de energia inseridos, foram analisados os três casos estudados. A análise dos resultados foi realizada através do percentual de economia obtido pelo consumidor através da tarifa branca. Foram analisados quais fatores de entrada contribuíram para o resultado obtido.

Foi analisado qual o perfil de consumo que obteve o maior percentual de economia. Porém, se o usuário não se obteve economia utilizando a tarifa branca, foram analisados quais fatores contribuíram para este resultado.

4 SISTEMA PROPOSTO

Utilizando a metodologia apresentada no capítulo 3, foi elaborada uma plataforma de simulação que tem como objetivo auxiliar o consumidor na tomada de decisão em relação à adesão da tarifa branca.

A entrada de dados é a principal interface com o usuário do sistema, pois é nesta etapa que o usuário insere os equipamentos utilizados, a potência nominal destes equipamentos, a classificação das cargas, o tempo de utilização e as tarifas cobradas pela concessionária de energia.

Para esta etapa foi utilizado um arquivo em Excel, pois é uma interface de fácil familiarização com o usuário. O arquivo em Excel conta com três abas de entrada de dados denominadas: Equipamentos, Utilização e Tarifas.

A Figura 15 apresenta a primeira aba, denominada Equipamentos, composta por uma lista de equipamentos residenciais, a potência nominal destes equipamentos e sua classificação, contendo uma legenda para lembrar a classificação dos equipamentos mencionada na seção 2.8.

Figura 15 - Entrada de Dados: Equipamentos

1	Nome	Potência Nominal	Classificação
2	Aspirador de Pó	300	F
3	Cafeteira	500	F
4	Chuveiro Elétrico	4000	F
5	Computador	230	ID
6	Coifa de Cozinha	300	II
7	Depurador de ar	230	II
8	Exaustor	150	II
9	Ferro Elétrico	1000	F
10	Forno Elétrico	620	F
11	Forno Microondas	900	F
12	Freezer	150	R
13	Geladeira Comum	150	R
14	Geladeira Duple	250	R
15	Impressora Comum	60	F
16	Lâmpada Fluorescente	50	II
17	Lâmpada Incandescente	50	II
18	Lampada LED	10	II
19	Liquidificador	200	F
20	Máquina de costurar	100	F
21	Máquina de lavar louça	1500	F
22	Máquina lava-roupas	500	F
23	Panela Elétrica	600	II
24	Sanduícheira	800	II
25	Secador de Cabelo	1000	F
26	Televisor	150	II

Legenda de Classificação	
R	Reguláveis
F	Flexíveis
ID	Inflexíveis Dispensáveis
II	Inflexíveis Indispensáveis

Equipamentos	Utilização	Tarifas
--------------	------------	---------

Fonte: Elaborada pela autora.

A segunda aba denominada Utilização, é representada pela Figura 16, onde o usuário deve inserir os equipamentos utilizados, o horário de início e de fim de utilização de cada equipamento. É obrigatório que os equipamentos indicados nesta segunda aba sejam indicados primeiramente na aba denominada Equipamentos.

Figura 16 - Entrada de Dados: Utilização

1	Equipamento	Início Uso	Final Uso
2	Cafeteira	06:00	07:00
3	Lampada LED	06:00	07:00
4	Lampada LED	06:00	07:00
5	Lampada LED	18:30	23:00
6	Lampada LED	18:30	23:00
7	Lampada LED	18:30	19:30
8	Lampada LED	22:00	22:30
9	Ferro Elétrico	19:00	20:00
10	Forno Microondas	20:00	20:05
11	Computador	20:00	21:00
12	Máquina lava-roup	04:00	05:30
13	Televisor	21:00	22:00
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			

Equipamentos Utilização Tarifas

Fonte: Elaborada pela autora.

A terceira aba denominada Tarifas é representada pela Figura 17, esta aba disponibiliza para o usuário a possibilidade de inserção do valor da tarifa cobrado pela concessionária local. Desta forma, deve ser inserido o valor cobrado em reais por kWh (R\$/kWh), com tributos incluídos para tarifa convencional e para tarifa branca em horário de ponta, fora de ponta e intermediário. O valor das tarifas utilizados para simulação foram mencionados na Tabela 5 para classe residencial, cujo valor é cobrado pela distribuidora de energia CEEE-D.

Figura 17 - Entrada de dados: Tarifas

1	Tarifa Convencional	Tarifa Fora de Ponta	Tarifa Intermediária	Tarifa Ponta
2	R\$ 0,54760	R\$ 0,47457	R\$ 0,64236	R\$ 0,98699
3				
4				

Equipamentos Utilização Tarifas (+)

Fonte: Elaborada pela autora.

5 ESTUDO DE CASO

Nesta etapa é apresentado um estudo de caso, que consiste em simular diferentes perfis de consumo de energia, utilizando o sistema proposto no capítulo 4. São apresentados três casos estudados, denominados Caso A, Caso B e Caso C.

A Figura 17 apresentada no capítulo 4, mostra o valor das tarifas aplicadas para simulação, cujo valor é cobrado pela distribuidora de energia CEEE-D, para classes residenciais, conforme mencionado no capítulo 2 através da Tabela 5, cujo fator kz é de 0,55.

5.1 Caso A

O primeiro caso, denominado Caso A, trata-se de um perfil residencial. Nesta residência moram duas pessoas que trabalham em horário administrativo, eles não possuem chuveiro elétrico, pois utilizam o chuveiro a gás. A Figura 18 apresenta os equipamentos, a potência nominal e a classificação dos equipamentos utilizados no Caso A.

Figura 18 - Equipamentos: Caso A

Nome	Potência Nominal	Classificação
Cafeteira	500	F
Computador	230	ID
Ferro Elétrico	1000	F
Forno Microondas	900	F
Geladeira Comum	160	R
Lampada LED	10	II
Máquina lava-roupas	500	F
Televisor	150	II

Equipamentos Utilização Tarifas (+)

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 18 apresenta os horários de utilização de cada equipamento.

Figura 19 - Horário de Utilização: Caso A

1	Equipamento	Início Uso	Final Uso
2	Cafeteira	06:00	07:00
3	Lampada LED	06:00	07:00
4	Lampada LED	06:00	07:00
5	Lampada LED	18:30	23:00
6	Lampada LED	18:30	23:00
7	Lampada LED	18:30	19:30
8	Lampada LED	22:00	22:30
9	Ferro Elétrico	19:00	20:00
10	Forno Microondas	20:00	20:05
11	Computador	20:00	21:00
12	Máquina lava-roupas	04:00	05:30
13	Televisor	21:00	22:00
14	Geladeira Comum	00:00	23:59
15			
16			

Equipamentos Utilização Tarifas (+)

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 20 apresenta os resultados obtidos para o Caso A, através da simulação utilizando a plataforma de simulação desenvolvida em Python. A simulação apresenta o tempo de utilização, o consumo para cada equipamento utilizado, o valor mensal previsto para a tarifa branca e para a tarifa convencional.

Conforme mostra a Figura 20, o valor da fatura para tarifa branca é superior ao valor da fatura para tarifa convencional, por isso foi necessário fazer alterações de horário de utilização de alguns equipamentos.

A plataforma de simulação sugeriu a realocação de horário de utilização do ferro elétrico e do forno micro-ondas, para um período antecedente ao período de tarifa intermediária. A plataforma de simulação também sugeriu manter desligado o computador que estaria sendo utilizado as 20:00 horas até as 21:00 horas.

Realizando as alterações necessárias o valor da fatura para tarifa branca com alterações de horário é 4,5% inferior ao valor cobrado para a tarifa convencional.

Figura 20 - Simulação: Caso A

Equipamento: Cafeteira	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.500 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.010 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.010 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 4.500 horas	Consumo:0.045 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 4.500 horas	Consumo:0.045 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.010 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 0.500 horas	Consumo:0.005 kWh
Equipamento: Ferro Elétrico	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:1.000 kWh
Equipamento: Forno Microondas	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.075 kWh
Equipamento: Computador	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.230 kWh
Equipamento: Máquina lava-roupas	Tempo de uso: 1.500 horas	Consumo:0.750 kWh
Equipamento: Televisor	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.150 kWh
Equipamento: Geladeira Comum	Tempo de uso: 23.983 horas	Consumo:3.837 kWh

Consumo Mensal: 200.02 kWh

Valor mensal Tarifa Convencional: R\$109.53 reais

Valor mensal Tarifa Branca: R\$125.74 reais

O valor pago para Tarifa Branca é maior que o valor pago para a Tarifa Convencional. É necessário fazer alterações de horário de utilização de alguns equipamentos:

Equipamento: Ferro Elétrico utilizar entre 00:00 e 18:00 ou 22:00 e 23:59 horas

Equipamento: Forno Microondas utilizar entre 00:00 e 18:00 ou 22:00 e 23:59 horas

Equipamento: Computador manter desligado de 20:00:00 h até 21:00:00 h

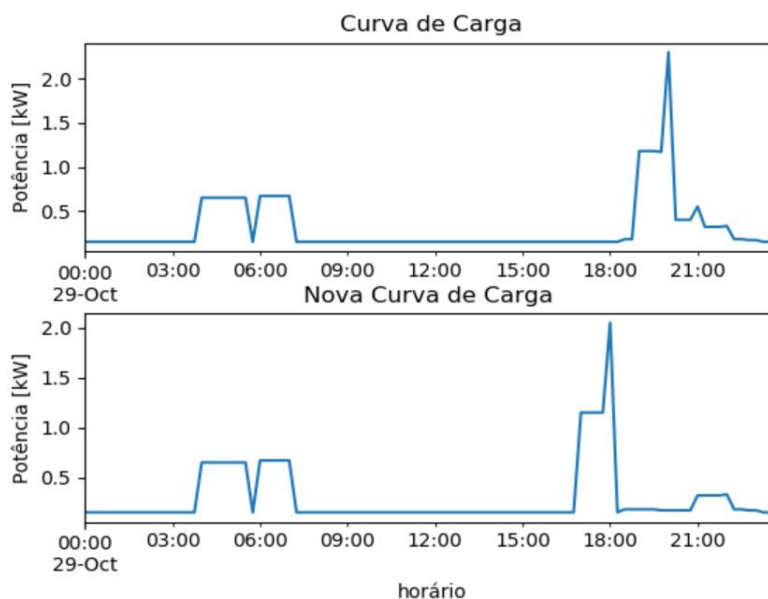
Valor mensal Tarifa Branca com alterações de horarios: R\$ 104.64 reais

O percentual de Economia é de 4.5%

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 21 apresenta a curva de carga sem alterações de horário, e a nova curva de carga com alterações de horários de utilização dos equipamentos, conforme sugestão da plataforma de simulação.

Figura 21 - Curvas de Carga: Caso A



Fonte: Elaborada pela autora.

5.2 Caso B

O segundo caso, denominado Caso B, trata-se de um perfil residencial. Nesta residência moram quatro pessoas: uma pessoa trabalha em horários alternativos, dois são estudantes e a outra pessoa trabalha em casa realizando serviços domésticos. Os moradores possuem chuveiro elétrico. A Figura 22 apresenta a potência nominal e a classificação dos equipamentos utilizados no Caso B.

Figura 22 - Equipamentos: Caso B

Nome	Potência Nominal	Classificação
Aspirador de Pó	300	F
Cafeteira	500	F
Chuveiro Elétrico	4000	F
Depurador de ar	230	II
Exaustor	150	II
Ferro Elétrico	1000	F
Forno Elétrico	620	II
Forno Microondas	900	F
Freezer	150	R
Geladeira Duple	250	R
Máquina lava-roupas	500	F
Panela Elétrica	600	II
Sanduicheira	800	II
Televisor	150	II

Equipamentos Utilização Tarifas (+)

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 23 apresenta os horários de utilização dos equipamentos.

Figura 23 - Horário de Utilização: Caso B

	A	B	C
1	Equipamento	Início Uso	Final Uso
2	Lampada LED	06:00	07:10
3	Forno Microondas	06:15	07:20
4	Lampada LED	08:30	09:30
5	Máquina lava-roupas	09:00	10:30
6	Aspirador de Pó	09:10	09:25
7	Televisor	11:00	13:20
8	Depurador de ar	11:30	12:10
9	Panela Elétrica	11:30	12:05
10	Forno Microondas	12:30	12:35
11	Ferro Elétrico	15:00	15:35
12	Forno Elétrico	16:00	17:00
13	Chuveiro Elétrico	17:05	17:15
14	Chuveiro Elétrico	18:00	18:10
15	Chuveiro Elétrico	18:30	18:35
16	Chuveiro Elétrico	22:30	22:38
17	Lampada LED	18:00	23:00
18	Lampada LED	17:05	18:35
19	Lampada LED	22:25	22:45
20	Lampada LED	22:00	22:30
21	Sanduicheira	20:40	20:45
22	Geladeira Duple	00:00	23:59
23	Freezer	00:00	23:59
24			
25			
26			

◀ ▶ | Equipamentos | **Utilização** | Tarifas | ⊕

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 24 apresenta os resultados obtidos através da simulação. Nota-se que o valor da fatura para tarifa branca é menor que o valor da fatura previsto para tarifa convencional, por isso não é necessário realizar alterações de horário dos equipamentos. O percentual de economia utilizando a tarifa branca é de 3,1% em relação a tarifa convencional.

Figura 24 - Simulação: Caso B

Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.167 horas	Consumo:0.012 kWh
Equipamento: Forno Microondas	Tempo de uso: 1.083 horas	Consumo:0.975 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.010 kWh
Equipamento: Máquina lava-roupas	Tempo de uso: 1.500 horas	Consumo:0.750 kWh
Equipamento: Aspirador de Pó	Tempo de uso: 0.250 horas	Consumo:0.075 kWh
Equipamento: Televisor	Tempo de uso: 2.333 horas	Consumo:0.350 kWh
Equipamento: Depurador de ar	Tempo de uso: 0.667 horas	Consumo:0.153 kWh
Equipamento: Panela Elétrica	Tempo de uso: 0.583 horas	Consumo:0.350 kWh
Equipamento: Forno Microondas	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.075 kWh
Equipamento: Ferro Elétrico	Tempo de uso: 0.583 horas	Consumo:0.583 kWh
Equipamento: Forno Elétrico	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.620 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.167 horas	Consumo:0.667 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.167 horas	Consumo:0.667 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.333 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.133 horas	Consumo:0.533 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 5.000 horas	Consumo:0.050 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.500 horas	Consumo:0.015 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 0.333 horas	Consumo:0.003 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 0.500 horas	Consumo:0.005 kWh
Equipamento: Sanduicheira	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.067 kWh
Equipamento: Geladeira Duple	Tempo de uso: 23.983 horas	Consumo:5.996 kWh
Equipamento: Freezer	Tempo de uso: 23.983 horas	Consumo:3.598 kWh

Consumo Mensal: 476.6 kWh

Valor mensal Tarifa Convencional: R\$260.99 reais

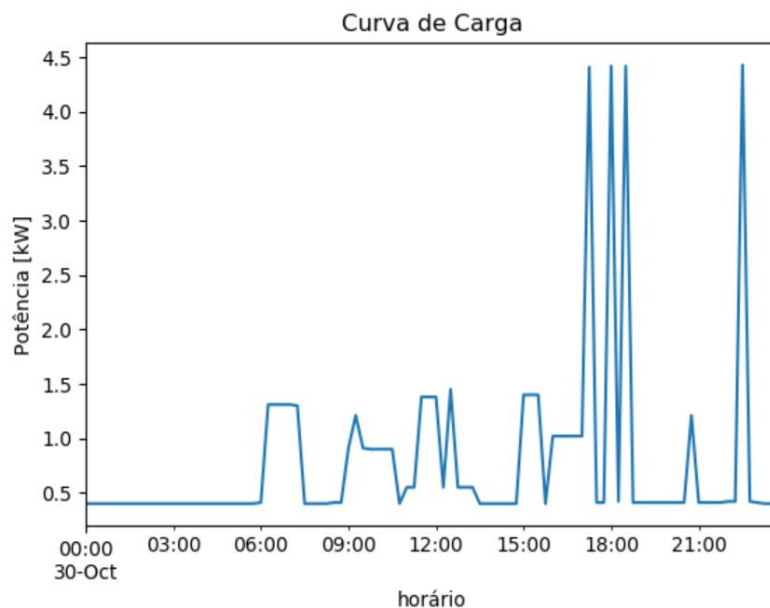
Valor mensal Tarifa Branca: R\$252.86 reais

O percentual de Economia é de 3.1%

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 24 apresenta a curva de carga para o Caso B.

Figura 25 - Curva de Carga: Caso B



Fonte: Elaborada pela autora.

5.3 Caso C

O terceiro caso, denominado Caso C, trata-se de um perfil residencial. Nesta residência moram três pessoas, sendo que nesta residência existe um escritório de trabalho, onde é utilizado um ar condicionado split. A residência possui chuveiro elétrico. A Figura 26 apresenta a potência nominal e a classificação dos equipamentos utilizados no Caso C.

Figura 26 - Equipamentos: Caso C

Nome	Potência Nominal	Classificação
Cafeteira	500	F
Chuveiro Elétrico	4000	II
Computador	230	ID
Ferro Elétrico	1000	F
Forno Elétrico	620	II
Forno Microondas	900	F
Geladeira Comum	160	R
Impressora Comum	60	F
Lampada LED	10	II
Máquina lava-roupas	500	F
Sanduicheira	800	II
Televisor	150	II
Ar condicionado	280	II

Equipamentos Utilização Tarifas (+)

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 27 apresenta o horário de utilização dos equipamentos.

Figura 27 - Horário de Utilização: Caso C

1	Equipamento	Início Uso	Final Uso
2	Lampada LED	06:00	07:10
3	Chuveiro Elétrico	06:15	06:20
4	Chuveiro Elétrico	06:30	06:35
5	Sanducheira	06:30	06:35
6	Cafeteira	06:30	07:10
7	Televisor	06:30	13:20
8	Lampada LED	06:30	07:30
9	Computador	07:30	17:00
10	Ar condicionado	07:30	17:00
11	Forno Microondas	12:00	12:10
12	Impressora Comum	15:00	15:05
13	Chuveiro Elétrico	18:05	17:15
14	Forno Elétrico	19:00	20:00
15	Geladeira Comum	00:00	23:59
16	Lampada LED	18:00	22:00
17	Lampada LED	18:00	22:00
18	Lampada LED	20:30	21:50
19	Máquina lava-roupas	19:00	20:30
20	Televisor	20:30	22:00
21	Ar condicionado	17:00	22:00
22	Ar condicionado	22:00	23:59
23	Ar condicionado	00:00	06:00
24			
25			
26			

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 28 apresenta os resultados obtidos através da simulação. Nota-se que o valor da fatura para tarifa branca é superior ao valor da fatura para tarifa convencional, por isso foi necessário fazer alterações de horário de utilização de alguns equipamentos. A partir dos resultados apresentados na Figura 25, nota-se que para este caso, a sugestão de alteração de horário de utilização aplicou-se somente à máquina de lavar roupa. Desta forma, a redução do valor da fatura da tarifa branca não foi significativa, pois o valor da fatura cobrado para tarifa branca é maior que o valor cobrado para tarifa convencional.

Figura 28 - Simulação: Caso C

Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.167 horas	Consumo:0.012 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.333 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.333 kWh
Equipamento: Sanduicheira	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.067 kWh
Equipamento: Cafeteira	Tempo de uso: 0.667 horas	Consumo:0.333 kWh
Equipamento: Televisor	Tempo de uso: 6.833 horas	Consumo:1.025 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.010 kWh
Equipamento: Computador	Tempo de uso: 9.500 horas	Consumo:2.185 kWh
Equipamento: Ar condicionado	Tempo de uso: 9.500 horas	Consumo:2.660 kWh
Equipamento: Forno Microondas	Tempo de uso: 0.167 horas	Consumo:0.150 kWh
Equipamento: Impressora Comum	Tempo de uso: 0.083 horas	Consumo:0.005 kWh
Equipamento: Chuveiro Elétrico	Tempo de uso: 0.167 horas	Consumo:0.667 kWh
Equipamento: Forno Elétrico	Tempo de uso: 1.000 horas	Consumo:0.620 kWh
Equipamento: Geladeira Comum	Tempo de uso: 23.983 horas	Consumo:3.837 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 4.000 horas	Consumo:0.040 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 4.000 horas	Consumo:0.040 kWh
Equipamento: Lampada LED	Tempo de uso: 1.333 horas	Consumo:0.013 kWh
Equipamento: Máquina lava-roupas	Tempo de uso: 1.500 horas	Consumo:0.750 kWh
Equipamento: Televisor	Tempo de uso: 1.500 horas	Consumo:0.225 kWh
Equipamento: Ar condicionado	Tempo de uso: 5.000 horas	Consumo:1.400 kWh
Equipamento: Ar condicionado	Tempo de uso: 1.983 horas	Consumo:0.555 kWh
Equipamento: Ar condicionado	Tempo de uso: 6.000 horas	Consumo:1.680 kWh

Consumo Mensal: 508.23 kWh

Valor mensal Tarifa Convencional: R\$278.31 reais

Valor mensal Tarifa Branca: R\$301.23 reais

O valor pago para Tarifa Branca é maior que o valor pago para a Tarifa Convencional. É necessário fazer alterações de horário de utilização de alguns equipamentos:

Equipamento: Máquina lava-roupas utilizar entre 00:00 e 18:00 ou 22:00 e 23:59 horas

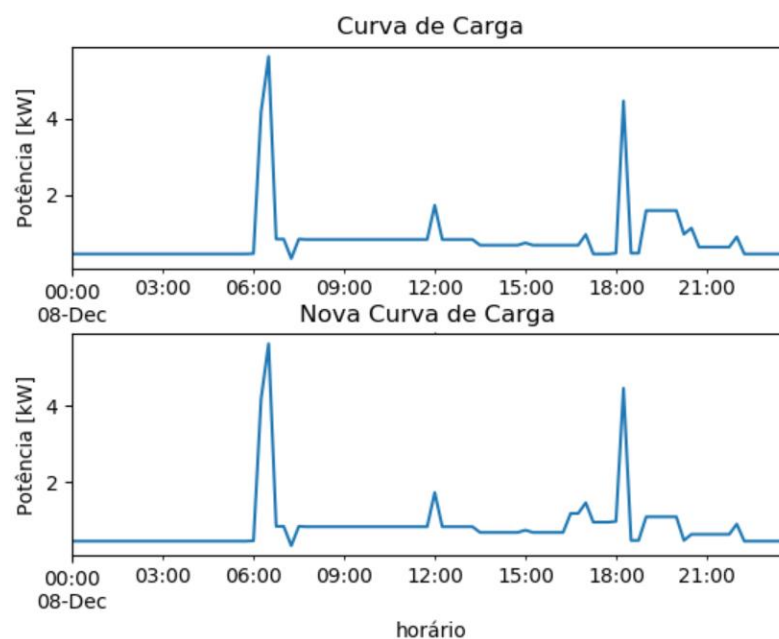
Valor mensal Tarifa Branca com alterações de horarios: R\$ 293.16 reais

O valor pago para Tarifa Branca é maior que o valor pago para a Tarifa Convencional.

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 28 apresenta as curvas de carga do terceiro caso

Figura 29 - Curva de Carga: Caso C

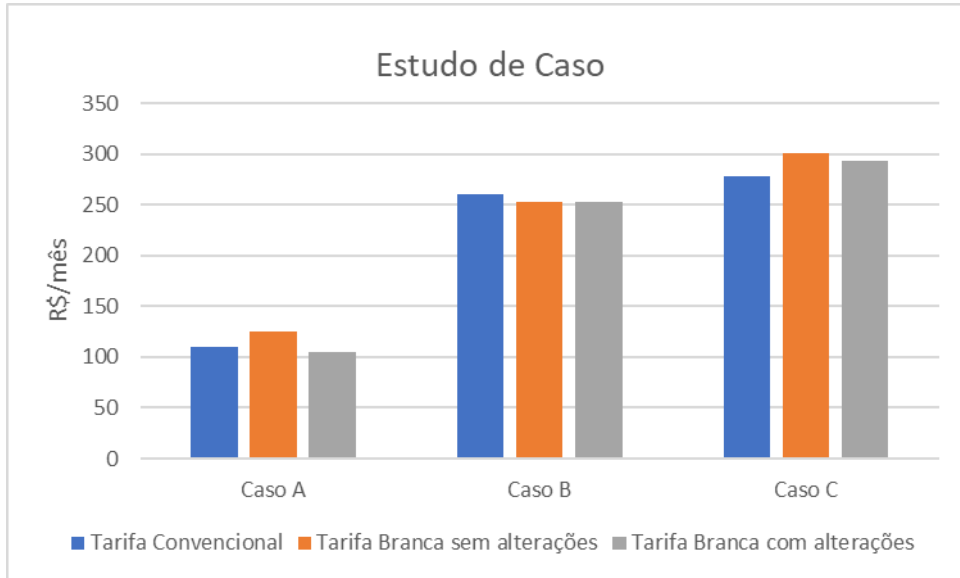


Fonte: Elaborada pela autora.

5.4 Análise dos Resultados

Nesta seção são analisados os resultados apresentados em cada caso estudado. O Gráfico 3 apresenta o valor da fatura mensal para cada caso estudado, sendo apresentado o valor da fatura para tarifa convencional, para a tarifa branca sem alterações de horário de utilização e para a tarifa branca com alterações de horário de utilização dos equipamentos, conforme sugerido em simulação. De acordo com o Gráfico 3, verifica-se que para o Caso B não é apresentado o valor da tarifa branca com alterações de horário, isso ocorre porque o valor pago para a tarifa branca é menor que o valor pago para tarifa convencional, sem a necessidade de alterações do horário de utilização dos equipamentos.

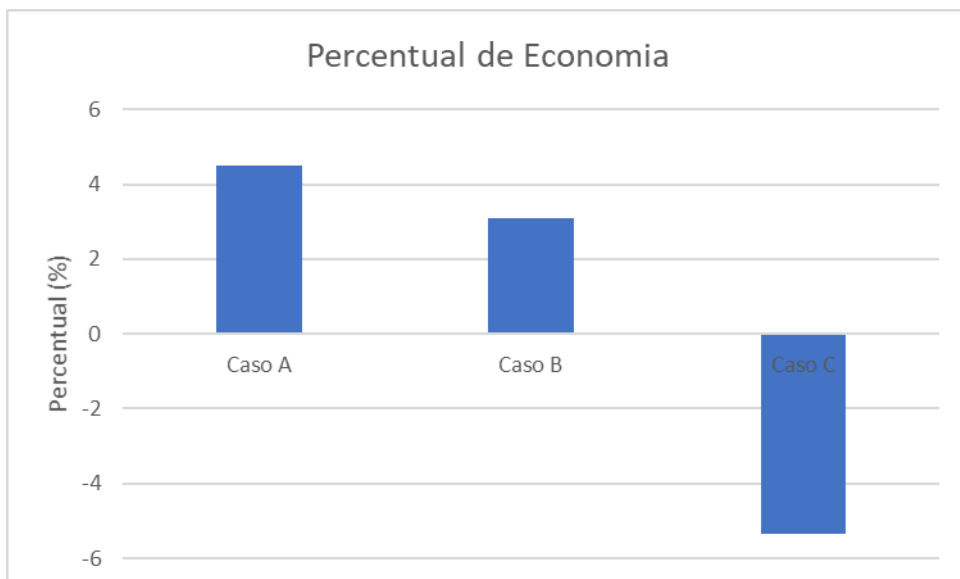
Gráfico 3 - Valor da Fatura por Tarifa Aplicada



Fonte: Elaborada pela autora.

O Gráfico 4 apresenta o percentual de economia do valor da fatura mensal para tarifa branca em relação ao valor da fatura mensal para a tarifa convencional. Observa-se que o caso A apresentou um percentual de economia de 4,3% utilizando a tarifa branca após a modificação do horário de utilização dos equipamentos. O caso B obteve um percentual de economia de 3,1% sem que fosse necessário realizar modificação das cargas. O Caso C não obteve economia utilizando a tarifa branca, sugeriu-se a realocação de horário de utilização da máquina de lavar roupas, porém o valor da fatura para tarifa branca ainda assim foi superior ao valor da tarifa convencional.

Gráfico 4 - Percentual de Economia utilizando a Tarifa Branca



Fonte: Elaborada pela autora.

O consumidor cujas cargas foram inseridas no Caso A deverá avaliar se o percentual de economia é expressivo, pois conforme indicado, deverão ser realizadas mudanças de hábitos de consumo. Neste caso, o consumidor deve estar disposto a realizar as mudanças apresentadas, pois caso contrário, a tarifa branca não é indicada.

O consumidor cujas cargas foram inseridas no Caso B não necessita alterar seus hábitos de consumo de energia para enquadrar-se a tarifa branca. Porém, para o consumidor cujas cargas foram inseridas no Caso C, não é indicado aderir ao programa de tarifa branca devido ao seu perfil de consumo.

5.4.1 Análise dos Dados de Entrada

Nesta seção são analisados quais fatores de entrada contribuíram para o resultado obtido em cada caso estudado.

Para Caso A, o fator de entrada relevante é a utilização do chuveiro a gás. Pois, se o consumidor tiver a necessidade de utilizar o chuveiro em horário de ponta ou intermediário, este não irá contribuir para um aumento de energia. Outro fator relevante é a disponibilidade em realocar cargas, desta forma foi possível obter um melhor valor da fatura para a tarifa branca.

Para o Caso B, não foi necessário realizar mudanças de hábitos de consumo. Este consumidor possui chuveiro elétrico, mas utiliza-o em períodos de tarifa intermediária, onde a tarifa é mais elevada que a tarifa convencional, mas ainda próxima. Outro fator importante é que a maior parte das cargas são utilizadas em períodos de tarifa fora de ponta. Estes fatores possibilitam a adesão a tarifa branca sem que seja necessário mudanças de hábitos de consumo.

Para o Caso C, o chuveiro elétrico tem sua maior utilização pela manhã e em horário intermediário. Em horário de pico são utilizados a máquina de lavar, a televisão, o ar condicionado e lâmpadas de iluminação. Sendo que, o único equipamento disponível para realocação do horário de utilização é a máquina de lavar roupas. A indisponibilidade de realocar cargas em horário de pico e intermediário inviabiliza a adesão à tarifa branca.

6 CONCLUSÃO

Foi realizada a verificação de um problema existente no cenário atual para consumidores de baixa tensão, que consiste na dificuldade encontrada pelo consumidor para decidir qual a tarifa mais adequada para sua unidade de consumo. Logo, foi apresentada uma proposta para solução deste problema.

A plataforma de simulação apresentada neste trabalho mostrou-se uma ferramenta muito útil para solucionar o problema existente, pois além de realizar o cálculo do valor da fatura para ambas tarifas, a plataforma ainda auxilia o consumidor sugerindo medidas de mudanças de hábitos de consumo.

A plataforma de simulação possui uma boa interface de comunicação com o usuário, onde é possível inserir os dados de consumo de maneira fácil e eficiente. Sendo que, os resultados são obtidos detalhadamente de forma clara. Desta forma, qualquer pessoa que possui mínimos conhecimentos de trabalho em planilhas do Excel pode utilizar a ferramenta desenvolvida.

Os resultados obtidos através do estudo de casos foram satisfatórios, pois verificou-se a eficiência da ferramenta para situações diversificadas de consumo de energia. Uma vez que, a partir do dia 01 de janeiro de 2020 é previsto que qualquer consumidor de baixa tensão possa optar em aderir a tarifa branca.

A partir dos resultados obtidos através do estudo de caso realizado, observou-se a maior viabilidade de adesão da tarifa branca para o consumidor que estiver disponível para realizar mudanças de hábitos de consumo. Porém, em outros casos, a adesão a tarifa branca pode ser realizada sem que seja necessário realizar mudanças de hábitos de consumo.

Contudo, observou-se que em alguns casos esta mudança não será viável, caso o consumidor não esteja disponível em realizar mudanças de hábitos de consumo.

Conforme verificado na seção 2.8.2, a curva de carga dos equipamentos como geladeira e condicionadores de ar apresentam alterações de acordo com o valor ajustado para a temperatura de operação do equipamento. Desta forma, para fins de simulação, a potência nominal deste equipamento pode não corresponder à potência média do equipamento. Por este motivo, sugere-se para trabalhos futuros, o levantamento da curva de carga dos equipamentos, utilizando-a como dado de entrada para simulação.

Outro ponto a ser explorado é considerar em simulação dados de entrada diferenciados para dias úteis e para finais de semana e feriados. Também pode ser considerado em simulação resultados anuais, considerando as alterações climáticas no ano.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Brasília, DF: ANEEL, 2010a. Disponível em: www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf. Acesso em: 9 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 502, de 7 de agosto de 2012**. Regulamenta sistemas de medição de energia elétrica de unidades consumidoras do Grupo B. Brasília, DF: ANEEL, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/atren2012502.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 733, de 6 de setembro de 2016**. Estabelece as condições para a aplicação da modalidade tarifária horária branca. Brasília, DF: ANEEL, 2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016733.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Procedimento de regulação tarifária (PRORET). **Submódulo 7.1**: procedimentos gerais. Brasília, DF: ANEEL, 17 jul. 2017. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2017775_Proret_Submod_7_1_V24.pdf. Acesso em: 15 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Procedimento de regulação tarifária (PRORET). **Submódulo 7.3**: tarifa de aplicação. Brasília, DF: ANEEL, 17 jul. 2017. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2017775_Proret_Submod_7_1_V24.pdf. Acesso em: 15 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Estrutura tarifária para serviço de distribuição de energia elétrica. **Sumário Executivo - Ótica do Consumidor**. Brasília, DF: ANEEL, 1 dez. 2010b. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20\(2\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20(2).pdf). Acesso em: 9 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Tarifa branca. *In*: ANEEL. Brasília, 24 jan. 2019a. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>. Acesso em: 10 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Tarifa branca**: tarifa branca é nova opção para quem tem consumo acima de 250kWh. *In*: ANEEL. Brasília, 04 jan. 2019b. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/tarifa-branca-e-nova-opcao-para-quem-tem-consumo-acima-de-250-kwh/656877?inheritRedirect=false. Acesso em: 14 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Bandeiras Tarifárias. Brasília, DF: ANEEL, 24 jan. 2019c. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 10 jun. 2019.

BAPTISTA, Danilo Febroni. **Estrutura da tarifa branca de energia elétrica no Brasil**: análise crítica e proposição metodológica. 2016. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/30527/30527.PDF> Acesso em: 21 jun. 2019.

BERNARDES, João Paulo da Silva. **Análise da integração da tarifa branca e geração distribuída na rede de distribuição de baixa tensão**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2016. Disponível em: <http://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/1889/1/An%C3%A1lise%20da%20Integra%C3%A7%C3%A3o%20da%20Tarifa%20Branca%20e%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa%20na%20Rede%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20de%20Baixa%20Tens%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano de expansão de energia 2017**. Brasília, DF: MME/EPE, 2018. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf. Acesso em: 14 jun. 2019.

CASTRO, Tiago Borna. **DEFLEGER**: Deslocamento e flexibilidade de cargas no gerenciamento de energia residencial. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/3924/1/Tiago%20Bornia%20de%20Castro%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em 21 jun. 2019.

CAVALCANTE, Francisco Glauber de Souza. **Análise técnica e financeira do impacto da tarifa branca para as distribuidoras e consumidores finais de energia elétrica**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Eletricista) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35057/3/2018_tcc_fgscavalcante.pdf. Acesso em 21 jun. 2019.

COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (CEEE-D). **Tarifas e custos de serviços**. Porto Alegre: CEEE-D, 2016. Disponível em: http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Archives/Upload/Folder_Grupo_B_2018_60788.pdf. Acesso em: 14 jun. 2019.

CPFL ENERGIA. Taxas e tarifas. *In*: CPFL Energia. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://servicosonline.cpfl.com.br/agencia-webapp/#/taxas-tarifas>. Acesso em 14 jun. 2019.

CUNHA, Pedro Paulo. **Estimação espacial da migração de consumidores residenciais para a tarifa branca em sistemas de distribuição de energia elétrica**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Iha Solteira, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/157396> Acesso em 21 jun. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço energético nacional:** ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf. Acesso em: 9 de jun. 2019.

FERREIRA, Samir; FILIPE, Maragoni; KONOPATZKI, Evandro. Análise dos benefícios da adesão à tarifa branca como forma de gestão energética residencial. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 35., 2015, Fortaleza. **Anais eletrônicos [...]**. Fortaleza: ENEGEP, 2015. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_214_267_28239.pdf. Acesso em: 21 jun. 2019.

MENEZES, Henrique Leão de Sá. **Avaliação da aplicação da modalidade Tarifária Horária Branca:** estudo de caso para consumidores residenciais. 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia de Energia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/9743/1/2014_Henrique_LeaodeSaMenezes.pdf. Acesso em: 21 jun. 2019.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Curva de carga horária. *In: ONS*. [S. l.], 2019. Disponível em: http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/curva_carga_horaria.aspx. Acesso em: 14 jun. 2019.

PENIDO, Édilus de Carvalho Castro. **Energilar - Um controlador de cargas domiciliares para a melhoria da sustentabilidade das residências brasileiras.** 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3540/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_EnergilarControladorCargas.pdf. Acesso em: 21 jun. 2019.

SANTANA, Thallis; CRUZ, Antônia. Estudo do potencial de conservação de energia através do controle do carregamento de geladeira e ar condicionado. *In: SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PRODUÇÃO ACADÊMICA*, 15., 2016, Salvador. **Anais eletrônicos [...]**. Salvador: UNIFACS, 2015. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/viewFile/4353/3021>. Acesso em: 10 set. 2019.

SILVA, Natalí Nunes dos Reis. **Análise da migração de consumidores residenciais para a tarifa branca em sistemas de distribuição de energia elétrica.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação) - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguacu, 2018. Disponível em: http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/4115/5/Natali_Nunes_dos_Reis_da_Silva_2018.pdf. Acesso em: 21 jun. 2019.

SOUSA, Alan Crístopher. **Curso básico de Python 3:** 2017. Divinópolis: CEFET/MG, 2017. Disponível em: <https://acristoffers.me/Python3.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2019.

ZULUAGA, Estiven Orozco. **Desagregação da energia elétrica por**

eletrodomésticos para consumidores residenciais. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/36269/36269.PDF>. Acesso em 21 jun. 2019.