

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

SAMUEL PEDRO NOGUEIRA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
DE BAIXA TENSÃO**

**Teoria e aplicação de métodos para melhoria da eficiência
energética em um estudo de caso**

UBERLÂNDIA – MG

2019

SAMUEL PEDRO NOGUEIRA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE
BAIXA TENSÃO**

**Teoria e aplicação de métodos para melhoria da eficiência energética em
um estudo de caso**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia - UFU - como
requisito para o recebimento de diploma de graduação em
Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Isaque Nogueira Gondim

UBERLÂNDIA – MG

2019

RESUMO

Este trabalho visa realizar um comparativo econômico-sustentável entre diferentes cenários de uma mesma instalação elétrica de baixa tensão projetada. Após alguns estudos que foram detalhados neste trabalho sobre o funcionamento de diversos métodos que podem ser utilizados para promover a melhoria da eficiência energética em instalações elétricas, sob os aspectos de aumento da eficiência energética, diminuição do consumo energético e redução do impacto ambiental, foi escolhida uma instalação para servir de estudo de caso, onde o autor realizou um comparativo entre diversos cenários, onde em cada um deles foram sendo substituídos ou incluídos equipamentos e sistemas capazes de melhorar a eficiência energética da instalação. Por fim, foram dispostos os resultados a respeito do percentual de economia no consumo médio mensal que a instalação em questão deve obter em cada cenário representado.

ABSTRACT

This work aims to demonstrate an economical and sustainable comparison between different scenarios of the same low voltage electrical project. Following some studies on the operation of various methods that can be used to promote the improvement of energy efficiency in electrical installations, in terms of increasing energy efficiency, reducing energy consumption and reducing environmental impact, an installation was chosen to serve as a case study, where the author made a comparison between several scenarios, where in each of them were being replaced or included equipment and systems capable of improving the energy efficiency of the installation. Finally, conclusions were drawn regarding the percentage savings in average monthly consumption that the installation in question should obtain in each scenario represented.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lâmpada incandescente	4
Figura 2 - Lâmpada fluorescente compacta	5
Figura 3- Lâmpada LED	6
Figura 4 - Lâmpadas analisadas.....	7
Figura 5 - Gráfico do custo em função do tempo de uso de diferentes tipos de lâmpadas	9
Figura 6 - Chuveiro elétrico	11
Figura 7 - Sistema Termossolar.....	11
Figura 8 - Sistema termossolar em modelagem 3D.....	12
Figura 9 - Placas coletoras a vácuo.....	14
Figura 10 - Condicionador de ar comum	16
Figura 11 - Condicionador de ar Inverter.....	16
Figura 12 - Condicionador de ar Smart Inverter.....	18
Figura 13 - Forno elétrico.....	19
Figura 14 - Selo PROCEL de economia de energia	20
Figura 15 - Classificações quanto ao selo PROCEL de economia de energia.....	20
Figura 16 - Sensor de presença.....	23
Figura 17 - Sensor de luminosidade.....	23
Figura 18 - Temporizador	24
Figura 19 - Dimmer	25
Figura 20 - Estimativa de economia com dimerização	25
Figura 21 - Sistema de controle da iluminação Smart Led	26
Figura 22 - Sistema de automação residencial completo	27
Figura 23 - Sistema de geração fotovoltaica	30
Figura 24 - Preço médio de instalação de sistema fotovoltaico residencial.....	31
Figura 25 - Planta baixa ilustrada para este estudo de caso	33
Figura 26 - Vista do projeto elétrico finalizado no software AltoQI Lumine.....	38
Figura 27 - Dados da instalação - Cenário A	45
Figura 28 - Tarifas CEMIG 2019	46
Figura 29 - Gráfico do consumo médio mensal por aparelho - Cenário A.....	46
Figura 30 - Dados da instalação - Cenário B.....	47
Figura 31 - Gráfico do consumo médio mensal por aparelho - Cenário B	48
Figura 32 - Dados da instalação - Cenário C.....	49
Figura 33 - Gráfico do consumo médio mensal por aparelho - Cenário C	50
Figura 34 - Dados da instalação - Cenário D	51
Figura 35 - Gráfico do consumo médio mensal por aparelho - Cenário D.....	52
Figura 36 - Resultado final dos diversos cenários	53
Figura 37 - Gráfico do resultado final para o consumo médio mensal em diversos cenários..	54
Figura 38 - Gráfico do resultado final para a tarifa média mensal em diversos cenários	54
Figura 39 - Fatores determinantes da iluminância adequada	65
Figura 40 - Iluminância para quartos de dormir	65
Figura 41 - Dados da luminária utilizada no Quarto A.....	66
Figura 42 - Lâmpada utilizada no Quarto A.....	67
Figura 43 - Refletâncias diversas.....	68

Figura 44 - Tabela para determinação do fator de utilização da luminária em uso.....	68
Figura 45 - Tabela para determinar o fator de depreciação.....	69
Figura 46 - Prescrições da NBR 5410 para potências mínimas para pontos de iluminação....	76
Figura 47 - Prescrições da NBR5410 para potência atribuída a tomadas	77
Figura 49 - Fatores de Demanda para iluminação e tomadas - consumidor residencial.....	81
Figura 50 - Fatores de demanda para aparelhos eletrodomésticos, de aquecimento, de refrigeração e condicionadores de ar	82
Figura 51 - Projeto equivalente realizado no software AltoQi Lumine da UFU.....	86
Figura 52 - Legenda do projeto	87
Figura 53 - Quadro de distribuição - Diagrama multifilar	88
Figura 54 - Quadro de distribuição - Diagrama unifilar	89
Figura 55 - Quadros de cargas e demanda da instalação	90
Figura 56 - Entrada da concessionária de energia do local91	
Figura 57 - Lista de materiais	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de lâmpadas encontradas no mercado.....	7
Tabela 2 - Economia prevista ao substituir lâmpada fluorescente compacta por LED	8
Tabela 3 - Economia prevista ao substituir lâmpada incandescente por LED	8
Tabela 4 - Economia prevista na fatura total com instalação de sistema termossolar	13
Tabela 5 - Economia máxima prevista com aquecimento via resistências após instalação de sistema termossolar	13
Tabela 6 - Economia prevista ao substituir condicionador de ar comum por inverter	17
Tabela 7 - Substituição de aparelhos de uso específico por item mais eficiente.....	21
Tabela 8 - Substituição de sistema de iluminação LED comum por Smart LED	28
Tabela 9 - Substituição de sistema de iluminação fluorescente por sistema Smart LED	28
Tabela 10 - Inserção de sistema de automação residencial completo.....	28
Tabela 11 - Economia prevista - Inserção de sistema de geração fotovoltaica.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via substituição de lâmpadas.....	10
Quadro 2 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via instalação de sistema de aquecimento solar	14
Quadro 3 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via substituição de aparelhos condicionadores de ar	18
Quadro 4 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via substituição de aparelhos de uso específico	22
Quadro 5 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via instalação de sistemas de automação residencial.....	29
Quadro 6 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via instalação de sistema de geração fotovoltaica	31
Quadro 7 - Resultados do projeto luminotécnico	34
Quadro 8 - Resultados da previsão de carga	35
Quadro 9 - Resultado da demanda da instalação	36
Quadro 10 - Substituição das lâmpadas fluorescentes por LEDs.....	40
Quadro 11 - Instalação de sistema de aquecimento termosolar	41
Quadro 12 - Substituição de aparelho condicionador de ar comum por inverter	42
Quadro 13 - Instalação de sistema de automação residencial	42
Quadro 14 - Dados para o projeto luminotécnico do quarto A	64
Quadro 15 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico do Quarto B.....	70
Quadro 16 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico do Quarto C	71
Quadro 17 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico dos Banheiros A e B	71
Quadro 18 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico do Corredor	72
Quadro 19 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Lavanderia	72
Quadro 20 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Cozinha.....	73
Quadro 21 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Sala.....	73
Quadro 22 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Copa	74
Quadro 23 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Garagem	74
Quadro 24 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Entrada.....	75
Quadro 25 - Resultados da previsão de carga	78

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
2	Métodos para melhoria da eficiência energética.....	3
2.1	Objetivo do capítulo	3
2.2	Melhoria da eficiência na iluminação.....	3
2.2.1	Funcionamento de diferentes tecnologias de iluminação.....	3
2.2.2	Eficiência energética de diferentes tecnologias de iluminação	6
2.3	Melhoria da eficiência no aquecimento de água	10
2.3.1	Funcionamento de diferentes tecnologias de aquecimento de água	10
2.3.2	Eficiência energética de diferentes tecnologias de aquecimento de água	12
2.4	Melhoria da eficiência em aparelhos condicionadores de ar	15
2.4.1	Funcionamento de diferentes tecnologias de aparelhos condicionadores de ar	15
2.4.2	Eficiência energética de diferentes tecnologias de aparelhos condicionadores de ar	17
2.5	Melhoria da eficiência em aparelhos de uso específico.....	18
2.5.1	Funcionamento de aparelhos de uso específico eficientes e ineficientes.....	18
2.5.2	Eficiência energética de diferentes aparelhos de uso específico	21
2.6	Melhoria da eficiência com sistemas de automação residencial	22
2.6.1	Funcionamento de sistemas de automação residencial	22
2.6.2	Eficiência energética de diferentes sistemas de automação residencial.....	27
2.7	Melhoria da eficiência com sistemas de geração distribuída (energia fotovoltaica).....	29
2.7.1	Funcionamento de sistema de geração fotovoltaica.....	29
2.7.2	Eficiência energética com uso de energia fotovoltaica	30
3	Projeto de uma instalação elétrica de baixa tensão	32
3.1	Objetivo do capítulo	32
3.2	Definição da planta baixa.....	32
3.3	Projeto elétrico residencial.....	34
4	Aplicação dos métodos de melhoria da eficiência energética no projeto realizado	39
4.1	Objetivo do capítulo	39
4.2	Aplicando a substituição das lâmpadas	39
4.3	Aplicando a instalação de sistema de aquecimento solar	40
4.4	Aplicando a substituição do aparelho condicionador de ar	41
4.5	Aplicando a instalação de sistema de automação residencial	42
4.6	Sobre a substituição dos aparelhos de uso específico.....	43
4.7	Sobre a instalação de sistema de geração fotovoltaica	43

5 Consumo energético médio mensal em diferentes cenários.....	44
5.1 Objetivo do capítulo	44
5.2 Cenário A – Consumo médio mensal – Projeto convencional.....	44
5.3 Cenário B – Consumo médio mensal – Substituição das lâmpadas	47
5.4 Cenário C – Consumo médio mensal – Substituição das LÂMPADAS E Instalação de sistema de aquecimento solar.....	49
5.5 Cenário D – Consumo médio mensal – Substituição das LÂMPADAS, Instalação de sistema de aquecimento solar e Substituição dos aparelhos condicionadores de ar	51
5.6 Cenário E – Consumo médio mensal - Substituição das LÂMPADAS, Instalação de sistema de aquecimento solar, Substituição dos aparelhos condicionadores de ar e Instalação de sistema de automação residencial	53
6 Conclusão	55
7 Referências	57
Apêndices.....	62
Apêndice 1.....	62

1 INTRODUÇÃO

Projetos de Instalações Elétricas de Baixa Tensão estão entre as atividades mais solicitadas ao engenheiro eletricitista. Comércio, residências, condomínios, clubes, parques, iluminação pública e instalações provisórias são algumas das diversas modalidades de projetos elétricos de baixa tensão as quais o engenheiro eletricitista está habilitado a projetar.

Fazendo uma análise da conjuntura econômico-ambiental pela qual o Brasil passa neste ano de 2019, pode-se fazer algumas observações a respeito de novos parâmetros que agem de modo a influenciar na atuação profissional do engenheiro eletricitista.

Pesquisas recentes demonstram que o consumo de energia elétrica no Brasil vem aumentando anualmente, sem, no entanto, haver construções de novas usinas hidrelétricas na mesma proporção, o que implica no uso mais frequente de usinas térmicas, contribuindo para elevar consideravelmente o valor das tarifas de energia elétrica em todo o país, além de um maior impacto ambiental negativo causado pelo maior uso destas usinas de fontes não renováveis. (ESTADÃO CONTEÚDO, 2019).

Além disso, é visível que simultaneamente os consumidores em geral no Brasil estão preocupando-se mais a cada ano em usufruir de bens e serviços que causem um menor impacto ambiental no planeta.

Todos esses fatos demonstram que atualmente para atuar no mercado de maneira satisfatória junto a seus consumidores, o engenheiro eletricitista carece de uma maior preocupação em fornecer a seus clientes um maior leque de modelos de projetos de instalações elétricas, visando mais do que nunca a diminuir o valor das tarifas crescentes de energia elétrica, ao mesmo tempo em que utiliza-se de técnicas de edificações verdes, eficiência energética e uso energias renováveis, para reduzir o impacto ambiental destas novas instalações.

Deste modo, este trabalho de conclusão de curso visa elaborar um projeto de instalação elétrica de baixa tensão que seja proposto ao solicitante em duas possibilidades distintas. A primeira será uma instalação elétrica de baixa tensão tradicional, nos moldes clássicos, sem preocupar-se demasiadamente com técnicas avançadas de eficiência energética ou com a redução de impactos ambientais do sistema. Já a segunda será uma instalação elétrica de baixa tensão que utilizará diversos métodos para garantir uma alta eficiência energética do sistema, aliados também à algumas técnicas de edificações verdes.

Haverá um capítulo inteiro dedicado ao estudo e detalhamento de diversos métodos de melhoria da eficiência energética em instalações elétricas, onde serão calculados inclusive os percentuais estimados de redução no consumo e do impacto ambiental promovidos pela adoção de cada um desses métodos.

Por fim, será feito um comparativo econômico-sustentável entre essas duas modalidades de projeto, demonstrando a economia energética que o consumidor poderá obter em diferentes cenários, junto à redução de impacto ambiental propiciado pela adoção dos diversos métodos de melhoria energética propostos.

2 MÉTODOS PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2.1 OBJETIVO DO CAPÍTULO

Este capítulo visa demonstrar diversos métodos que podem ser empregados para promover melhorias nos índices de eficiência energética de uma instalação elétrica de baixa tensão.

O estudo e a aplicação destes métodos são necessários para que instalações elétricas de baixa tensão em geral possam ao mesmo tempo aumentar sua eficiência energética, diminuir seu desperdício de energia, diminuir o impacto ambiental causado pela instalação, além de diminuir também o consumo energético médio mensal da instalação, o que implicará diretamente na redução do valor da fatura de energia elétrica mensal desta.

Para cada método disposto, serão analisadas as melhorias que podem ser obtidas segundo três aspectos: capacidade de aumento da eficiência energética da instalação, capacidade de diminuição do impacto ambiental causado pela instalação e capacidade de redução do consumo energético médio mensal da instalação.

Por fim, ao final de cada método, será calculado o percentual de redução do consumo médio mensal que é estimado com a sua aplicação. Estes percentuais serão utilizados novamente em outros capítulos deste trabalho, a fim de compará-los com os resultados que serão obtidos em cálculos aplicados às melhorias que serão realizadas em uma instalação elétrica de baixa tensão a ser projetada também neste trabalho.

2.2 MELHORIA DA EFICIÊNCIA NA ILUMINAÇÃO

2.2.1 Funcionamento de diferentes tecnologias de iluminação

Dentre diversos métodos capazes de reduzir o consumo energético de uma instalação, a substituição das lâmpadas em uso por outros modelos com tecnologia mais eficiente é um método bastante eficaz.

Esta seção visa fazer uma análise a respeito das melhorias que podem ser obtidas nas eficiências energética, econômica e ambiental promovidas pela substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas LED (Diodos Emissores de Luz), que é a tecnologia mais eficiente na atualidade, de acordo com diversos aspectos que serão detalhados nessa seção.

Para que seja possível adentrar nos cálculos e comparações quanto à eficiência de diferentes tecnologias de iluminação, será feita uma breve explicação teórica sobre três tipos de tecnologias de iluminação encontradas no mercado para iluminação geral em residências, para que fiquem mais elucidados os motivos de cada uma dessas tecnologias possuir suas características próprias quanto à eficiência energética, consumo energético e impacto ambiental. As três tecnologias de lâmpadas elétricas que serão detalhadas nesta seção são: lâmpadas incandescentes, lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas LED.

Lâmpadas incandescentes (ver Figura 1), apesar de não serem mais comercializadas atualmente, ainda estão em operação em diversas instalações, logo, também serão analisadas neste estudo. Elas possuem seu princípio de funcionamento baseado em um filamento de tungstênio inserido em um envoltório de vidro sem oxigênio, que ao ser percorrido por corrente elétrica, se aquece até altíssimas temperaturas sem fundir-se, emitindo assim luz visível. Como seu funcionamento está baseado no aquecimento de seu filamento, isto gera um desperdício de cerca de 90% da energia elétrica na forma de calor, via efeito Joule. Conseqüentemente possuem baixíssima eficiência energética, pois menos de 10% da energia elétrica consumida é convertida em luz visível. A eficiência luminosa destas lâmpadas é cerca de 10 a 20 lm/W (aproximadamente 8% de eficiência energética) e sua vida útil é cerca de 1000h. (SANTOS et al., 2015), (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2015), (CAVALIERE, 2011), (OLIVEIRA et al., 2013).

Figura 1 - Lâmpada incandescente



Fonte: (LUMITECFOTO, 2019)

Lâmpadas fluorescentes compactas (ver Figura 2), possuem seu princípio de funcionamento baseado em descargas elétricas percorrendo um recipiente com gás, que ao ser percorrido por corrente elétrica, emite luz ultravioleta, que ao atravessar seu envoltório revestido com fósforo se transforma em luz visível. Ou seja, quando o interruptor de energia elétrica é acionado, a corrente elétrica transforma os átomos de mercúrio em vapor, produzindo assim luz ultravioleta que, por sua vez, faz o tubo de vidro, coberto por um material à base de fósforo, produzir luz visível. Embora seja um grande avanço de eficiência energética em relação às lâmpadas incandescentes, por ser aproximadamente 4 vezes mais econômica, ainda possui baixo rendimento se comparada à tecnologia LED atual. É importante ressaltar que, como este tipo de lâmpada possui mercúrio em sua composição, que é um metal extremamente danoso ao meio ambiente, essas lâmpadas deveriam ser descartadas em coletas seletivas adequadas, no entanto é verificado que poucos usuários seguem esta medida, causando danos ao meio ambiente em seu descarte. A eficiência luminosa destas lâmpadas é cerca de 50 lm/W (aproximadamente 32% de eficiência energética) e sua vida útil é cerca de 6000h. (SANTOS et al., 2015), (DALLABRIDA; GONÇALVES; PIOVESAN, 2015), (CAVALIERE, 2011), (OLIVEIRA et al., 2013).

Figura 2 - Lâmpada fluorescente compacta



Fonte: (ELETRÔNICA SANTANA, 2019)

Lâmpadas LED (ver Figura 3), possuem seu princípio de funcionamento baseado em componentes eletrônicos semicondutores revestidos de diferentes materiais de fósforo, que emitem luz visível ao serem percorridos por uma corrente elétrica. Além de serem uma alternativa muito mais eficiente do que as citadas anteriormente, possuem um tempo de vida mais elevado, geram menos calor na conversão de energia elétrica em luz, e seu impacto ambiental é bem menor que o de uma lâmpada fluorescente por exemplo, por não possuir mercúrio em sua composição. Além disso, são mais confortáveis para a visão humana, pois não emitem radiação infravermelha nem ultravioleta. A eficiência luminosa destas lâmpadas é cerca

de 64 lm/W e sua vida útil pode chegar a 50000h. (SANTOS et al., 2015), (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2019)

Figura 3- Lâmpada LED



Fonte: (SANTIL, 2019)

2.2.2 Eficiência energética de diferentes tecnologias de iluminação

Após estas breves explicações a respeito do princípio de funcionamento de cada tecnologia de iluminação em estudo, pode-se adentrar nos cálculos de eficiência energética e luminosa de uma lâmpada. Estes cálculos possibilitarão uma estimativa mais realista neste trabalho, onde serão utilizados dados de lâmpadas de diferentes tecnologias, encontradas no mercado atual, para estimar o percentual de redução do consumo energético que se pode esperar ao efetuar a substituição de uma lâmpada de uma determinada tecnologia por outra tecnologia mais eficiente, possuindo luminosidades equivalentes.

Para calcular a eficiência energética de uma lâmpada, utiliza-se a unidade lm/W. Ou seja, de posse do catálogo de uma lâmpada qualquer, divide-se o seu fluxo luminoso (φ) pela sua potência elétrica (P), e assim a sua eficiência energética é calculada. (FREITAS et al., [200-?])

Veja a seguir a Equação 1 para o cálculo da eficiência energética (ou luminosa) de uma lâmpada:

$$\eta_w = \frac{\varphi}{P} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

η_w = Eficiência energética ou luminosa (lm/W)

φ = Fluxo luminoso total emitido (lm)

P = Potência elétrica total consumida (W)

Com o objetivo de quantificar percentualmente a melhoria na eficiência energética que pode ser obtida com a substituição de lâmpadas fluorescentes compactas ou incandescentes por lâmpadas LED equivalentes, segue abaixo na Tabela 1, montada especialmente para este trabalho, dados de lâmpadas que foram encontradas atualmente no mercado, assim como a eficiência energética de cada uma delas, que fora calculada de acordo com a Equação 1.

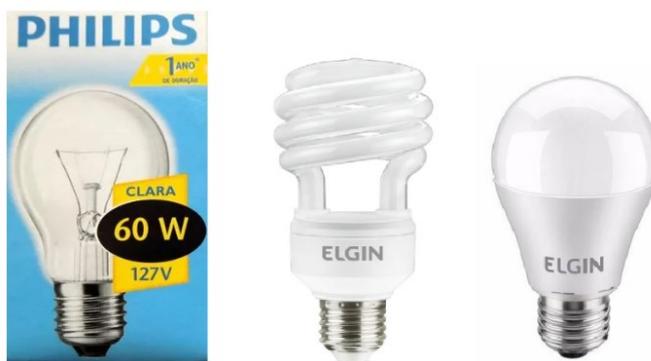
Tabela 1 - Dados de lâmpadas encontradas no mercado

Tecnologia	Potência elétrica (W)	Fluxo luminoso (lm)	Vida útil (h)	Marca	Eficiência energética (lm/W)
LED	9	810	25000	Elgin	90
Fluorescente Compacta	15	870	6000	Elgin	58
Incandescente	60	864	750	Phillips	14,4

Fonte: O autor

Para ilustrar melhor esta etapa, a Figura 4 mostra as lâmpadas que foram dispostas na Tabela 1:

Figura 4 - Lâmpadas analisadas



Fonte: (LUMITECFOTO, 2019), (ELETRÔNICA SANTANA, 2019), (SANTIL, 2019)

Com base nos dados anteriores, e observando que o fluxo luminoso das três tecnologias de lâmpadas é praticamente o mesmo (fazendo a média são 848 lm), pode-se afirmar que a substituição de uma lâmpada fluorescente compacta de 15W por uma lâmpada LED equivalente de 9W promove uma economia energética de 40%, pois 9W representam 60% de 15W. Ou seja, ambas geram praticamente a mesma quantidade de luz visível mas gastam valores muito diferentes de energia, possuindo assim valores de eficiências energéticas diferentes. Pode-se representar esta estimativa da economia prevista na Tabela 2:

Tabela 2 - Economia prevista ao substituir lâmpada fluorescente compacta por LED

Economia prevista com o uso do aparelho - Substituição de lâmpada fluorescente compacta por LED
40%

Fonte: O autor

Do mesmo modo, a substituição de uma lâmpada incandescente de 60W por uma lâmpada LED de 9W promove uma economia energética de 85%, pois 9W representam apenas 15% de 60W. Pode-se representar esta estimativa da economia prevista na Tabela 3:

Tabela 3 - Economia prevista ao substituir lâmpada incandescente por LED

Economia prevista com o uso do aparelho - Substituição de lâmpada incandescente por LED
85%

Fonte: O autor

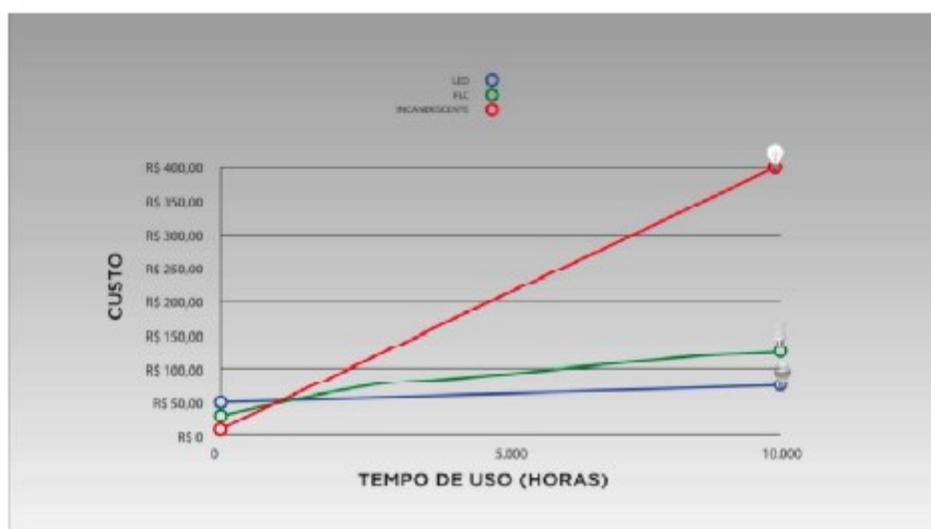
Em suma, de posse das análises e cálculos realizados nesta seção, pode-se resumir que ao substituir as lâmpadas de uma instalação por lâmpadas de tecnologia LED, é esperado uma redução no consumo de aproximadamente 40% em comparação com lâmpadas fluorescentes compactas e de aproximadamente 85% em comparação com lâmpadas incandescentes.

Além disso, é notável uma grande diminuição do impacto ambiental causado em relação às demais lâmpadas, uma vez que além de exigirem menos energia elétrica das concessionárias, estas lâmpadas não contêm mercúrio como as fluorescentes, sendo assim

possível descartá-las em lixos residenciais comuns, e também não desperdiçam tanta energia elétrica quanto as incandescentes.

Pode-se fazer ainda, uma rápida análise sobre o tempo de retorno deste investimento. É notável que as lâmpadas LED ainda estão um pouco mais caras que as demais, no entanto, considerando sua maior durabilidade e a redução propiciada no consumo energético médio mensal, é notável que acima das 2000h de uso a lâmpada LED se torna a tecnologia que sai mais em conta ao consumidor, como mostra o gráfico presente na Figura 5:

Figura 5 - Gráfico do custo em função do tempo de uso de diferentes tipos de lâmpadas



Fonte: (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2019)

E por último, sabe-se que recentemente surgiram lâmpadas com a tecnologia Smart LED, que são lâmpadas LED controladas por sistemas de automação, porém este assunto será tratado no tópico 2.6 deste trabalho (Melhoria da Eficiência com Sistemas de Automação Residencial).

Em suma, pode-se resumir no Quadro 1 o resultado obtido quanto aos parâmetros analisados neste método de aumento da eficiência energética via substituição de lâmpadas fluorescentes compactas ou incandescentes por lâmpadas LED:

Quadro 1 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via substituição de lâmpadas

Parâmetros analisados – Método: Substituição de lâmpadas	
Diminuição do consumo energético	OK
Aumento da eficiência energética	OK
Diminuição do impacto ambiental	OK

Fonte: O autor.

2.3 MELHORIA DA EFICIÊNCIA NO AQUECIMENTO DE ÁGUA

2.3.1 Funcionamento de diferentes tecnologias de aquecimento de água

Além da substituição de lâmpadas por tecnologias mais eficientes, outro método bastante eficaz para o aumento da eficiência energética de uma instalação, é a instalação de um sistema de aquecimento solar de água (ou sistema termossolar), visando a substituição parcial ou total do uso de chuveiros e torneiras elétricas.

Esta seção visa fazer uma análise a respeito das melhorias que podem ser obtidas nas eficiências energética, econômica e ambiental promovidas pela substituição parcial ou total do uso de chuveiros elétricos por um sistema de aquecimento solar de água.

Para que seja possível chegar a uma estimativa aproximada da redução percentual do consumo esperado ao aplicar este método de melhoria da eficiência, será feita uma breve explicação teórica sobre o funcionamento tanto do chuveiro elétrico quanto do sistema de aquecimento solar, para que fiquem mais elucidados os motivos de cada uma dessas tecnologias possuir suas características próprias quanto à eficiência energética, consumo energético e impacto ambiental.

O chuveiro elétrico (ver Figura 6) funciona através da passagem de altíssimos valores de corrente elétrica por uma resistência, que aquece por efeito joule, conseqüentemente aquecendo a água em seu interior.

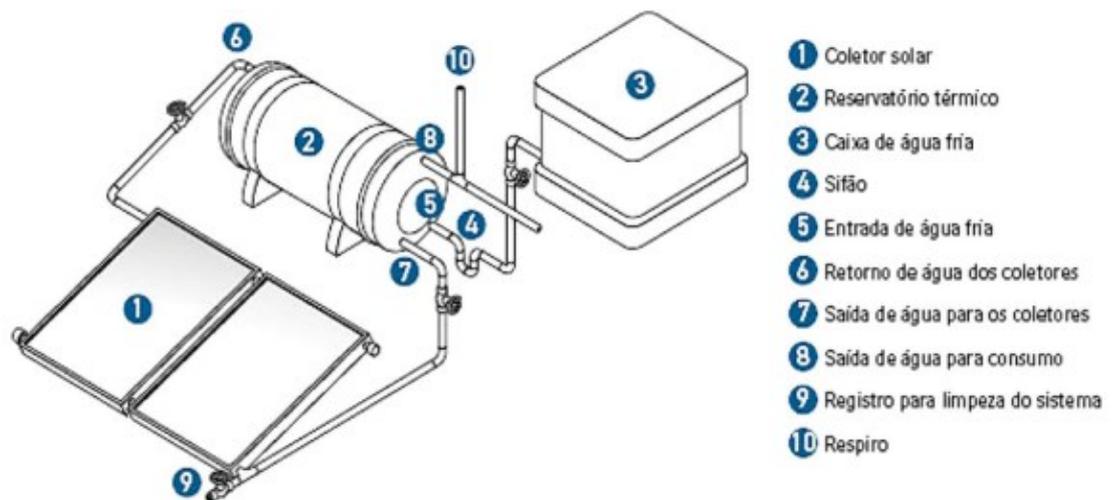
Figura 6 - Chuveiro elétrico



Fonte: (LEROY MERLIN, 2019)

Denomina-se Sistema Termossolar o conjunto composto por: coletor solar (ou placa solar) e reservatório térmico (ou boiler) e suas ligações hidráulicas e demais acessórios de acordo com a Figura 7. (PEREIRA FILHO, 2015).

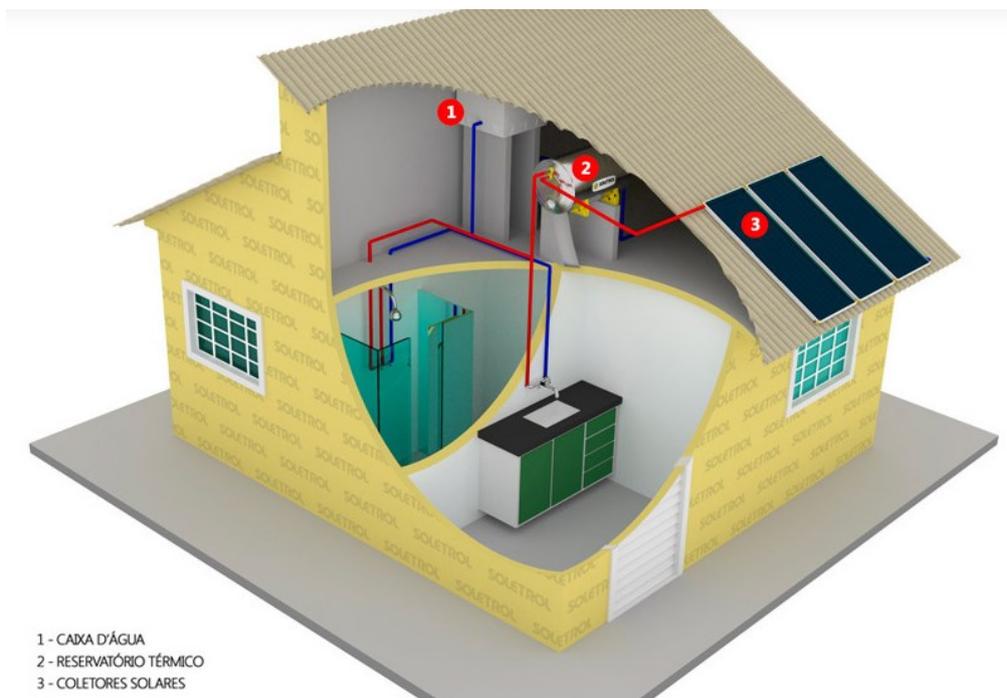
Figura 7 - Sistema Termossolar



Fonte: (PEREIRA FILHO, 2015)

Os coletores (ou placas coletoras) absorvem a radiação solar e a converte em calor para o aquecimento da água que passa por seu interior. O reservatório térmico (ou boiler) armazena a água aquecida, utilizando-se de isolamento térmico adequada para mantê-la aquecida para uso posterior quando não houver sol (seja à noite, ao amanhecer ou em dias nublados). Pode-se visualizar uma representação bastante didática na Figura 8. (SOLETROL, 2019).

Figura 8 - Sistema termossolar em modelagem 3D



Fonte: (SOLETROL, 2019)

2.3.2 Eficiência energética de diferentes tecnologias de aquecimento de água

Após explicados os aspectos de funcionamento dessas duas tecnologias de aquecimento de água (chuveiro e aquecedor solar), pode-se analisá-las segundo seus aspectos de consumo energético.

O consumo energético devido ao chuveiro elétrico é responsável por 34% da energia gerada no horário de ponta para o sistema energético brasileiro, representando inclusive um elevado percentual nas tarifas de energia das residências brasileiras. (GEORGI, 2015)

Alguns trabalhos científicos apontam que o chuveiro elétrico é responsável por, em média, 23% do consumo de energia elétrica doméstica. (GEORGI, 2015)

Deste modo, visando reduzir este altíssimo consumo energético causado pelo aquecimento de água usando o chuveiro elétrico (e torneiras elétricas em alguns casos), pode-se instalar um sistema de aquecimento solar.

Através das informações sobre seu funcionamento básico pode-se afirmar que um projeto de aquecimento solar de água bem dimensionado é construído para substituir totalmente

o chuveiro elétrico, levando em consideração a quantidade de água aquecida diariamente para ser utilizada na instalação.

Resumindo as informações colhidas das pesquisas citadas, pode-se estimar que a substituição do uso de chuveiros elétricos por um sistema de aquecimento de água baseado em tecnologia solar, é capaz de reduzir em quase 100% o gasto gerado pelos chuveiros elétricos, e em até mais de 23% do valor da fatura total da residência, dependendo da quantidade de habitantes e de seus hábitos pessoais.

Tabela 4 - Economia prevista na fatura total com instalação de sistema termossolar

Economia prevista na fatura total – Instalação de sistema termossolar
23%

Fonte: O autor

Tabela 5 - Economia máxima prevista com aquecimento via resistências após instalação de sistema termossolar

Economia máxima prevista no uso do aparelho – Instalação de sistema termossolar
100%

Fonte: O autor

No entanto, para obter um cenário mais realista, levando em consideração que em dias nublados ou mais frios é possível que o usuário necessite utilizar o chuveiro (ou boiler aquecedor) para complementar o aquecimento da água, nas estimativas que serão realizadas no comparativo econômico-sustentável em um estudo de caso presente mais a frente neste trabalho, será estimada uma economia máxima de 80% com aquecimento via resistências, invés de 100%, devido a estes aspectos altamente variáveis de seu uso.

Além da evidente diminuição do consumo energético e do aumento na eficiência energética total da instalação com a adoção desta medida, pode-se afirmar também que o impacto ambiental é altamente reduzido quando se pensa em termos de geração de energia elétrica, pois quando diversas residências passam a não necessitar mais de ligar o chuveiro elétrico com tanta frequência nos horários de pico, menos usinas termoelétricas são necessárias para suprir a alta demanda energética que ocorre neste horário, diminuindo assim o impacto

ambiental causado por estas usinas, que poluem consideravelmente a atmosfera devido ao seu princípio de funcionamento baseado em energias não renováveis de combustíveis fósseis.

E por último, sabe-se que existem ainda placas coletoras com tecnologia a vácuo, que funcionam de maneira mais eficiente que as convencionais, aquecendo mais intensamente a água e contribuindo para que esta se mantenha aquecida por mais tempo. Este tipo de placa coletora é mais utilizada para atender a grandes sistemas, como hospitais e clubes, hotéis. No entanto, para o estudo e aplicação deste método de redução do consumo neste trabalho, bastará a utilização de um sistema de aquecimento solar de água com placas coletoras convencionais, visto que um sistema convencional já é o suficiente para atender bem à maioria das residências brasileiras. (SOLAR E SOL AQUECEDORES, 2019)

Figura 9 - Placas coletoras a vácuo



Fonte: (SOLAR E SOL AQUECEDORES, 2019)

Em suma, pode-se resumir no Quadro 2 o resultado obtido quanto aos parâmetros analisados neste método de aumento da eficiência energética via substituição de chuveiros elétricos por sistema termossolar de aquecimento da água:

Quadro 2 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via instalação de sistema de aquecimento solar

Parâmetros analisados – Método: Instalação de sistema de aquecimento solar da água	
Diminuição do consumo energético	OK
Aumento da eficiência energética	OK
Diminuição do impacto ambiental	OK

Fonte: O autor.

2.4 MELHORIA DA EFICIÊNCIA EM APARELHOS CONDICIONADORES DE AR

2.4.1 *Funcionamento de diferentes tecnologias de aparelhos condicionadores de ar*

Equipamentos condicionadores de ar, assim como chuveiros elétricos, são itens de altíssima potência elétrica, o que impacta bastante no valor da conta de energia elétrica. Assim, um outro método bastante eficaz para o aumento da eficiência energética de uma instalação, é a substituição de aparelhos condicionadores de ar comuns por aparelhos com tecnologia inverter que, como será visto nesta seção, consomem bem menos energia.

Esta seção visa fazer uma análise a respeito das melhorias que podem ser obtidas nas eficiências energética, econômica e ambiental promovidas pela substituição de ar condicionados de tecnologia comum por aparelhos inverter.

Para que seja possível chegar a uma estimativa aproximada da redução percentual do consumo esperada ao aplicar este método de melhoria da eficiência, será feita uma breve explicação teórica sobre o funcionamento dos aparelhos condicionadores de ar de tecnologia convencional e também do inverter, para que fiquem mais elucidados os motivos de cada uma dessas tecnologias possuir suas características próprias quanto à eficiência energética, consumo energético e impacto ambiental.

Condicionadores de ar comuns (ver Figura 10), funcionam ligando o seu compressor quando é necessário resfriar a temperatura até àquela programada, funcionando com sua potência máxima nominal, até que o ambiente seja resfriado e o compressor torne a ser desligado, voltando a monitorar a temperatura até que novamente seja necessário ligar o compressor. São características evidentes neste modelo: a temperatura oscila mais, ocorrem picos de energia constantemente, pois o circuito precisa ligar e desligar para manter a climatização, demora mais para atingir a temperatura desejada, seu o jato de ar é mais intenso, além de produzir elevado ruído na operação. (MARANGONI et al., 2015)

Figura 10 - Condicionador de ar comum



Fonte: (LOJAS AMERICANAS, 2019)

Já condicionadores de ar com o implemento da tecnologia inverter (ver Figura 11), trabalham controlando a todo momento a rotação do compressor, deste modo, é controlada a potência consumida em watts pelo compressor. São características evidentes deste modelo: a temperatura permanece praticamente constante, evitam-se os picos de energia pois o circuito permanece ligado sob controle automatizado, atinge-se a temperatura desejada mais rápido, seu jato de ar é mais suave e constante além de produzir baixo ruído na rotação. (MARANGONI et al., 2015)

Figura 11 - Condicionador de ar Inverter



Fonte: (LOJAS AMERICANAS, 2019)

2.4.2 Eficiência energética de diferentes tecnologias de aparelhos condicionadores de ar

Os condicionadores com a tecnologia inverter vêm sendo melhorados ao longo dos anos, onde inicialmente eram capazes de reduzir o consumo em até 30% em relação aos convencionais, subindo este percentual até os dias atuais, onde têm-se exemplos como a linha de condicionadores com tecnologia inverter, que segundo folha de dados de fabricantes como a LG, podem reduzir o consumo em até 70% quando comparado a condicionadores de ar convencionais. (MARANGONI et al., 2015), (LG, 2019).

Portanto, pode-se estimar que atualmente, ao substituir aparelhos condicionadores de ar comuns por aparelhos modernos com a tecnologia inverter, uma economia de até 70% no consumo deste item pode ser obtida.

Tabela 6 - Economia prevista ao substituir condicionador de ar comum por inverter

Economia prevista no uso do aparelho – Substituição de condicionador de ar comum por inverter
70%

Fonte: O autor.

Além disso, pode-se afirmar que estes equipamentos de tecnologia inverter diminuem consideravelmente o impacto ambiental causado não só pelo alto consumo energético reduzido mas também pelo fato destes aparelhos modernos utilizarem gases refrigeradores que poluem menos o ambiente, visto que a maioria dos aparelhos modernos substituíram os gases R-22 que antigamente eram usados e atacavam a camada de ozônio. (FRIGELAR, 2019), (ARCONDICIONADO.ORG, 2019), (PORTAL DA REFRIGERAÇÃO, 2019).

E por último, sabe-se que recentemente surgiram aparelhos condicionadores de ar com tecnologia Smart Inverter, que além de já serem aparelhos com a tecnologia inverter, podem ter seus diversos dados monitorados via internet e serem controlados pelo usuário por dispositivos móveis. No entanto, como este estudo está focado no percentual de economia presumida, e como este aparelho reduz a mesma porcentagem no consumo que um inverter comum (70%), pode-se concluir aqui que sendo feita a substituição de um aparelho condicionador comum por um aparelho condicionador Inverter qualquer (smart ou não) já é o suficiente para se atingir o

percentual de economia desejado com a aplicação deste método de melhoria da eficiência energética. (LG, 2019).

Figura 12 - Condicionador de ar Smart Inverter



Fonte: (LG, 2019)

Em suma, pode-se resumir no Quadro 3 o resultado obtido quanto aos parâmetros analisados neste método de aumento da eficiência energética via substituição de aparelhos condicionadores de ar comuns por aparelhos com a tecnologia inverter:

Quadro 3 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via substituição de aparelhos condicionadores de ar

Parâmetros analisados – Método: Substituição de aparelhos condicionadores de ar	
Diminuição do consumo energético	OK
Aumento da eficiência energética	OK
Diminuição do impacto ambiental	OK

Fonte: O autor.

2.5 MELHORIA DA EFICIÊNCIA EM APARELHOS DE USO ESPECÍFICO

2.5.1 Funcionamento de aparelhos de uso específico eficientes e ineficientes

Os equipamentos de uso específico utilizados em instalações elétricas de baixa tensão, costumam ser os maiores vilões do consumo. Além do chuveiro elétrico e do aparelho

condicionador de ar que são tratados de maneira especial nesta seção, têm-se outros diversos equipamentos que consomem enorme quantidade de energia elétrica, como o forno elétrico, o micro-ondas, o freezer, a geladeira, a máquina de lavar, além de outros equipamentos menos usuais. Muitas vezes a potência nominal destes aparelhos ultrapassa os 1000W de potência, logo, é necessário que haja um estudo sobre como amenizar o impacto destes equipamentos no consumo energético.

Deste modo, um outro método bastante eficaz para o aumento da eficiência energética de uma instalação, é a substituição de aparelhos de uso específico como fornos e refrigeradores por itens de maior eficiência energética. Logo, esta seção visa fazer uma análise a respeito das melhorias que podem ser obtidas nas eficiências energética, econômica e ambiental promovidas pela substituição destes aparelhos.

Para que seja possível chegar a uma estimativa aproximada da redução percentual do consumo esperada ao aplicar este método de melhoria da eficiência, será feita uma breve explicação teórica sobre os parâmetros de eficiência energética que são avaliados por selos de qualidade, que visam facilitar para o consumidor a escolha de um aparelho mais econômico e eficiente.

Figura 13 - Forno elétrico



Fonte: (OSTER, 2019)

Em muitos casos, estes equipamentos podem ser trocados por outros similares, que cumprem a mesma função, mas possuem uma maior eficiência energética. Para este propósito, o consumidor deve observar se o equipamento elétrico que deseja comprar ostenta o Selo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) de Economia de Energia.

Figura 14 - Selo PROCEL de economia de energia



Fonte: (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2018)

Criado em 1993, o Selo PROCEL é concedido aos aparelhos elétricos comercializados no Brasil que possuem maior eficiência energética no consumo de energia elétrica e que causam um impacto ambiental menor ao planeta. (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2018).

As etiquetas do Selo PROCEL mostram a classificação do aparelho quanto à sua eficiência energética, onde os aparelhos são classificados de A à E (do mais para o menos eficiente). (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA, 2018).

Figura 15 - Classificações quanto ao selo PROCEL de economia de energia



Fonte: (COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO DE MOGI MIRIM, 2019)

Assim, ao trocar aparelhos de baixa eficiência energética por outros de eficiência elevada, o consumidor está contribuindo não só para a melhoria da eficiência energética da sua instalação, como também reduzindo o seu consumo médio mensal e contribuindo também para

um menor impacto ambiental ao investir em equipamentos que demandam menos da rede de energia elétrica a cada vez que são ligados.

2.5.2 Eficiência energética de diferentes aparelhos de uso específico

Este método de aumento da eficiência energética de equipamentos de uso específico varia muito para cada tipo de aparelho que esteja sendo trocado, logo, diferentemente dos outros tópicos mencionados neste capítulo, o percentual estimado para a redução do consumo com a aplicação deste método irá variar de acordo com cada equipamento que esteja sendo avaliado.

Tabela 7 - Substituição de aparelhos de uso específico por item mais eficiente

Economia prevista no uso do aparelho – Substituição de aparelhos de uso específico por item mais eficiente
Variável

Fonte: O autor.

Além disso, pode-se novamente afirmar que esta substituição também tem o potencial de diminuir o impacto ambiental causado por estes aparelhos, pois reduzindo o consumo energético das residências, a energia demandada das usinas de energia é menor, logo, reduz-se os impactos causados pela geração de energia no país como um todo, além de o consumidor estar incentivando as empresas a projetarem equipamentos elétricos cada vez mais eficientes para o mercado.

Em suma, pode-se resumir no Quadro 4 abaixo o resultado obtido quanto aos parâmetros analisados neste método de aumento da eficiência energética via substituição de aparelhos de uso específico menos eficientes por itens mais eficientes:

Quadro 4 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via substituição de aparelhos de uso específico

Parâmetros analisados – Método: Substituição de aparelhos de uso específico	
Diminuição do consumo energético	OK
Aumento da eficiência energética	OK
Diminuição do impacto ambiental	OK

Fonte: O autor.

2.6 MELHORIA DA EFICIÊNCIA COM SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

2.6.1 Funcionamento de sistemas de automação residencial

Entrando um pouco no conceito de IOT (*Internet of Things*), é notável que atualmente sistemas de automação residencial já são realidade e estão presentes em diversas residências Brasil afora.

Estes sistemas, ao controlarem diversos parâmetros de uso dos equipamentos elétricos da instalação de maneira automatizada, são capazes não só de proporcionar maior conforto aos usuários, mas também de reduzir significativamente o consumo energético total da instalação.

Deste modo, este método de instalação de sistemas de automação residencial também é um ótimo método para aumento da eficiência energética total da instalação. Logo, esta seção visa fazer uma análise a respeito das melhorias que podem ser obtidas nas eficiências energética, econômica e ambiental promovidas pela instalação de diferentes sistemas de automação residencial disponíveis no mercado.

Para que seja possível chegar a uma estimativa aproximada da redução percentual do consumo esperada ao aplicar este método de melhoria da eficiência, será feita uma breve explicação teórica sobre o funcionamento de diferentes tecnologias de automação disponíveis no mercado.

Existem no mercado, sistemas de controle automatizado da iluminação, onde diversos dispositivos como sensores de presença, temporizadores e dimers controlam os parâmetros de iluminação.

Sensores de presença de uso interno são dispositivos que funcionam a partir da detecção de movimento de pessoas, animais de médio e grande porte e de certos objetos através de um sensor infravermelho capaz de reconhecer fontes de calor. Podem possuir ainda, a função fotocélula que permite acender certas luminárias durante o dia ou apenas à noite, de acordo com a luminosidade natural incidente em cada momento do dia. Ou seja, este equipamento contribui muito para diminuir o consumo de energia elétrica, pois caso não haja pessoas utilizando o ambiente no momento, ou caso o ambiente já esteja bem iluminado pela luz natural, as lâmpadas simplesmente são desligadas. (INTELBRAS, 2019).

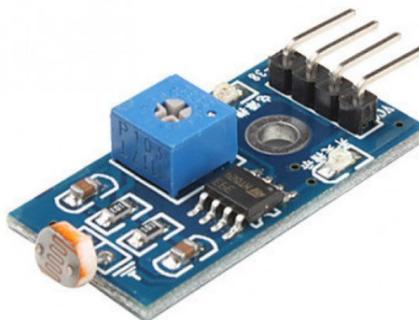
Figura 16 - Sensor de presença



Fonte: (VIEWTECH, 2019)

Sensores de luminosidade, como foi dito anteriormente, podem atuar sozinhos ou agregados a sensores de presença, desligando as lâmpadas quando a luminosidade natural já é suficiente para iluminar adequadamente o local. (INTELBRAS, 2019).

Figura 17 - Sensor de luminosidade



Fonte: (BAÚ DA ELETRÔNICA, 2019)

Temporizadores são itens de comandos elétricos que são programados para desligar equipamentos elétricos de acordo com o tempo programado. Podem ser utilizados junto a

sistemas de iluminação ou também em outras cargas como ventiladores, televisores, dentre outros equipamentos de alto consumo energético. (G-LIGHT, 2019).

Figura 18 - Temporizador



Fonte: (INTELBRAS, 2019)

Os dimmers são equipamentos que controlam a potência que é enviada às lâmpadas, deste modo controlam o seu consumo energético e seu grau de luminosidade, de acordo com a necessidade do usuário em cada momento do dia. A tecnologia de lâmpada mais bem preparada para se inserir um sistema de dimerização eficiente, é a tecnologia de iluminação LED. (NEOCONTROL, 2019).

Algumas empresas especialistas no ramo de dimerização de lâmpadas prometem que adotando o seu sistema de iluminação inteligente com lâmpadas LED, é possível uma redução no consumo de até 60% ao substituir uma iluminação fluorescente convencional pelo seu sistema. Ou seja, ao comparar um sistema de iluminação convencional fluorescente a um moderno sistema de iluminação Smart LED, a economia obtida com iluminação é bastante elevada. (DELTA CABLE, 2017).

Veja na Figura 20 uma estimativa presente no website da empresa Neocontrol Automação. Note que quando as lâmpadas trabalham com menos de 100% de sua potência nominal devido à dimerização, sua vida útil estimada é aumentada. (NEOCONTROL, 2019).

Figura 19 - Dimmer



Fonte: (LOJAS TAMOYO, 2019)

Figura 20 - Estimativa de economia com dimerização

DIMERIZAÇÃO DA LÂMPADA (%)	10%	25%	50%	75%
ECONOMIA DE ENERGIA (%)	10%	20%	40%	60%
AUMENTO NO TEMPO DE VIDA DA LÂMPADA	2 x MAIS	4 x MAIS	20 x MAIS	20 x OU MAIS

Fonte: (NEOCONTROL, 2019)

Pode-se instalar ainda, um sistema de iluminação Smart LED completo em uma instalação elétrica, unindo os diversos sistemas citados acima, como dimmers, temporizadores e sensores de luminosidade, obtendo assim uma redução no consumo bastante considerável. Algumas empresas especialistas do ramo de automação residencial afirmam que em cenários mais otimistas, integrando dimerização com um bom sistema de climatização, pode-se obter uma redução percentual de até 35% de economia no consumo da iluminação. (NEOCONTROL, 2019).

Figura 21 - Sistema de controle da iluminação Smart Led



Fonte: (SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, 2019)

E por fim, pode-se adotar também um sistema de automação residencial completo, onde diversos equipamentos são controlados e monitorados, como cortinas elétricas, aparelhos condicionadores de ar, dentre outros. Em algumas matérias sobre este tema, especialistas afirmam que um sistema completo de automação residencial deve reduzir de no mínimo 10% a 35% do consumo de energia total da instalação. (DIVULGADOR DE NOTÍCIAS TERRA, 2019)

Figura 22 - Sistema de automação residencial completo



Fonte: (THING OF HOUSE, 2019)

2.6.2 Eficiência energética de diferentes sistemas de automação residencial

Em suma, ao final desta seção sobre melhoria da eficiência com automação residencial, pode-se concluir que ao substituir um sistema de iluminação LED por um sistema de iluminação LED inteligente, é previsto uma economia de até 35% com iluminação. Caso o sistema antigo fosse fluorescente, este percentual sobe para 60% com iluminação. Caso seja realizada uma automação completa da instalação, é estimado uma economia de 10% a 35% no valor total da fatura da residência.

Tabela 8 - Substituição de sistema de iluminação LED comum por Smart LED

Economia prevista no uso do aparelho – Substituição de sistema de iluminação LED por Smart LED
35%

Fonte: O autor.

Tabela 9 - Substituição de sistema de iluminação fluorescente por sistema Smart LED

Economia prevista no uso do aparelho – Substituição de sistema de iluminação fluorescente por sistema Smart LED
60%

Fonte: O autor.

Tabela 10 - Inserção de sistema de automação residencial completo

Economia prevista na fatura total mensal – Inserção de sistema de automação residencial completo
10% a 35%

Fonte: O autor.

Além disso, pode-se afirmar que ao reduzir consideravelmente o consumo energético dos diversos aparelhos elétricos de uma residência ao adotar estas medidas, estão novamente sendo reduzidos os impactos ambientais causados por esta instalação elétrica, uma vez que além de demandarem menos energia das usinas, os aparelhos elétricos têm sua vida útil aumentada, principalmente no caso de lâmpadas com dimerização, diminuindo a frequência de descarte destes itens no ambiente.

Em suma, pode-se resumir no Quadro 5 abaixo o resultado obtido quanto aos parâmetros analisados neste método de aumento da eficiência energética via instalação de sistemas de automação residencial:

Quadro 5 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via instalação de sistemas de automação residencial

Parâmetros analisados – Método: Instalação de sistemas de automação residencial	
Diminuição do consumo energético	OK
Aumento da eficiência energética	OK
Diminuição do impacto ambiental	OK

Fonte: O autor

2.7 MELHORIA DA EFICIÊNCIA COM SISTEMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (ENERGIA FOTOVOLTAICA)

2.7.1 *Funcionamento de sistema de geração fotovoltaica*

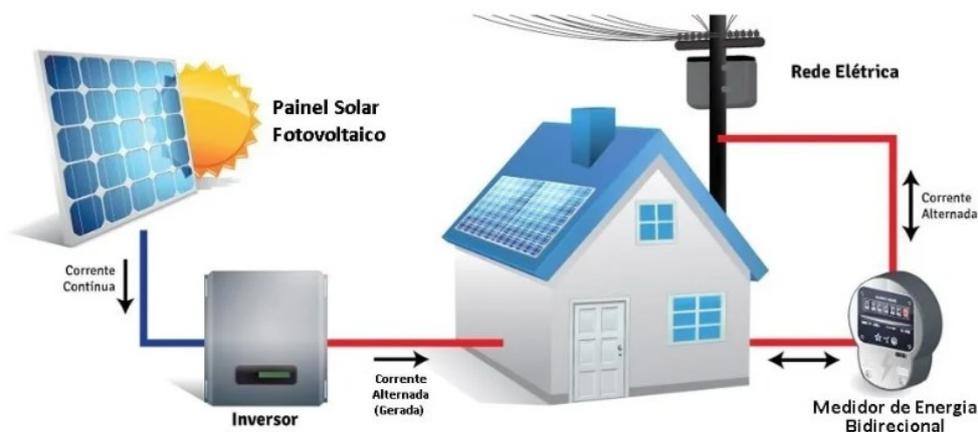
Sistemas de geração fotovoltaica vêm sendo cada vez mais utilizados como sistema de geração de energia limpa e renovável em instalações elétricas residenciais.

Devido à sua capacidade de reduzir um enorme percentual da energia elétrica consumida, unido às suas características de ser uma fonte de energia limpa e renovável, este método de instalação de sistemas de geração fotovoltaica também é um ótimo meio para promover o aumento da eficiência energética total da instalação. Assim, esta seção visa fazer uma análise a respeito das melhorias que podem ser obtidas nas eficiências energética, econômica e ambiental promovidas pela instalação de sistemas de geração fotovoltaica.

Para que seja possível analisar como este sistema é capaz de melhorar a eficiência energética da instalação, bem como diminuir seu consumo de energia elétrica, é necessário fazer um breve resumo de seu funcionamento.

Explicando através da Figura 23 abaixo, os painéis solares coletam luz do sol, permitindo às células fotovoltaicas converter a luz em eletricidade, em seguida, os inversores convertem a energia elétrica contínua em alternada para que esta possa ser utilizada na rede elétrica, assim a energia elétrica é enviada para a residência para seu consumo. (MITRATECH, 2019)

Figura 23 - Sistema de geração fotovoltaica



Fonte: (MITRATECH, 2019)

2.7.2 Eficiência energética com uso de energia fotovoltaica

Segundo entidades especializadas em sistemas de energia solar, como o Portal Solar (PORTAL SOLAR, 2019), ao implementar um sistema de geração fotovoltaica, consumidores conseguem abater até 95% do valor de sua fatura de energia elétrica.

Isto ocorre porque ao instalar este sistema, caso o projeto seja dimensionado para abater o custo total da fatura média mensal, o sistema é construído de modo a gerar toda a energia que seria consumida, assim o consumidor passa a pagar apenas a tarifa mínima da concessionária, para estabelecer ligação com a rede de distribuição. (DUSOL ENGENHARIA SUSTENTÁVEL, 2019).

Deste modo, pode-se afirmar que este sistema além de produzir energia limpa, diminuindo o impacto ambiental, diminui drasticamente o valor da fatura média mensal total da instalação, além de melhorar muito na eficiência energética total da instalação, que passa a ter seu próprio gerador de energia elétrica.

No entanto, analisando seu alto valor de investimento, este retorno do investimento pode demorar alguns anos para ser compensado, embora seja extremamente viável a longo prazo por reduzir o valor da tarifa à quase sua totalidade em certos casos. (PORTAL SOLAR, 2019).

Figura 24 - Preço médio de instalação de sistema fotovoltaico residencial

Potência do Gerador	Preço Médio da Instalação
Gerador Solar de 1,32kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$3.500,00
Gerador Solar de 1,98kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$4.500,00
Gerador Solar de 2,68kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$5.100,00
Gerador Solar de 3,30kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$6.900,00
Gerador Solar de 3,96kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$7.100,00
Gerador Solar de 4,62kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$7.500,00
Gerador Solar de 5,28kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$8.800,00
Gerador Solar de 7,30kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$10.200,00
Gerador Solar de 9,24kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$12.500,00
Gerador Solar de 10,56kWp	Preço médio do serviço de Instalação: R\$15.000,00

Fonte: (PORTAL SOLAR, 2019)

Por fim, pode-se concluir que este método de inserção de geração fotovoltaica pode reduzir em até 95% o valor do consumo de energia elétrica, dependendo do tamanho da instalação elétrica, embora seja este o método de redução do consumo mais caro dentre todos especificados nesta seção.

Tabela 11 - Economia prevista - Inserção de sistema de geração fotovoltaica

Economia prevista na fatura total mensal – Economia prevista - Inserção de sistema de geração fotovoltaica
Até 95%

Fonte: O autor.

Em suma, pode-se resumir no Quadro 6 abaixo o resultado obtido quanto aos parâmetros analisados neste método de aumento da eficiência energética via instalação de um sistema de geração fotovoltaica:

Quadro 6 - Resumo dos resultados obtidos para o método de melhoria da eficiência via instalação de sistema de geração fotovoltaica

Parâmetros analisados – Método: Instalação de sistema de geração fotovoltaica	
Diminuição do consumo energético	OK
Aumento da eficiência energética	OK
Diminuição do impacto ambiental	OK

Fonte: O autor

3 PROJETO DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO

3.1 OBJETIVO DO CAPÍTULO

Este capítulo visa realizar o projeto elétrico da instalação escolhida para este estudo de caso. Este projeto será realizado estimando-se a utilização de equipamentos elétricos comuns, sem preocupar-se demasiadamente se estes equipamentos possuem valores ótimos de eficiência energética ou não, para que posteriormente, nos próximos capítulos, possam ser realizadas as devidas modificações no projeto, visando obter um comparativo econômico-sustentável entre esta versão e as demais que serão apresentadas neste trabalho em diferentes cenários.

3.2 DEFINIÇÃO DA PLANTA BAIXA

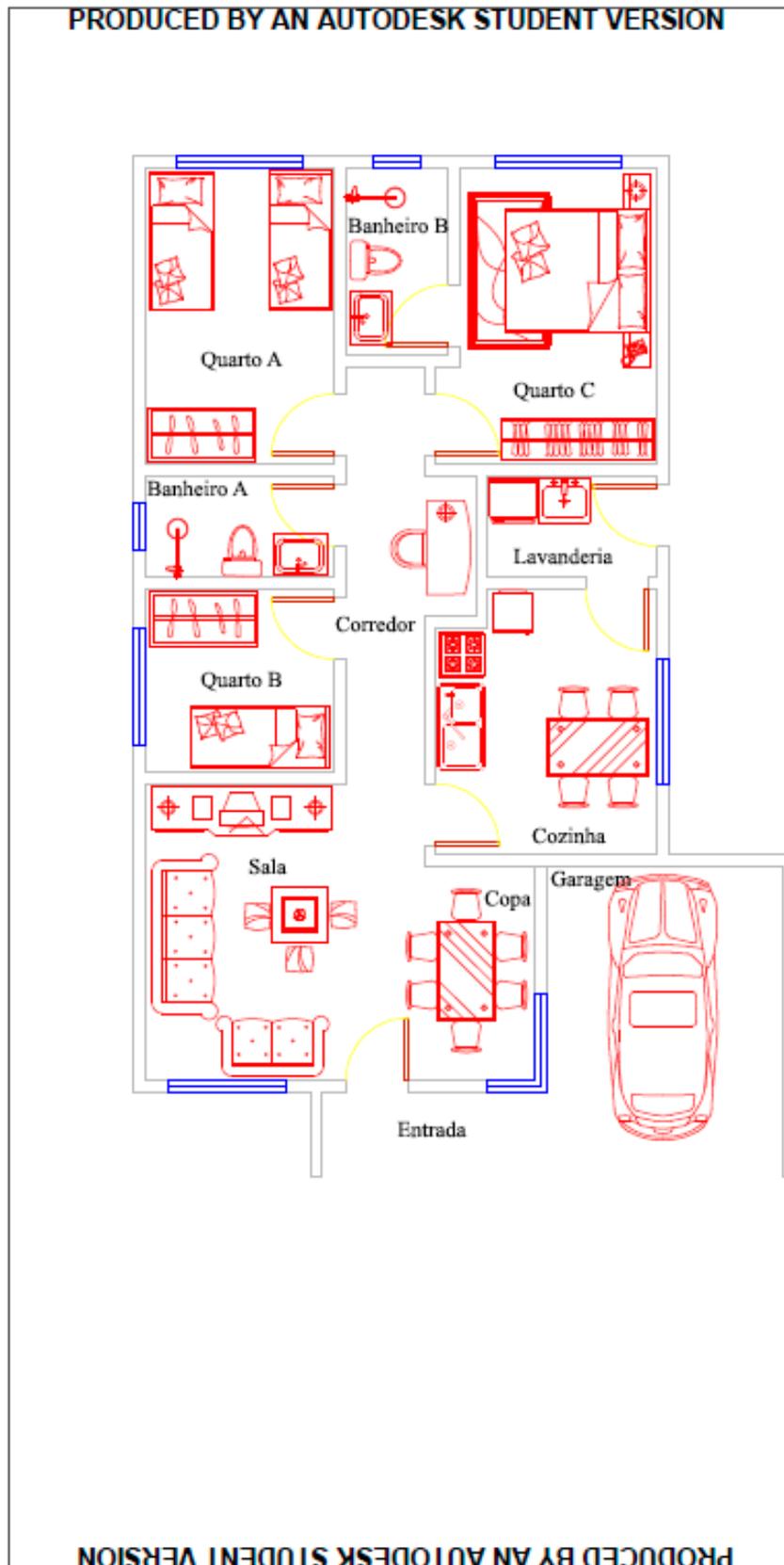
Para começar o projeto elétrico em si, é necessário antes definir a planta baixa arquitetônica a ser utilizada para tal propósito.

Deste modo, definiu-se utilizar uma planta baixa de uma residência unifamiliar que fosse capaz de representar grande parte das residências brasileiras. Logo, optou-se por fazer o projeto em um terreno de aproximadamente 200m², onde a residência possui os seguintes cômodos a serem dimensionados: três quartos, dois banheiros, cozinha, lavanderia, corredor, sala, copa, entrada e garagem. Deste modo, tem-se uma instalação de proporções razoáveis para dimensionar um projeto elétrico mais realista.

Após uma pesquisa sobre projetos arquitetônicos, foi ilustrado em um software de projetos (AutoCAD Student Version) uma planta baixa que pudesse ser utilizada, influenciada por modelos encontrados em um website de projetos arquitetônicos. (PLANTAS DE CASAS, 2019).

Assim, segue abaixo uma imagem da planta baixa que foi desenhada pelo autor deste trabalho, com base nas referências arquitetônicas utilizadas:

Figura 25 - Planta baixa ilustrada para este estudo de caso



Fonte: O autor

3.3 PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL

Como o enfoque deste trabalho situa-se nas análises de eficiência energética, será disposto aqui um resumo com os resultados finais do memorial de cálculo do projeto elétrico, que pode ser visto detalhadamente e passo a passo no Apêndice 1 deste trabalho.

Segue abaixo um quadro com os resultados do projeto luminotécnico, onde estão dispostas as lâmpadas e luminárias resultantes, bem como a quantidade necessária de cada uma a ser instalada nas dependências em questão:

Quadro 7 - Resultados do projeto luminotécnico

Resultados do projeto luminotécnico		
Dependência	Lâmpada	Luminária
Quarto A	1x Tascibra – E27 – 32W – 1920lm - Fluorescente	1x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Quarto B	1x Tascibra – E27 – 25W – 1475lm - Fluorescente	1x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Quarto C	1x Tascibra – E27 – 32W – 1920lm - Fluorescente	1x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Banheiro A	1x Tascibra – E27 – 15W – 870lm - Fluorescente	1x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Banheiro B	1x Tascibra – E27 – 15W – 870lm - Fluorescente	1x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Corredor	2x Tascibra – E27 – 15W – 870lm - Fluorescente	2x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lavanderia	1x Tascibra – E27 – 15W – 870lm - Fluorescente	1x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora

Resultados do projeto luminotécnico		
Dependência	Lâmpada	Luminária
Cozinha	4x T8 – 18W – 970lm - Fluorescente	2x B4 – Lumine – Luminária de sobrepor p/ 2 lâmpadas tubulares
Sala	4x T8 – 18W – 970lm - Fluorescente	2x B4 – Lumine – Luminária de sobrepor p/ 2 lâmpadas tubulares
Copa	1x E27 – 15W – 870lm - Fluorescente	1x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Entrada	1x E27 – 15W – 870lm - Fluorescente	1x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Garagem	1x E27 – 25W – 1475lm - Fluorescente	1x A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora

Fonte: O autor

No quadro abaixo, estão dispostos os resultados da previsão de carga do circuito, onde foi determinada a quantidade estimada de pontos de iluminação, tomadas de uso geral (TUGs) e tomadas de uso específico (TUEs).

Quadro 8 - Resultados da previsão de carga

Resultados da previsão de carga			
Dependência	Potências para iluminação (VA)	Potências para TUGs (VA)	Potências para TUEs (VA)
Quarto A	1x 100	3x 100	0
Quarto B	1x 100	2x 100	0
Quarto C	1x 100	3x 100	1x 1000

Resultados da previsão de carga			
Dependência	Potências para iluminação (VA)	Potências para TUGs (VA)	Potências para TUEs (VA)
Banheiro A	1x 100	1x 600	1x 7500
Banheiro B	1x 100	1x 600	1x 7500
Corredor	1x 100	3x 100	0
Lavanderia	1x 100	2x 600	1000
Cozinha	1x 100	3x 600 + 2x 100	1x2000 + 1x1500 + 1x1000
Sala	1x 100	3x 100	0
Copa	1x 100	2x 100	0
Entrada	1x 100	1x 100	0
Garagem	1x 100	1x 100	0
Total	1200	6200	21500

Fonte: O autor

Pode-se por fim dispor o resultado obtido para a demanda total da instalação:

Quadro 9 - Resultado da demanda da instalação

Resultado da demanda
Demanda da instalação (KVA)
24,976

Fonte: O autor

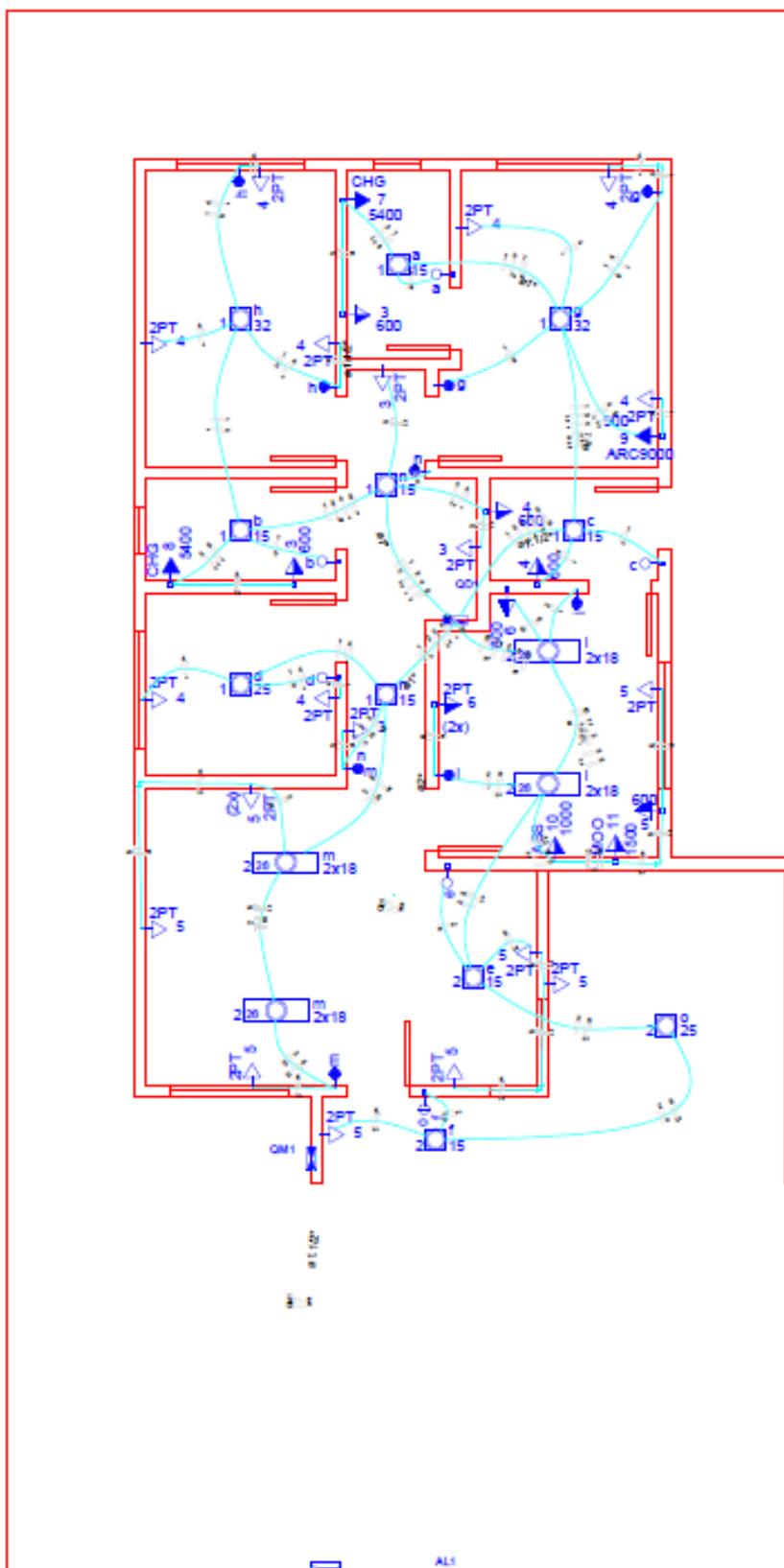
Outros dados que poderiam ser dispostos aqui, são os cálculos de dimensionamento de cada condutor e eletroduto utilizado no projeto. No entanto, estas informações não agregam ao objetivo principal deste trabalho, que é focado nas análises de eficiência energética, redução do consumo médio mensal e amenização do impacto ambiental da instalação elétrica. Logo, estes dados não serão detalhados aqui neste trabalho.

Assim, pode-se seguir para o resultado final que fora obtido pelo autor no software AltoQI Lumine, disponível na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) para estudo e pesquisas dos discentes.

Demais imagens e tabelas de dimensionamento geradas neste projeto com o software também podem ser visualizadas no Apêndice 1.

Segue abaixo uma ilustração do projeto elétrico de baixa tensão finalizado, sobre a mesma figura da planta baixa ilustrada anteriormente:

Figura 26 - Vista do projeto elétrico finalizado no software AltoQI Lumine



Fonte: O autor

4 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROJETO REALIZADO

4.1 OBJETIVO DO CAPÍTULO

Este capítulo objetiva realizar uma análise de eficiência energética em cima da instalação elétrica residencial projetada no capítulo 3 deste trabalho.

Serão estudadas maneiras de aplicar cada um dos métodos de melhorias em eficiência que foram detalhados no capítulo 2 deste trabalho, resultando em uma previsão aproximada de redução percentual do consumo de energia que poderá ser reduzido com a aplicação de cada um destes métodos estudados.

4.2 APLICANDO A SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS

No memorial de cálculo da instalação, foi verificado o uso de lâmpadas fluorescentes em todo o projeto da instalação. Como fora estimado no capítulo 2 deste trabalho, ao substituir uma lâmpada fluorescente por uma lâmpada LED equivalente, é prevista uma economia no consumo de 40%.

Para que seja possível substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED, estas devem possuir valores de fluxo luminoso equivalentes (muito próximos). Deste modo, pode-se fazer as seguintes substituições sem que seja necessário modificar o projeto luminotécnico e a disposição de luminárias:

Quadro 10 - Substituição das lâmpadas fluorescentes por LEDs

	Projeto Convencional	Projeto Eficiente
Dependência	Lâmpada	Lâmpada
Quarto A	Taschibra Fluor. Comp. 32W 1920lm	Taschibra High LED 20W 1800lm
Quarto B	Taschibra Fluor. Comp. 25W 1475lm	Taschibra LED 14W 1311lm
Quarto C	Taschibra Fluor. Comp. 32W 1920lm	Taschibra High LED 20W 1800lm
Banheiro A	Taschibra Fluor. Comp. 15W 870lm	Taschibra LED 9W 803lm
Banheiro B	Taschibra Fluor. Comp. 15W 870lm	Taschibra LED 9W 803lm
Corredor	Taschibra Fluor. Comp. 15W 870lm	Taschibra LED 9W 803lm
Lavanderia	Taschibra Fluor. Comp. 15W 870lm	Taschibra LED 9W 803lm
Cozinha	Taschibra Fluor. Tub. 18W 970lm	Elgin LED Tub. 10W 900lm
Sala	Taschibra Fluor. Tub. 18W 970lm	Elgin LED Tub. 10W 900lm
Copa	Taschibra Fluor. Comp. 15W 870lm	Taschibra LED 9W 803lm
Garagem	Taschibra Fluor. Comp. 25W 1475lm	Taschibra LED 14W 1311lm
Entrada	Taschibra Fluor. Comp. 15W 870lm	Taschibra LED 9W 803lm

Fonte: O autor

Portanto, no próximo capítulo, onde será realizado o cálculo da economia obtida com a aplicação de cada método, espera-se uma redução no consumo com iluminação na taxa de aproximadamente 40%, ao realizar-se esta substituição acima.

4.3 APICANDO A INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

No memorial de cálculo da instalação, foi verificado o uso de chuveiros de 7500W nos dois banheiros. Como fora estimado no capítulo 2 deste trabalho, ao instalar um sistema de aquecimento solar da água, é estimado uma economia de quase 100% do gasto do chuveiros, porém, como havia sido comentado, neste trabalho será adotado uma margem de segurança de 20%, pois é sabido que em dias nublados ou frios pode ser necessário o uso do chuveiro elétrico para complementar o aquecimento da água, mesmo que seja na posição de menor potência elétrica (verão).

Deste modo, efetua-se a substituição do sistema de aquecimento da água, que anteriormente era composta por dois chuveiros de 7500W, pelo sistema de aquecimento solar, acrescido de 20% do uso anteriormente mensurado para o aquecimento via chuveiros elétricos:

Quadro 11 - Instalação de sistema de aquecimento termossolar

	Projeto Convencional	Projeto Eficiente
Dependência	Aquecimento	Aquecimento
Banheiro A	Chuveiro 7500W Lorenzetti	Sistema de aquecimento solar + 20% do uso anterior do chuveiro
Banheiro B	Chuveiro 7500W Lorenzetti	Sistema de aquecimento solar + 20% do uso anterior do chuveiro

Fonte: O autor

Portanto, no próximo capítulo, onde será realizado o cálculo da economia obtida com a aplicação de cada método, espera-se uma redução no consumo com aquecimento de água na taxa de aproximadamente 80%, ao realizar-se esta substituição acima.

4.4 APLICANDO A SUBSTITUIÇÃO DO APARELHO CONDICIONADOR DE AR

No memorial de cálculo da instalação, foi verificado o uso de um aparelho condicionador de ar comum de 9000BTU – 850W (folha de dados do fabricante). Como fora estimado no capítulo 2 deste trabalho, ao substituir-se um aparelho condicionador de ar de tecnologia comum por um com a tecnologia Inverter, era estimado uma economia de até 70% no consumo.

Deste modo, efetua-se a substituição do aparelho condicionador de ar de tecnologia comum pelo aparelho com tecnologia Inverter:

Quadro 12 - Substituição de aparelho condicionador de ar comum por inverter

	Projeto Convencional	Projeto Convencional
Dependência	Condicionadores de ar	Condicionadores de ar
Quarto C	Condicionador de ar Philco 9000BTU 850W	Condicionador de Ar Dual Inverter LG 9000BTU

Fonte: O autor

Portanto, no próximo capítulo, onde será realizado o cálculo da economia obtida com a aplicação de cada método, espera-se uma redução no consumo com o condicionamento de ar na taxa de aproximadamente 70%, ao realizar-se esta substituição acima.

4.5 APLICANDO A INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Segundo as pesquisas realizadas no capítulo 2 deste trabalho, especialistas afirmam que um sistema completo de automação residencial deve reduzir de no mínimo 10% a 35% do consumo de energia total da instalação.

Deste modo, efetua-se a instalação do sistema de automação residencial completo na instalação:

Quadro 13 - Instalação de sistema de automação residencial

	Projeto Convencional	Projeto Eficiente
Dependência	Sistema de automação	Sistema de automação
Residência inteira	Nenhum	Sistema de automação residencial completo

Fonte: O autor

Portanto, no próximo capítulo, onde será realizado o cálculo da economia obtida com aplicação de cada método, espera-se uma redução no consumo total da instalação de no mínimo 10%. Para efeitos de cálculo, este valor de 10% será a previsão de economia adotada, uma vez que levando em conta a grande diversidade de instalações elétricas existentes, é mais seguro para esta análise utilizar este valor mínimo de economia previsto por especialistas do ramo, para não sobrestimar uma redução do consumo muito maior que a real.

4.6 SOBRE A SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS DE USO ESPECÍFICO

Apesar de este método de redução do consumo energético ter sido estudado no segundo capítulo deste trabalho, no projeto em questão ele não será aplicado, pois em pesquisas realizadas, não foram encontrados equipamentos elétricos que mostrassem sua classificação segundo o PROCEL quando estes não recebiam o selo A de economia de energia.

Apesar disso, é fato que a substituição de fornos elétricos, micro-ondas, geladeiras e outros equipamentos de uso específico por equipamentos mais eficientes é sempre muito bem-vinda e em casos onde sabe-se que a classificação do aparelho presente na residência não é a mais econômica, cabe-se a aplicação deste método, com ótimas perspectivas de economia no consumo, como já explicado no capítulo 2 deste trabalho.

4.7 SOBRE A INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Novamente, apesar de este método de redução do consumo energético ter sido estudado no segundo capítulo deste trabalho, no projeto em questão ele também não será aplicado, pois devido ao alto investimento necessário, a probabilidade de atualmente uma residência unifamiliar comum brasileira já iniciar um projeto elétrico residencial adotando esta medida ainda representa um minúsculo percentual da população.

Apesar disso, como explicado no segundo capítulo deste trabalho, dependendo do consumo energético da residência, pode vir a ser mais atrativo para os moradores de uma residência unifamiliar adotar este sistema, onde a economia com o consumo energético pode alcançar mais de 90%.

5 CONSUMO ENERGÉTICO MÉDIO MENSAL EM DIFERENTES CENÁRIOS

5.1 OBJETIVO DO CAPÍTULO

Este capítulo visa calcular uma estimativa de consumo energético médio mensal da instalação, bem como o valor estimado da fatura em diferentes cenários, aplicando os métodos de melhoria da eficiência energética como estipulados no capítulo anterior.

Nesta etapa, para viabilizar estas simulações, uma vez que estes dados podem variar mensalmente e regionalmente pelo Brasil, os dados da tarifa cobrada foram selecionados do documento “Tarifas CEMIG 2019” utilizado atualmente na disciplina de Distribuição de Energia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, usando valores médios das tarifas para estudos de caso na disciplina. (MACEDO JUNIOR, 2019)

5.2 CENÁRIO A – CONSUMO MÉDIO MENSAL – PROJETO CONVENCIONAL

Tomando por base os equipamentos que foram utilizados para calcular o projeto elétrico da instalação proposta, pode-se realizar os cálculos do consumo médio mensal desta instalação. Alguns equipamentos elétricos foram acrescentados nesta simulação, a fim de proporcionar um cenário mais realista a este estudo de caso.

A seguir é dada a tabela dos equipamentos elétricos utilizados na instalação, além de seus dados de potência elétrica, tempo médio de uso diário, e por fim uma coluna onde é realizado o cálculo do consumo médio mensal em kWh de cada equipamento individualmente:

Figura 27 - Dados da instalação - Cenário A

DADOS DA INSTALAÇÃO			
	EQUIPAMENTO	POTÊNCIA APROX. (W)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (kWh)
TUES	1x Ar condicionado 9000BTU - 850W - Philco	850	153
	2x Chuveiro Lorenzetti - 7500W	7500	225
	1x Geladeira duplex - 573l - 216W - Brastemp	216	51,84
	1x Forno Microondas - 42l - 1200 W - Neochef	1200	18
	1x Forno Elétrico - 48l - 1800W - Mondial	1800	27
	1x Máquina de Lavar 500W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	500	7,5
TUGs	1x TV LED 95W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	95	11,4
	1x Computador 100W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	100	24
	2x Notebook 30W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	60	14,4
	1x Cafeteira 600W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	600	5,4
	Média outros - cozinha (Liquidificador, processador...)	600	9
	Média outros - casa (Caixas de som, ventilador...)	300	72
Iluminação	1x Táschibra Fluor. Comp. 32W 1920lm (Quarto A)	32	3,84
	1x Táschibra Fluor. Comp. 25W 1475lm (Quarto B)	25	3
	1x Táschibra Fluor. Comp. 32W 1920lm (Quarto C)	32	3,84
	1x Táschibra Fluor. Comp. 15W 870lm (Banheiro A)	15	0,45
	1x Táschibra Fluor. Comp. 15W 870lm (Banheiro B)	15	0,45
	2x Táschibra Fluor. Comp. 15W 870lm (Corredor)	30	4,5
	1x Táschibra Fluor. Comp. 15W 870lm (Lavanderia)	15	0,9
	4x Táschibra Fluor. Tubul. 18W 970lm (Cozinha)	72	12,96
	4x Táschibra Fluor. Tubul. 18W 970lm (Sala)	72	12,96
	1x Táschibra Fluor. Comp. 15W 870lm (Copa)	15	0,9
	1x Táschibra Fluor. Comp. 25W 1475lm (Garagem)	25	0,375
	1x Táschibra Fluor. Comp. 15W 870lm (Entrada)	15	0,225

Fonte: O autor

O cálculo do consumo médio mensal de cada aparelho foi realizado aplicando-se as fórmulas abaixo para cada equipamento presente na tabela abaixo. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2001).

$$\text{Consumo}(kWh) = \text{Potência}(kW) * \text{Tempo}(h)$$

Para calcular o consumo total, basta somar o consumo individual de cada aparelho elétrico.

$$\text{Consumo Total}(kWh) = \Sigma \text{Consumos individuais } (kWh)$$

Logo, aplicando-se a fórmula acima, obtém-se o consumo médio mensal total:

$$\text{Consumo médio mensal } (kWh) = 662,94 \text{ kWh}$$

Por fim, para calcular o valor da tarifa média mensal esperada, basta multiplicar este valor pelo valor do mês e bandeira atuais da concessionária que alimenta a instalação elétrica em questão.

Utilizou-se para tal, o valor presente no documento “Tarifas CEMIG” utilizado atualmente na disciplina de Distribuição de Energia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia para estimar com base em valores razoavelmente próximos de valores atuais, considerando-se a bandeira verde. (MACEDO JUNIOR, 2019).

Figura 28 - Tarifas CEMIG 2019

Grupo B - Baixa Tensão	
Tarifa Convencional	
Subgrupo Tarifário	Preço (R\$/kWh)
B1 - Residencial	0,58684

Fonte: (MACEDO JUNIOR, 2019)

Como o consumidor se encaixa no grupo B (baixa tensão) e subgrupo tarifário B1 (residencial), será utilizado o valor abaixo:

$$\text{Preço tarifa} \left(\frac{\text{R\$}}{\text{kWh}} \right) = \text{R\$ } 0,58684$$

Assim, obtém-se o valor médio mensal da tarifa cobrada para este cenário:

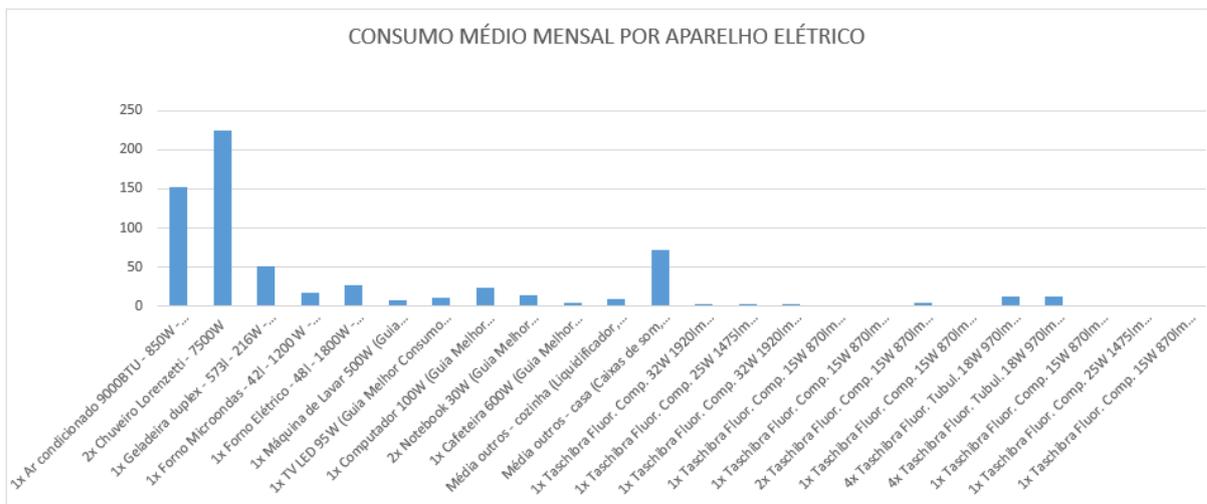
$$\text{Tarifa média mensal(R\$)} = \text{Consumo total} * \text{Preço tarifa}$$

$$\text{Tarifa média mensal(R\$)} = 662,94 * 0,58684$$

$$\text{Tarifa média mensal (R\$)} = \text{R\$ } 389,04$$

Por fim, pode-se ainda ilustrar graficamente o valor do consumo médio mensal de cada equipamento elétrico:

Figura 29 - Gráfico do consumo médio mensal por aparelho - Cenário A



Fonte: O autor

Observe acima que os chuveiros elétricos são os maiores consumidores de energia elétrica nesta instalação, alcançando 225kWh, seguidos pelo aparelho condicionador de ar, que consome 153kWh, seguidos dos demais aparelhos da residência.

Observe também que no gráfico aparecem dois itens chamados “Média outros - cozinha” e “Média outros - casa”, onde são agrupados equipamentos elétricos gerais de uso diário na residência, para estimar um cenário mais realista onde podem haver equipamentos não previstos no modelo, que são utilizados diariamente por intervalos de tempo que variam muito diariamente, como ventiladores, liquidificadores, ferro de passar, dentre outros similares.

5.3 CENÁRIO B – CONSUMO MÉDIO MENSAL – SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS

Aplicando a substituição das lâmpadas propostas no capítulo anterior, obtém-se um novo cenário:

Figura 30 - Dados da instalação - Cenário B

DADOS DA INSTALAÇÃO				
	EQUIPAMENTO	POTÊNCIA APROX. (W)	TEMPO MÉDIO DE USO DIÁRIO (h)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (kWh)
TUEs	1x Ar condicionado 9000BTU - 850W - Philco	850	6	153
	2x Chuveiro Lorenzetti - 7500W	7500	1	225
	1x Geladeira duplex - 573l - 216W - Brastemp	216	8	51,84
	1x Forno Microondas - 42l - 1200 W - Neochef	1200	0,5	18
	1x Forno Elétrico - 48l - 1800W - Mondial	1800	0,5	27
	1x Máquina de Lavar 500W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	500	0,5	7,5
TUGs	1x TV LED 95W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	95	4	11,4
	1x Computador 100W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	100	8	24
	2x Notebook 30W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	60	8	14,4
	1x Cafeteira 600W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	600	0,3	5,4
	Média outros - cozinha (Liquidificador, processador...)	600	0,5	9
	Média outros - casa (Caixas de som, ventilador...)	300	8	72
Iluminação	1x Tascibra High LED 20W 1800lm (Quarto A)	20	4	2,4
	1x Tascibra LED 14W 1311lm (Quarto B)	14	4	1,68
	1x Tascibra High LED 20W 1800lm (Quarto C)	20	4	2,4
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Banheiro A)	9	1	0,27
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Banheiro B)	9	1	0,27
	2x Tascibra LED 9W 803lm (Corredor)	18	5	2,7
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Lavanderia)	9	2	0,54
	4x Tascibra LED Tubular 9W 1000lm (Cozinha)	36	6	6,48
	4x Tascibra LED Tubular 9W 1000lm (Sala)	36	6	6,48
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Copa)	9	2	0,54
	1x Tascibra LED 14W 1311lm (Garagem)	14	0,5	0,21
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Entrada)	9	0,5	0,135

Fonte: O autor

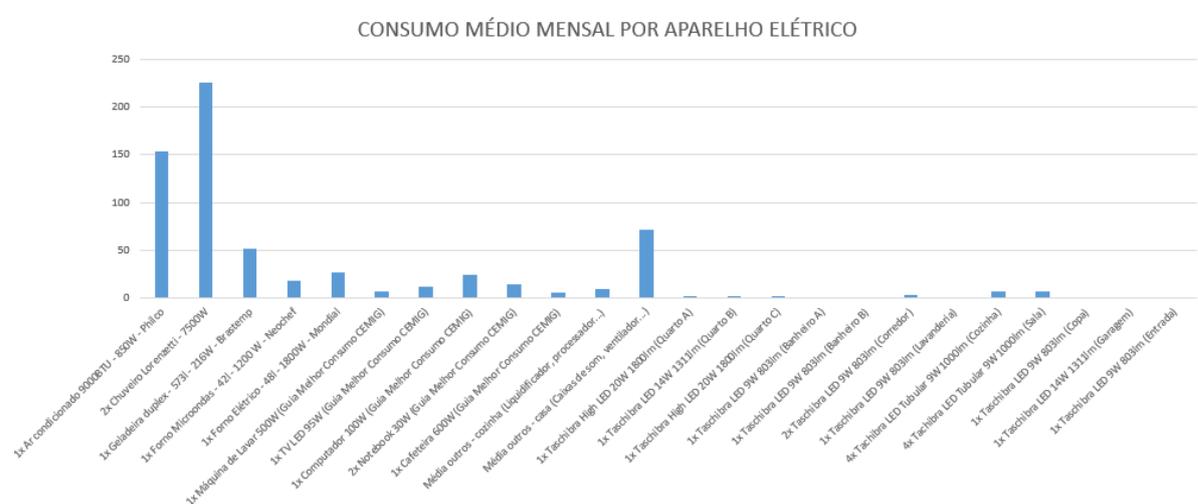
Realizando-se os mesmos cálculos para o consumo e fatura médios mensais para este novo cenário, obtém-se:

$$\text{Consumo médio mensal (kWh)} = 642,65 \text{ kWh}$$

$$\text{Tarifa média mensal (R\$)} = \text{R\$ } 377,13$$

Novamente, pode-se ainda ilustrar graficamente o valor do consumo médio mensal de cada equipamento elétrico:

Figura 31 - Gráfico do consumo médio mensal por aparelho - Cenário B



Fonte: O autor

Observe uma alta redução do consumo com iluminação no gráfico acima, onde o consumo energético oriundo de iluminação passa a representar percentuais baixíssimos na instalação, quase imperceptível quanto aos demais.

Outro fato interessante é que ao considerar apenas o consumo energético das lâmpadas separadamente, obtém-se os seguintes valores para seu consumo e fatura médios mensais:

$$\text{Consumo médio mensal lâmpadas (kWh)} = 44,40 \text{ kWh}$$

$$\text{Tarifa média mensal lâmpadas (R\$)} = \text{R\$ } 26,06$$

Assim, após a aplicação deste método, estes valores reduziram-se em:

$$\text{Consumo médio mensal lâmpadas (kWh)} = 24,11 \text{ kWh}$$

$$\text{Tarifa média mensal lâmpadas (R\$)} = \text{R\$ } 14,15$$

Portanto, a estimativa mensurada nos capítulos anteriores de que esta substituição provocaria uma economia de cerca de 40% com a iluminação, comprovou-se plenamente, pois a redução percentual neste caso foi até maior que o previsto. Veja:

$$\text{Redução percentual lâmpadas (\%)} = \left(1 - \left(\frac{\text{ConsumoDepois}}{\text{ConsumoAntes}} \right) \right) * 100$$

$$\text{Redução percentual lâmpadas (\%)} = \left(1 - \left(\frac{24,11}{44,40} \right) \right) * 100$$

$$\text{Redução percentual lâmpadas (\%)} = 45,70\%$$

5.4 CENÁRIO C – CONSUMO MÉDIO MENSAL – SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS E INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

Aplicando-se a instalação do sistema de aquecimento solar que havia sido proposto no capítulo anterior, além da substituição das lâmpadas propostas como realizado acima, obtém-se um novo cenário:

Figura 32 - Dados da instalação - Cenário C

DADOS DA INSTALAÇÃO				
	EQUIPAMENTO	POTÊNCIA APROX. (W)	TEMPO MÉDIO DE USO DIÁRIO (h)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (kWh)
TUGs	1x Ar condicionado 9000BTU - 850W - Philco	850	6	153
	2x Chuveiro Lorenzetti - 7500W	7500	0,2	45
	1x Geladeira duplex - 573l - 216W - Brastemp	216	8	51,84
	1x Forno Microondas - 42l - 1200 W - Neochef	1200	0,5	18
	1x Forno Elétrico - 48l - 1800W - Mondial	1800	0,5	27
	1x Máquina de Lavar 500W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	500	0,5	7,5
TUGs	1x TV LED 95W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	95	4	11,4
	1x Computador 100W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	100	8	24
	2x Notebook 30W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	60	8	14,4
	1x Cafeteira 600W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	600	0,3	5,4
	Média outros - cozinha (Liquidificador, processador...)	600	0,5	9
	Média outros - casa (Caixas de som, ventilador...)	300	8	72
Iluminação	1x Tachibira High LED 20W 1800lm (Quarto A)	20	4	2,4
	1x Tachibira LED 14W 1311lm (Quarto B)	14	4	1,68
	1x Tachibira High LED 20W 1800lm (Quarto C)	20	4	2,4
	1x Tachibira LED 9W 803lm (Banheiro A)	9	1	0,27
	1x Tachibira LED 9W 803lm (Banheiro B)	9	1	0,27
	2x Tachibira LED 9W 803lm (Corredor)	18	5	2,7
	1x Tachibira LED 9W 803lm (Lavanderia)	9	2	0,54
	4x Tachibira LED Tubular 9W 1000lm (Cozinha)	36	6	6,48
	4x Tachibira LED Tubular 9W 1000lm (Sala)	36	6	6,48
	1x Tachibira LED 9W 803lm (Copa)	9	2	0,54
	1x Tachibira LED 14W 1311lm (Garagem)	14	0,5	0,21
	1x Tachibira LED 9W 803lm (Entrada)	9	0,5	0,135

Fonte: O autor

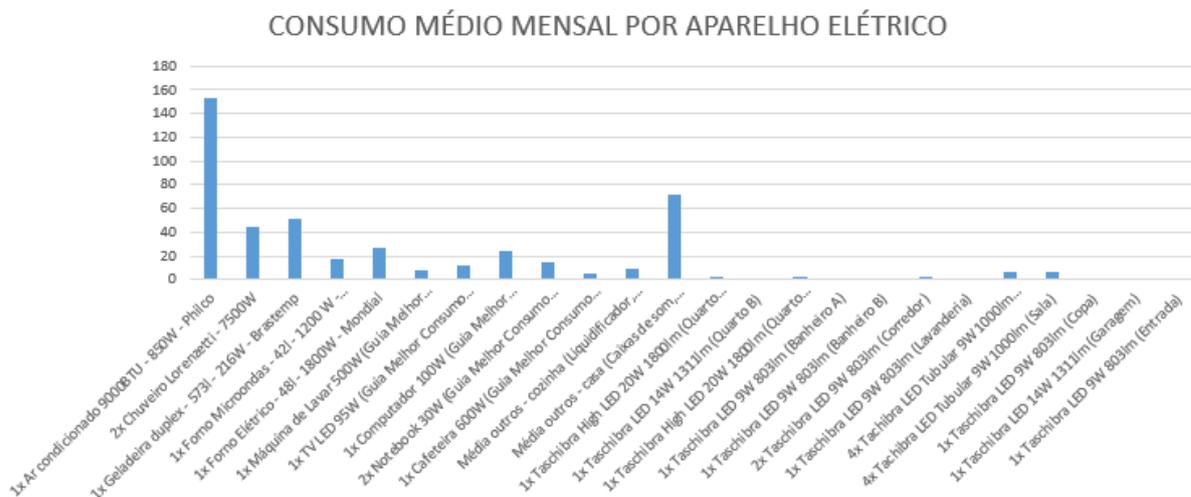
Realizando-se os mesmos cálculos para o consumo e fatura médios mensais para este novo cenário, obtém-se:

$$\text{Consumo médio mensal (kWh)} = 462,65 \text{ kWh}$$

$$\text{Tarifa média mensal (R\$)} = \text{R\$ } 271,50$$

Novamente, pode-se ainda ilustrar graficamente o valor do consumo médio mensal de cada equipamento elétrico:

Figura 33 - Gráfico do consumo médio mensal por aparelho - Cenário C



Fonte: O autor

Observe uma enorme redução no consumo que anteriormente era provocado pelos chuveiros elétricos, que agora passam a se comportar como os demais equipamentos elétricos comuns da residência, consumindo um percentual baixíssimo de energia elétrica mensalmente.

Outro fato interessante é que ao considerar apenas o consumo energético dos chuveiros separadamente, obtém-se os seguintes valores para seu consumo e fatura médios mensais:

$$\text{Consumo médio mensal chuveiros (kWh)} = 225,00 \text{ kWh}$$

$$\text{Tarifa média mensal chuveiros (R\$)} = \text{R\$ } 132,04$$

Assim, após a aplicação deste método, estes valores reduziram-se a:

$$\text{Consumo médio mensal chuveiros (kWh)} = 45,00 \text{ kWh}$$

$$\text{Tarifa média mensal chuveiros (R\$)} = \text{R\$ } 26,41$$

Conseqüentemente, o percentual de redução do consumo com os chuveiros foi exatamente no valor de 80%, pois observando a tabela utilizada para mensurar o cálculo do consumo neste cenário, já fora incorporado um fator de 0,2 multiplicando o tempo de uso diário do chuveiro que havia sido mensurado anteriormente:

$$\text{Redução percentual chuveiros (\%)} = \left(1 - \left(\frac{\text{Consumo Depois}}{\text{Consumo Antes}} \right) \right) * 100$$

$$\text{Redução percentual chuveiros (\%)} = \left(1 - \left(\frac{45}{225} \right) \right) * 100$$

Redução percentual chuveiros (%) = 80%

5.5 CENÁRIO D – CONSUMO MÉDIO MENSAL – SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS, INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR E SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS CONDICIONADORES DE AR

Aplicando-se a substituição do aparelho condicionador de ar comum pelo aparelho com tecnologia inverter proposto no capítulo anterior, além da instalação do sistema de aquecimento solar e da substituição das lâmpadas, obtém-se um novo cenário:

Figura 34 - Dados da instalação - Cenário D

DADOS DA INSTALAÇÃO				
	EQUIPAMENTO	POTÊNCIA APROX. (W)	TEMPO MÉDIO DE USO DIÁRIO (h)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (kWh)
TUES	1x Ar condicionado 9000BTU - Dual Inverter - LG	255	6	45,9
	2x Chuveiro Lorenzetti - 7500W	7500	0,2	45
	1x Geladeira duplex - 573l - 216W - Brastemp	216	8	51,84
	1x Forno Microondas - 42l - 1200 W - Neochef	1200	0,5	18
	1x Forno Elétrico - 48l - 1800W - Mondial	1800	0,5	27
	1x Máquina de Lavar 500W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	500	0,5	7,5
TUGS	1x TV LED 95W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	95	4	11,4
	1x Computador 100W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	100	8	24
	2x Notebook 30W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	60	8	14,4
	1x Cafeteira 600W (Guia Melhor Consumo CEMIG)	600	0,3	5,4
	Média outros - cozinha (Liquidificador, processador...)	600	0,5	9
	Média outros - casa (Caixas de som, ventilador...)	300	8	72
Iluminação	1x Tascibra High LED 20W 1800lm (Quarto A)	20	4	2,4
	1x Tascibra LED 14W 1311lm (Quarto B)	14	4	1,68
	1x Tascibra High LED 20W 1800lm (Quarto C)	20	4	2,4
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Banheiro A)	9	1	0,27
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Banheiro B)	9	1	0,27
	2x Tascibra LED 9W 803lm (Corredor)	18	5	2,7
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Lavanderia)	9	2	0,54
	4x Tascibra LED Tubular 9W 1000lm (Cozinha)	36	6	6,48
	4x Tascibra LED Tubular 9W 1000lm (Sala)	36	6	6,48
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Copa)	9	2	0,54
	1x Tascibra LED 14W 1311lm (Garagem)	14	0,5	0,21
	1x Tascibra LED 9W 803lm (Entrada)	9	0,5	0,135

Fonte: O autor

Realizando os mesmos cálculos para o consumo e fatura médios mensais para este novo cenário, obtém-se:

$$\text{Consumo médio mensal (kWh)} = 355,55 \text{ kWh}$$

$$\text{Tarifa média mensal(R\$)} = \text{R\$ } 208,65$$

Novamente, pode-se ainda ilustrar graficamente o valor do consumo médio mensal de cada equipamento elétrico:

Figura 35 - Gráfico do consumo médio mensal por aparelho - Cenário D



Fonte: O autor

Observe a alta redução do consumo com o condicionamento de ar, que passa a consumir menos até que a geladeira presente na instalação.

Outro fato interessante é que ao considerar apenas o consumo energético do aparelho condicionador de ar separadamente, obtém-se os seguintes valores para seu consumo e fatura médios mensais:

$$\text{Consumo médio mensal condicionador de ar (kWh)} = 153,00 \text{ kWh}$$

$$\text{Tarifa média mensal condicionador de ar (R\$)} = \text{R\$ } 89,79$$

Assim, após a aplicação deste método, estes valores reduziram-se em:

$$\text{Consumo médio mensal condicionador de ar (kWh)} = 45,90 \text{ kWh}$$

$$\text{Tarifa média mensal condicionador de ar (R\$)} = \text{R\$ } 26,94$$

Conseqüentemente, o percentual de redução do consumo foi exatamente no valor de 70%, pois observando a tabela utilizada para mensurar o cálculo do consumo neste cenário, já fora incorporado um fator de 0,3 multiplicando a potência exigida da rede ao aparelho, como havia sido mensurado anteriormente:

$$\text{Redução percentual condicionador de ar (\%)} = \left(1 - \left(\frac{\text{ConsumoDepois}}{\text{ConsumoAntes}} \right) \right) * 100$$

$$\text{Redução percentual condicionador de ar (\%)} = \left(1 - \left(\frac{45,90}{153} \right) \right) * 100$$

$$\text{Redução percentual condicionador de ar (\%)} = 70\%$$

5.6 CENÁRIO E – CONSUMO MÉDIO MENSAL - SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS, INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR, SUBSTITUIÇÃO DOS APARELHOS CONDICIONADORES DE AR E INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Além de aplicar as medidas acima, nesta etapa pode-se simular a redução no consumo energético geral da residência ao adotar um sistema de automação residencial que, como previsto no capítulo anterior, deve reduzir em ao menos 10% o consumo energético total da instalação.

Deste modo, aplicando uma redução de 10% no consumo energético obtido anteriormente:

$$\text{Consumo médio mensal (kWh)} = 355,55 * 0,9$$

$$\text{Consumo médio mensal (kWh)} = 319,99$$

E sobre a tarifa:

$$\text{Tarifa média mensal (R\$)} = \text{R\$ } 208,65 * 0,9$$

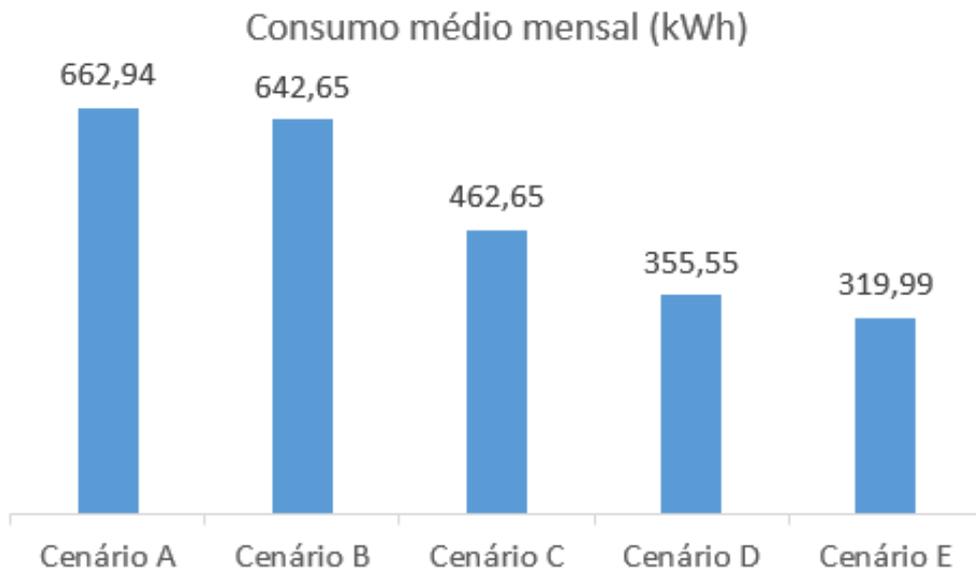
$$\text{Tarifa média mensal (R\$)} = \text{R\$ } 187,78$$

Assim, pode-se agora dispor em uma tabela e em dois gráficos o resultado final do consumo médio mensal e tarifa média mensal que são esperados para cada cenário:

Figura 36 - Resultado final dos diversos cenários

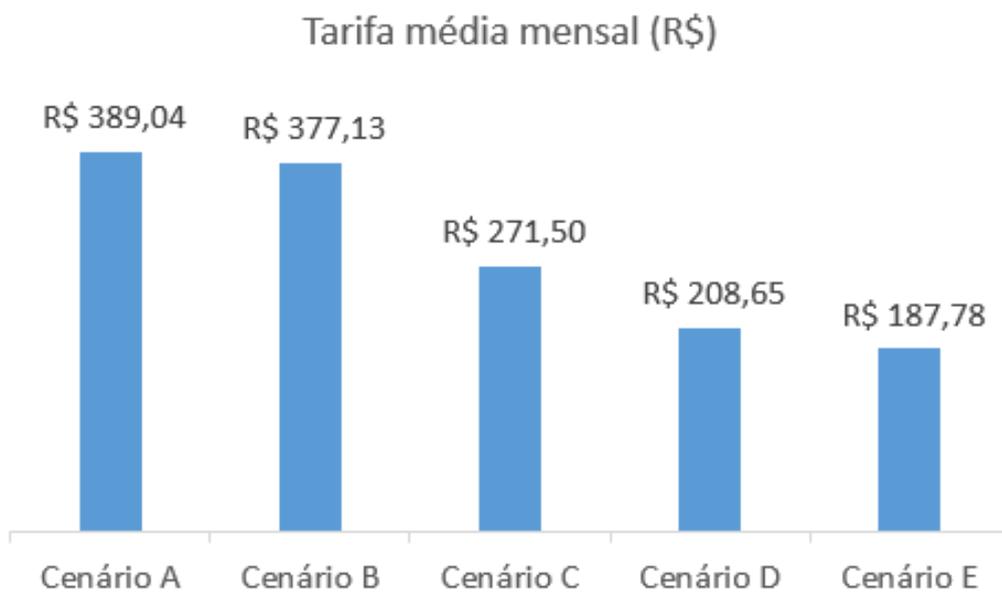
	Consumo médio mensal (kWh)	Tarifa média mensal (R\$)
Cenário A	662,94	R\$ 389,04
Cenário B	642,65	R\$ 377,13
Cenário C	462,65	R\$ 271,50
Cenário D	355,55	R\$ 208,65
Cenário E	319,99	R\$ 187,78

Figura 37 - Gráfico do resultado final para o consumo médio mensal em diversos cenários



Fonte: O autor

Figura 38 - Gráfico do resultado final para a tarifa média mensal em diversos cenários



Fonte: O autor

6 CONCLUSÃO

Ao iniciar-se este trabalho, no seu segundo capítulo, ao realizar-se um estudo detalhado sobre o funcionamento e especificações técnicas de diversos tipos de equipamentos elétricos comumente encontrados em instalações elétricas de baixa tensão, principalmente quanto a seus percentuais estimados de capacidade de redução no consumo energético, pôde-se chegar a um guia prático para futuras pesquisas e aplicações destes métodos como uma boa previsão de resultados a serem esperados com a aplicação destes em instalações elétricas de baixa tensão, visto que este capítulo é basicamente um resumo de diversos artigos técnicos focado na redução do consumo energético, aumento da eficiência energética e diminuição do impacto ambiental da instalação.

Já no terceiro capítulo, ao serem realizadas as etapas fundamentais de um projeto elétrico de baixa tensão, focando em uma planta baixa de proporções realistas para com grande parte das residências unifamiliares brasileiras, foi possível obter um projeto que fosse capaz de servir como um estudo de caso com boas perspectivas de aplicação nos capítulos subsequentes.

É importante ressaltar aqui que para estudos futuros, uma ótima ideia seria refazer todo o projeto elétrico (realizado no capítulo 3) após serem implantadas as medidas de melhoria energética, onde fosse avaliada a possibilidade de redução nos custos do projeto inicial ao sê-lo realizado desde o início já visando uma instalação elétrica altamente eficiente. Em uma instalação pequena como a residência aqui utilizada, pode não ser possível obter-se uma grande economia no projeto elétrico (devido principalmente às normas de seção mínima de condutores), porém, em uma instalação de grande porte (predial, pública ou industrial) pode ser possível obter-se uma grande economia no projeto elétrico inicial, reduzindo-se as seções dos condutores e eletrodutos, além de eliminar equipamentos de alto consumo que serão desnecessários com as medidas de eficiência adotadas (como chuveiros elétricos). Além do mais, pode-se ainda acrescentar a este aprofundamento, uma análise do tempo de retorno do investimento, uma vez que este novo projeto elétrico irá consumir muito menos energia elétrica mensalmente. Logo, os gastos iniciais com sistemas de automação, aquecimento solar, dentre outros, serão rapidamente compensados dentro deste novo projeto elétrico de baixa tensão eficiente.

Ao elaborar-se o quarto capítulo, os estudos adquiridos no segundo capítulo foram plenamente utilizados ao aplicar-se diversas mudanças na instalação elétrica previamente dimensionada no terceiro capítulo.

Por fim, ao realizar-se no quinto capítulo os cálculos do consumo energético médio mensal, bem como da tarifa média mensal que são esperados para a instalação em questão, foi possível obter uma tabela e dois gráficos resultantes onde é possível visualizar-se o resultado final de todo este trabalho, contendo o consumo e tarifa que são esperados para a instalação elétrica em questão em cada cenário proposto, servindo de base ainda para estimar o um percentual de redução destes parâmetros para outras instalações elétricas de modo geral ao adotar estas metodologias de melhoria da eficiência energética detalhadas ao longo deste trabalho.

7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **A sua conta de luz por sua conta**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001. Cartilha ao consumidor.

ARCONDICIONADO.ORG (Comp.). **Qual o melhor gás refrigerante para ar condicionado**. Disponível em: <<http://www.arcondicionado.org/qual-o-melhor-gas-refrigerante-para-ar-condicionado/>>. Acesso em: 01 out. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: Abnt, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413 - ILUMINÂNCIA DE INTERIORES**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro: Abnt, 1992.

BAÚ DA ELETRÔNICA (Org.). **Sensor de luminosidade**. Disponível em: <<https://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-luz.html>>. Acesso em: 20 out. 2019.

CAVALIERE, Irene. **Lâmpada fluorescente ou eletrônica**. 2011. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1173&sid=9>>. Acesso em: 02 set. 2019.

COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO DE MOGI MIRIM (Comp.). **Selo Procel de Economia de Energia**. Disponível em: <<https://cemirim.com.br/selo-procel/>>. Acesso em: 18 out. 2019.

DALLABRIDA, Emanuel Cristiano; GONÇALVES, Claudia Maria; PIOVESAN, Tenile Rieger. **Análise comparativa da eficiência energética em lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LED**. [s. L.]: Anais UNIJUÍ, 2015. XXIII Seminário de Iniciação Científica.

DELTA CABLE. **Catálogo de soluções 2017**: Iluminação Inteligente. [s. L.]: Delta Cable, 2017. Catálogo de soluções 2017.

DIVULGADOR DE NOTÍCIAS TERRA (Org.). **Automação residencial traz até 30% de economia na conta de energia.** Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/automacao-residencial-traz-ate-30-de-economia-na-conta-de-energia,4bae74f34608cc613852d89f69427e6ch226v9ui.html>>. Acesso em: 25 out. 2019.

DUSOL ENGENHARIA SUSTENTÁVEL. **Porque você paga a taxa mínima de energia mesmo se não usar?** Disponível em: <<https://www.dusolengenharia.com.br/post/por-que-voce-paga-taxa-minima-de-energia-mesmo-se-nao-usar/>>. Acesso em: 28 out. 2019.

ELETRÔNICA SANTANA. **Lâmpada Fluorescente Compacta Espiral 20W Elgin.** Disponível em: <<https://www.eletronicasantana.com.br/lampada-fluorescente-compacta-espiral-20w-110v-48les20wb003-elgin/p>>. Acesso em: 06 set. 2019.

ESTADÃO CONTEÚDO (Brasil) (Org.). **Consumo total de energia no Brasil deve crescer 2,2% ao ano.** 2019. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2019/02/14/internas_economia,1030618/cons-umo-total-de-energia-no-brasil-deve-crescer-2-2-ao-ano-ate-2040.shtml>. Acesso em: 14 fev. 2019.

FREITAS, Paula Campos Fadul de. **Instalações Elétricas de Baixa Tensão.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, [200-?]. Apostila utilizada na disciplina de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

FREITAS, Paula Campos Fadul de et al. **Luminotécnica e Lâmpadas Elétricas.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, [200-?]. Apostila utilizada na disciplina de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

FRIGELAR. **Ar condicionado e camada de ozônio.** Disponível em: <<https://blog.frigelar.com.br/ar-condicionado-e-camada-de-ozonio>>. Acesso em: 01 out. 2019.

GEORGI, Aurea Lúcia Vendramin. **Aquecimento solar de água: Desempenho e racionalização de materiais e energia alternativa fundamental para o desenvolvimento sustentável.** 2015. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

G-LIGHT. **Lançamento Timer Digital**. Disponível em: <<http://www.glight.com.br/blog/g-light-lancamento-timer-digital/>>. Acesso em: 20 out. 2019.

GONDIM, Isaque Nogueira. **Material de apoio - Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Uberlândia: Ufu, [200-?].

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA (Brasil). Inmetro (Org.). **Lâmpada LED**. Cartilha ao consumidor. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2019.

INTELBRAS (Comp.). **Como escolher um sensor de presença para iluminação**. Disponível em: <<http://blog.intelbras.com.br/como-escolher-um-sensor-de-presenca-para-iluminacao/>>. Acesso em: 20 out. 2019.

INTELBRAS. **Sensor de presença para iluminação**. Disponível em: <https://www.upperseg.com.br/img/products/sensor-de-presenca-para-iluminacao-esp-360-intelbras_1_1200.jpg>. Acesso em: 20 out. 2019.

LEROY MERLIN. **Chuveiro Elétrico 6800W Hydra**. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/chuveiro-eletrico-multitemperatura-220v-6800w-branco-optima-hydra_88456564>. Acesso em: 15 set. 2019.

LG. **Ar condicionado janela dual inverter LG**. Disponível em: <<https://www.lg.com/br/ar-condicionado-residencial/lg-W3NQ15LNNP0>>. Acesso em: 01 out. 2019.

LG. **LG Dual Inverter Voice 9000 BTUs**. Disponível em: <<https://www.lg.com/br/ar-condicionado-residencial/lg-S4-Q09WA51A>>. Acesso em: 18 set. 2019.

LOJAS AMERICANAS. Philco (Org.). **Ar condicionado Philco 9000BTUs**. Disponível em: <https://www.americanas.com.br/produto/134435641/ar-condicionado-split-philco-9000-btus-pac9000tfm9-frio-220v?WT.srch=1&acc=e789ea56094489dff798f86ff51c7a9&epar=bp_pl_00_go_aa_todas_geral_gmv&gclid=EAIaIQobChMI8O6T9quK5gIVD4aRCh29HQ_EEAQYASABEGKUZvD>

_BwE&i=5612cbe46ed24cafb5cae011&o=5d4895716c28a3cb50557ab3&opn=YSMESP&sellerId=00776574000660&sellerid=00776574000660&wt.srch=1>. Acesso em: 01 out. 2019.

LOJAS TAMOYO (Comp.). **Dimmer 1000W Bivolt**. Disponível em: <<https://www.lojastamoyo.com.br/image/cache/data/produtos/di/dimmer-1000w-bivolt-com-placa-branco-rima-10332-326-farol-cor-nao-definida-83928d65-1-1000x1000.jpg>>. Acesso em: 25 out. 2019.

LUMITECFOTO. **Lâmpada incandescente 100W Lux**. Equipamentos de foto e vídeo. Disponível em: <<https://www.lumitecfoto.com.br/lampada-incandescente-100w.html>>. Acesso em: 06 set. 2019.

MACEDO JUNIOR, José Rubens (Comp.). **Tarifas CEMIG 2019**. Disponível em: <http://www.jrubens.eng.br/download/tarifas_cemig.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.

MARANGONI, Filipe et al. Comparativo econômico entre condicionadores de ar com tecnologia convencional e inverter. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2015, Fortaleza. **Comparativo econômico entre condicionadores de ar com tecnologia convencional e inverter**. Fortaleza: Utfpr, 2015. p. 1 - 20.

MITRATECH. **Como funciona a energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <<https://solar.mitratech.com.br/como-funciona-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 27 out. 2019.

NEOCONTROL. **Como a dimerização de LED pode tornar seus projetos mais eficientes**. Disponível em: <<https://www.neocontrol.com.br/news/como-economizar-com-dimerizacao-de-led/>>. Acesso em: 20 out. 2019.

NEOCONTROL. **Sistema de iluminação inteligente: Três boas razões para utilizar agora**. Disponível em: <<https://www.neocontrol.com.br/news/sistema-de-iluminacao-inteligente/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

OLIVEIRA, Luis Fernando de et al. **Vida útil de uma lâmpada fluorescente em relação ao número de acionamentos**. 2013. XIX Seminário de Iniciação Científica UNISC. Disponível em: <<https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/semic/article/view/11616>>. Acesso em: 02 set. 2019.

OSTER. **Forno Elétrico 42L**. Disponível em: <https://www.oster.com.br/forno-eletrico-oster-42l-porta-dupla-french-door/p?idsku=1531&gclid=EAIaIQobChMIpayWm7aK5gIVDYiRCh3z8AZXEAQYBSABEGIY_vD_BwE>. Acesso em: 18 out. 2019.

PEREIRA FILHO, Renê Geraldo. **Aquecimento solar de água: análise do prazo de retorno do investimento**. 2015. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Contábeis, Universidade Federal de Rondônia, Cacoal, 2015.

PLANTAS DE CASAS. **Planta de casa térrea com uma suíte e dois quartos**. Disponível em: <<https://www.plantasdecasas.com/projetos/casa-terrea-2-quartos-1-suite>>. Acesso em: 30 out. 2019.

PORTAL DA REFRIGERAÇÃO (Comp.). **Gás refrigerante**. Disponível em: <<https://www.refrigeracao.net/Topicos/Refrigerante.htm>>. Acesso em: 03 out. 2019.

PORTAL SOLAR. **Energia solar gera economia de 50% e 95% na conta de luz**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/energia-solar-gera-economia-de-50-e-95-na-conta-de-luz.html>>. Acesso em: 28 out. 2019.

PORTAL SOLAR. **Painel Solar: Preços e Tipos**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-a-energia-solar-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 28 out. 2019.

PORTAL SOLAR. **Quanto custa para instalar energia solar?** Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html>>. Acesso em: 28 out. 2019.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (Ed.). **Resultados PROCEL 2018**. [s. L.]: Conceito Comunicação Integrada, 2018.

SANTIL. **Lâmpada Led Bulbo 9,5W Philips**. Disponível em: <<https://www.santil.com.br/produto/lampada-led-bulbo-9,5w-bivolt-luz-amarela---philips/394581>>. Acesso em: 06 set. 2019.

SANTOS, Talía Simões dos et al. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais**. ENG. SANIT. AMBIENT., [s. L.], v. 20, n. 4, p.595-602, out. 2015.

SOLAR E SOL AQUECEDORES. **Aquecedor Solar Vácuo de 20 Tubos**. Marca não especificada. Disponível em: <<http://www.solaresol.com.br/loja/aquecedor-solar-vacu-20-tubos.html>>. Acesso em: 18 set. 2019.

SOLETROL. **Como funciona o aquecedor solar de água Soletrol**. Disponível em: <<https://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>>. Acesso em: 18 set. 2019.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Sistema de automação de iluminação residencial**. Disponível em: <https://www.solucoesindustriais.com.br/images/produtos/imagens_11049/p_automacao-residencial-sistema-de-iluminacao_11049_59839_4.jpg>. Acesso em: 25 out. 2019.

TASCHIBRA. **Catálogo de produtos 2019/2020**. [s. L.]: Taschibra, 2019.

THING OF HOUSE (Comp.). **Sistema de automação residencial**. Disponível em: <<https://www.thingofhouse.com.br/sistema-de-automacao-residencial>>. Acesso em: 27 out. 2019.

VIEWTECH. **Sensor de Presença de sobrepor**. Disponível em: <https://www.viewtech.ind.br/sensor-iluminacao-sobrepor-parede-c-fotocelula-margirius?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMercha>

nt&gclid=EAIaIQobChMItdfS3JaV5gIVTgaRCh1_ZABGEAQYAiABEgJ0_PD_BwE>.
Acesso em: 20 out. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – MEMORIAL DE CÁLCULO DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO UTILIZADA COMO ESTUDO DE CASO DESTE TRABALHO

Para demonstrar os cálculos relacionados ao projeto elétrico como um todo, serão demonstrados detalhadamente os cálculos necessários com base em um único cômodo da residência. Assim, para as demais dependências os resultados serão dispostos em uma tabela, para evitar redundância de informações neste trabalho, pois as análises envolvidas nas etapas deste projeto são análogas para as demais dependências.

A1.1 PROJETO LUMINOTÉCNICO

A1.1.1 Quarto A

Para esta dependência, tem-se os seguintes dados relevantes para o projeto luminotécnico:

Quadro 14 - Dados para o projeto luminotécnico do quarto A

Dados para projeto luminotécnico – Quarto A	
Comprimento	3,8 m
Largura	2,4 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lâmpada	Taschibra – E27 – 32W – 1920lm - Fluorescente
Superfícies	Teto branco, paredes brancas, chão marrom
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h

Fonte: O autor

Todo o projeto luminotécnico foi realizado utilizando o método dos lúmens, que consiste no cálculo do fluxo luminoso total que as luminárias devem produzir para cada dependência, de acordo com a NBR5413 – Iluminância de interiores. (ABNT, 1992).

O passo a passo deste método será realizado segundo consta na apostila “Instalações Elétricas de Baixa Tensão”, utilizada na disciplina “Instalações Elétricas de Baixa Tensão” da Universidade Federal de Uberlândia. (FREITAS, [200-?]).

O primeiro passo é determinar a iluminância média adequada. Através da tabela presente na NBR5413, calculamos o peso dos “Fatores determinantes da iluminância adequada”:

Figura 39 - Fatores determinantes da iluminância adequada

Características da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Fonte: (ABNT, 1992)

Somando-se os pesos com base nas características do recinto e na figura acima:

$$Soma(pesos) = 0 + 0 + 0$$

$$Soma(pesos) = 0$$

Como o resultado da soma dos pesos acima deu entre -1 e +1 para esta dependência, será utilizada a iluminância média da norma para dormitórios residenciais.

Figura 40 - Iluminância para quartos de dormir

- quartos de dormir:

. geral 100 - 150 - 200

Fonte: (ABNT, 1992)

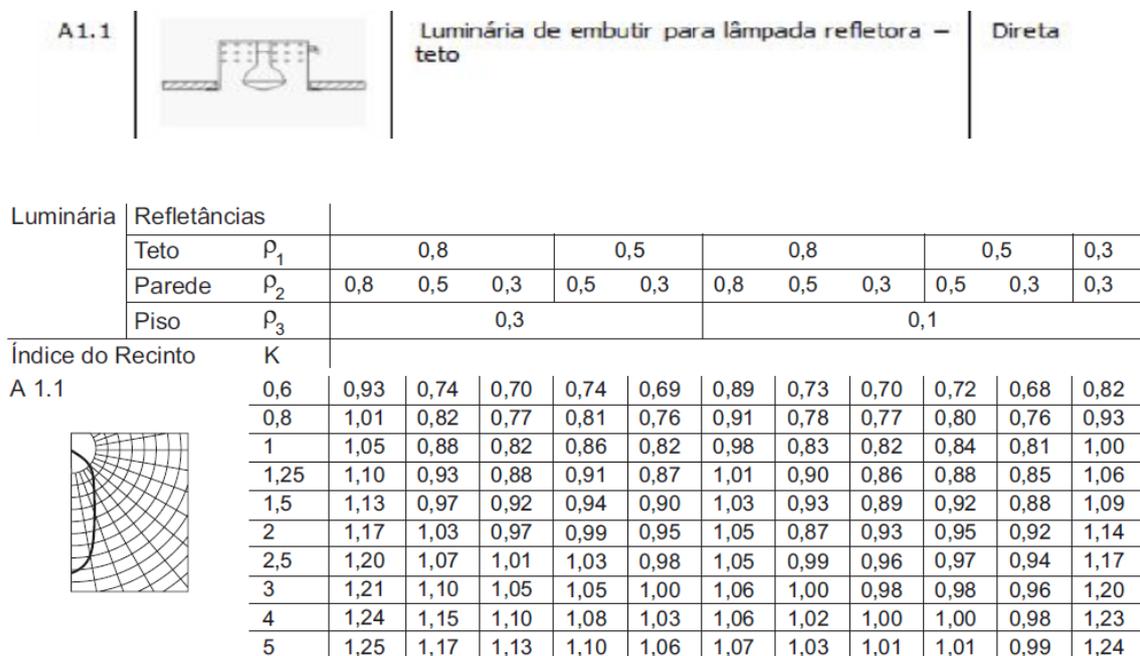
Portanto, será usado:

$$E = 150 \text{ lux}$$

O segundo passo consiste na determinação do tipo de luminária e lâmpada que serão utilizados, bem como o cálculo do fluxo luminoso total de uma luminária do tipo utilizado. A luminária selecionada foi um modelo geral de luminária de embutir para lâmpada de rosca E27, utilizando os dados do software Lumine, que é uma tabela muito usual e com dados confiáveis para o dimensionamento luminotécnico pelo método dos lúmens. A lâmpada selecionada foi um modelo encontrado no website da marca Taschibra, compatível com a luminária selecionada. Assim:

Luminária: A1.1 - Lumine - Luminária de embutir para lâmpada refletora. Todos os seus dados encontram-se na figura abaixo:

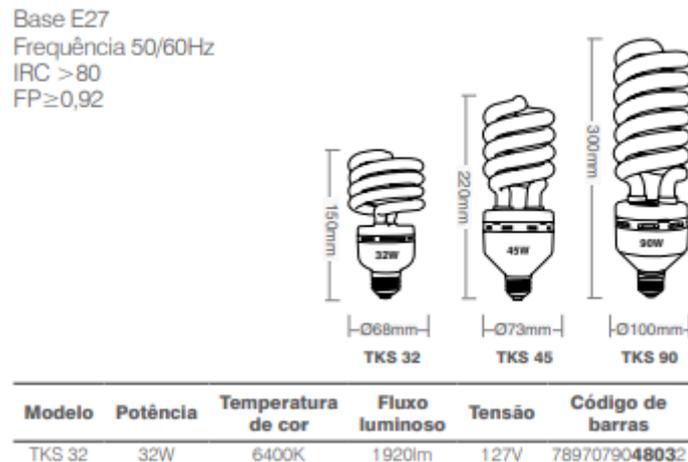
Figura 41 - Dados da luminária utilizada no Quarto A



Fonte: (ALTOQI, [200-?])

Lâmpada: Taschibra E27 fluorescente, potência 32W, fluxo luminoso 1920lm. Todos os seus dados encontram-se na figura abaixo. (TASCHIBRA, 2019).

Figura 42 - Lâmpada utilizada no Quarto A



Fonte: (TASCHIBRA, 2019)

O terceiro passo consiste em determinar o fator de utilização para a luminária selecionada. Para tal, é preciso fazer o cálculo do Índice do local (K) e também encontrar o Índice de reflexão do local.

Assim, para o Índice do local:

$$K = \frac{C * L}{H * (C + L)}$$
$$K = \frac{3,8 * 2,4}{3 * (3,8 + 2,4)}$$
$$K = 0,49$$

Lembrando que H é a altura total menos o plano de trabalho, que para esta residência foi considerado à altura do solo (0 m).

Para o Índice de reflexão, observando a tabela contida na apostila de luminotécnica da Universidade Federal de Uberlândia, determinou-se:

Figura 43 - Refletâncias diversas

Refletâncias das diversas cores	
Branco	75 a 85%
Marfim	63 a 80%
Creme	56 a 72%
Amarelo claro	64 a 75%
Marrom	17 a 41%
Verde claro	50 a 65%
Verde escuro	10 a 22%
Azul claro	50 a 60%
Rosa	50 a 58%
Vermelho	10 a 20%
Cinza	40 a 50%

Fonte: (FREITAS et al., [200-?])

Aplicando para o recinto em questão:

Teto: 80%

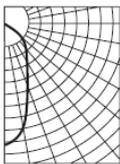
Paredes: 80%

Chão: 30%

Assim, observando na tabela abaixo, determinou-se o fator de utilização para a luminária:

Figura 44 - Tabela para determinação do fator de utilização da luminária em uso

Luminária	Refletâncias												
	Teto ρ_1	0,8			0,5			0,8			0,5		
Parede ρ_2	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	
Piso ρ_3	0,3						0,1						
Índice do Recinto	K												
A 1.1	0,6	0,93	0,74	0,70	0,74	0,69	0,89	0,73	0,70	0,72	0,68	0,82	
	0,8	1,01	0,82	0,77	0,81	0,76	0,91	0,78	0,77	0,80	0,76	0,93	
	1	1,05	0,88	0,82	0,86	0,82	0,98	0,83	0,82	0,84	0,81	1,00	
	1,25	1,10	0,93	0,88	0,91	0,87	1,01	0,90	0,86	0,88	0,85	1,06	
	1,5	1,13	0,97	0,92	0,94	0,90	1,03	0,93	0,89	0,92	0,88	1,09	
	2	1,17	1,03	0,97	0,99	0,95	1,05	0,87	0,93	0,95	0,92	1,14	
	2,5	1,20	1,07	1,01	1,03	0,98	1,05	0,99	0,96	0,97	0,94	1,17	
	3	1,21	1,10	1,05	1,05	1,00	1,06	1,00	0,98	0,98	0,96	1,20	
	4	1,24	1,15	1,10	1,08	1,03	1,06	1,02	1,00	1,00	0,98	1,23	
	5	1,25	1,17	1,13	1,10	1,06	1,07	1,03	1,01	1,01	0,99	1,24	



Fonte: Software AltoQi Lumine

Logo, para um índice K de 0,49, o valor mais próximo é 0,6. E para as refletâncias, olha-se a primeira coluna (0,8 – 0,8 – 0,3). Logo, tem-se:

$$Fu = 0,93$$

O quarto passo é a determinação do fator de depreciação, segundo a tabela abaixo, também contida na apostila de luminotécnica da Universidade Federal de Uberlândia:

Figura 45 - Tabela para determinar o fator de depreciação

AMBENTE	Período de Manutenção		
	2.500 h	5.000 h	7.500 h
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Fonte: (FREITAS et al., [200-?])

Logo, para um ambiente limpo com período de manutenção de 2500h, tem-se:

$$Fd = 0,95$$

O quinto passo consiste na determinação do fluxo luminoso total que as luminárias devem produzir, segundo a fórmula:

$$\Phi_t = \frac{E * S}{Fu * Fd}$$

$$\Phi_t = \frac{150 * (3,8 * 2,4)}{0,93 * 0,95}$$

$$\Phi_t = 1548,39 \text{ lm}$$

Por fim, o sexto e último passo consiste na determinação do número de luminárias necessário, segundo a fórmula:

$$Nl = \frac{\Phi_t}{\Phi_l}$$

$$Nl = \frac{1548,39}{1920}$$

$$Nl = 0,81$$

Observe que o valor pouco abaixo de 1 indica que a luminária não está muito sobre dimensionada para a dependência em questão, estando bastante adequada. Assim, será utilizada 1 única luminária para esta dependência.

A1.1.2 Demais dependências

Para que este trabalho não fique demasiadamente longo e redundante, optou-se por dispor em uma tabela os dados dos demais cômodos da residência, e em seguida os resultados obtidos com a aplicação do método dos lúmens para cada local.

Quadro 15 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico do Quarto B

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Quarto B	
Comprimento	3,4 m
Largura	2,35 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lâmpada	Taschibra – E27 – 25W – 1475lm - Fluorescente
Superfícies	Teto branco, paredes brancas, chão marrom
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	150 lux
Fator de utilização	0,93
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	957,55 lm
Quant. luminárias	0,65

Fonte: O autor

Quadro 16 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico do Quarto C

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Quarto C	
Comprimento	3,8 m
Largura	Aprox. 2,6 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lâmpada	Taschibra – E27 – 32W – 1920lm - Fluorescente
Superfícies	Teto branco, paredes brancas, chão marrom
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	150 lux
Fator de utilização	0,93
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	1677,42 lm
Quant. luminárias	0,87

Fonte: O autor

Quadro 17 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico dos Banheiros A e B

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Banheiro A e B	
Comprimento	2,4 m
Largura	1,3 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lâmpada	Taschibra – E27 – 15W – 870lm - Fluorescente
Superfícies	Teto azul claro, paredes azul claro, chão creme
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	150 lux
Fator de utilização	0,74
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	665,72 lm
Quant. luminárias	0,76

Fonte: O autor

Quadro 18 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico do Corredor

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Corredor	
Comprimento	5,35 m
Largura	1 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lâmpada	Taschibra – E27 – 15W – 870lm - Fluorescente
Superfícies	Teto branco, paredes brancas, chão preto
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	150 lux
Fator de utilização	0,89
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	949,14 lm
Quant. luminárias	1,10

Fonte: O autor

Quadro 19 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Lavanderia

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Lavanderia	
Comprimento	2,15 m
Largura	1,3 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lâmpada	Taschibra – E27 – 15W – 870lm - Fluorescente
Superfícies	Teto branco, paredes brancas, chão branco
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	150 lux
Fator de utilização	0,93
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	474,53 lm
Quant. luminárias	0,54

Fonte: O autor

Quadro 20 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Cozinha

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Cozinha	
Comprimento	3,4 m
Largura	2,7 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	B4 – Lumine – Luminária de sobrepor p/ 2 lâmpadas tubulares
Lâmpada	Taschibra – T8 – 18W – 970lm - Fluorescente
Superfícies	Teto branco, paredes brancas, chão preto
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	150 lux
Fator de utilização	0,48
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	3019,74 lm
Quant. luminárias	1,56

Fonte: O autor

Quadro 21 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Sala

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Sala	
Comprimento	3,55 m
Largura	3,8 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	B4 – Lumine – Luminária de sobrepor p/ 2 lâmpadas tubulares
Lâmpada	Taschibra – T8 – 18W – 970lm - Fluorescente
Superfícies	Teto branco, paredes brancas, chão preto
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	150 lux
Fator de utilização	0,48
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	4437,5 lm
Quant. luminárias	2,28

Fonte: O autor

Quadro 22 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Copa

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Copa	
Comprimento	2,75 m
Largura	1,4 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lâmpada	Taschibra – E27 – 15W – 870lm - Fluorescente
Superfícies	Teto branco, paredes brancas, chão preto
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	150 lux
Fator de utilização	0,89
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	683,03 lm
Quant. luminárias	0,78

Fonte: O autor

Quadro 23 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Garagem

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Garagem	
Comprimento	4 m
Largura	3 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lâmpada	Taschibra – E27 – 25W – 1475lm - Fluorescente
Superfícies	Teto azul claro, paredes azul claro, chão cinza
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	150 lux
Fator de utilização	0,74
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	1280,22 lm
Quant. luminárias	0,86

Fonte: O autor

Quadro 24 - Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico da Entrada

Dados e resultados obtidos para projeto luminotécnico – Entrada	
Comprimento	2,85 m
Largura	1,1 m
Altura	3 m
Plano de trabalho	0 m
Luminária	A1.1 – Lumine – Luminária de embutir para lâmpada refletora
Lâmpada	Taschibra – E27 – 15W – 870lm - Fluorescente
Superfícies	Teto azul claro, paredes azul claro, chão cinza
Ambiente e manutenção	Ambiente limpo, Manutenção a cada 2500h
Iluminância média	100 lux
Fator de utilização	0,74
Fator de depreciação	0,95
Fluxo luminoso	445,94 lm
Quant. luminárias	0,51

Fonte: O autor

A1.2 PREVISÃO DE CARGA

O cálculo de previsão de carga se ocupa em calcular a quantidade mínima prevista de pontos de lâmpadas e tomadas, sejam tomadas de uso geral ou de uso específico.

A1.2.1 Cozinha

Iremos fazer estes cálculos detalhados para a cozinha da residência, e por fim, mostraremos em uma tabela os resultados obtidos para as demais dependências, uma vez que o método de cálculo é análogo.

Primeiramente, é preciso analisar os dados de perímetro e área da cozinha. Utilizando as ferramentas auxiliares de medição do software AutoCAD, chegamos às medidas:

$$A = 9,195 \text{ m}^2 \quad P = 12,4 \text{ m}$$

De posse desses valores, pode-se calcular a carga mínima para iluminação. De acordo com a norma NBR5410, no item 9.5.2.1.2:

Figura 46 - Prescrições da NBR 5410 para potências mínimas para pontos de iluminação

9.5.2.1.2 Na determinação das cargas de iluminação, como alternativa à aplicação da ABNT NBR 5413, conforme prescrito na alínea a) de 4.2.1.2.2, pode ser adotado o seguinte critério:

- a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m^2 , deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- b) em cômodo ou dependências com área superior a 6 m^2 , deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m^2 , acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m^2 inteiros.

NOTA Os valores apurados correspondem à potência destinada a iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas.

Fonte: (ABNT, 2004)

Assim, temos abaixo a aplicação desse método descrito:

$$A = 9,195 \text{ m}$$

$$A = 6 \text{ m} + 3,195 \text{ m}$$

$$Pot = 100 \text{ VA} + 0 \text{ VA}$$

$$Pot = 100 \text{ VA}$$

Portanto, a carga mínima a ser estimada para a potência do circuito de iluminação da cozinha é de 100 VA.

Podemos em seguida calcular a quantidade mínima de tomadas de uso geral (TUGs) e sua potência estimada.

Tomadas de uso geral são destinadas a aparelhos portáteis, como abajures, enceradeiras, liquidificadores, batedeiras, etc. No cálculo de previsão de carga, a potência de tomadas previstas a equipamentos de maior potência, como eletrodomésticos de cozinha, é geralmente de 600 VA, já para equipamentos de baixa potência, como carregadores de celular, notebook, caixas de som, TV, é geralmente de 100 VA. Veja abaixo a definição detalhada da NBR5410 sobre como estimar estas potências:

Figura 47 - Prescrições da NBR5410 para potência atribuída a tomadas

9.5.2.2.2 | Potências atribuíveis aos pontos de tomada

A potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar e não deve ser inferior aos seguintes valores mínimos:

- a) em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;
- b) nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

Fonte: (ABNT, 2004)

Assim, temos abaixo a aplicação deste método descrito acima para o cômodo em questão:

$$P = 12,4 m$$

$$P = 3,5 m + 3,5 m + 3,5 m + 1,9 m$$

$$Pot = 600 VA + 600 VA + 600 VA + 100 VA + 100 VA$$

$$Pot = 2000 VA$$

Por fim, pode-se calcular a potência estimada para as tomadas de uso específico.

Tomadas de uso específico são destinadas a aparelhos fixos ou estacionários, que, embora possam ser removidos, trabalham sempre no mesmo local, como chuveiros, torneiras elétricas, máquinas de lavar roupas, forno elétrico, ar condicionado, etc. Para estes equipamentos, seus circuitos devem ser exclusivos para a sua alimentação, e deve-se atribuir a eles a potência nominal do equipamento.

Sabe-se que este projeto visa preparar dois pontos de tomadas de uso específico na residência, a saber, um forno elétrico de 1500 W e uma geladeira duplex de 500 W. Logo, temos:

$$Pot = 1500 W + 500 W$$

$$Pot = 2000 W$$

Lembrando que esta é a potência total destinada à tomadas de uso específico presentes no cômodo da cozinha, não a potência de cada circuito, pois cada um desses dois equipamentos

terá seu próprio circuito de alimentação, estimado para sua potência nominal, pois são tomadas de uso específico.

A1.2.2 Demais dependências

Novamente, para que este trabalho não fique demasiadamente longo e redundante, optou-se por dispor em uma tabela no software Excel com os dados dos demais cômodos da residência, junto com os resultados obtidos:

Quadro 25 - Resultados da previsão de carga

Resultados da previsão de carga			
Dependência	Potências para iluminação (VA)	Potências para TUGs (VA)	Potências para TUEs (VA)
Quarto A	1x 100	3x 100	0
Quarto B	1x 100	2x 100	0
Quarto C	1x 100	3x 100	1x 1000
Banheiro A	1x 100	1x 600	1x 7500
Banheiro B	1x 100	1x 600	1x 7500
Corredor	1x 100	3x 100	0
Lavanderia	1x 100	2x 600	1000
Cozinha	1x 100	3x 600 + 2x 100	1x2000 + 1x1500 + 1x1000
Sala	1x 100	3x 100	0
Copa	1x 100	2x 100	0
Entrada	1x 100	1x 100	0

Resultados da previsão de carga			
Dependência	Potências para iluminação (VA)	Potências para TUGs (VA)	Potências para TUEs (VA)
Garagem	1x 100	1x 100	0
Total	1200	6200	21500

Fonte: O autor

A1.3 CÁLCULO DA DEMANDA

A esta altura do projeto, já é possível efetuar o cálculo da demanda da instalação. O cálculo da demanda é efetuado a partir da fórmula:

$$D = a + b + c + d + e + f$$

Onde:

a = Demanda referente à iluminação e tomadas;

b = Demanda referente a aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento;

b1 = Chuveiros, cafeteiras e torneiras elétricas;

b2 = Aquecedores de água por acumulação e passagem;

b3 = Fornos, fogões e aparelhos do tipo “grill”;

b4 = Máquinas de lavar e secar roupas, máquinas de lavar louças e ferro elétrico

b5 = Demais aparelhos;

c = Demanda referente a aparelhos condicionadores de ar;

100% para os primeiros 5 aparelhos;

86% para os demais;

d = Demanda de motores elétricos;

e = Demanda de máquinas de solda a transformador;

100% para a potência do maior aparelho;

70% para a potência do segundo maior;

40% para a potência do terceiro maior;

30% para a potência dos demais;

f = Demanda dos aparelhos de raios-x;

100% para a potência do maior aparelho;

10% para a potência dos demais.

Estas informações podem ser consultadas no material de apoio das aulas de instalações elétricas de baixa tensão da Universidade Federal de Uberlândia, pelo professor Isaque Nogueira Gondim. (GONDIM, [200-?]). Ou ainda, na apostila de instalações elétricas de baixa tensão também da Universidade Federal de Uberlândia (FREITAS, [200-?]).

Deste modo, calculando primeiro o item “a”:

a- Demanda referente a iluminação e tomadas:

Utilizando os dados estimados dessas potências calculadas no Cálculo da Previsão de Carga, temos:

Iluminação: 1,2 KVA

Tomadas: 6,2 KVA

Total = 7,4 KVA

Temos que multiplicar este valor total pelo fator de demanda da tabela abaixo:

Figura 48 - Fatores de Demanda para iluminação e tomadas - consumidor residencial

CI – kVA	Fator de Demanda
CI ≤ 1	0,86
1 < CI ≤ 2	0,81
2 < CI ≤ 3	0,76
3 < CI ≤ 4	0,72
4 < CI ≤ 5	0,68
5 < CI ≤ 6	0,64
6 < CI ≤ 7	0,60
7 < CI ≤ 8	0,57
8 < CI ≤ 9	0,54
9 < CI ≤ 10	0,52
CI > 10	0,45

Fonte: (GONDIM, [200-?]).

Assim, como o resultado está entre 7 e 8, tem-se a multiplicação pelo fator de demanda:

$$a = 7,4 * 0,57$$

$$a = 4,218 \text{ KVA}$$

b- Demanda referente a aparelhos eletrodomésticos e de aquecimento:

- b1- Chuveiros, cafeteiras e torneiras elétricas:

2 chuveiros de 7500 W;

1 cafeteira de 600 W;

Total: 15600 W;

Figura 49 - Fatores de demanda para aparelhos eletrodomésticos, de aquecimento, de refrigeração e condicionadores de ar

Conforme ND-5.1:1998, Capítulo 7, pg. 10

Nº de Aparelhos	Fator de Demanda %	Nº de Aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	23	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 50	34
15	44	61 ou +	33

Fonte: (GONDIM, [200-?]).

Assim, como são 3 aparelhos, tem-se a multiplicação pelo fator de demanda:

$$b1 = 15,6 * 0,84$$

$$b1 = 13,104 \text{ KVA}$$

- b2- Aquecedores de água por acumulação e passagem:

Nenhum.

$$b2 = 0 \text{ KVA}$$

- b3 – Fornos, fogões e aparelhos do tipo “grill”:

1 forno elétrico de 1800W;

1 forno micro-ondas de 1200W.

Total: 3000 W.

Assim, como são 2 aparelhos, tem-se a multiplicação pelo fator de demanda:

$$b3 = 3,0 * 0,92$$

$$b3 = 2,76 \text{ KVA}$$

- b4 – Máquinas de lavar e secar roupas, lavadora de louças e ferro elétrico.

1 Máquina de lavar de 1000 W;

1 Ferro elétrico de 700 W.

Total: 1700 W.

Assim, como são 2 aparelhos, tem-se a multiplicação pelo fator de demanda:

$$b4 = 1,7 * 0,92$$

$$b4 = 1,564 \text{ KVA}$$

- b5 – Demais aparelhos:

1 Geladeira de 500 W;

1 TV de 200 W;

1 Espregador de 300 W;

1 Liquidificador de 1000 W;

1 Frigobar de 100 W;

1 Batedeira de 500 W;

1 Ventilador de 200W;

Total: 2800W.

Assim, como são 7 aparelhos, tem-se a multiplicação pelo fator de demanda:

$$b5 = 2,8 * 0,6$$

$$b5 = 1,68 \text{ KVA}$$

Por fim, o valor total de b:

$$b = b1 + b2 + b3 + b4 + b5$$

$$b = 13,104 + 0 + 2,76 + 1,564 + 1,68$$

$$b = 19,108 \text{ KVA}$$

c- Demanda referente a aparelhos condicionadores de ar:

1 aparelho condicionador de ar de 9000 BTU – 1650 VA

$$c = 1,650 * 1$$

$$c = 1,65 \text{ KVA}$$

d = Demanda de motores elétricos;

$$d = 0 \text{ KVA}$$

e = Demanda de máquinas de solda a transformador;

$$e = 0 \text{ KVA}$$

f = Demanda dos aparelhos de raios-x;

$$f = 0 \text{ KVA}$$

Logo, tem-se o resultado da demanda total da instalação:

$$D = a + b + c + d + e + f$$

$$D = 4,218 + 19,108 + 1,65 + 0 + 0 + 0$$

$$D = 24,976 \text{ KVA}$$

A1.4 ELABORAÇÃO DO PROJETO ELÉTRICO COMPLETO NO SOFTWARE LUMINE

No intuito de possibilitar uma melhor visualização do projeto elaborado ao longo deste trabalho, o discente elaborou também o mesmo projeto no software Alto Qi Lumine, disponível para estudos dos alunos na Universidade Federal de Uberlândia. Outro software também

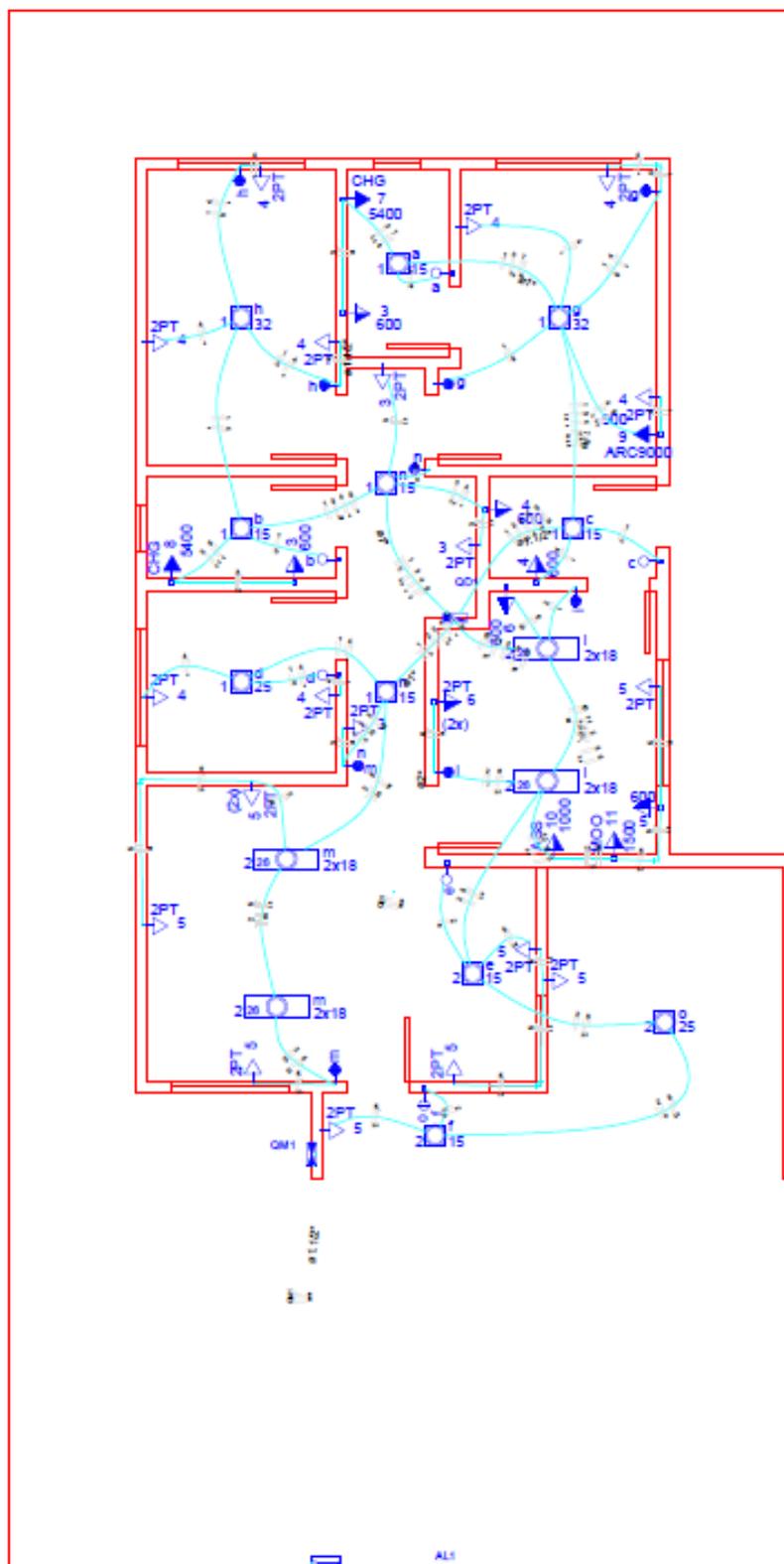
utilizado para fazer alguns ajustes tanto no início do projeto quanto nas organizações finais, foi o software AutoCAD versão estudante.

É importante salientar que os itens elétricos utilizados para fazer a estimativa de dimensionamento à mão, como luminárias, lâmpadas e eletrodomésticos foram em sua maioria, cadastrados no software com exatamente as mesmas especificações, fazendo apenas algumas mudanças por exemplo, nas lâmpadas utilizadas na Sala, para que fosse possível dispor 2 luminárias invés das 3 estimadas no projeto à mão, para uma melhor disposição espacial.

Algumas vantagens interessantes quanto ao uso deste software podem ser citadas, como a geração automática de: quadros de carga, demanda da instalação, entrada da concessionária, lista de materiais, passagem de condutores, diagrama unifilar e diagrama multifilar completo.

Seguem abaixo algumas imagens relevantes que foram geradas no software ao finalizar este projeto elétrico como um todo:

Figura 50 - Projeto equivalente realizado no software AltoQi Lumine da UFU



Fonte: O autor

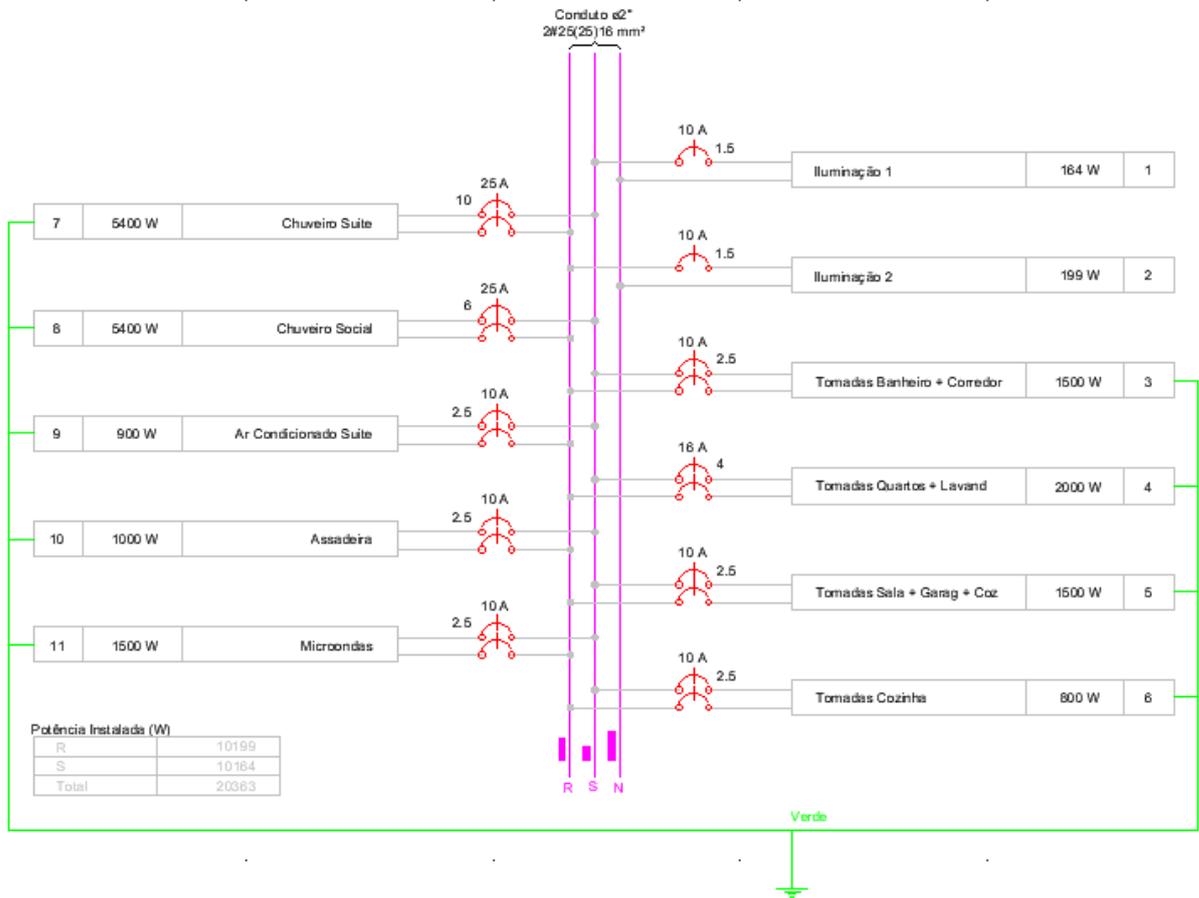
Figura 51 - Legenda do projeto

Legenda	
	Caixa de medição embutir a 1,50m do piso
	Entrada de serviço aéreo
	Interruptor paralelo 1 tecla - 1,10m do piso
	Interruptor paralelo 2 teclas - 1,10m do piso
	Interruptor simples 1 tecla - 1,10m do piso
	Interruptor simples 2 teclas - 1,10m do piso
	Luminária p/ lâmp. fluor. compacta c/ reator - embutir teto
	Luminária p/ lâmp. fluor. tubular - embutir
	Ponto 2P+T a 2,20m do piso
	Quadro de distribuição - embutir a 1,50m do piso
	Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 10 A a 1,10m do piso
	Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 20 A a 1,10m do piso
	Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 20 A a 2,20m do piso
	Tomada universal (2) 2P+T a 1,10m do piso
	Tomada universal (2) 2P+T a 0,30m do piso
	Tomada universal 2P+T a 0,30m do piso

Fonte: O autor

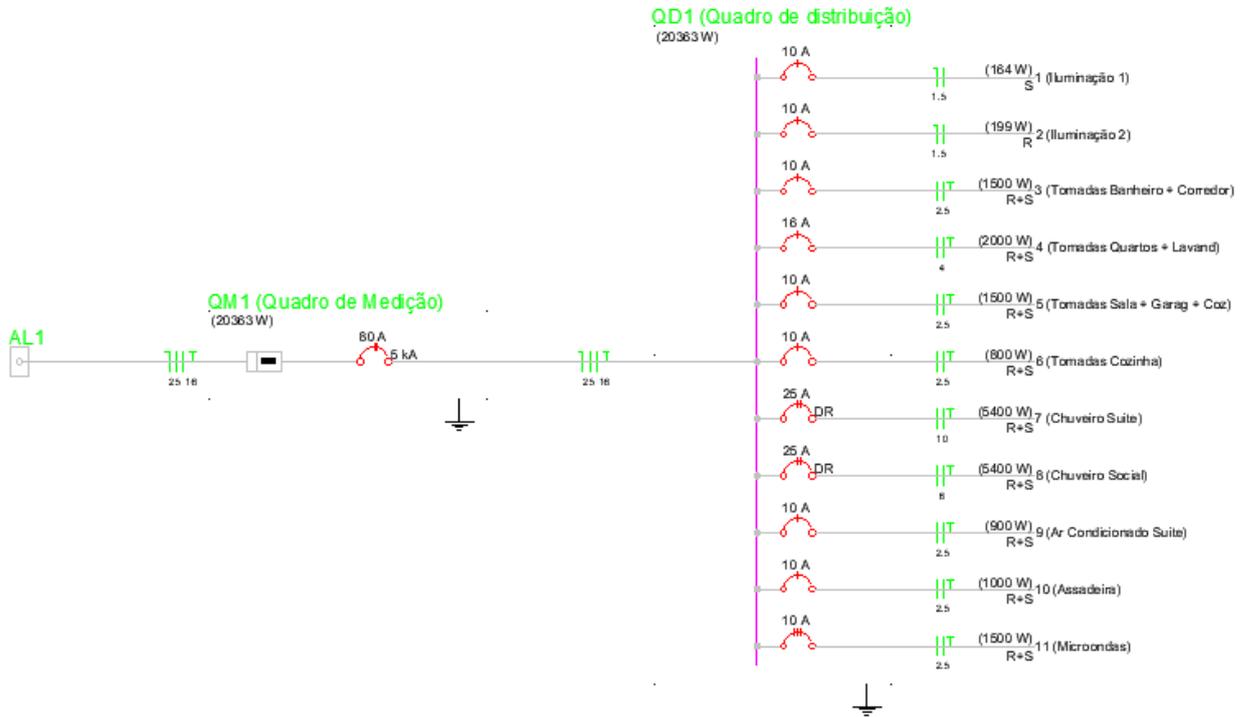
Figura 52 - Quadro de distribuição - Diagrama multifilar

QD1 (Quadro de distribuição)



Fonte: O autor

Figura 53 - Quadro de distribuição - Diagrama unifilar



Fonte: O autor

Figura 54 - Quadros de cargas e demanda da instalação

Quadro de Cargas (AL 1)

Circuito	Descrição	Equipamento	Método de med.	V (V)	Pol. total (VA)	Pol. total (W)	Fases (R+S)	Pol. R (W)	Pol. S (W)	Pol. T (W)	FCT	FCA (A)	I _r (A)	Sigdo (mm ²)	I _c (A)	Dij ₁ (A)	dV _{parc} (%)	dV _{total} (%)	Status	
QM1	Quadro de Medição	2F+N+T	B1	220 / 127 V	22122	20363	R+S	10199	10184	10184	0	1,00	1,00	79,3	25	89,0	80,0	0,85	0,85	OK
TOTAL					22122	20363	R+S	10199	10184	10184										OK

Quadro de Cargas (QM 1)

Circuito	Descrição	Equipamento	Método de med.	V (V)	Pol. total (VA)	Pol. total (W)	Fases (R+S)	Pol. R (W)	Pol. S (W)	Pol. T (W)	FCT	FCA (A)	I _r (A)	Sigdo (mm ²)	I _c (A)	Dij ₁ (A)	dV _{parc} (%)	dV _{total} (%)	Status	
Q01	Quadro de distribuição	2F+N+T	B1	220 / 127 V	22122	20363	R+S	10199	10184	10184	0	1,00	1,00	79,3	25	89,0	80,0	0,91	1,96	OK
TOTAL					22122	20363	R+S	10199	10184	10184										OK

Quadro de Cargas (QD 1)

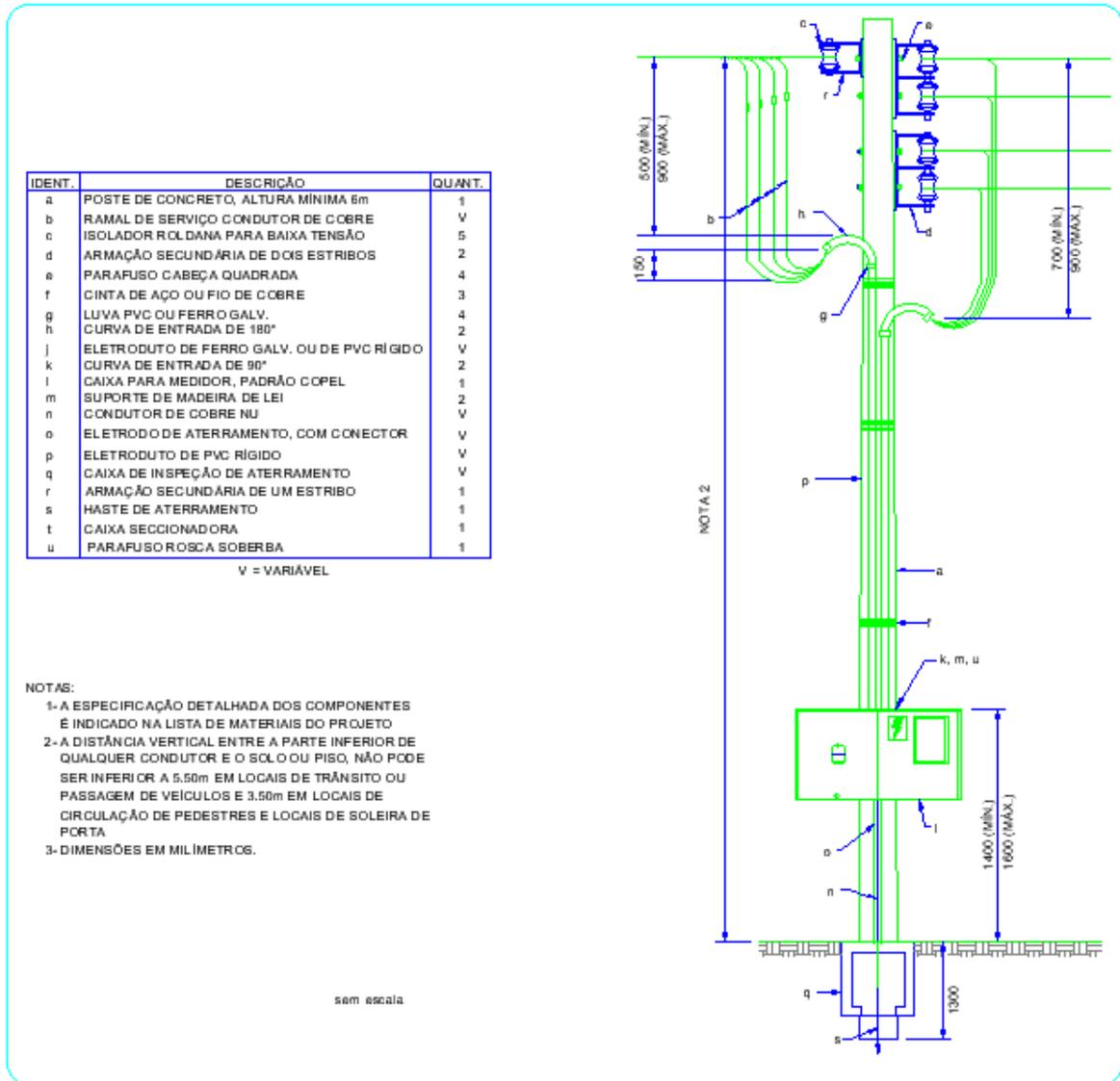
Circuito	Descrição	Equipamento	Método de med.	V (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pol. total (VA)	Pol. total (W)	Fases (R+S)	Pol. R (W)	Pol. S (W)	Pol. T (W)	FCT	FCA (A)	I _r (A)	Sigdo (mm ²)	I _c (A)	Dij ₁ (A)	dV _{parc} (%)	dV _{total} (%)	Status
1	Iluminação 1	F+N	B1	127 V	15	118	133	133	R+S	101	101	101	1,00	0,80	1,0	1,5	17,5	10,0	0,12	1,88	OK
a					1	1	2	2	R+S	15	15	15	1,00	0,1	1,5	17,5	10,0			OK	
b					1	1	1	1	R+S	16	16	16	1,00	0,1	1,5	17,5	10,0			OK	
c					1	1	1	1	R+S	18	18	18	1,00	0,1	1,5	17,5	10,0			OK	
d					1	1	1	1	R+S	27	27	27	1,00	0,3	1,5	17,5	10,0			OK	
e					1	1	1	1	R+S	35	35	35	1,00	0,3	1,5	17,5	10,0			OK	
f					1	1	1	1	R+S	35	35	35	1,00	0,3	1,5	17,5	10,0			OK	
g					1	1	1	1	R+S	33	33	33	1,00	0,3	1,5	17,5	10,0			OK	
h					1	1	1	1	R+S	33	33	33	1,00	0,3	1,5	17,5	10,0			OK	
2	Iluminação 2	F+N	B1	127 V	2	8	10	10	R+S	199	199	199	1,00	0,80	2,2	1,5	17,5	10,0	0,29	1,85	OK
e					1	1	1	1	R+S	16	16	16	1,00	0,1	1,5	17,5	10,0			OK	
f					1	1	1	1	R+S	16	16	16	1,00	0,1	1,5	17,5	10,0			OK	
i					4	4	4	4	R+S	104	104	104	1,00	0,1	1,5	17,5	10,0			OK	
m					4	4	4	4	R+S	104	104	104	1,00	0,1	1,5	17,5	10,0			OK	
o					1	1	1	1	R+S	27	27	27	1,00	0,3	1,5	17,5	10,0			OK	
3	Tomadas Banheiro + Corredor	F+F+T	B1	220 V		3	2	2	R+S	1708	1600	750	1,00	0,80	6,4	2,5	24,0	10,0	0,27	1,83	OK
4	Tomadas Quartos + Lavand	F+F+T	B1	220 V		6	2	2	R+S	2333	2000	1000	1,00	0,80	7,9	4	32,0	18,0	0,12	1,88	OK
5	Tomadas Sala + Gang + Coz	F+F+T	B1	220 V		9	1	1	R+S	1792	1600	750	1,00	0,80	6,9	2,5	24,0	10,0	0,32	1,88	OK
6	Tomadas Cozinha	F+F+T	B1	220 V		2	1	1	R+S	917	800	400	1,00	0,80	6,9	2,5	24,0	10,0	0,14	1,70	OK
7	Chuveiro Sala	F+F+T	B1	220 V		2	1	1	R+S	5400	5400	2700	1,00	0,80	40,9	10	57,0	25,0	0,46	2,02	OK
8	Chuveiro Social	F+F+T	B1	220 V		1	1	1	R+S	5400	5400	2700	1,00	0,85	37,6	6	41,0	25,0	0,66	2,12	OK
9	Air Condicionado Sala	F+F+T	B1	220 V		1	1	1	R+S	1000	900	450	1,00	0,80	7,6	2,5	24,0	10,0	0,30	1,86	OK
10	Assessoria	F+F+T	B1	220 V		1	1	1	R+S	1390	1000	500	1,00	0,80	9,6	2,5	24,0	10,0	0,29	1,85	OK
11	Microondas	F+F+T	B1	220 V		1	1	1	R+S	1675	1600	750	1,00	0,80	14,2	2,5	24,0	10,0	0,48	2,04	OK
TOTAL					7	8	2	2	R+S	22122	20363	10199								OK	

Quadro de Demanda (AL 1)

Tipo de carga	Potência instalada (KVA)	Fator de demanda (%)	Demandas (KVA)
Iluminação e TLU's (Casas e Apartamentos)	7,20	35	2,52
Uso específico	14,93	100	14,93
TOTAL			17,44

Fonte: O autor

Figura 55 - Entrada da concessionária de energia do local



MEDIÇÃO EM POSTE - SAÍDA AÉREA

Fonte: O autor

Figura 56 - Lista de materiais

Lista de Materiais		Dispositivo de Proteção	
Acessórios p/ eletrodutos		Dispositivo de Proteção	
Aruela zamak		Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN	
1.1/2"	2 pç	10 A	1 pç
3/4"	1 pç	Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN	
Bucha zamak		10 A	7 pç
1.1/2"	2 pç	16 A	1 pç
3/4"	1 pç	Disjuntor bipolar DR (fase/fase - In 30mA) - DIN	
Caixa PVC		25 A	2 pç
4x2"	46 pç	Disjuntor bipolar termomagnético (220 V/127 V) - DIN	
Caixa PVC octogonal		80 A - 5 kA	1 pç
3x3"	15 pç	Eletroduto PVC flexível	
Curva 90° PVC longa rosca		Eletroduto leve	
1.1/2"	2 pç	1"	14,30 m
Luva PVC rosca		3/4"	152,20 m
1.1/2"	6 pç	Eletroduto pesado	
Acessórios uso geral		1.1/2"	12,70 m
Fita isolante autofusão		2"	10,20 m
20m	1 pç	Eletroduto PVC rosca	
Cabo Unipolar (cobre)		Eletroduto, vara 3,0m	
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirelli Pirastic Ecoplus BWF Flexível)		1.1/2"	2,00 m
1.5 mm ² - Azul claro	45,70 m	2"	2,00 m
1.5 mm ² - Marrom	34,50 m	2.1/2"	1,00 m
1.5 mm ² - Outro	149,00 m	3/4"	4,00 m
1.5 mm ² - Preto	45,50 m	Luminárias e acessórios	
10 mm ² - Marrom	11,80 m	Luminária embutir p/ compacta	
10 mm ² - Preto	11,80 m	reator integrado	11 pç
10 mm ² - Verde-amarelo	11,80 m	Luminária embutir p/ fluoresc. tubular	
16 mm ² - Verde-amarelo	17,50 m	2x18W TCC	4 pç
2.5 mm ² - Marrom	135,30 m	Reator eletromagnético p/ fluorescente tubular	
2.5 mm ² - Preto	135,30 m	2x18W TCC	4 pç
2.5 mm ² - Verde-amarelo	74,20 m	Soquete	
25 mm ² - Azul claro	17,50 m	base E 27	11 pç
25 mm ² - Marrom	17,50 m	base G 13	16 pç
25 mm ² - Preto	17,50 m	Lâmpada fluorescente	
4 mm ² - Marrom	67,20 m	Compacta reator integrado	
4 mm ² - Preto	67,20 m	15W TCC	7 pç
4 mm ² - Verde-amarelo	54,30 m	25W TCC	2 pç
6 mm ² - Marrom	8,50 m	32W TCC	2 pç
6 mm ² - Preto	8,50 m	Tubular comum - diam. 26mm	
6 mm ² - Verde-amarelo	8,50 m	2x18W TCC	8 pç
Dispositivo Elétrico - embutido		Material p/ entrada serviço	
Placa 2x4"		Cabeçote alumínio p/ eletroduto	
Interruptor paralelo - 1 tecla	8 pç	1.1/2"	2 pç
Interruptor simples - 1 tecla	5 pç	Haste de aterramento aço/cobre	
Placa cega	2 pç	D=15mm, comprimento 2,4m	1 pç
Placa p/ 1 função	9 pç	Isolador soldana 600V	
Placa p/ 1 função retangular	18 pç	Porcelana vidrada	4 pç
Placa p/ 2 funções retangulares	2 pç	Panfuso aço galvanizado cabeça quadr.	
Placa p/ 2 funções retangulares separadas	2 pç	Rosca M16x2, comprim. 180mm	2 pç
S/ placa		Poste concreto armado	
Interruptor 2 teclas paralelas	1 pç	Comprimento 6,0m	1 pç
Interruptor 2 teclas simples	1 pç	Quadro de medição - COPEL	
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	7 pç	Unidade consumidora individual - embutir	
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 20A	2 pç	Caixa "CN" p/ medidor polifásico	1 pç
Tomada universal retangular (2) 2P+T 10A	2 pç	Quadro distrib. plástico - embutir	
Tomada universal retangular 2P+T 10A	16 pç	Barr. bif., - DIN (Ref. Hager)	
		Cap. 16 disj. unip. - In Pente 100A	1 pç

Fonte: O autor