

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA.

LUIZ FERNANDO NOVAES MORENO

**MONITORAMENTO, AUTOMAÇÃO E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA, EM RESIDENCIA FAMILIAR, PARA
REDUÇÃO DA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA.**

CAMPINAS/SP
2021

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DE ENERGIA E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA.

LUIZ FERNANDO NOVAES MORENO

**MONITORAMENTO, AUTOMAÇÃO E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA, EM RESIDENCIA FAMILIAR, PARA
REDUÇÃO DA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA.**

Trabalho de Graduação apresentado como pré-requisito para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Energia e Eficiência Energética, da Faculdade de Tecnologia de Campinas, elaborado sob a orientação do Prof.Msc Anderson Luiz Coan

CAMPINAS/SP
2021

FICHA CATALOGRÁFICA
CEETEPS - FATEC Campinas – Biblioteca

M843m

MORENO, Luiz Fernando Novaes

Monitoramento, automação e eficiência energética em residência familiar, para redução da conta de energia elétrica. Luiz Fernando Novaes Moreno. Campinas, 2021.

70 p.; 30 cm.

Trabalho de Graduação do Curso de Gestão de Energia e Eficiência Energética – Faculdade de Tecnologia de Campinas.

Orientador: Prof. Me. Anderson Luiz Coan.

1. Automação. 2. Redução. 3. Economia. 4. Segurança. I. Autor. II. Faculdade de Tecnologia de Campinas. III. Título.

CDD 621.31

Catálogo-na-fonte: Bibliotecária: Aparecida Stradiotto Mendes – CRB8/6553

TG GEEE 21.2

LUIZ FERNANDO NOVAES MORENO

**MONITORAMENTO, AUTOMAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, EM
RESIDENCIA FAMILIAR, PARA REDUÇÃO DA CONTA DE ENERGIA
ELÉTRICA.**

Trabalho de Graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Energia e Eficiência Energética pelo CEETEPS/Faculdade de Tecnologia – Fatec Campinas.

Campinas, 04 de dezembro de 2021.

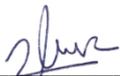
BANCA EXAMINADORA



Prof Anderson Luiz Coan
Fatec Campinas



Prof Fabio Mazzariol Santiciolli
Fatec Campinas



Prof Rafael de Almeida Ricardo
Fatec Campinas

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e inteligência para superar todas as dificuldades e conseguir finalizar esse trabalho.

Agradeço a minha querida e amada esposa, por ter acreditado em mim, e me ajudado a concluir mais essa etapa em nossas vidas.

Agradeço aos meus pais por acreditarem em e mim, e me ensinarem sempre a fazer a coisa certa e ser forte em tudo.

Agradeço ao meu professor, orientador, Anderson Luiz Coan, por ter aceitado o desafio, e juntos, concluir esse trabalho.

Agradeço ao meus colegas e amigos de faculdade, que levarei pelo resto da vida em meu coração, uma turma simplesmente maravilhosa e comprometida.

Agradeço a Faculdade de Tecnologia de Campinas FATEC, e a todos do corpo docente, pois, o profissional que sou hoje, e o quanto esse trabalho representa é graças a vocês.

E para finalizar, agradeço a todos os amigos e colegas de trabalho, que de alguma forma, contribuíram com palavras de incentivo para a finalização desse ciclo em minha vida.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha esposa Gabriela, por ter acreditado em mim, ser meu apoio e suporte para concluir mais uma etapa em nossas vidas, e ao meu filho Daniel, sendo uma pequena parte do legado que um dia deixarei a ele.

RESUMO

Devido à crise hídrica que se instalou no Brasil, no ano de 2021 e o aumento dos custos com energia elétrica, parte da renda familiar de uma casa foi comprometida com gastos não previstos no orçamento com a conta de energia elétrica. Em vista disso, o presente estudo, visa a aplicação de técnicas de medição, monitoramento, controle e automação, viabilidade econômica, tempo de retorno para o investimento e a substituição de equipamentos ineficientes, por tecnologias novas que otimizam o desempenho do produto, afim de reduzir os gastos com energia elétrica. Através de dados obtidos por medidores de grandezas elétricas, de caráter intrusivos (ILM – *Intrusive Load Monitoring*) e não intrusivos (NILM – *Non-Intrusive Load Monitoring*), instalados no interior da residência em pontos estratégicos, foi possível identificar um eletrodoméstico com defeito, representando 143,9% de ineficiência, se comparado à sua ficha técnica. Assim, fez-se necessário a substituição por um equipamento de tecnologia atual, mais eficiente e com maiores capacidades, promovendo uma redução de aproximadamente 70,85% dos gastos com energia. Cargas em stand-by que custavam anualmente R\$162,39 sem a necessidade de estarem ligadas, foram automatizadas, trazendo economia, segurança e valorização para o imóvel. Houve redução na conta de luz, de aproximadamente 39,85% a partir da aplicação das melhorias, representando uma economia um tanto significativa de, aproximadamente, R\$ 137,13 no mês.

Palavras-chave: Medição; automação; redução; economia; segurança.

ABSTRACT

Due to the hydroelectric crisis of 2021 in Brazil, the cost of electricity has increased, having a significant impact on a family's budget. In light of this, this work aims to apply measurement, monitoring, control and automation techniques, economic feasibility, payback time for investment and the replacement of inefficient equipment with new technologies that optimize product performance, in order to reduce electricity costs. Through data obtained by Intrusive Load Monitoring (ILM) and Non-Intrusive Load Monitoring (NILM) meters of electrical magnitudes, installed inside the residence at strategic points, it was possible to identify a defective appliance, representing 143.9% of inefficiency when compared to its technical specification. Thus, it was replaced by a more modern and efficient equipment, promoting a reduction of approximately 70.85% in electricity costs. Stand-by loads that cost R\$162.39 annually without the need to turn them on were automated, bringing savings, safety and adding value to the property. There was a reduction in the electricity bill of approximately 39.85% from the implementation of the improvements, representing savings of approximately R\$ 137.13 per month.

Keywords: Measurement; automation; reduction; economy; safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Triângulo Trigonométricos das potências.....	12
Figura 2 – Representação das parcelas das potências no sistema.	12
Figura 3 – Tensão e corrente em fase.....	13
Figura 4 – Defasagem da tensão em relação a corrente.	14
Figura 5 – Estrutura Tarifa Verde	17
Figura 6 – Estrutura Tarifa Azul	17
Figura 7 – Horários Tarifa Branca CPFL Paulista	19
Figura 8 – Valores das Tarifas do Grupo B.....	20
Figura 9 – Programa Brasileiro de Etiquetagem	22
Figura 10 – Selo INMETRO de Eficiência Energética	23
Figura 11 – Exemplo de Sistema automatizado para iluminação natural	26
Figura 12 – Tomada inteligente.....	27
Figura 13 – Atuação de válvula solenoide	28
Figura 14 – Plug Medidor de Potência – Marca: SINOTIMER.....	29
Figura 15 – Assinatura das cargas residenciais pelo método NILM	30
Figura 16 – Exemplo Diagrama de fluxo de caixa	32
Figura 17 – 1- Medidor ILM – Modelo P06S – 100	35
Figura 18 – 2 – Medidor ILM – KWS – AC – 300	35
Figura 19 – Medidor NILM – SM – 2w lite + 2.....	36
Figura 20 – Interface de Acesso – SM – 2W	37
Figura 21 – Interruptor wi-fi inteligente 16A – WHD02	38
Figura 22 – Interruptor inteligente SONOFF – Mini	38
Figura 23 – Dispositivos no Google Assistant	38
Figura 24 – Planta baixa do Terreno	39
Figura 25 – Área Construída da residência	40
Figura 26 – Escritório.....	40
Figura 27 – Gráfico das contas de Luz de 2 anos.....	42
Figura 28 – Instalação medidor NILM quadro de disjuntores	42
Figura 29 – Gráfico – Assinatura Energética da Residência.....	43
Figura 30 – Gráfico – Registro do consumo ao longo do dia (kWh)	44
Figura 31 – Assinatura Energética Lâmpadas Quintal	46
Figura 32 – Medidor tipo ILM – Geladeira.....	47
Figura 33 – Gráfico do Consumo semanal da Geladeira DF36A.....	48
Figura 34 – PBE Geladeira Panasonic NR – BT42V1	49
Figura 35 – Gráfico do Consumo semanal da Geladeira NR-BT42BV1	50
Figura 36 – Análise das assinaturas energéticas das geladeiras	51
Figura 37 – Quadro de disjuntores escritório	52
Figura 38 – Dados Consumo escritório antes da aplicação.....	52
Figura 39 – Medidor tipo ILM – Bancadas Escritório	53
Figura 40 – Relatório de consumo do escritório sem automação.....	54
Figura 41 – Régua de Tomadas Inteligente.....	54
Figura 42 – Dados Consumo escritório após a aplicação.....	55
Figura 43 – Relatório de consumo do escritório com automação	56

Figura 44 – Registro Medidor ILM Sala	58
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Subgrupos Tarifário do grupo A	15
Tabela 2 – Subgrupos Tarifário do grupo B	18
Tabela 3 – Exemplo de planilha de fluxo de caixa	32
Tabela 4 – Tarifa convencional X Tarifa branca, para o período em análise	43
Tabela 5 – Áreas com equipamentos em Stand by	44
Tabela 6 – Potência instalada iluminação do quintal.....	45
Tabela 7 – Cálculos de viabilidade de automação da iluminação no quintal	46
Tabela 8 – Gastos com energia Geladeira DF36A	48
Tabela 9 – Gastos com energia Electrolux DF36A X Panasonic NR – BT42BV1	50
Tabela 10 – Cálculos de viabilidade de automação para o escritório.....	56
Tabela 11 – Cálculos de viabilidade de automação para a Sala	57

LISTA DE SIMBOLOS

kWh	Kilo Watt hora
W	Watt
P	Potência Ativa
V	Volt
A	Ampères
Hz	Hertz
Q	Potência Reativa
VAR	Volt Ampere Reativo
VA	Volt Ampere
S	Potência Aparente
FP	Fator de Potência

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	JUSTIFICATIVA	11
1.2	OBJETIVO PRINCIPAL.....	11
1.3	OBJETIVO DETALHADO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	POTÊNCIA E FATOR DE POTÊNCIA	12
2.1.1	Potência Ativa	13
2.1.2	Potência Reativa	13
2.1.3	Potência Aparente	14
2.1.4	Fator de Potência	14
2.2	SISTEMA TARIFÁRIO NO BRASIL.....	15
2.2.1	Grupo Tarifário A	15
2.2.2	Grupo Tarifário B	18
2.2.3	Bandeiras Tarifárias	20
2.3	PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM (PBE).....	21
2.3.1	Para que serve o PBE	22
2.3.2	Como funciona	22
2.4	AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL.....	23
2.4.1	Sistemas de automação.....	24
2.4.2	Tipos de dispositivos.....	25
2.5	MONITORAMENTO DAS CARGA ELÉTRICAS RESIDENCIAL.....	28
2.5.1	Monitoramento de Carga Intrusiva (ILM)	29
2.5.2	Monitoramento de Carga Não Intrusiva (NILM)	29
2.6	VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS	31
2.6.1	Definições.....	31
2.6.2	Critério do tempo de retorno de um investimento (TRI).....	33
3	MÉTODOS E MATERIAIS	34
3.1	MÉTODOS	34
3.2	MATERIAIS	34
3.2.1	Medidores de energia elétrica do tipo ILM.....	34
3.2.2	Medidor de energia elétrica do tipo NILM	36
3.2.3	Módulos de controle de automação.....	37

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	CARACTERÍSTICAS DA RESIDÊNCIA	39
4.2	ANÁLISE DAS CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA	41
4.3	ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA TARIFA BRANCA	42
4.4	MONITORAMENTO E APLICAÇÃO DAS MELHORIAS	44
4.1.1	Lâmpadas Quintal	45
4.1.2	Geladeiras	47
4.1.3	Escritório	52
4.1.4	Sala	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	APÊNDICE A	63
	Contas de energia elétrica da residência entre agosto de 2019 a julho de 2021	63
	APÊNDICE B	64
	Potência nominal e em Stand by dos equipamentos da residência	64
	ANEXO A	66
	Os feriados nacionais, terça-feria de carnaval, sexta-feira da Paixão e Corpus Christi, para horários fora de ponta	66
	ANEXO B	67
	Ficha Técnica Geladeira Electrolux Modelo DF36A	67

1 INTRODUÇÃO

Com a chegada da pandemia da corona vírus, em meados de 2019, no Brasil, resultou no fechamento de comércios, escolas e diversos setores que movimentam a economia do país, fazendo com que várias famílias perdessem da noite para o dia, suas rendas familiares. Segundo pesquisa realizada pelo Datafolha (G1, 2020) 46% dos entrevistados, tiveram redução na renda familiar.

E não foi somente a crise sanitária que afetou o país, com os efeitos dos impactos ambientais decorrentes do desmatamento da Amazônia (OLIVEIRA, 2021) o Brasil passa pela pior crise hídrica dos últimos 91 anos (G1, 2021). Apesar da matriz energética brasileira ser bem diversificada, ainda cerca de 64,9%, são fontes geradoras que utilizam recursos hídricos (EPE, 2020), fazendo com que o preço da eletricidade elétrica (kWh) fique mais alto, devido a diminuição dos reservatórios de água, comprometendo ainda mais a renda das famílias.

Uma possível alternativa, para o consumidor, em atuais épocas de crise hídrica e energética é a redução do consumo de energia elétrica. O governo em alguns casos, acaba incentivando e aplicando desconto nas contas, para quem conseguir reduzir o consumo, podendo ser a salvação para o orçamento no fim do mês (G1, 2021).

MEDEIROS, BERTINETI, *et al.*, (2018) em seus estudos, fizeram o levantamento dos equipamentos que mais consome energia elétrica de uma residência . Em primeiro lugar, está o chuveiro elétrico, sendo o equipamento que mais consome energia elétrica contribuindo para 26,84%, da carga total analisada. O segundo, está o refrigerador, que representa aproximadamente 16,57% , valor esse podendo ser maior, se o equipamento estiver obsoleto, com baixo rendimento ou operando acima de sua capacidade nominal. Em terceiro lugar estão os televisores representando 13,64%, principalmente os mais antigos. E em quarto lugar, no ranking, estão os equipamentos em *Stand-by* que representam 13,32%.

O conceito de automação, era usado quando se falava de questões industriais e comerciais, mas com o decorrer dos anos o cenário mudou, sendo a automação residencial um assunto em evidência nos dias atuais oferecendo segurança, comodidade, conforto e eficiência energética, se tornado um grande aliado na redução de gastos com energia (WORTMEYER, FREITAS e CARDODO, 2005).

1.1 JUSTIFICATIVA

O principal motivador para a execução do trabalho, foi o alto consumo de energia elétrica registrado na residência em um período de dois anos, trazendo a renda familiar gastos não previstos no orçamento mensal.

1.2 OBJETIVO PRINCIPAL

Esse trabalho tem como objetivo principal, aplicar técnicas de medição, monitoramento, controle, automação e substituição de equipamentos mais antigos por tecnologias mais eficientes, buscando a redução dos gastos com energia elétrica de uma residência familiar.

1.3 OBJETIVO DETALHADO

Monitorar a residência, a fim de caracterizar os pontos de consumo elevados, identificar equipamentos que, supostamente, estão consumindo acima do especificado pelos fabricantes. Propor a substituição dos equipamentos menos eficientes, por tecnologias atuais mais eficientes com um *payback* atrativo que se encaixe na renda familiar. Aplicar técnicas de automação residencial, utilizando dispositivos *smart home*, para reduzir os gastos dos equipamentos em *Stand-by* e verificar a viabilidade do investimento em relação aos custos dos dispositivos.

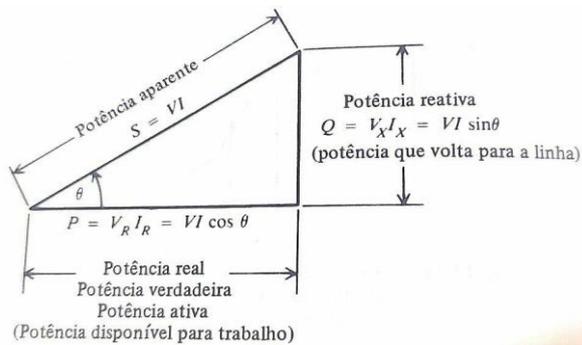
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente item apresenta os conceitos utilizados na elaboração do projeto de eficiência residencial.

2.1 POTÊNCIA E FATOR DE POTÊNCIA

Segundo GUSSOW, (1985) em um sistema elétrico alternado, pode-se encontrar três tipos de potência: Ativa, reativa ou aparente que podem ser representadas por um triângulo trigonométrico, conforme demonstrado na Figura 1. E na ilustração da Figura 2 a representação da parcela de contribuição, de cada tipo de potência para o sistema.

Figura 1 – Triângulo Trigonômétricos das potências



Fonte: (GUSSOW, 1985)

Figura 2 – Representação das parcelas das potências no sistema.



Fonte: < <https://www.cubienergia.com/o-que-e-fator-de-potencia/> > acesso em 13 set. 2021.

2.1.1 Potência Ativa

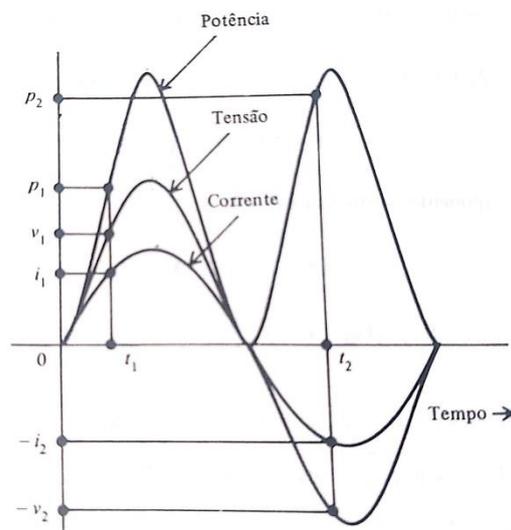
A potência ativa (P) medido em Watt (W), também conhecida como real ou verdadeira, é o produto da corrente (I) pela tensão (V) conforme a Equação 1.

Equação 1- Potência Ativa

$$P = VI$$

Conforme GUSSOW (1985) potência ativa, é a potência resistiva dissipada em forma de calor, responsável por produzir trabalho. Quando o valor da tensão e da corrente forem ambas de valores positivo ou negativo (em fase), o produto sempre será positivo, conforme Figura 3.

Figura 3 – Tensão e corrente em fase.



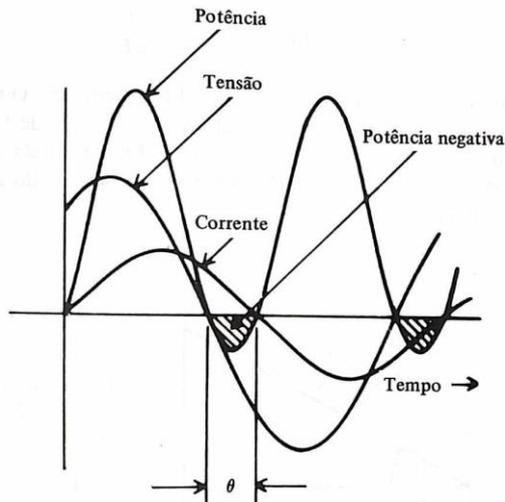
Fonte: (GUSSOW, 1985)

2.1.2 Potência Reativa

Quando o ciclo da tensão for positivo e a corrente negativo (defasado), ou vice-versa, em qualquer parte do ciclo, o produto será negativo, conforme Figura 4. E a potência sendo negativa (devido a reatância dos componentes capacitivos e indutivos), não está disponível para realização de trabalho, sendo uma potência que retorna para a linha. Esse produto é chamado de potência reativa (Q) e sua unidade de medida é o var (Volt Ampere Reativo) e dado pela Equação 2 (GUSSOW, 1985).

Equação 2 - Potência Reativa

$$Q = VI \text{ sen } \theta$$

Figura 4 – Defasagem da tensão em relação a corrente.

Fonte: (GUSSOW, 1985)

2.1.3 Potência Aparente

A potência aparente (S) ou a potência total, é aquela que as cargas (Resistivas e Reativas) absorvem da rede elétrica, sua unidade de medida é o VA (Volt Ampere) e, é dado pela Equação 3 e Equação 4 (GUSSOW, 1985).

Equação 3 - Potência Aparente

$$S = VI$$

Equação 4 - Soma das Potências Real e Reativa

$$S = P + Q$$

2.1.4 Fator de Potência

Segundo GUSSOW (1985), o fator de potência (FP) é a razão entre a potência real e aparente (Equação 5).

Equação 5 - Fator de Potência

$$FP = \frac{P}{S}$$

O fator de potência (FP), também é o cosseno (cos) do ângulo (θ) (Figura 1) do circuito, e o FP determina qual parcela da potência aparente é real, e pode variar entre zero e um (quanto mais próximo de um, mais próximo da potência real está o consumo e quanto mais próximo de zero, indica que a maior parte da energia consumida é reativa) sendo expresso em decimal ou percentual. (GUSSOW, 1985)

2.2 SISTEMA TARIFÁRIO NO BRASIL

Segundo a resolução normativa da ANEEL de N° 414, de 9 de setembro 2010, a estrutura tarifária da energia elétrica no Brasil se divide em duas categorias:

- **Grupo A – Alta Tensão**
- **Grupo B – Baixa Tensão**

2.2.1 Grupo Tarifário A

O grupo tarifário A (Alta Tensão) é composto pelas unidades consumidoras com fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3Kv ou com redes elétricas subterrâneas. E são subdivididos conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Subgrupos Tarifário do grupo A

Subgrupo A1	Subgrupo A2	Subgrupo A3/A3a	Subgrupo A4	Subgrupo AS
Igual ou Superior a 230kV	De 88kV a 138kV	A3 = 69kV A3s de 30kV a 44kV	De 2,3kV a 25kV	Inferior a 2,3kV Subterrâneo

Fonte: (ANEEL, 2010)

A modalidade tarifária, são tarifas aplicadas as componentes do consumo e da demanda respectivamente no grupo tarifário A e são divididas em três: Convencional (Binômia), Tarifa Verde e Tarifa Azul.

Segundo ANEEL (2010,p.3),

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.

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.

- **Convencional (Binômia)**

A modalidade tarifária convencional binômia, se caracteriza pela cobrança do consumo da energia elétrica e da demanda de potência, com valores fixos, independente do horário de utilização (ANEEL, 2010).

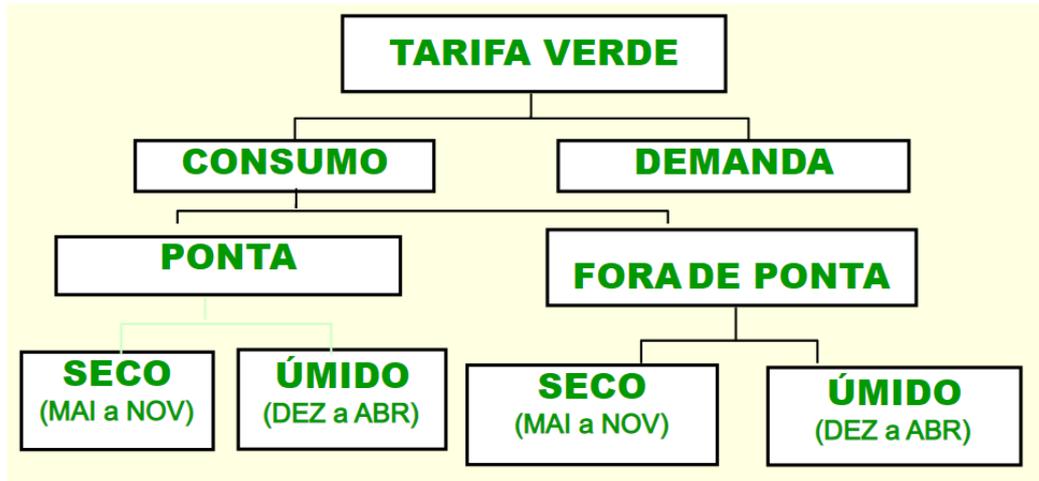
- **Tarifa verde**

A tarifa verde é um tipo de modalidade, também conhecida como Horo-Sazonal (se caracteriza pela aplicação de taxas diferenciadas, para o consumo ou/e demanda, levando em consideração horários e períodos do ano) que se aplica para os consumidores dos Subgrupos A3a, A4 e AS. Na modalidade verde, é cobrado um único valor para a demanda contratada independente do horário. Já para o consumo, a cobrança é diferenciada para os horários de ponta e fora de ponta e os períodos seco e úmido do ano (ANEEL, 2010).

- Horário de ponta: Horário definido pelas distribuidoras, composto por 3 horas seguidas (normalmente horário de maior demanda) com cobrança de valores diferenciados dos demais horários do dia, com exceção de sábados, domingos e feriados nacionais conforme demonstrados no ANEXO A.
- Horário fora de ponta: Demais horas do dia, posteriores e anteriores ao horário de ponta.
- Período seco: Refere se, ao período dos meses entre maio a dezembro (7 meses).
- Período úmido: Refere se, ao período do mês de dezembro de um ano a abril do próximo ano (5 meses).

E na Figura 5, uma ilustração da estrutura do horo-sazonal verde.

Figura 5 – Estrutura Tarifa Verde

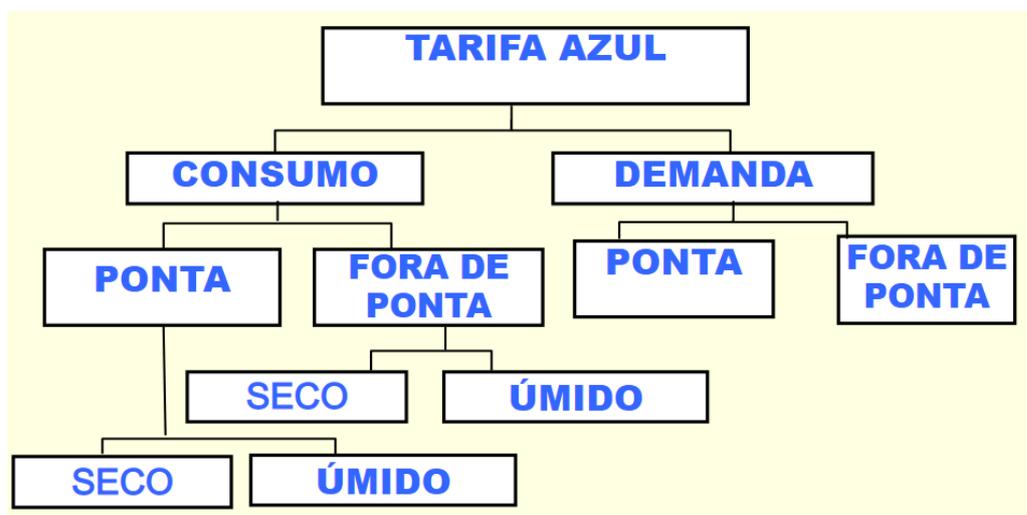


Fonte: < <https://slideplayer.com.br/slide/376374/>> acesso em 15 set. 2021

- **Tarifa azul**

A tarifa azul também é uma modalidade Horo-Sazonal, que se aplica para os consumidores dos Subgrupos A1, A2 e A3. Na modalidade Azul são cobrados valores diferenciados para os horários de ponta, fora de ponta, períodos seco e úmido para o consumo. Já a demanda, tem seus valores diferenciados nos horários de ponta e fora de ponta (ANEEL, 2010). A Figura 6 ilustra a estrutura do horo-sazonal azul.

Figura 6 – Estrutura Tarifa Azul



Fonte: < <https://slideplayer.com.br/slide/376374/>> acesso em 15 set. 2021

2.2.2 Grupo Tarifário B

O grupo tarifário B (Baixa Tensão) é composto pelas unidades consumidoras com fornecimento de tensão inferior a 2,3kV E são subdivididos conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Subgrupos Tarifário do grupo B

Subgrupo B1	Subgrupo B2	Subgrupo B3	Subgrupo B4
Residencial	Rural	Demais Classes	Iluminação Pública

Fonte: (ANEEL, 2010)

A modalidade tarifária para o grupo B, somente é aplicada a componente do consumo e são divididas em duas: a convencional (binômia) e a tarifa Branca.

- **Convencional (Monômia)**

A modalidade tarifaria convencional Monômia, se aplica a todos os consumidores do grupo B, independente do horário ou dia o valor do consumo é fixo (ANEEL, 2010).

- **Tarifa Branca**

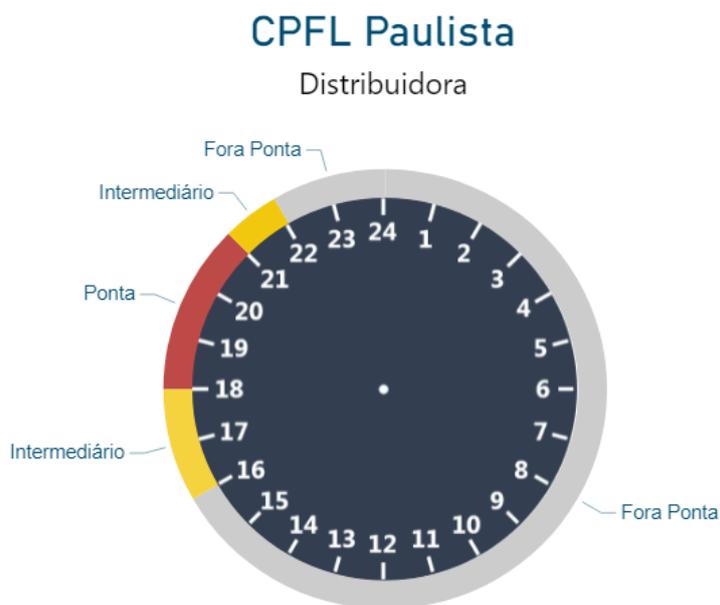
No entanto, a modalidade tarifaria Branca, não se aplica para os consumidores do subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda (subclasse com tarifas de consumo menor que o convencional) do Subgrupo B1. É caracterizada por tarifas de consumo com valores diferenciados conforme horas de utilização ao longo do dia (ANEEL, 2010).

O consumidor que quiser fazer parte da Tarifa branca, deve entrar em contato com a concessionaria de sua localidade e solicitar a adesão. Então após aprovação, o medidor é substituído e a leitura de consumo é dividida e tarifada em três períodos ao longo do dia: horários de ponta, intermediário e fora de ponta (CPFL- ENERGIA , 2021).

- Horário de Ponta: Semelhante ao do Grupo A, é definido pela Aneel (2010), sendo às 3 horas de cobrança com valores mais elevado do dia com exceção de sábados, domingos e feriados nacionais conforme demonstrados no ANEXO A.
- Horário intermediário: Modalidade exclusiva para o Grupo B, é o período de uma hora anterior e uma posterior ao período do horário de ponta.
- Horário fora de ponta: São as demais horas do dia, consecutivas e complementares aos horários de ponta e intermediário.

Na Figura 7, é possível verificar os horários de ponta, intermediário e fora de ponta, para a concessionária de energia CPFL Paulista e na Figura 8, os valores cobrados pela mesma companhia para as duas modalidades tarifárias.

Figura 7 – Horários Tarifa Branca CPFL Paulista



* Finais de Semana e Feriados Nacionais: Aplica-se somente Horário Fora Ponta

Fonte: < <https://www.aneel.gov.br/postos-tarifarios> > acesso em 21 set. 2021

Figura 8 – Valores das Tarifas do Grupo B

Distribuidora	UF	Ranking	Tarifa Convencional	Tarifa Branca - Ponta	Tarifa Branca - Intermediária	Tarifa Branca - Fora ponta
Enel RJ	RJ	1	0,714	1,333	0,880	0,571
Light	RJ	2	0,694	1,268	0,854	0,612
ENF	RJ	3	0,688	1,334	0,832	0,513
EMG	MG	4	0,669	1,209	0,786	0,548
Elektro	SP	5	0,623	1,186	0,769	0,518
Cemig-D	MG	6	0,618	1,170	0,765	0,509
EDP ES	ES	7	0,611	1,150	0,739	0,498
CPFL Paulista	SP	8	0,596	1,026	0,672	0,490
Enel SP	SP	9	0,594	1,115	0,724	0,499
ELFSM	ES	10	0,593	1,220	0,782	0,497
ESS (agrupada)	SP	11	0,572	1,093	0,707	0,493
CPFL Santa Cruz	SP	12	0,565	1,022	0,667	0,455

Fonte: < <https://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas> > acesso em 21 set. 2021

2.2.3 Bandeiras Tarifárias

Segundo a ANEEL (2015), as contas de energia elétrica, possuem indicadores que sinalizam aos usuários, sobre a situação da geração de energia no país, sendo uma forma de aviso, sobre o uso consciente nos períodos mais críticos do ano, para a ANEEL, a conta de luz fica mais transparente, para o consumidor, que passa a usar a energia elétrica de forma mais consciente. Esses indicadores são chamados de sistema de bandeiras tarifárias e são representados pelas cores: verde, amarela e vermelha.

- **Bandeira verde**

Período do ano que o sistema de geração se encontra em condições favoráveis para a geração de energia, não há modificações no preço da tarifa.

- **Bandeira Amarela**

Essa bandeira, já indica um sinal de alerta, quer dizer que as condições de geração estão menos favoráveis, e há um acréscimo na tarifa de R\$ 1,874 para cada 100kWh de consumo.

- **Bandeira Vermelha**

A bandeira tarifária vermelha é um dos piores indicadores, significa que a situação energética nacional está ruim, e a população precisa economizar, sendo dividida em dois patamares.

- **Patamar 1**

Condições muito críticas, há um acréscimo alto na fatura de R\$ 3,971 para cada 100 kWh consumidos.

- **Patamar 2**

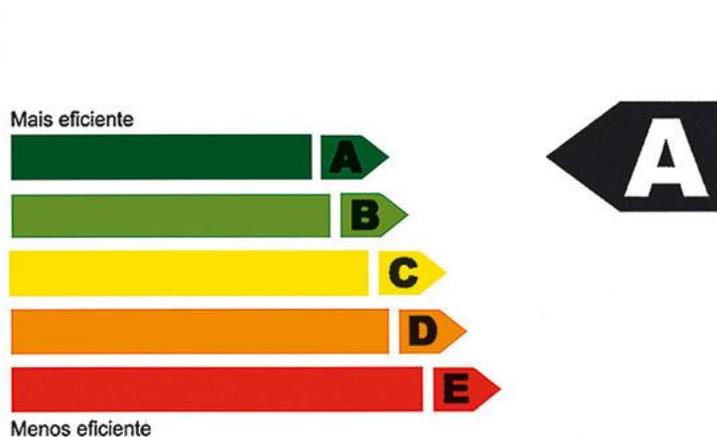
Condições ainda mais críticas, sendo o valor mais elevado das bandeiras, sofrendo um acréscimo de R\$ 9,492 para cada 100 kWh.

Todos os grupos e subgrupos são faturados pelo sistema de bandeiras tarifárias, exceto os consumidores dos sistemas isolados (ANEEL, 2015).

2.3 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM (PBE)

Uma solução estratégica para uma possível redução dos valores gastos com a conta de energia elétrica é a substituição de equipamentos antigos, por tecnologias mais atuais. Segundo PBE, (2021.p.1) “Um produto mais eficiente consome menos energia, tem menor impacto ambiental e custa menos no bolso do consumidor”. Mas antes de realizar a troca é necessário saber quanto o equipamento novo é eficiente. E as etiquetas com faixas de cores e classificação por letras, conforme a Figura 9, pode ser uma ajuda na hora da escolha ideal.

Figura 9 – Programa Brasileiro de Etiquetagem



Fonte: < <https://www.sgsgroup.com.br/pt-br/news/2020/12/etiquetagem> > acesso em 21 set. 2021

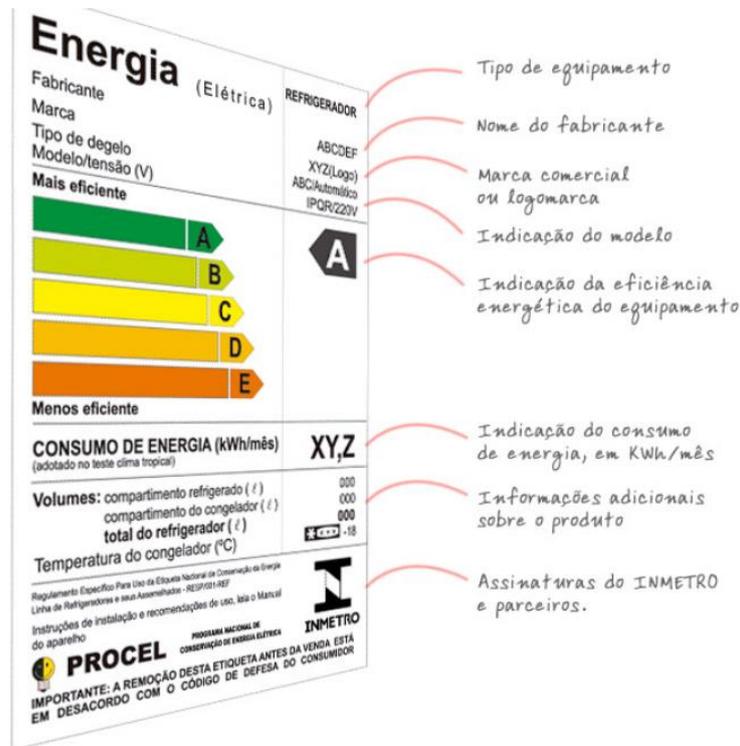
2.3.1 Para que serve o PBE

O programa brasileiro de etiquetagem (PBE) é coordenado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) e serve como um indicador de eficiência, para os equipamentos disponíveis no mercado. Os testes realizados, servem para identificar requisitos que possam influenciar a compra do produto como, por exemplo: eficiência energética de equipamentos eletroeletrônicos, rendimento de automóveis, ou o quanto de consumo de água pode ter uma lavadora. A etiqueta é um selo de conformidade do produto, quando a principal informação é sobre eficiência energética recebe o nome de **Etiqueta Nacional de Conservação de Energia** (INMETRO, 2021).

2.3.2 Como funciona

A etiqueta além de ter uma representação por cores, também segue uma escala alfabética, iniciando na letra **A**, para os mais eficientes, podendo chegar até a letra **G**, para os menos eficientes conforme ilustrado anteriormente na Figura 9. Também é de suma importância verificar informações como marca, modelo, assinatura do INMETRO e se atentar para o indicador de consumo de energia, em kwh/mês, conforme Figura 10, pois é possível identificar quanto o equipamento é eficiente, se comparado com outros similares (PBE, 2021).

Figura 10 – Selo INMETRO de Eficiência Energética



Fonte: < https://www2.inmetro.gov.br/pbe/a_etiqueta.php > acesso em 21 set. 2021

2.4 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Segundo NETO (2009), não se tem uma data do início do uso da automação na História, da humanidade, uma vez que automação é qualquer processo que auxilie o homem, nas tarefas do dia a dia, como por exemplo, o simples fato do uso de uma roda d'água em um leito de rio. Essas tarefas automatizadas podem ser utilizadas tanto para fins: comerciais, industriais, no campo ou residencial.

Também conhecido pelo termo Domótica, junção da palavra de origem latina *Domus* (casa), com robótica (controle automatizado), a automação residencial não é um conceito novo no Brasil, e os “velhos” rótulos de luxo e futurismo, ficaram para trás. Com a popularização das novas tecnologias, os novos fabricantes e os diversos sistemas hoje existentes, os dispositivos ficaram mais acessível para os consumidores residenciais (MURATORI e DAL BÓ, 2013).

A automação residencial, está presente em diversas casas do século XXI, ao abrir um portão eletrônico, um simples sensor que liga uma iluminação de forma autônoma ao anoitecer, um sistema de vigilância que pode ser monitorado a distância por equipamentos como: tablets, *notebooks* ou *smartphones*, uma cancela que abre um portão automaticamente, sem a intervenção humana e até dispositivos limpadores de para-brisa que acionam automaticamente ao detectar a chuva caindo no vidro do veículo.

Para MURATORI e DAL BÓ (2013) em um primeiro momento a automação pode ser caracterizar como status ou luxo, mas logo, o julgamento é anulado, se analisar as vantagens e benefícios. Já para NETO (2009), é uma questão de proteger pessoas e pertences.

Algumas das vantagens e benefícios que o sistema de automação residencial podem trazer são:

- Maior segurança para os moradores da residência
- Acessibilidade para pessoal com necessidades especiais
- Praticidade e conforto ambiental
- Valorização do Imóvel
- Eficiência Energética
- Acesso Remoto via Internet

2.4.1 Sistemas de automação

Os sistemas de automação residencial, podem ser classificados em três níveis: Sistema autônomos, sistemas integrados e sistemas complexos (MURATORI e DAL BÓ, 2013).

- **Sistemas autônomos (Stand-alone)**

Os sistemas autônomos ou sistemas *stand-alone*, são aqueles que operam de forma independentes, sem a necessidade de um controlador centralizado para lhe enviar instruções de operações, são os exemplos das centrais de alarmes, de abertura de portões automáticos, gravadores de imagens de câmeras (DVR), controladores de irrigação entre outros.

- **Sistemas Integrados**

Os sistemas integrados, é a troca de informações, dentre os sistemas autônomos podendo passar a interagir entre eles, para uma melhor automação do ambiente. Essa troca de informação pode ser através de sinais analógicos como contato de reles ou protocolos de comunicação dos tipos seriais (RS-232/RS-485), redes *Ethernet* (TCP/IP), redes sem fio (Wireless) e etc.

- **Sistemas Complexos (Casas conceito)**

As tecnologias recém apresentadas ao público consumidor (inovadoras e mais elaboradas), ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento, recebem o nome de sistemas complexos ou “casas conceito”. São tecnologias ainda desconhecidas e pouco utilizadas em projetos, mas, podem cair no gosto popular e vir a ser um produto consolidado no mercado.

2.4.2 Tipos de dispositivos

Entre os diversos tipos de dispositivos presentes no mercado, serão apresentados os principais, que podem compor um sistema de automação residencial.

- **Iluminação**

O sistema de iluminação de uma residência pode ser dividido de duas formas: iluminação natural e iluminação artificial.

No sistema de iluminação natural (Onde é usado a luz natural do sol para a iluminação dos ambientes) os dispositivos como venezianas, cortinas, *blackouts* e telhados, são automatizados com a finalidade de permitir ou bloquear a passagem da luz natural, conforme mostra a Figura 11. Normalmente são dispositivos controlados por motores e fim de cursos, e podem fazer parte de um sistema *stand-alone* ou integrado (MURATORI e DAL BÓ, 2013).

Figura 11 – Exemplo de Sistema automatizado para iluminação natural



Fonte: < <https://www.b2home.com.br/cortina-e-persiana-automatizada-tornam-sua-casa-mais-inteligente/>> acesso em 22 set. 2021

O sistema de iluminação artificial é aquele formado por lâmpadas, luminárias e dispositivos de acionamento, alimentados por energia elétrica. Para o controle de automação desses ambientes, os equipamentos disponíveis no mercado, podem ser ligados e desligados de forma autônoma, por controle de presença, por controle de intensidade luminosa do ambiente, por rotinas de tempo predeterminado pelo usuário e podem operar com saídas dimerizadas, a fim de controlar a intensidade luminosa do ambiente (MURATORI e DAL BÓ, 2013).

- **Tomadas Automatizadas**

As tomadas que são usadas para ligar os equipamentos a rede elétrica, podem ser automatizadas. A ligação pode ser feita tanto no quadro de distribuição, quanto na caixa de saída junto a parede (Figura 12), sendo facilmente controladas através de um *smartphone* ou um botão no corpo do dispositivo.

Da mesma forma que a iluminação, as tomadas operam de forma *on / off* (liga/desliga) predeterminado pelo usuário, dessa forma, podem ser uma grande ajuda no quesito economia, desligando cargas que não são utilizadas, ao longo do dia (MURATORI e DAL BÓ, 2013).

Figura 12 – Tomada inteligente



Fonte: < <https://pt.aliexpress.com/i/4000238452167.html>> acesso em 22 set. 2021

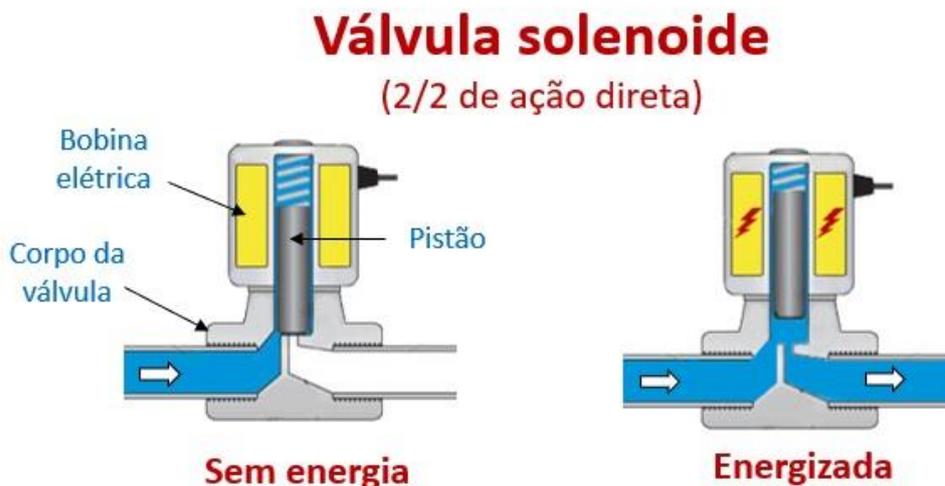
- **Sensores**

Segundo NETO (2009), sensor é um elemento que recebe e responde a um estímulo, convertendo um tipo de energia em outro. Existem diversos tipos de sensores, para vários tipos de aplicações como: sensor de chuva e umidade de solo, velocidade do vento ou direção, temperatura ambiente, abertura de portas e janelas, detector de gás, detector de presença, etc (MURATORI e DAL BÓ, 2013).

- **Atuadores**

Os atuadores são dispositivos conectados a saída dos controladores de automação e tem a função de executar uma ação, após receber um comando (MURATORI e DAL BÓ, 2013). Por exemplo: uma válvula solenoide utilizada para controlar o fluxo de água, ao receber o sinal elétrico em sua bobina, libera a passagem da água, conforme Figura 13.

Figura 13 – Atuação de válvula solenoide



Fonte: < <https://www.mtibrasil.com.br/artigos/valvula-solenoide.php> > acesso em 22 set. 2021

2.5 MONITORAMENTO DAS CARGA ELÉTRICAS RESIDENCIAL

Segundo ANEEL (2010), carga instalada é a soma das potências nominais de todos os equipamentos elétricos instalados na residência, em condições de funcionamento, medidos em quilowatts (kW).

Para MEDEIROS, BERTINETI, et al. (2018), nos últimos anos, houve um grande interesse no monitoramento das cargas domésticas (carga instalada), por conta das pesquisas e desenvolvimentos, de novas tecnologias, relacionadas as redes elétricas inteligentes (também conhecidas como *Smart Grid*), dessa forma é possível conhecer o perfil de consumo de cada residência, e promover melhores soluções para a qualidade da energia e redução de custos para o usuário. Para ZOHA, GLUHAK, et al. (2012), uma redução significativa do desperdício de energia, pode ser alcançada se os medidores detalharem para o usuário como é o seu perfil de uso das cargas em tempo real.

Existem dois tipos de monitoramento para cargas instaladas aplicadas para ambiente residencial: monitoramento de carga intrusiva (ILM - *Intrusive Load Monitoring*) e monitoramento de carga não intrusiva (NILM - *Non-Intrusive Load Monitoring*).

2.5.1 Monitoramento de Carga Intrusiva (ILM)

O monitoramento do consumo de equipamentos pelo método ILM, consiste em medir cada equipamento, separadamente, direto no ponto que este é conectado à rede elétrica da residência. A grande vantagem da utilização desse método é a precisão dos dados obtidos durante a coleta, pois cada equipamento é monitorado e registrado de forma individual. Por outro lado, é um tipo de monitoramento com custo mais elevado e mais complexo, pois faz uso de vários instrumentos de medições, demandando de uma base de dados maior, tanto para registro, quanto para análise (MEDEIROS, BERTINETI, *et al.*, 2018). A Figura 14, apresenta um tipo de medidor de carga intrusiva.

Figura 14 – Plug Medidor de Potência – Marca: SINOTIMER



Fonte: < <https://pt.aliexpress.com/item/33017035996.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.c0d0b90ap2WDS2> > acesso em 23 set. 2021

2.5.2 Monitoramento de Carga Não Intrusiva (NILM)

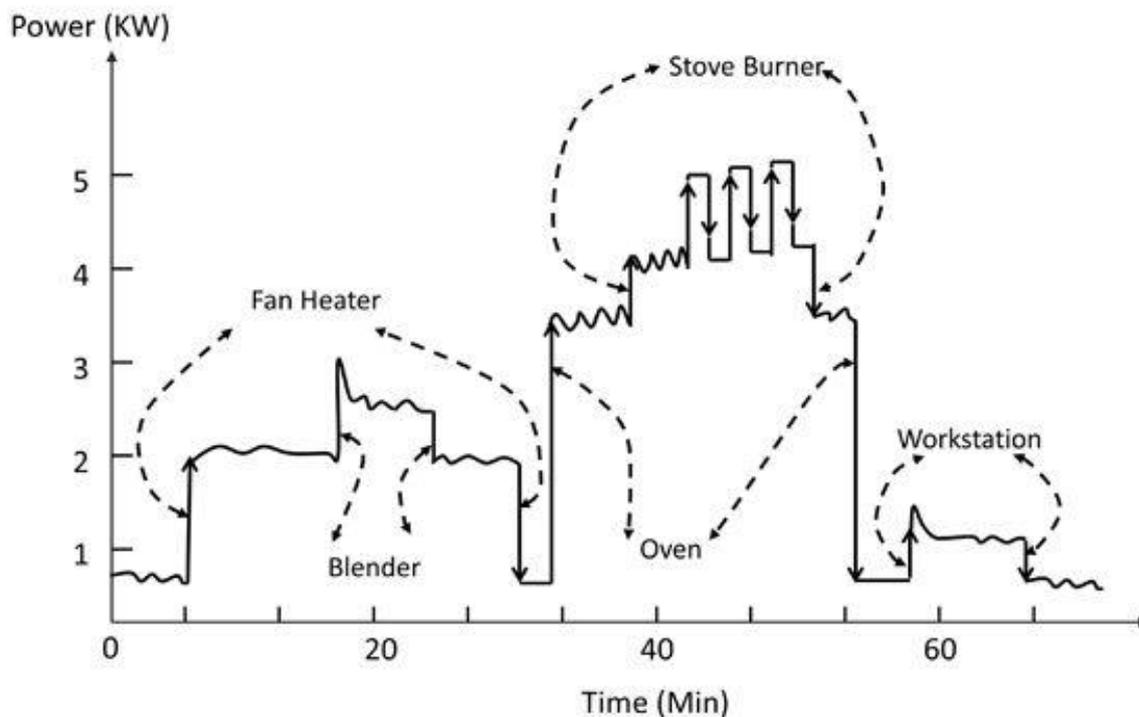
O monitoramento das cargas pelo método de medição NILM, consiste em medir o consumo de todas as cargas da residência a partir de um só ponto na instalação elétrica, utilizando um único instrumento. Geralmente, o equipamento de medição é instalado na entrada

de energia (no poste padrão logo após os dispositivos de segurança primário), ou no quadro de distribuição elétrico (quadro geral no interior da residência) e também é conhecido como, medição de sensor único (MEDEIROS , BERTINETI, *et al.*, 2018).

O método NILM, vem sendo utilizado a mais de duas décadas, onde os valores são obtidos de forma indireta e o método evita qualquer instalação de equipamento junto as cargas. Também chamado de método de desagregação de energia, tem como ideia principal o particionamento dos dados de cada carga, a partir da análise total em um único ponto de medição, conforme apresentado na Figura 15 (ZOHA, GLUHAK, *et al.*, 2012).

O método é formulado pela Equação 6, onde $P(t)$ é o valor total das cargas monitorado em função do tempo total da análise, p_i é o consumo de energia individual em função do período (t) de utilização de cada carga e n é o número total de aparelhos ativos em uso durante a análise.

Figura 15 – Assinatura das cargas residenciais pelo método NILM



Fonte: (ZOHA, GLUHAK, *et al.*, 2012)

Equação 6 - Equação de desagregação das cargas

$$P(t) = p_1(t) + p_2(t) + \dots + p_n(t)$$

2.6 VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS

Para TORRES (2006), a viabilidade de um projeto, se dá por questões técnicas e econômicas, onde as viabilidades técnicas são necessárias, desde que, andem em conjunto com as viabilidades econômicas, por exemplo, os benefícios devem ser maiores que os custos.

2.6.1 Definições

A seguir, algumas definições importantes, segundo TORRES (2006), para cálculos de viabilidade de um projeto.

- **Capital investido**

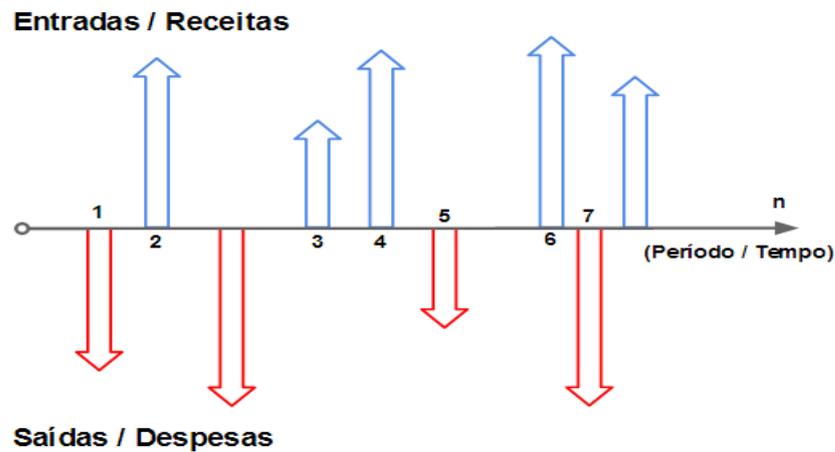
Valor provindo de um investidor, de origem própria ou de terceiros, necessário para a execução do projeto, com o objetivo de um retorno financeiro.

- **Taxa de atratividade mínima**

Também conhecida por vários outros nomes, como: taxa mínima de atratividade, taxa de rendimento mínimo, custo do capital, custo de oportunidade, entre vários outros, nada, mas é, do que uma forma de valorização do dinheiro ao longo de um período, partindo do ponto, que o valor do dinheiro não está representado pela sua quantia, mas também na sua valorização em função do tempo.

- **Fluxos de caixa**

Diagrama (Figura 16) ou tabela/planilhas (Tabela 3) que representa as entradas (valores positivos) ou saídas (valores negativos) financeiras que ocorreram em um período.

Figura 16 – Exemplo Diagrama de fluxo de caixa

Fonte: < <https://www.treasy.com.br/blog/demonstrativo-de-fluxo-de-caixa/>>acesso em 24 set. 2021

Tabela 3 – Exemplo de planilha de fluxo de caixa

Instante	Valor
0	-1000
1	200
2	500
3	100
4	200

Fonte: Próprio autor

- **Custo**

É o valor que determinado produto ou investimento vai custar, no ato da compra, ou ao longo do projeto, também pode ser considerado, como, tudo que será desfavorável ao projeto.

- **Benefício**

Ao contrário do custo, o benefício, são as partes favoráveis aos objetivos do projeto, sendo o retorno, nem sempre só relacionado com o lado financeiro, que terá com viabilidade do projeto.

- **Critérios Científicos**

Os critérios científicos, também conhecido como critério exato, leva em conta o valor do dinheiro no tempo e considera todos os valores do fluxo de caixa, investidos no projeto. Esse critério serve como uma análise da viabilidade econômica do projeto.

- **Critérios Empíricos**

Também denominado como, critério aproximado, não leva em conta a variação do dinheiro no tempo, e pode ser desconsiderado parte dos valores do fluxo de caixa. Esse método pode ser usado, sendo uma forma de análise inicial da viabilidade de um projeto.

2.6.2 Critério do tempo de retorno de um investimento (TRI)

Para TORRES (2006), esse critério de análise é muito usado, devido a sua simplicidade, pois, dispensa o uso da taxa de atratividade mínima, considerando somente o instante, que a soma dos valores de entrada (benefício), no fluxo de caixa, será igual ao valor do capital investido em comparação com um prazo máximo predefinido. Sendo um critério empírico, só levando em consideração o tempo de retorno do investimento, sem considerar os benefícios após a recuperação do capital. TORRES (2006), também exemplifica uma situação para demonstra o uso do TRI.

Exemplo: Uma empresa está estudando a compra de uma máquina para a fabricação de determinadas peças. A máquina tem um custo inicial de R\$ 42.000, tendo uma vida útil de 5 anos, e o custo da produção, de cada peça, é estimado em R\$ 0,10. O custo da matéria prima é R\$ 0,50 por unidade. Com uma previsão anual de 10.000 peças a um custo final de R\$ 2,00 cada. Determine a viabilidade do projeto, utilizando do método TRI, com um prazo máximo aceitável de 4 anos.

$$\text{Receita} = 10.000 (2 - 0,10 - 0,50) = 14.000 / \text{ano.}$$

$$\text{TRI} = 42.000 / 14.000 = 3 \text{ anos. Logo, é viável o projeto.}$$

3 MÉTODOS E MATERIAIS

3.1 MÉTODOS

A metodologia aplicada, nesse capítulo, é de caráter exploratório e foi realizada seguindo a sequência abaixo:

- Na primeira etapa do projeto, foram analisadas as contas de energia elétrica da residência, no período de agosto de 2019 a julho de 2021 (2 anos);
- Em seguida, foi feito o levantamento de todas as cargas instaladas na residência como: lâmpadas, geladeira, ar-condicionado, entre outros;
- Então, foi identificado os pontos de monitoramento das cargas pelo método ILM (Monitoramento de Carga Intrusiva), instalados os medidores e realizadas as coletas dos dados por um período de sete dias;
- Foi realizado a instalação do equipamento de monitoramento de cargas pelo método NILM (Monitoramento de Carga Não Intrusiva) no quadro de disjuntores da residência e escritório;
- Foi aplicado a automação nos pontos de cargas em *Stand by* e nos pontos de iluminações externas da residência (Quintal);
- Em sequência, foi elaborado o estudo de viabilidade e a substituição dos equipamentos antigos (ineficientes) por tecnologias novas (eficientes);
- E realizado a medição e coleta dos dados, novamente pelo método ILM nos pontos automatizados, e nos equipamentos substituídos, pelo mesmo período de sete dias e pelo método NILM por 24 horas da residência e Escritório.

3.2 MATERIAIS

3.2.1 Medidores de energia elétrica do tipo ILM

Para a realização das medidas pelo método ILM, foi adquirido um total de três medidores elétricos, esses equipamentos registram: o consumo total da carga (kWh), a tensão

da rede elétrica (V), a corrente de consumo da carga (A), frequência da rede (Hz), o fator de potência (FP) e a potência ativa (W).

- Wattímetro Digital – **Modelo: P06S-100** – Fabricante: NQQK

Figura 17 – 1 - Medidor ILM – Modelo P06S – 100



Fonte: Próprio autor

- Wattímetro Digital – **Modelo: KWS-AC300** – Fabricante: KEWEISI

Figura 18 – 2 – Medidor ILM – KWS – AC – 300



Fonte: Próprio autor

- Wattímetro Digital – **Modelo: DDS108-BR** – Fabricante: SINOTIMER

Esse modelo de medidor, já é desenvolvido para a realização das medidas ILM, não sendo necessário realizar adaptações, basta plugar na tomada, próximo a carga e, ligar o equipamento na tomada, fêmea de 10A, junto ao medidor, conforme já apresentado anteriormente na Figura 14, do subitem 2.5.1.

3.2.2 Medidor de energia elétrica do tipo NILM

Para as medições do tipo NILM, foi utilizado um equipamento nacional da empresa IE TECNOLOGIA, conforme Figura 19. O equipamento é um medidor de energia bifásico, que realiza as medições indiretamente a partir de dois TC (Transformador de corrente) de 100A cada. O medidor é capaz de realizar medidas de grandezas como: tensão e corrente da rede elétrica, podendo realizar cálculos de: potência ativa, consumo em kWh e consumo em R\$. Possui uma interface de visualização de acesso via Web, conforme Figura 20, podendo apresentar os dados a partir de gráficos, relatório em arquivos tipo TXT/CSV ou banco de dados via Web.

Figura 19 – Medidor NILM – SM – 2w lite + 2



Fonte: Próprio autor

Figura 20 – Interface de Acesso – SM – 2W



Fonte: Próprio autor

3.2.3 Módulos de controle de automação

Para a realização da automação, foram utilizados um total de dois dispositivos de controle por conexão via *wi-fi*. Como esses dispositivos é possível controlar o tempo de *on/off* da iluminação e transformar tomadas simples, em tomadas inteligentes.

O modelo WHD02 (Figura 21), opera com tensão de entrada 100-240V 50/60Hz e com corrente máxima de acionamento de 16A, ideal para tomadas inteligentes.

Já o módulo Sonoff Mini (Figura 22), opera com tensão de entrada 100-240V 50/60Hz e com corrente máxima de acionamento de 10A, ideal para controle de iluminações.

Ambos os dispositivos são equipamentos de fácil instalação, sendo dispositivos do tipo DIY- *Do-It-Yourself* (faça você mesmo). Os módulos são de fabricantes diferentes, (dois da marca Tuya e um da Sonoff) sendo assim, cada dispositivo faz uso de um tipo software de controle diferente, mas, podem ser facilmente integrados a sistemas de assistência inteligente, por exemplo: Amazon Alexa ou Google Assistant.

Na Figura 23, é possível ver os dois dispositivos integrados ao sistema do Google Assistant.

Figura 21 – Interruptor *wi-fi* inteligente 16A – WHD02



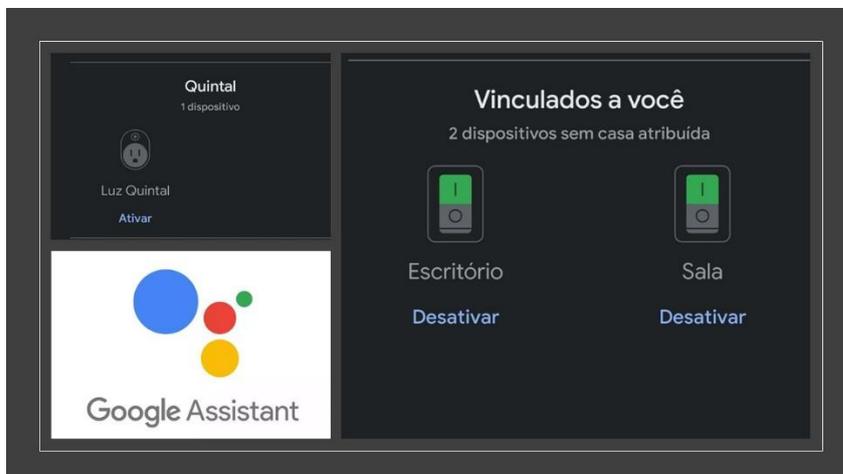
Fonte: Próprio autor

Figura 22 – Interruptor inteligente SONOFF – Mini



Fonte: < <https://sonoffbrasil.com.br/pt-BR/post/sonoff-mini> > acesso em 04 out. 2021

Figura 23 – Dispositivos no Google Assistant



Fonte: Próprio autor

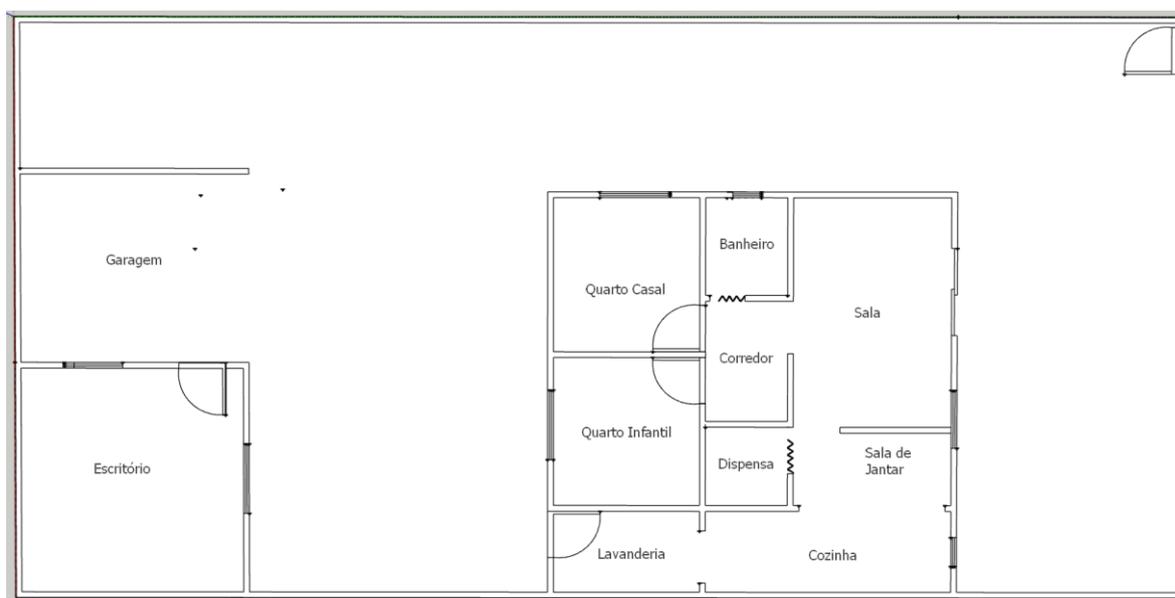
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de caso teve como objetivo principal realizar o monitoramento e a análise das cargas elétricas de uma residência familiar. Foi identificado os pontos de maior consumo, os equipamentos ineficientes foram substituídos, e aplicação de automação em cargas não utilizadas em alguns horários do dia, a fim de obter uma redução da conta de luz. A residência possui três pessoas, sendo dois adultos e um bebê de um ano e meio, situada na cidade de Paulínia, interior de São Paulo. A família possui residência própria e presenciou um aumento considerável no último ano do consumo elétrico da residência, onde parte da renda familiar foi comprometida com custo não previstos no orçamento, com a conta de energia elétrica.

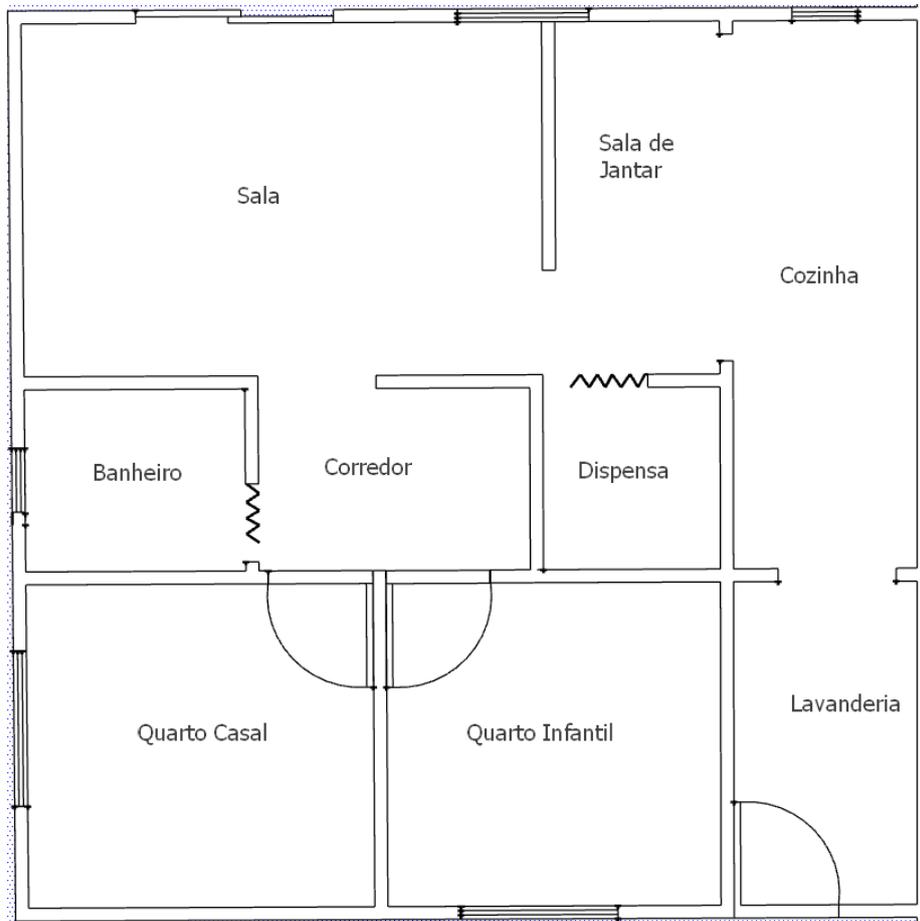
4.1 CARACTERÍSTICAS DA RESIDÊNCIA

O terreno da propriedade possui um total de 200 m², conforme Figura 24. A casa tem um total construído de 49 m² (Figura 25) e um anexo aos fundos de aproximadamente 30 m², conforme ilustrado na Figura 26.

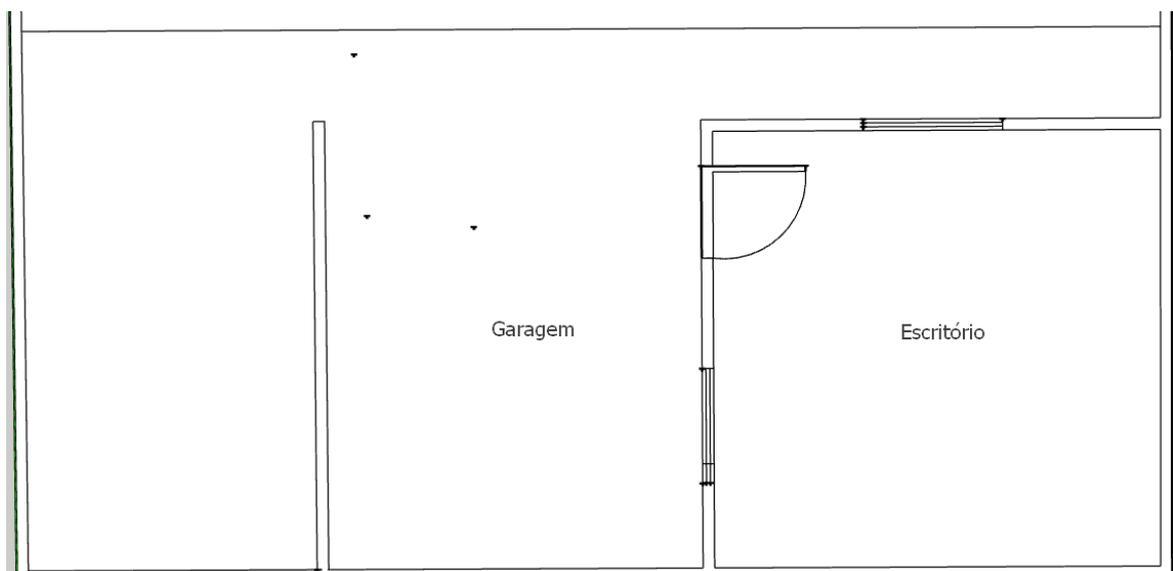
Figura 24 – Planta baixa do Terreno



Fonte: Próprio autor

Figura 25 – Área Construída da residência

Fonte: Próprio autor

Figura 26 – Escritório

Fonte: Próprio autor

A residência possui sistema de aquecimento solar, e o uso de chuveiro elétrico ocorre apenas em dias de baixa temperatura, ou na ausência do sol, sendo poucos os dias de uso, ao longo do ano.

Antes da elaboração desse trabalho, todas as lâmpadas fluorescentes da residência, foram substituídas por lâmpadas LED. Os cômodos da casa foram divididos da seguinte forma para a realização do estudo:

- Sala;
- Cozinha / Dispensa / Sala de Jantar;
- Corredor / Banheiro/Lavanderia;
- Quarto Casa / Quarto Infantil;
- Escritório;
- Quintal / Garagem.

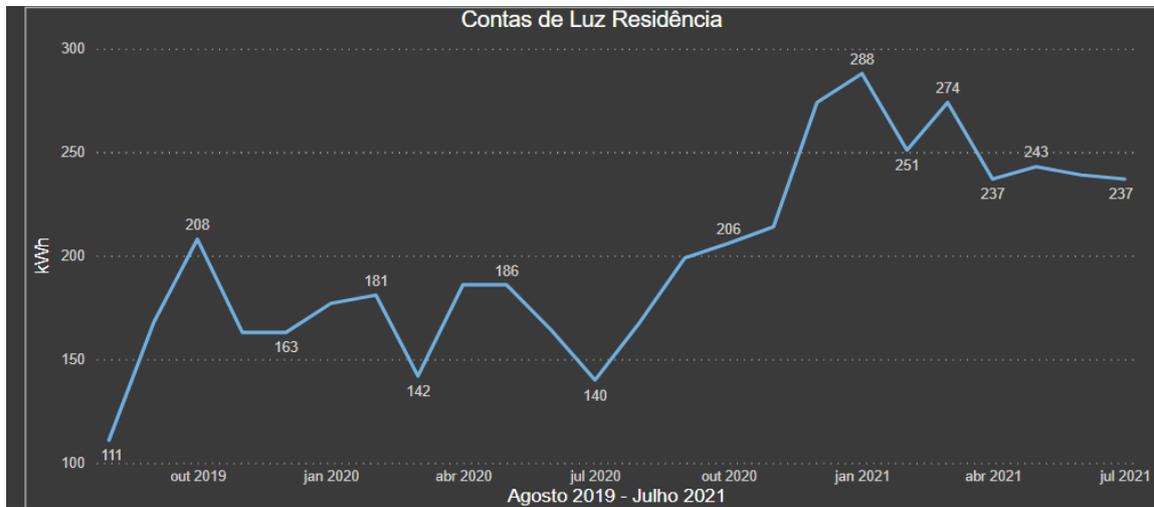
4.2 ANÁLISE DAS CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Foi analisado as contas de energia elétrica da residência, em um período de dois anos, a fim de identificar o momento exato do aumento dos gastos com energia elétrica, no APÊNDICE A, estão os dados de consumo em kWh e os valores gastos em R\$ sem a adição dos impostos e tributos.

No gráfico da Figura 27, é possível notar que no primeiro ano analisado, o valor máximo de consumo foi de 208 kWh/mês ocorrendo em outubro de 2019, e a média do consumo entre agosto de 2019 a julho de 2020 (primeiro ano), foi de aproximadamente 166 kWh.

Já para o período de agosto de 2020 a julho de 2021(segundo ano), iniciou um aumento do consumo na residência, atingindo valores próximos a 300 kWh/mês. A média do consumo calculado para o segundo período foi de aproximadamente 236 kWh/mês, comparado com o primeiro ano, houve um aumento de 42,17%.

Figura 27 – Gráfico das contas de Luz de 2 anos.

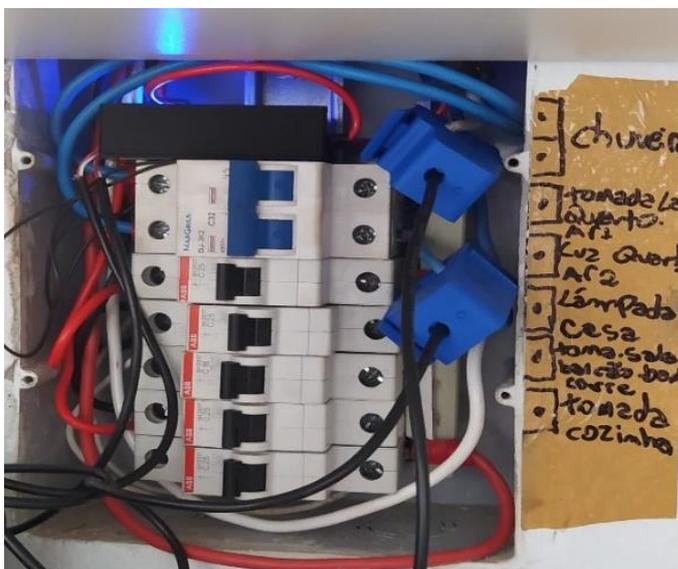


Fonte: Próprio autor

4.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA TARIFA BRANCA

A instalação do medidor NILM (Figura 19) foi realizada no quadro geral de disjuntores, da residência, conforme a Figura 28, e os dados foram coletados por um período de 24 horas.

Figura 28 – Instalação medidor NILM quadro de disjuntores



Fonte: Próprio autor

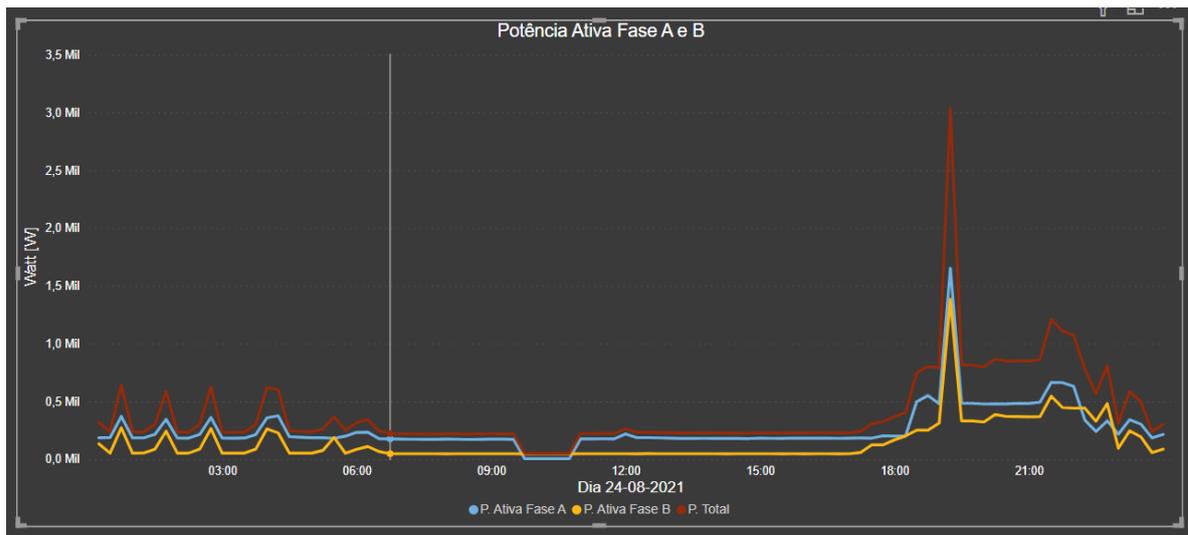
A Figura 29, demonstra a assinatura energética da residência no período, é possível notar que existe um grande consumo entre às 18:00 até 23:50 horas. Na Tabela 4, estão os valores simulados, calculados para a viabilidade de mudança da tarifa convencional, para a tarifa branca. Os dados de consumo da tabela são os mesmos apresentados no gráfico da Figura 30, onde foram calculados tendo como base os valores obtidos no site da Aneel em setembro de 2021, conforme apresentados na Figura 8.

Tabela 4 – Tarifa convencional X Tarifa branca, para o período em análise

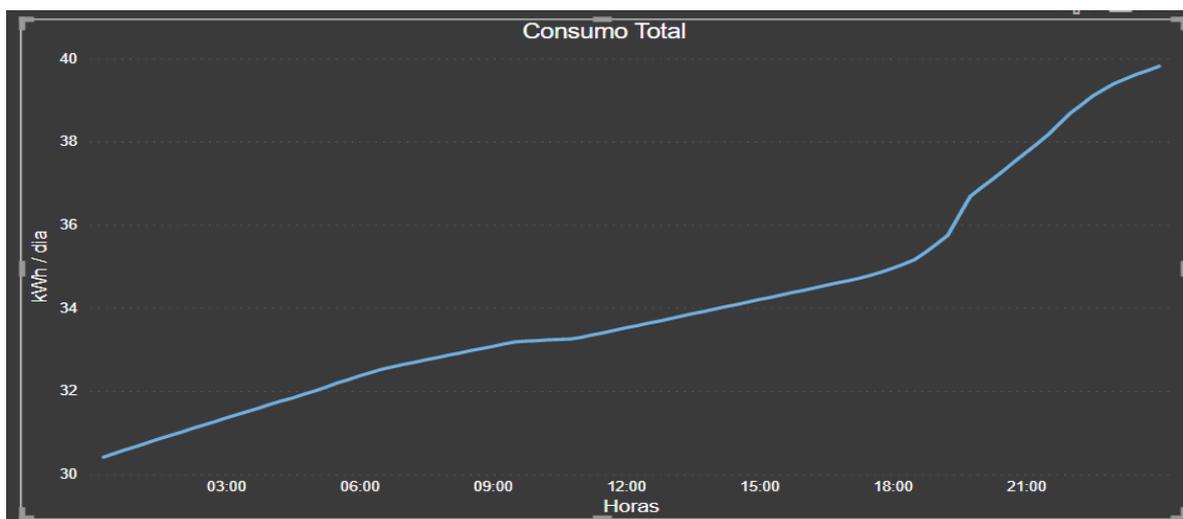
	Acumulado (kWh)	Valor Tarifa Comum (R\$)	Valor Tarifa Branca (R\$)	Valor Tarifado Comum (R\$)	Valor Tarifado Branca (R\$)
Ponta	2,78	0,596	1,026	1,657	2,852
Intermediário	1,48	0,596	0,672	0,882	0,995
Fora de Ponta	5,14	0,596	0,490	3,063	2,519
			Total	5,602	6,365

Fonte: Próprio autor

Figura 29 – Gráfico – Assinatura Energética da Residência



Fonte: Próprio autor

Figura 30 – Gráfico – Registro do consumo ao longo do dia (kWh)

Fonte: Próprio autor

4.4 MONITORAMENTO E APLICAÇÃO DAS MELHORIAS

Foi realizado o levantamento de todas as potências nominais instaladas na residência, para a escolha dos pontos a serem monitorados através do método ILM. No APÊNDICE B é possível visualizar a lista completa dos equipamentos da residência. Como critério de escolha foi analisado os locais com maior índice de cargas em *Stand by* (Tabela 5). Também foi levado em consideração o monitoramento dos equipamentos de maior consumo e tempo de utilização ao longo do dia, onde para esse estudo foi escolhido a geladeira e as lâmpadas do quintal.

Tabela 5 – Áreas com equipamentos em Stand by

Local	Equipamentos	Potência Stand by	Potência Nominal
Sala			
	Tv Samsung Modelo: UN40J5500AG	1 W	119 W
	Home theater Samsung: HT-F5505K	1 W	72,6 W
	Google Nest Home		15 W
	Roteador Wi-fi TP link: AC750	12 W	12 W
	Lâmpada Led		12 W
	Ventilador de Teto		12 W
	Aparelho de TV a Cabo	0,5 W	10 W

Escritório			
	Lâmpada LED Tubular		36 W
	Lâmpada LED Bancada1		9 W
	Lâmpada LED Bancada 2		20 W
	Computador de mesa	1 W	180 W
	Notebook		90 W
	Bancada de eletrônica com equipamentos	35 W	1100 W
	Monitor Dell E2211	2 W	28 W
	Monitor Dell E178FP	2 W	32 W

Fonte: Próprio autor

4.1.1 Lâmpadas Quintal

Na Tabela 6, está o levantamento de toda a potência instalada, com iluminação, no quintal da residência. Ao entender a rotina do casal, foi informado que a iluminação era acesa por volta das 18 horas, é só apagada, na maioria das vezes por volta das 00:00 horas, horário que a família dorme.

Tabela 6 – Potência instalada iluminação do quintal

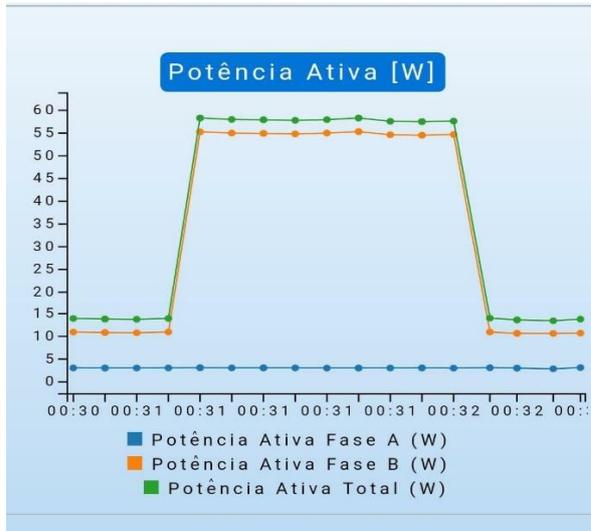
Quintal		
Qtd.	Equipamentos	Potência nominal
1	Refletor LED 30W	30W
2	Lâmpada LED Comum 9W	18W
2	Lâmpada LED Tubular 36W	72W
4	Lâmpada LED Comum 12W	48W
1	Lâmpada LED Comum 15W	15W
	Total	183W

Fonte: Próprio autor

Para a automação das iluminações, foi utilizado o interruptor inteligente Sonoff - Mini, apresentado no capítulo 3 e ilustrado na Figura 22, o dispositivo é pequeno e foi instalado no interior de um espelho 4x2, localizado no interior da sala. Devido a iluminação no quintal ser dividida por pontos de acionamento, foi selecionado apenas as lâmpadas que ficam em volta da casa (o ponto com maior frequência de funcionamentos) de um total instalado equivalente a

45W, a Figura 31 demonstra a assinatura energética da carga, em um curto período de acionamento, coletado através do dispositivo NILM. A ideia principal é a redução do tempo que as luzes ficam acesas, passando de um total de 6 horas/noite, para um total de 4 horas/noite, sendo desligada automaticamente às 22:00 horas.

Figura 31 – Assinatura Energética Lâmpadas Quintal



Fonte: Próprio autor

A Tabela 7, demonstra os valores simulados para a viabilidade do investimento. Para os cálculos foi utilizado a potência nominal total das lâmpadas (45 W) e o valor da tarifa de R\$ 0,85, referente ao mês de julho de 2021, último mês de análise das contas, conforme demonstrado na tabela do APÊNDICE A.

Tabela 7 – Cálculos de viabilidade de automação da iluminação no quintal

	Antes	Depois
Horas	6	4
Consumo (kWh)	0,270	0,180
Consumo (R\$)	0,230	0,153
Total Mês (kWh)	8,10	5,40
Total Mês (R\$)	6,90	4,59
Total Ano (kWh)	97,2	64,8
Total Ano (R\$)	82,8	55,08

Fonte: Próprio autor

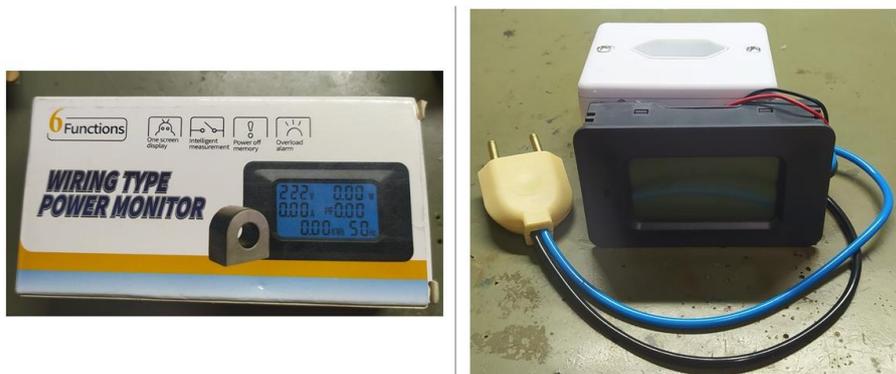
Os valores da economia representam 33,33%, calculado ao longo do ano, representa uma redução de R\$27,72. O equipamento custou aproximadamente R\$72,00, aplicando a fórmula do critério TRI (Tempo de Retorno do Investimento) o investimento terá um retorno em, 2 anos e 6 meses.

$$\text{TRI} = 72,00 / 27,72 = 2,6$$

4.1.2 Geladeiras

Devido a geladeira ser uma das cargas com maior tempo de uso, se torna um equipamento com um alto valor de consumo para a residência, por isso, foi aplicado o método de monitoramento ILM, sendo monitorado por um período de uma semana. Para a utilização do medidor, conforme Figura 32, foi adaptado um plugue de tomada 10 ampères, fêmea, do tipo sistema X, no padrão ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e um cabo de alimentação de bitola 2,5mm, com um plugue macho 10 ampères, também padrão ABNT.

Figura 32 – Medidor tipo ILM – Geladeira



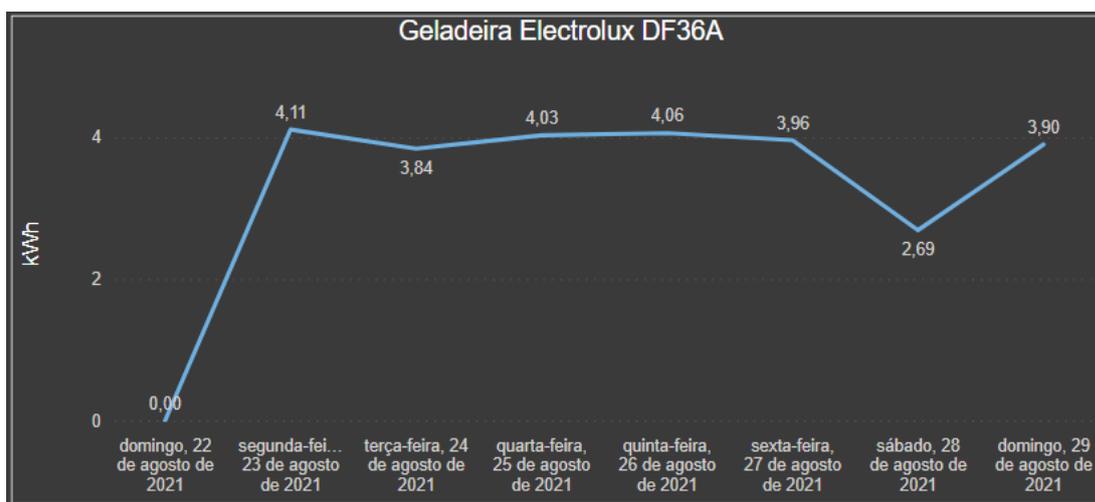
Fonte: Próprio autor

- **Antes (Geladeira Electrolux DF36A – Antiga)**

A geladeira é da marca Electrolux, e segundo a ficha técnica (ANEXO B) o consumo é de aproximadamente 43,6 kWh/Mês. Porém, ao analisar o gráfico da Figura 33, dos dados coletados pelo medidor, é notório que o consumo está maior do que o informado pelo fabricante,

pois, o total do consumo semanal é igual a 26,59 kWh, ao multiplicar pelo total médio de semana no mês (4 Semanas), dá um valor aproximado de, 106,36 kWh/Mês, o consumo da geladeira representa 143,9 %, maior do que o registrado na ficha técnica.

Figura 33 – Gráfico do Consumo semanal da Geladeira DF36A



Fonte: Próprio autor

Na Tabela 8, estão os valores simulados do consumo (kWh) e dos gastos (R\$), ao longo do dia, mês e ano de uso da geladeira (os valores simulados, podem apresentar erros, dependendo do tempo e da quantidade que a porta é aberta, ou a estação do ano em que se encontra, pois a geladeira é uma carga do tipo dinâmica). Os valores em R\$, foram calculados tendo como base a tarifa do mês de julho de 2021, disponível no APÊNDICE A.

Tabela 8 – Gastos com energia Geladeira DF36A

	Sem Defeito	Com Defeito
Consumo (kWh/Dia)	1,45	3,54
Consumo (R\$/Dia)	1,23	3,01
Total Mês (kWh)	43,6	106,36
Total Mês (R\$)	36,97	90,41
Total Ano (kWh)	523,2	1276,32
Total Ano (R\$)	444,72	1084,88

Fonte: Próprio autor

- **Depois (Geladeira Panasonic NR-BT42BV1 – Nova)**

Durante o estudo de caso, foi considerado a troca da geladeira antiga, por uma nova e de tecnologia mais eficiente, devido a antiga operar acima de sua capacidade nominal. Para a escolha ideal, foi realizado uma pesquisa no site do PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem), para a realização da escolha de um modelo com capacidade superior e de baixo consumo, e foi escolhida uma geladeira da marca Panasonic, modelo NR-BT42BV1, com tecnologia inverter e etiquetada com a letra "A", conforme Figura 34, sendo a mais eficiente para a sua categoria, com um consumo de aproximadamente 31kWh/mês, que representa uma eficiência de 28,89%, em comparação com a geladeira Electrolux em perfeitas condições, e 70,85%, comparado com os valores registrados pelo medidor ILM, da geladeira ineficiente.

Figura 34 – PBE Geladeira Panasonic NR – BT42V1



Fonte: Próprio autor

Na Tabela 9, estão os valores simulados, para comparação, entre as marcas Electrolux com e sem defeito, e a Panasonic nova. Com base nos dados da tabela, foi possível calcular a viabilidade e o tempo de retorno do investimento onde foi considerado o preço médio de mercado da geladeira Panasonic igual a R\$2999,00 e a diferença anual dos gastos da geladeira Electrolux ruim, em relação a nova, foi de aproximadamente R\$ 768,69.

Tabela 9 – Gastos com energia Electrolux DF36A X Panasonic NR – BT42BV1

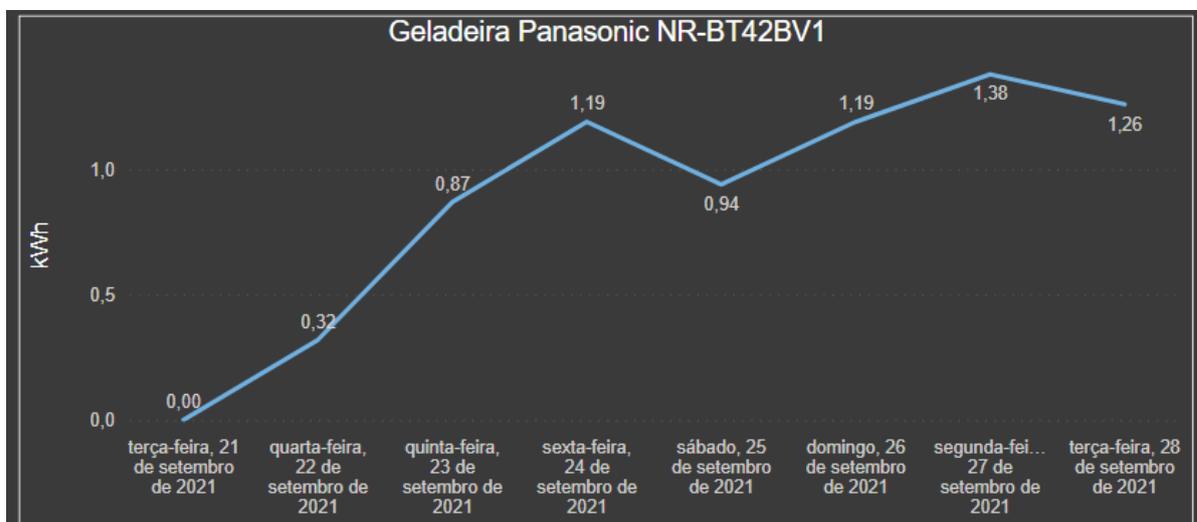
	Electrolux Boa	Electrolux Ruim	Panasonic
Consumo (kWh/Dia)	1,45	3,54	1,03
Consumo (R\$/Dia)	1,23	3,01	0,87
Total Mês (kWh)	43,60	106,36	31,00
Total Mês (R\$)	36,97	90,41	26,35
Total Ano (kWh)	523,20	1276,32	372,00
Total Ano (R\$)	444,72	1084,88	316,20

Fonte: Próprio autor

Ao aplicar o critério TRI, com um tempo de retorno máximo de 5 anos (tempo base de vida útil da geladeira Electrolux). A fórmula a baixo, justifica o valor do investimento tendo um retorno em 3 anos e 9 meses, sendo assim, o projeto é viável e a geladeira antiga pode ser substituída pelo modelo proposto.

$$TRI = 2999,00 / 768,69 = 3,9$$

Foi realizado a compra da geladeira, da marca Panasonic, modelo NR-BT42BV1, e após a instalação, foi coletado novamente os dados através do medidor ILM, o gráfico da Figura 35, demonstra o consumo da geladeira por um período de 7 dias.

Figura 35 – Gráfico do Consumo semanal da Geladeira NR-BT42BV1

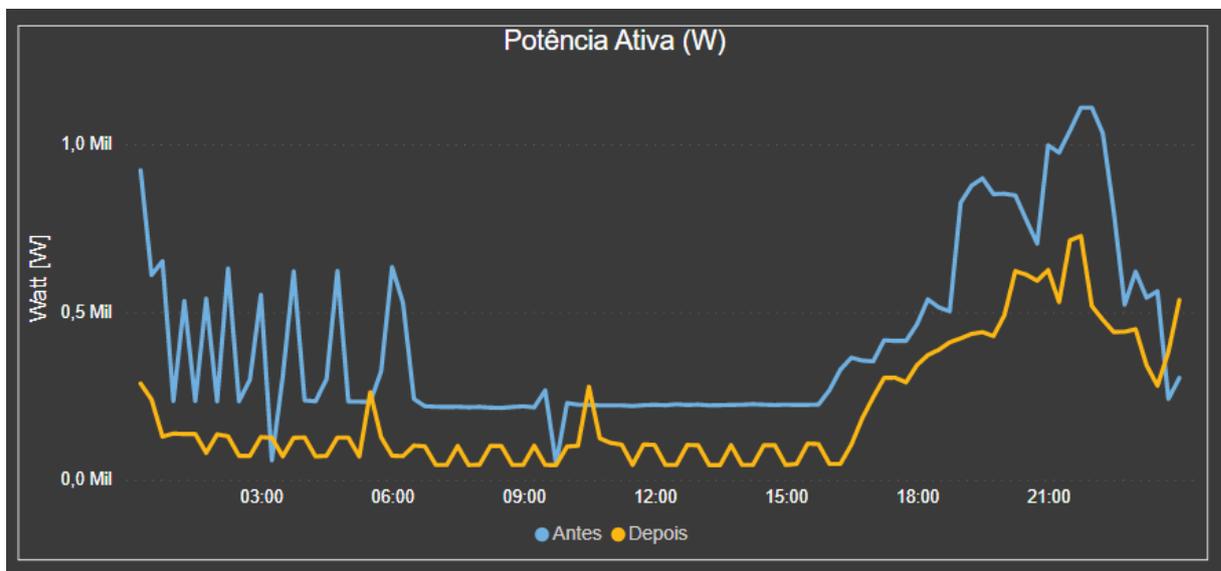
Fonte: Próprio autor

A geladeira Electrolux foi vendida, para uma assistência técnica autorizada, por um valor de R\$ 500,00, sendo assim, foi necessário recalcular o TRI, e o retorno do investimento diminuiu para, 3 anos e 2 meses, conforme visto na fórmula abaixo.

$$\text{TRI} = (2999,00 - 500,00) / 768,69 = 3,2$$

Para critério de comparação no gráfico da Figura 36, estão as coletas de dados de dois dias da residência (ambos uma quinta-feira) através do medido NILM sendo os valores a soma das fases da potência ativa. No dia 26 de agosto, (em azul) está a assinatura energética da residência com a geladeira Electrolux, e no dia 14 de outubro, (em amarelo) referente a geladeira Panasonic. Ao analisar o período das 7hs às 16hs (horário que a família não se encontra na casa) é possível notar que a geladeira Electrolux desliga sua operação apenas no horário das 09:44, enquanto a geladeira Panasonic, realiza o ciclo de refrigeração ao longo de todo o período de análise. Outro fator importante, é a diferença de amplitude da assinatura energética, onde é notório a redução dos gastos com energia.

Figura 36 – Análise das assinaturas energéticas das geladeiras

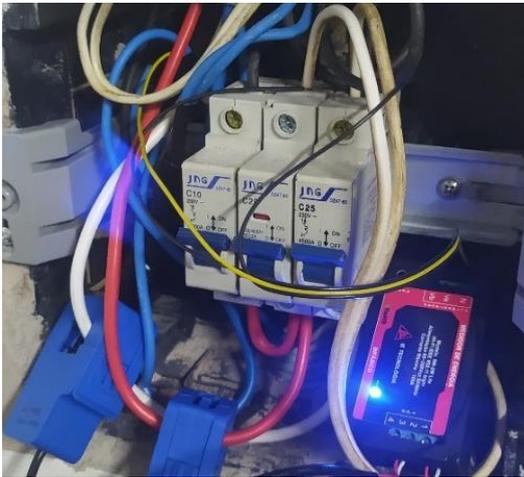


Fonte: Próprio autor

4.1.3 Escritório

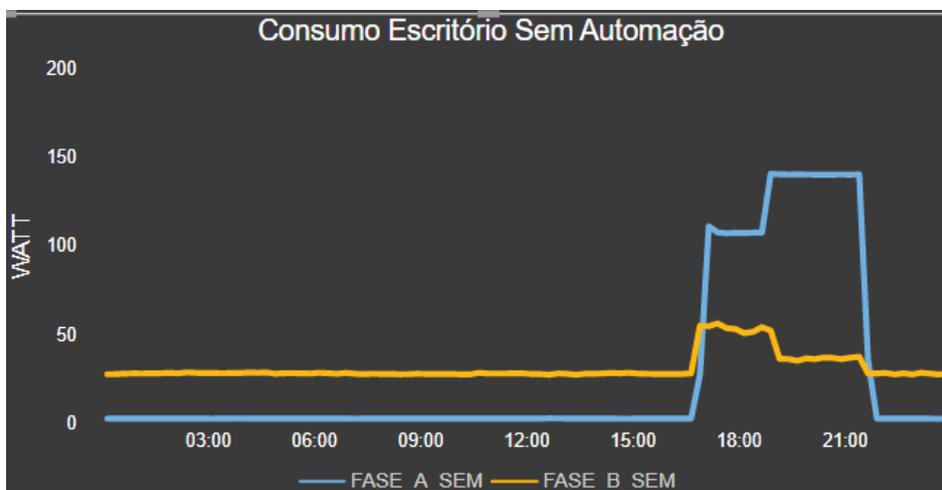
O escritório da casa está localizado em um anexo aos fundos do terreno, conforme ilustrado na Figura 24. De forma independente da residência o escritório possui um quadro de disjuntores próprio (Figura 37), onde foi instalado o medidor do tipo NILM com o objetivo de monitorar as cargas do local, sendo monitoradas por um período de 24 horas (Sexta-feira – 20 de agosto 2021). A partir dos dados obtidos, o gráfico na Figura 38, demonstra a assinatura energética, no intervalo de tempo estipulado.

Figura 37 – Quadro de disjuntores escritório



Fonte: Próprio autor

Figura 38 – Dados Consumo escritório antes da aplicação



Fonte: Próprio autor

- **Antes sem Automação**

Anteriormente demonstrado no item 4.4, na Tabela 5, o escritório apresenta várias cargas em modo *Stand-by*, sendo notório um consumo considerável ao longo do dia, em horários onde a família não se encontra na residência, conforme representado pela fase “B”, em amarelo, no gráfico da Figura 38.

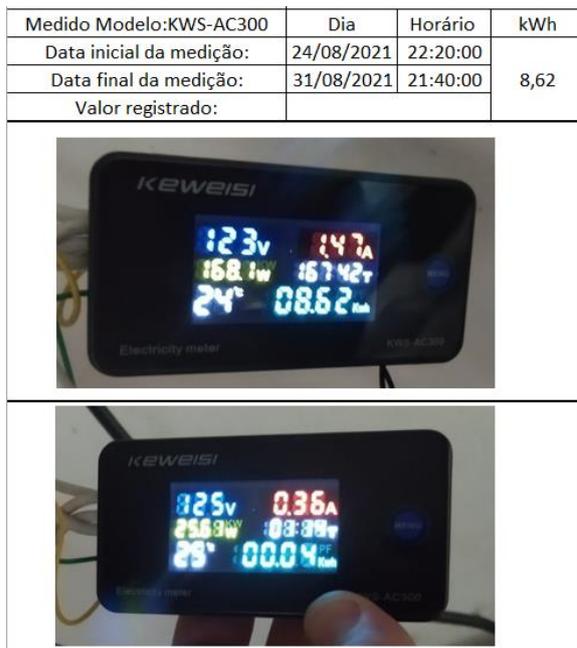
Para a realização da simulação de viabilidade econômica, foi utilizado um medidor do tipo ILM, modelo: KWS – AC – 30, afim de coletar dados de forma mais precisa, conforme demonstrada pela Figura 39, foi instalado um plugue de tomada 10 amperes fêmea padrão ABNT, e um cabo de alimentação de bitola 2,5mm, com um plugue macho 10 amperes, também padrão ABNT.

Figura 39 – Medidor tipo ILM – Bancadas Escritório



Fonte: Próprio autor

O dispositivo foi ligado, em paralelo com as cargas do escritório, e a coleta dos dados foram realizadas durante os dias de 24 à 31 de agosto de 2021 (total de 7 dias) e os valores registrados totalizam um consumo de aproximadamente 8,62 kWh, conforme demonstrado no relatório de monitoramento da Figura 40.

Figura 40 – Relatório de consumo do escritório sem automação

Fonte: Próprio autor

- **Depois com Automação**

A solução proposta para a eficiência energética do escritório, é semelhante a utilizada na iluminação da área do quintal, sendo automatizada as cargas em *Stand-by*. Para isso, foi utilizado o módulo de *wi-fi* inteligente modelo: WHD02 (Figura 21). O dispositivo foi instalado no interior de uma régua de tomadas padrão ABNT, conforme Figura 41, com o objetivo de ligar e desligar os equipamentos de forma automática.

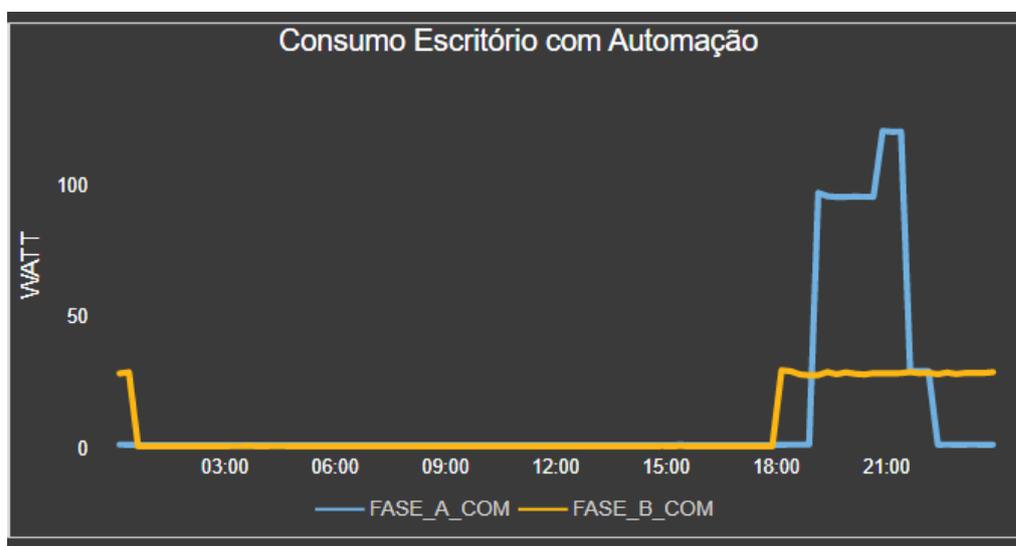
Figura 41 – Régua de Tomadas Inteligente

Fonte: Próprio autor

A temporização das cargas do escritório, ficou da seguinte forma: durante os dias da semana ligado das 18:00 horas à 01:00 hora e desligado no restante do dia; e para os finais de semana, que a família está em casa, ligado das 08:00 horas às 00:40 horas e desligado no restante do dia, conforme estabelecido pela família.

Logo após a instalação da melhoria foi realizada uma nova coleta de dados, sendo utilizado o medidor NILM por um período de 24 horas (Sexta-feira – 03 de Setembro 2021). A partir dos valores obtidos, o gráfico da Figura 42 foi gerado, demonstrando uma queda considerável na fase “B”, para os horários de desligamento das cargas.

Figura 42 – Dados Consumo escritório após a aplicação



Fonte: Próprio autor

Foi instalado novamente, em paralelo com a carga, o medidor do tipo ILM e registrado uma nova coleta dos dados, durante os dias de 31 de agosto à 07 de setembro de 2021 (um total de sete dias) os valores registrados estão no relatório apresentado na Figura 43 e o consumo teve uma redução de aproximadamente 46,17%, sendo registrado um total de 4,64 kWh.

Na Tabela 10, estão os valores simulados que representam o valor da economia ao longo dos meses e do ano. Para os cálculos, foi utilizado o valor da tarifa à R\$ 0,85 referente ao mês de julho de 2021, último mês de análise das contas de luz, conforme demonstrado na tabela do APÊNDICE A.

Tabela 10 – Cálculos de viabilidade de automação para o escritório

	Antes	Depois
Consumo Semana (kWh)	8,62	4,64
Consumo (R\$)	7,33	3,94
Total Mês (kWh)	34,48	18,56
Total Mês (R\$)	29,31	15,77
Total Ano (kWh)	413,76	222,72
Total Ano (R\$)	351,70	189,31

Fonte: Próprio autor

Figura 43 – Relatório de consumo do escritório com automação

Medido Modelo:KWS-AC300	Dia	Horário	kWh
Data inicial da medição:	31/08/2021	22:40:00	4,64
Data final da medição:	07/09/2021	20:05:00	
Valor registrado:			




Fonte: Próprio autor

Foram utilizados os valores, ao longo do ano, do antes e depois das melhorias (Tabela 10), afim de calcular a diferença anual, onde houve uma redução de aproximadamente R\$162,39 em gastos com energia. Sendo assim foi possível calcular a viabilidade e o tempo de retorno do investimento, considerando o preço médio de mercado, para o módulo, de aproximados R\$ 45,00 e aplicando a fórmula do critério TRI, o investimento terá um retorno em aproximadamente 3 meses e meio conforme demonstrado pela fórmula abaixo.

$$TRI = 45,00 / 162,39 = 0,28$$

$$TRI = 0,28 * 12 = 3,36$$

4.1.4 Sala

Para o monitoramento das cargas na sala, foi utilizado o medidor do tipo ILM, ilustrado na Figura 14. Na Tabela 5, está a lista de equipamentos em Stand-by, a Smart TV, o Home Theater e o Aparelho de TV a cabo são os equipamentos que foram monitorados durante o estudo de caso. Para o Roteador Wi-Fi apesar de estar ligado a todo momento e representar uma parcela nos gastos, não pode ser monitorado e nem desligado, pois os dispositivos de automação e o medidor do tipo NILM, fazem uso de sua conexão com a internet.

Os equipamentos foram monitorados durante os dias de 22 à 29 de agosto de 2021 (um total de sete dias) e os valores acumulados estão apresentados na Figura 44. Na Tabela 11, estão os valores simulados para a viabilidade do investimento. Para os cálculos, foi utilizado o valor da tarifa à R\$ 0,85, referente ao mês de julho de 2021, último mês de análise das contas de luz, conforme demonstrado na tabela do APÊNDICE A.

Um módulo de *wi-fi* inteligente, conforme apresentado na Figura 21, custa em média R\$ 45,00 e aplicando a fórmula do critério TRI, o investimento teria um retorno em aproximadamente 3 anos, sem levar em consideração a diferença do valor da melhoria, que aumentaria o tempo do investimento.

$$TRI = 45,00 / 14,48 = 3,10$$

Tabela 11 – Cálculos de viabilidade de automação para a Sala

	Valores Simulados
Consumo Semana (kWh)	0,355
Consumo (R\$)	0,30
Total Mês (kWh)	1,42
Total Mês (R\$)	1,20
Total Ano (kWh)	17,04
Total Ano (R\$)	14,48

Fonte: Próprio autor

Figura 44 – Registro Medidor ILM Sala



Fonte: Próprio autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao casal trabalhar em horário comercial, passar a maior parte do dia fora de casa, e não conseguir modificar seu horário de maior consumo para os horários fora de ponta, fica inviável a mudança para a tarifa branca. Sendo assim, o estudo prosseguiu para outras alternativas de redução do consumo na residência.

Para a análise da viabilidade da automação na iluminação do quintal, apesar do valor da redução ser baixo e o tempo de retorno ser maior que um ano, foi levado em consideração os pontos da eficiência que representou uma redução aproximada de 33,47%, conforto ao imóvel e segurança ao retornar para a residência e a iluminação já estiver acesa. Além disso, a automação pode ser aplicada aos outros pontos do quintal, sem demandar de outro dispositivo, aumentando o valor da economia e a redução do tempo de retorno do investimento, portanto, o investimento é viável e trouxe contribuição para a redução da conta de luz.

A troca da geladeira representa uma grande parcela no total economizado da conta de energia, demonstrando que equipamentos antigos podem modificar seus valores de consumo iniciais, se tornando grandes vilões em uma residência.

A automação das cargas em *Stand-by* no escritório, se tornou viável, pois o investimento teve um tempo de retorno três vezes menor, do que o esperado (um ano), além de trazer conforto para a família, e segurança para os equipamentos que ficam plugados, ao longo do dia, que podem sofrer com problemas de sobre tensão, provindos da rede elétrica.

Em relação a viabilidade do investimento da automação dos equipamentos da sala, não se mostrou viável, devido ao valor do equipamento de automação ser alto, em relação ao quanto teria de redução na conta de energia. Apesar dos equipamentos estarem ligados a todo momento à rede elétrica e ter um risco caso sofram uma sobre tensão, a melhoria será aplicada em um segundo momento, não sendo viável para o estudo.

Os registros das medições e as aplicações das melhorias, foram executadas entre os meses de agosto a setembro onde, a conta do mês de setembro foi faturada com um consumo de 261 kWh. Mas, a partir do mês de outubro, todas as melhorias foram aplicadas e a conta de energia foi registrada no valor de 157 kWh, representando uma eficiência de aproximadamente 39,85%, em comparação ao mês anterior, e uma economia de R\$137,13. Sendo assim o objetivo final do trabalho foi atingido.

O presente trabalho terá continuidade, pois o medidor do tipo NILM consegue disponibilizar arquivos, em um servidor web na nuvem, dessa forma, podendo ser integrado a um programa de BI (*Business Intelligence*), para geração de gráficos e relatório sempre que o usuário precisar, e até a utilização de tecnologia *machine learning* para o monitoramento e automatizado das cargas da residência, a fim de uma tomada de decisão autônoma, caso necessário o desligamento de alguma carga crítica, como por exemplo: um ar condicionado em mal funcionamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414**. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Brasília, p. 156. 2010.

ANEEL. Bandeiras Tarifárias. **ANEEL**, 2015. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 23 set. 2021.

CPFL- ENERGIA. Tarifa Branca , 2021. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/247956/referencia-site-abnt-artigos/>>. Acesso em: 21 set. 2021.

EPE. Matriz Energética e Elétrica. **epe.gov.br**, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

G1. Economia. **G1.globo.com**, 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/08/20/datafolha-46percent-dos-brasileiros-dizem-ter-tido-reducao-na-renda-familiar-por-cao-da-pandemia.ghtml>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

G1. Jornal Nacional. **G1.globo.com**, 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2021/08/25/governo-reconhece-piora-da-crise-hidrica-e-promete-desconto-para-quem-reduzir-consumo-de-energia.ghtml>>. Acesso em: 2021 ago. 25.

GUSSOW, M. Pôtença e Fator de Potência. In: GUSSOW, M. **Eletricidade Básica**. 1ª. ed. São Paulo : McGraw-Hill, v. I, 1985. Cap. 14, p. 386-390.

INMETRO. Programa Brasileiro de Etiquetagem, 2021. Disponível em: <https://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php>. Acesso em: 21 set. 2021.

MEDEIROS , A. P. et al. **Monitoramento da carga Elétrica Residencial Aplicada ao Gerenciamento de Resposta a Demanda**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA -UFSM. Santa Maria, p. 6. 2018.

MURATORI , J. R.; DAL BÓ, P.. **Automação Residencial Conceitos e aplicações**. 1ª. ed. Belo Horizonte: Educere, v. 1, 2013.

NETO, M.. **Automação Residencial**. Univercidade São Francisco. Campinas, p. 41. 2009.

OLIVEIRA, C. Mudanças Climáticas. **Brasil de Fato**, 2021. ISSN <<https://www.brasildefato.com.br/2021/05/14/dados-apontam-para-crise-hidrica-no-brasil-intensificada-pelo-desmatamento-amazonico>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

PBE. INMETRO. **FOLDER PBE**, 2021. Disponível em: <<https://www2.inmetro.gov.br/pbe/cartilha.php>>. Acesso em: 21 set. 2021.

TORRES, O. F. F. Viabilidade Econômica em Situação de Certeza. In: TORRES, O. F. F. **Fundamentos da Engenharia Econômica**. 1ª. ed. São Paulo: Thomson Learning, v. Único, 2006. Cap. 3, p. 45-62.

WORTMEYER, C.; FREITAS, F.; CARDODO,. **Automação Residencial: Buscando Tecnologias visando o Conforto, a Economia, a Praticidade e a Segurança do Usuário.** Associação Educacional Dom Bosco. Resende , p. 1064-1067. 2005.

ZOHA, A. et al. Non-Intrusive Load Monitoring Approaches for Disaggregated Energy Sensing: A Survey. **Sensors**, v. 12, n. 12, p. 16838-16866, dez. 2012. ISSN 1424-8220.

APÊNDICE A

Contas de energia elétrica da residência entre agosto de 2019 a julho de 2021.

Ano	Mês	Valor TUSD (R\$)	Valor TE (R\$)	Quantidade faturada (kWh)	Somas das Tarifas (R\$)	Valor Total da Tarifa (R\$)
2019	Agosto	0,29783784	0,33729730	111	0,63513514	70,50
2019	Setembro	0,29434524	0,33339286	168	0,62773810	105,46
2019	Outubro	0,35490385	0,40197116	208	0,75687501	157,43
2019	Novembro	0,30447853	0,34490798	163	0,64938651	105,85
2019	Dezembro	0,29963191	0,33932516	163	0,63895707	104,15
2020	Janeiro	0,30519775	0,34564972	177	0,65084747	115,20
2020	Fevereiro	0,29662984	0,33596686	181	0,63259670	114,50
2020	Março	0,28971831	0,32816902	142	0,61788733	87,74
2020	Abril	0,29741936	0,33682796	186	0,63424732	117,97
2020	Maio	0,29607527	0,33526882	186	0,63134409	117,43
2020	Junho	0,29445122	0,33347561	164	0,62792683	102,98
2020	Julho	0,32192858	0,34014286	140	0,66207144	92,69
2020	Agosto	0,32315477	0,33815477	168	0,66130954	111,10
2020	Setembro	0,32236181	0,33723619	199	0,65959800	131,26
2020	Outubro	0,38441748	0,40228156	206	0,78669904	162,06
2020	Novembro	0,38411215	0,40186916	214	0,78598131	168,20
2020	Dezembro	0,38229928	0,40000000	274	0,78229928	214,35
2021	Janeiro	0,38361112	0,40142362	288	0,78503474	226,09
2021	Fevereiro	0,38135459	0,39904383	251	0,78039842	195,88
2021	Março	0,38729928	0,40525548	274	0,79255476	217,16
2021	Abril	0,39316456	0,40552743	237	0,79869199	189,29
2021	Maio	0,42090535	0,41551441	243	0,83641976	203,25
2021	Junho	0,43698745	0,43146444	239	0,86845189	207,56
2021	Julho	0,42704642	0,42164557	237	0,84869199	201,14

APÊNDICE B

Potência nominal e em Stand by dos equipamentos da residência.

Local	Equipamentos	Potência Standby	Potência Nominal
Sala			
	Tv Samsung Modelo: UN40J5500AG	1W	119W
	Home theater Samsung: HT- F5505K	1W	72,6 W
	Google Nest Home		15W
	Roteador Wifi TP link: AC750	12W	12W
	Lâmpada Led		12W
	Ventilador de Teto		12W
	Aparelho de TV a Cabo	0,5W	10W
Cozinha/ Dispensa			
	Lâmpada LED Dispensa		9W
	Lâmpada LED Mesa		15W
	Lâmpada LED Cozinha		18W
	Lâmpada LED Pia		18W
	Geladeira Electrolux: DF36A		60,5W
	Micro-ondas Panasonic: NN ST654W		900W
	Sanduicheira George Foreman		800W
	Grill George Foreman		1300W
	Liquidificador		550W
Corredor/ Banheiro/ Lavanderia			
	Lâmpada LED Corredor 1		7W
	Lâmpada LED Corredor 2		15W
	Lâmpada LED Banheiro		6W
	Impressora Brother Toner: HL 1212W		40W
	Impressora Brother Jato de Tinta: DCP- J105		16W
	Chapinha Pemington		57W
	Secador de Cabelo		2100W
	Escova Rotativa		900W
	Máquina de Lavar Roupas		460W

Quartos			
	Lâmpada LED Quarto Infantil		15W
	Lâmpada LED Quarto Casal		21W
	Climatizador de Ar Quarto Infantil		60W
	Ar Condicionado 9000BTU Quarto Casal		815W
Escritório			
	Lâmpada LED Tubular		36W
	Lâmpada LED Bancada1		9W
	Lâmpada LED Bancada 2		20W
	Computador de mesa	1W	180W
	Notebook		90W
	Bancada de eletrônica com equipamentos	35W	1100W
	Monitor Dell E2211	2W	28W
	Monitor Dell E178FP	2W	32
Quintal / Garagem			
	Refletor LED		30W
	2X- Lâmpada LED Comum 9W		18W
	2X- Lâmpada LED Tubular 36W		72W
	4X- Lâmpada LED Comum 12W		48W
	Lâmpada LED Comum		15W
	Total		183W

ANEXO A

Os feriados nacionais, terça-feria de carnaval, sexta-feira da Paixão e Corpus Christi, para horários fora de ponta.

Dia e mês	Feriados nacionais	Leis federais
01 de janeiro	Confraternização Universal	662, de 06/04/1949
21 de abril	Tiradentes	662, de 06/04/1949
01 de maio	Dia do Trabalho	662, de 06/04/1949
07 de setembro	Independência	662, de 06/04/1949
12 de outubro	Nossa Senhora Aparecida	6.802, de 30/06/1980
02 de novembro	Finados	662, de 06/04/1949
15 de novembro	Proclamação da República	662, de 06/04/1949
25 de dezembro	Natal	662, de 06/04/1949

Fonte: (ANEEL, 2010)

ANEXO B

Ficha Técnica Geladeira Electrolux Modelo DF36A

Especificações técnicas (**)

MODELO	DF36A	DF36X
Capacidade (litros) (norma ISO8187)		
Armazenamento refrigerador	247	247
Armazenamento freezer	63	63
Armazenamento total	310	310
Bruta refrigerador	252	252
Bruta freezer	63	63
Bruto total	315	315
Tempo máximo de conservação sem energia (h)	10	10
Capacidade de congelamento a cada 24 horas (kg)	4,0	4,0
Degelo do compartimento refrigerador	automático	automático
Degelo do compartimento freezer	automático	automático
Altura mínima com pé nivelador (mm)	1716	1716
Largura (mm)	600	600
Profundidade com porta fechada (mm)	688	688
Profundidade com porta aberta (mm)	1293 (*)	1293 (*)
Peso líquido (kg)		
Potência da lâmpada (W)	15	15
Frequência (Hz)	60	60
Tensão (V)	127 / 220	127 / 220
Consumo de energia (ISO8187)(kWh/mês)	43,6	43,6
Gás refrigerante	R134a	R134a

Fonte: < <https://meu.electrolux.com.br/manuais>> acesso em 14 ago. 2021