

**PANORAMA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL
AUTOMATIZADO NO DISTRITO FEDERAL SOB A PERSPECTIVA DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

MARIA EDUARDA ALMEIDA DE LIMA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BRASÍLIA / DF: MAIO – 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**PANORAMA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL
AUTOMATIZADO NO DISTRITO FEDERAL SOB A PERSPECTIVA
DA CONSTRUÇÃO CIVIL.**

MARIA EDUARDA ALMEIDA DE LIMA

ORIENTADOR: CLÁUDIO HENRIQUE DE ALMEIDA FEITOSA PEREIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

BRASÍLIA / DF: MAIO – 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**PANORAMA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL
AUTOMATIZADO NO DISTRITO FEDERAL SOB A PERSPECTIVA
DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

MARIA EDUARDA ALMEIDA DE LIMA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

Prof. Cláudio Henrique De Almeida Feitosa Pereira, Dr. (UnB)

(Orientador)

Profa. Cláudia Márcia Coutinho Gurjão, Dra. (UnB)

(Examinadora interna)

Victor Silva Lemos Bernardes (UnB)

(Examinador externo)

BRASÍLIA/DF, 09 DE MAIO DE 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

LIMA, MARIA EDUARDA ALMEIDA DE

PANORAMA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL AUTOMATIZADO NO DISTRITO FEDERAL SOB A PERSPECTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL [Distrito Federal] 2022.

xiii, 69p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2022)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1. Automação Residencial | 2. Construção civil |
| 3. Sistemas de Iluminação | 4. Desenvolvimento tecnológico |
| I. ENC/FT/UnB | II. Título (Bacharel) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, M.E.A. (2022). Panorama Do Sistema De Iluminação Residencial Automatizado No Distrito Federal Sob A Perspectiva Da Construção Civil. Monografia de Projeto Final II em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Maria Eduarda Almeida De Lima.

TÍTULO: Panorama Do Sistema De Iluminação Residencial Automatizado No Distrito Federal Sob A Perspectiva Da Construção Civil

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil /2022

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final II e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final II pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

Maria Eduarda Almeida De Lima
Quadra 2, conjunto F, Casa 205 – Setor Norte
CEP: 72.430-206 Gama – DF – Brasil
e-mail: eduardaalmeidal@hotmail.com

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho aos meus pais, Rita e João, que trabalharam muito para me proporcionar as oportunidades que me trouxeram até aqui. Mais do que isso, sempre me incentivaram e motivaram a estudar e me dedicar. Me apoiaram e confiaram no meu potencial até mesmo quando tudo parecia distante. Por isso e tanto mais, muito obrigada.

Preciso agradecer também aos meus irmãos, Gabriela e Rafael, que estiveram ao meu lado em todos os momentos da minha vida e, independente da circunstância, nunca soltaram a minha mão e fizeram de mim a pessoa que eu sou. Por todas as conversas, conselhos, encorajamento e, sobretudo pelo carinho, sou imensamente grata.

Às minhas amigas, que toleraram meus afastamentos súbitos em picos de produtividade, que me auxiliaram, seja através de conselhos ou de inspiração. Flávia, Luana, Marianna, Lethícia e Letícia, dentre tantas outras pessoas que tornaram toda a caminhada da graduação mais leve e agradável. Cada abrigo, cada consolo, cada risada (principalmente a de desespero) me motivou a chegar aqui. Todos os que me acompanharam nessa jornada fizeram da minha faculdade um período de alegria.

Sou grata a mim, por não ter desistido nos momentos difíceis, e grata especialmente à Rafaela, por não permitir que eu desistisse quando eu mesma perdi as forças. Agradeço pelo auxílio nas partes práticas de projeto e por cada uma das vezes que me ouviu praticar uma entrevista ou apresentação.

Agradeço ao prof. Cláudio, pela paciência e resiliência nas orientações e, por fim, mas não menos importante, se faz necessário também o reconhecimento mulheres como Edwiges Maria Becker Hom’meil (1917), a primeira mulher a se formar em engenharia civil no Brasil. Por causa dela e tantas outras que trilharam um caminho árduo, enfrentando o machismo presente nas exatas que eu posso ter o título de engenheira, e por isso, eu agradeço.

RESUMO

Mediante um cenário de intenso desenvolvimento tecnológico, associado à crescentes preocupações com o desenvolvimento sustentável, a engenharia civil deve aperfeiçoar as técnicas e materiais implementados em obras residenciais e prediais a fim de acompanhar as transformações sociais. Dentre as novas tecnologias disponíveis, aponta-se a automação residencial, particularmente, a automação de sistemas de iluminação de unidades habitacionais unifamiliares. Partindo de propostas como a economia de energia através de incremento na eficiência energética e consumo consciente, a automação de sistemas promove conforto, praticidade e segurança para os usuários, além de acessibilidade a pessoas com dificuldades psicomotoras. Este trabalho propõe uma análise entre os assuntos convergentes entre a automação de sistemas de iluminação e a construção civil, bem como o posicionamento do mercado no Distrito Federal em contexto pandêmico e suas expectativas futuras, através da análise de discurso de especialistas em automação. Buscou-se o desenvolvimento de um material de estudo para engenheiros civis com interesse nesta área emergente, levantando questões como a compatibilização de projetos, análise de custos e infraestrutura do sistema. Como resultados, são apresentadas as vantagens e desvantagens práticas em termos da construção civil, comparando sistemas com e sem fio, suas premissas e perspectivas. Além disso, discute-se a respeito das causas e implicações de diferentes aplicações de sistemas, comentando sobre as questões que podem vir a fazer um sistema automatizado ser superior a outro, levando em conta questões como a personalização de soluções, capacidade de atualização e tecnologia adotada.

Palavras chave: Automação, Construção Civil, Sistemas de Iluminação, Tecnologia.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	2
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
2	OBJETIVOS	7
2.1	OBJETIVO GERAL	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1	SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	8
3.1.1	Sistemas de iluminação primitivos.....	8
3.1.2	Sistemas de iluminação tradicionais	8
3.1.3	<i>Smart homes</i>	9
3.2	CONCEITOS BÁSICOS SOBRE OS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	12
3.2.1	Fluxo luminoso.....	12
3.2.2	Luminância	12
3.2.3	Iluminância	13
3.2.4	Potência	13
3.2.5	Eficiência luminosa.....	13
3.2.6	Cores e temperaturas:	13
3.2.7	Cenas.....	14
3.2.8	<i>Bluetooth</i>	14
3.2.9	Wi-fi	14
3.2.10	Domótica.....	15
3.2.11	Cabeamento estruturado	15
3.3	NORMATIZAÇÃO	19
3.3.1	Circuitos elétricos	19
3.3.2	Conforto e iluminação.....	19

3.3.3	Automação de sistemas residenciais	21
3.4	SISTEMA DE AUTOMATIZAÇÃO.....	22
3.4.1	Protocolos	23
3.4.1.1	Protocolo X-10.....	24
3.4.1.2	Protocolo LONWorks	24
3.4.1.3	Protocolo KNX	25
3.4.1.4	Protocolo Z-WAVE	25
3.4.1.5	Protocolo ZIGBEE.....	25
3.4.1.6	Comparação geral	26
3.4.2	Efeitos na construção civil	27
3.5	CLASSIFICAÇÕES	29
4	METODOLOGIA	31
4.1	REFERENCIAL TEÓRICO	31
4.2	MAPEAMENTO	32
4.2.1	Palavra-chave: automação.....	32
4.2.2	Palavra-chave: automação residencial	33
4.2.3	Palavra-chave: automação de sistemas de iluminação.....	33
4.2.4	Palavra-chave: projetos de automação de sistemas de iluminação residencial.....	34
4.3	SELEÇÃO	35
4.4	ENTREVISTA	35
4.4.1	Conhecendo o especialista.....	36
4.4.2	Público-alvo	36
4.4.3	Projeto.....	37
4.4.4	Convergência com a engenharia civil	37
4.5	CLASSIFICAÇÃO	38
5	RESULTADOS	39

5.1	MAPEAMENTO E SELEÇÃO.....	39
5.2	ENTREVISTA	40
5.2.1	Conhecendo o especialista.....	41
5.2.2	Público-alvo	43
5.2.3	Projetos	44
5.2.4	Convergência com a engenharia civil	47
5.3	CLASSIFICAÇÃO	51
6	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela	Página
Tabela 1 - Receita projetada e indicadores do mercado brasileiro de automação residencial.	2
Tabela 2 – Comparação entre protocolos de automação residencial. Fonte: (GONÇALVES, 2017 <i>apud</i> EUROX10.COM).....	27
Tabela 3 – Primeira fase da entrevista – Conhecendo o especialista	36
Tabela 4 – Segunda fase da entrevista – Delimitando público-alvo.....	37
Tabela 5 – Terceira fase da entrevista – Minúcias de projeto	37
Tabela 6 – Quarta fase da entrevista – Convergência com a engenharia civil	38
Tabela 7 – Caracterização do especialista – resumo. Autora, 2022.	42
Tabela 8 – Caracterização de público-alvo – resumo. Autora, 2022.....	44
Tabela 9 – Especificações de projeto – resumo. Autora, 2022.....	46
Tabela 10 – Convergências com a engenharia civil – resumo. Autora, 2022.	50

LISTA DE IMAGENS

Imagem	Página
Figura 1-1 – 91,84% dos profissionais de engenharia consideram relevante a incorporação de tecnologias quanto à venda de um imóvel. Fonte: Rebouças (2020).....	3
Figura 1-2 – 95,92% dos profissionais de engenharia consideram a automação residencial um diferencial mercadológico. Fonte: Rebouças (2020).....	4
Figura 1-3 – Apenas 14,58% dos profissionais de engenharia entrevistados utilizaram automação em obra ou projeto realizado. Fonte: Rebouças (2020)	4
Figura 1-4 – Definição de prioridade por parte dos consumidores quanto aos parâmetros buscados através da automação residencial. Fonte: Rebouças (2020)	5
Figura 3-1 – Gráfico da existência de iluminação elétrica no Brasil. Fonte: iBGE, modificado, 1981 – 2015	9
Figura 3-2 - Gráfico de indivíduos utilizando a internet: % da população por ano. Fonte: banco Mundial, 2019	11
Figura 3-3 – Cabo tipo par trançado UTP. Fonte: WK Elétrica.....	16
Figura 3-4 – Conector RJ 45. Fonte: central Cabos.	16
Figura 3-5 – Classificação dos cabos em categorias quanto à sua taxa de transmissão. Fonte: (Fey e Gauer, 2014).....	17
Figura 3-6 – Cabo coaxial. Fonte: top Ip.....	18
Figura 3-7 – Cabo de fibra óptica. Fonte: autor desconhecido.....	18
Figura 3-8 – Parâmetros de qualidade de projeto de iluminação. Fonte: Willig (2012).	20
Figura 3-9 – Esquema ilustrativo de um circuito de iluminação com acionamento tipo four-way (intermediário). Fonte: vacchiano, 2015.....	28
Figura 3-10 – Comparação entre instalação de zona de iluminação convencional e automatizada. Fonte: murtatori e Dal Bó, 2014.....	29
Figura 4-1 – Fluxograma de etapas do trabalho. Fonte: autora, 2021.....	31
Figura 4-2 – Diagrama de demonstração da metodologia de mapeamento de profissionais. Autora, 2022.	32
Figura 4-3 - Mapa com indicações de empresas. Palavra-chave: automação Brasília. Autora, 2022.	33

Figura 4-4 - Mapa com indicações de empresas. Palavra-chave: automação Brasília. Autora, 2022.	33
Figura 4-5 - Mapa com indicações de empresas. Palavra-chave: automação De Sistemas De Iluminação. Autora, 2022.	34
Figura 4-6 - Mapa com indicações de empresas. Palavra-chave: automação De Sistemas De Iluminação. Autora, 2022.	35
Figura 5-1 – Diagrama de Venn – Intersecções de resultados entre palavras chave. Autora, 2022.	39
Figura 5-2 – Filtro de seleção – Resumo. Autora, 2022.....	40

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação	Página
Equação 3.1: luminância.....	7
Equação 3.2: iluminância	7

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o desenvolvimento sustentável é uma realidade desde a Conferência de Estocolmo, na Suécia, em 1972. Desde então, todo o mundo busca por alternativas viáveis de utilização de fontes de geração de energia limpa, bem como de consumo consciente de energia. A associação da evolução tecnológica e barateamento de sistemas inicialmente designados ao campo industrial viabilizaram a implementação de sistemas de automações residenciais, que se tornaram alternativas eficientes no incremento da eficiência energética de unidades habitacionais uni e multifamiliares. De acordo com a AURESIDE – Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial, os prédios inteligentes, equipados com este tipo de solução podem evitar que a taxa de condomínio fique 30% a 40% mais cara, considerando que a tendência para os próximos anos é que a energia seja um recurso cada vez mais caro. De acordo com *National Association of Home Builders (NAHB) Research Centre* – Centro de pesquisa da associação americana de construtores residenciais (tradução livre), a iluminação equivale de 10% a 20% do uso total de energia elétrica numa residência, de forma que a automação deste sistema se dá através do emprego de timers, dimmers e sensores, que apresentam potencial de economia de até 60% (RIBEIRO, 2018).

Além da conotação sustentável, a automação residencial apresenta forte incremento aos usuários em termos de conforto, acessibilidade, segurança e praticidade. Representa, portanto, ao consumidor final valorização ao imóvel e qualidade de vida, de forma que, de acordo com a *NAHB Research Centre (2017)*, dois terços dos consumidores haviam apresentado interesse na casa conectada na tecnologia *smart*. De acordo com Muratori e Dal Bó, 2014, no mercado norte-americano, 84% dos construtores entendem que incorporar tecnologia às residências que constroem é um importante diferencial mercadológico.

Ainda, mediante o início da pandemia causada pela disseminação do vírus covid-19, as atividades à distância foram priorizadas, de forma que foi necessária a adaptação de residências para realização de teletrabalho e educação à distância ao redor do mundo. Fato este que impulsionou o setor da construção civil tal que o crescimento do setor em 2021 subiu de 2,5% para 4% (Agência Brasil, 2021). Estas adaptações impulsionaram, também, a procura pela automação de sistemas residenciais. De acordo com a AURESIDE, é estimado um crescimento de US\$ 32 bilhões em 2015 para US\$ 78 bilhões em 2022, uma taxa anual

composta de 12,5%. Num contexto nacional, Rebouças (2020, *apud* Statista, 2020), discrimina a receita projetada discriminada conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Receita projetada e indicadores do mercado brasileiro de automação residencial.

Fonte: Rebouças 2020, *apud* STATISTA 2020)

Setores	Receita projetada 2020 (US\$ milhões)	Taxa de crescimento anual	Volume do mercado até 2025 (US\$ milhões)	Taxa de penetração 2020	Taxa de penetração 2025	Receita média por casa instalada (US\$)
Gestão de energia	48	25,00%	146	1,70%	6,00%	41,26
Conforto e iluminação	34	30,00%	128	2,00%	9,50%	25,26
Entretenimento	129	20,90%	334	2,50%	10,30%	75,29
Controle e conectividade	94	28,50%	331	2%	6,90%	85,57
Segurança	119	26,10%	378	2,00%	9,10%	86,1
Eletrodomésticos inteligentes	285	26,10%	908	1,60%	7,70%	260,49
Mercado Total	710	25,70%	2.225	6,20%	12,70%	167,07

Dessa forma, a motivação para este trabalho está ligada ao desenvolvimento da automação residencial, onde a procura por parte dos consumidores estabelece uma crescente demanda de mercado, o que implica numa necessidade de extensão do conhecimento sobre o assunto pelos engenheiros civis, agentes diretos no planejamento, na gerência e na execução das obras, como um diferencial profissional.

1.1 JUSTIFICATIVA

A adoção da automação residencial detém forte potencial e apresenta acentuado crescimento ao longo dos anos ao redor do mundo, porém, dentre os seus desafios, de acordo com SENA (2005), um dos principais refere-se à “falta de conhecimento específico dos projetistas: percebe-se um crescente interesse de arquitetos e projetistas pelo tema, no entanto, muitos se mostram inacessíveis às novidades e nem sempre contribuem positivamente no processo de melhoria dos projetos de infraestrutura”.

De acordo com a Conselho Nacional de Engenharia e Agronomia (CONFEA), dentre as atribuições e competências de um engenheiro civil, destaca-se o artigo 28, alínea b: “o estudo, projeto, direção, fiscalização e construção de edifícios, com todas as suas obras complementares” (BRASIL, 1933). Dessa forma, o engenheiro civil é agente ativo da construção civil e, com isso, também é fiscalizador da implantação dos sistemas de automação. Para tal, é indispensável o conhecimento básico acerca dos componentes e procedimentos a fim de garantir correta instalação com máxima eficiência e aproveitamento. Este pensamento motiva, de forma análoga, a existência de disciplinas obrigatórias voltadas às instalações elétricas e eletricidade na grade curricular do engenheiro civil. Entretanto, por se referir a uma área tão nova e pouco explorada, existe a defasagem quanto à domótica na engenharia civil.

De acordo com uma análise de mercado realizada por Rebouças (2020), a grande maioria dos profissionais de engenharia consideram a incorporação da automação residencial como um diferencial mercadológico, além de relevante em termos de venda de imóveis. Por outro lado, apenas 14,58% dos entrevistados já havia utilizado a automação residencial em obra e/ou projeto. Dessa forma, é perceptível que a implementação da automação é valiosa e apresenta mercado a ser explorado, entretanto, os próprios profissionais de engenharia, que apresentam influência nos projetos e até mesmo sobre os clientes e usuários, são despreparados e inexperientes quanto à estas tecnologias, sendo um empecilho quanto à difusão e conseqüente barateamento destas. Nas figuras seguintes são apresentados dados sobre o cenário levantado por Rebouças (2020).

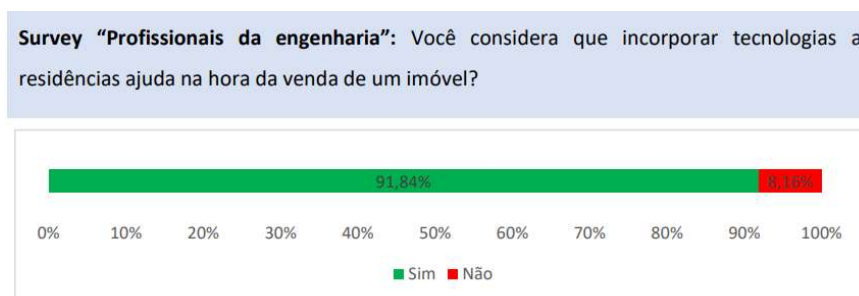


Figura 1-1 – 91,84% dos profissionais de engenharia consideram relevante a incorporação de tecnologias quanto à venda de um imóvel. Fonte: Rebouças (2020)

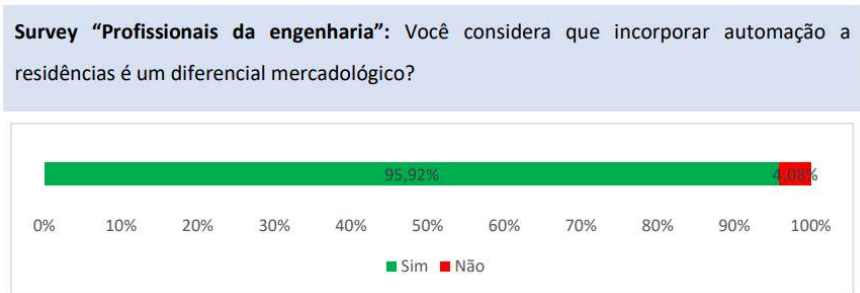


Figura 1-2 – 95,92% dos profissionais de engenharia consideram a automação residencial um diferencial mercadológico. Fonte: Rebouças (2020)



Figura 1-3 – Apenas 14,58% dos profissionais de engenharia entrevistados utilizaram automação em obra ou projeto realizado. Fonte: Rebouças (2020)

Assim, apesar de a automação residencial, como um todo, ser uma temática pertinente à engenharia civil, é também um conteúdo extenso e com vastas aplicações, de forma que, a fim de permitir o aprofundamento, a pesquisa foi direcionada em torno dos sistemas de iluminação, uma vez que representam a introdução ao assunto. A Figura 1.4 apresentam as prioridades buscadas pelos consumidores, de acordo com a pesquisa realizada por Rebouças (2020).

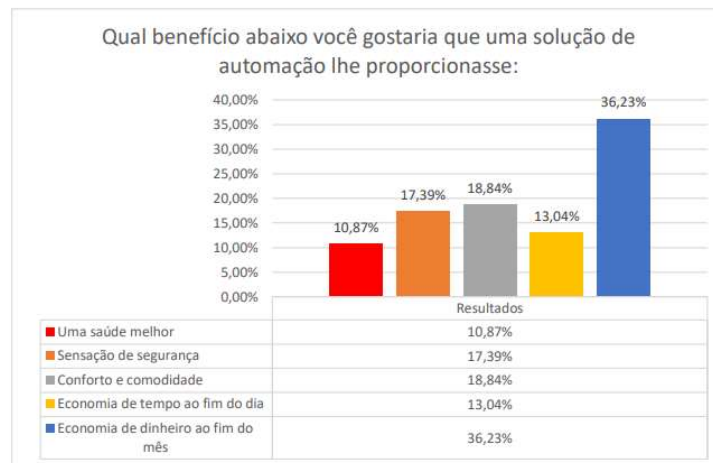


Figura 1-4 – Definição de prioridade por parte dos consumidores quanto aos parâmetros buscados através da automação residencial. Fonte: Rebouças (2020)

Conforme apresentado na Figura 1.4 as prioridades buscadas pelos consumidores, de acordo com a pesquisa realizada por Rebouças (2020), são a economia e o conforto, e a automação dos sistemas de iluminação abarca de maneira satisfatória ambos os parâmetros e será, portanto, o enfoque deste trabalho, que está inserido linha de pesquisa: tecnologia, Processos, Componentes e Materiais de Construção da área de Sistemas Construtivos e Materiais do curso de Engenharia Civil da Universidade de Brasília-UnB.

Coloca-se que atualmente existe um déficit nos estudos de automação nos cursos de engenharia civil, exigindo uma eventual capacitação especializada para aqueles que tem interesse pelo tema após a graduação ou para os que se deparam com empecilhos gerados pela falta de conhecimento, já no mercado de trabalho. Conforme exposto, a justificativa de desenvolvimento deste trabalho está atrelada a necessidade de desenvolver o conhecimento acerca do tema e contribuir com a disseminação das noções básicas de automação para a construção civil.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi realizado em duas etapas: proposta e execução, mediante execução das disciplinas de Projeto Final 1 e 2. No primeiro momento, foram apresentadas as colocações iniciais sobre a introdução, objetivos e referencial teórico da pesquisa, que abarca o histórico, principais protocolos e comparações entre o sistema tradicional de iluminação

residencial e o sistema automatizado de iluminação residencial. Por conseguinte, foi apresentada a metodologia proposta, com as referências bibliográficas utilizadas para basear a pesquisa.

Na segunda etapa, por sua vez, foram complementados e adaptados os itens supracitados, e registrados e discutidos os resultados obtidos através de pesquisa prática, e a conclusão e sugestões para continuidade do tema abordado neste trabalho de Projeto final.

Desta forma este trabalho foi dividido em 6 capítulos estruturado da seguinte forma: O Capítulo 1 que apresenta a introdução do tema e traz a motivação e justificativa para o trabalho. O Capítulo 2 indica os objetivos propostos pelo projeto, enquanto o Capítulo 3 já apresenta o referencial teórico baseado nas pesquisas bibliográficas. O Capítulo 4 designa as metodologias aplicadas para a obtenção dos objetivos propostos, ao passo que o Capítulo 5 expõe os resultados alcançados e suas respectivas análises. Por fim, o Capítulo 6 reflete a conclusão do trabalho, bem como sugestões para prossecução da linha de pesquisa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar um panorama sobre o desenvolvimento dos sistemas de iluminação automatizado, bem como a introdução de conceitos básicos e normatização e suas aplicações no atual mercado do Distrito Federal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do estudo são:

- Identificar o mercado atual através do levantamento das empresas desenvolvedoras de projetos de automatização do sistema de iluminação que atuam no Distrito Federal, distinguindo seus processos de atuação, principais fornecedores e o público-alvo;
- Averiguar o nível de exigência de informação sobre a automatização do sistema de iluminação com o conhecimento voltado à construção civil, através de consulta aos profissionais das empresas de automatização do sistema de iluminação que atuam no Distrito Federal;
- Correlacionar os sistemas mais empregados pelas empresas de automação estudadas com os sistemas convencionais de iluminação, visando o desenvolvimento de uma proposta de classificação de unidades residenciais de acordo com o nível de automação desse sistema.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

3.1.1 Sistemas de iluminação primitivos

O contraste entre a luz e a escuridão é fator regulador do sistema biológico humano, uma vez que a iluminação tem direta influência sobre a produção de hormônios¹ que controlam funções corporais e a fisiologia humana em intervalos de aproximadamente 24 horas (Daré, 2018). A iluminação, portanto, é determinística à rotina humana, a princípio condicionada a jornadas diurnas em função da iluminação natural, de forma que o nascer e pôr do sol eram os principais responsáveis por ditar a rotina da espécie.

Além de influência biológica, a iluminação também já era atrelada à segurança e conforto, visto que, mediante o desenvolvimento do mecanismo de visão diurna evolutivo humano, os principais perigos e predadores contavam com vantagens em períodos noturnos (Salveti, 2008), de forma que o controle da luz é uma necessidade desde o período paleolítico, onde, com a descoberta do fogo como fonte luminosa (Brandão, 2013), tem-se a primeira referência a um sistema de iluminação, que ditou o desenvolvimento da sociedade humana.

Com o desenvolvimento da sociedade e da tecnologia, houve também o aprimoramento do contexto de iluminação artificial, passando por tochas, velas, lamparinas e lampiões, até a invenção da lâmpada elétrica. O início da utilização de máquinas a vapor para geração de eletricidade, em 1879, proporcionou o emprego de lâmpadas elétricas para iluminação da Estação Central da Estrada de Ferro D. Pedro II, no Rio de Janeiro, sendo este o primeiro registro do feito no Brasil (Santos, 2014).

3.1.2 Sistemas de iluminação tradicionais

Mediante um contexto histórico de desenvolvimento econômico em meados do século XX atrelada à indústria cafeeira, foram proporcionadas transformações sociais que impulsionaram a formação do mercado interno, o aparecimento das ferrovias, dos bancos e das primeiras indústrias. Tais acontecimentos estimularam investimentos externos, que resultaram na entrada das empresas *The Brazilian Traction, Light and Power*, que controlava

¹ Melatonina (MEL).

a São Paulo Light (1899), e a Bond and Share, que controlava a Companhia Auxiliar de Empresas Elétricas Brasileiras (1913), canadense e norte-americanos, respectivamente. (Lorenzo, 1993). A introdução das concessionárias viabilizou o incremento da produção de energia elétrica, permitindo o início consumo urbano e industrial da energia elétrica no Brasil. (Lorenzo, 2002).

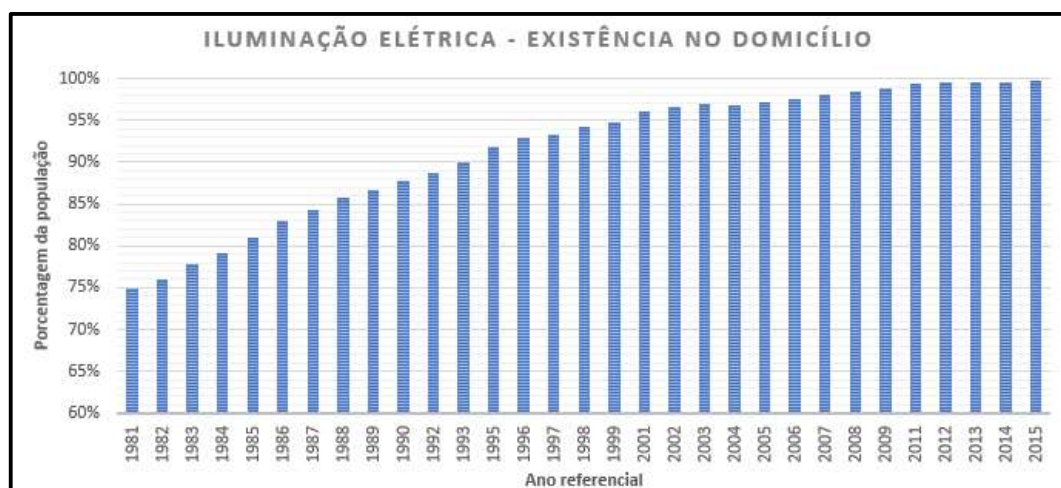


Figura 3-1 – Gráfico da existência de iluminação elétrica no Brasil. Fonte: IBGE, modificado, 1981 – 2015

No ano de 1889 é instalada a primeira usina hidrelétrica brasileira, Marmelos-zero, em Juiz de Fora, para fins de iluminação pública, tal que dois anos depois, em 1991 seria destinada também à iluminação doméstica (Macrolin, 2005). A evolução da engenharia, dentre outros fatores, resultou na expansão de implantações de usinas hidrelétricas, principal fonte de geração ainda atualmente (ANEEL, 2021), o que proporcionou a difusão do acesso à energia elétrica pelo país e, conseqüentemente, o acesso à iluminação doméstica conforme Figura 1, tal que, de acordo com o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, no ano de 2015, 99,71% da população brasileira conta com a presença de sistemas de iluminação residencial.

3.1.3 *Smart homes*

A busca constante pela facilitação e otimização levou à criação da automação de processos, que consiste na aplicação de técnicas e tecnologias com objetivo de incrementar qualidade e produtividade onde é aplicada. Por ser um conceito abrangente, o primeiro registro de processo automatizado data do século II a.C, com o relógio d'água, dispositivo automático

com objetivo de medição temporal. Desde então, sua aplicabilidade foi aperfeiçoada e disseminada, principalmente às indústrias (Lima, 2003).

A evolução tecnológica associada à globalização, por outro lado, intensificou o debate acerca dos efeitos ambientais atrelados à exploração de recursos naturais e incentivo ao desenvolvimento sustentável. Em 1992, a Organização das Nações Unidas – ONU realizou, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como Rio 92, onde foi discutida a Agenda 21 Global, que definiu metas para desenvolvimento sustentável, a qual inclui a preocupação com o fornecimento de energia elétrica limpa. Frente à crise hídrica e energética, a preocupação com sustentabilidade engloba o processo de geração de energia elétrica, que visa processos pouco poluentes através de recursos naturais renováveis com baixo impacto ambiental, mas também fortalece o incentivo a práticas de consumo consciente e otimização da eficiência energética.

Impulsionado pela preocupação com sustentabilidade, associada à evolução tecnológica e a busca pela otimização de processos, surge a busca pela implementação de sistemas de automação residenciais.

Em 1969 é lançada a “*Honeywell Kitchen Computer*”, máquina capaz de auxiliar usuários a planejar listas compras e receitas culinárias, e é tomada como ponto referencial na automação residencial. Apesar de útil, exigia semanas de treinamento para utilização e interpretação, além de custar quase três vezes o valor de uma casa, de forma a ser pouco viável aos consumidores, não tendo, portanto, alta popularidade entre os consumidores (Brown, 2017). Em meados da década de 70 surgem os primeiros dispositivos voltados à automação residencial, nos Estados Unidos, o sistema X-10, que permite que produtos compatíveis se comuniquem através da linha elétrica existente (Sena, 2005). Em 1984 é oficialmente utilizado pela primeira vez o termo “*Smart Home*”, Casa Inteligente, pela associação americana construção residencial, *American Association of Home Builders*, sendo conceituada como uma casa onde há interação tecnológica dos seus componentes (Harper, 2003). A casa inteligente, porém, era ainda apenas um conceito em função de dificuldades relacionadas à viabilidade, tanto tecnológica e financeira, como de interface ao usuário.

Existem registros, em 1972, do sistema ARPANET, precursor da internet, que utilizava a rede telefônica, e é tido como o marco para início da atividade da primeira comunidade

virtual. Com o contínuo investimento e desenvolvimento do sistema, surge então o conceito de uma “*International Network*” – rede internacional -, da qual, em 1990, foi oficialmente criada a internet: “Sistema mundial público, de redes de computadores [...] ao qual qualquer pessoa ou computador, previamente autorizado, pode conectar-se”, através de uma infraestrutura de rede mundial de telecomunicações, permitindo a transferência de comunicação entre computadores. A difusão da internet comercial foi rápida: desde seu início, considerado em 1995 (Vieira, 2003) até 2019, de acordo com dados do Banco Mundial (*World Development Indicators Database*), 56,727% da população mundial já possuía acesso à rede mundial de computadores. No Brasil, de acordo com o IBGE, no mesmo ano, 82,7% dos domicílios nacionais possuem acesso à internet.

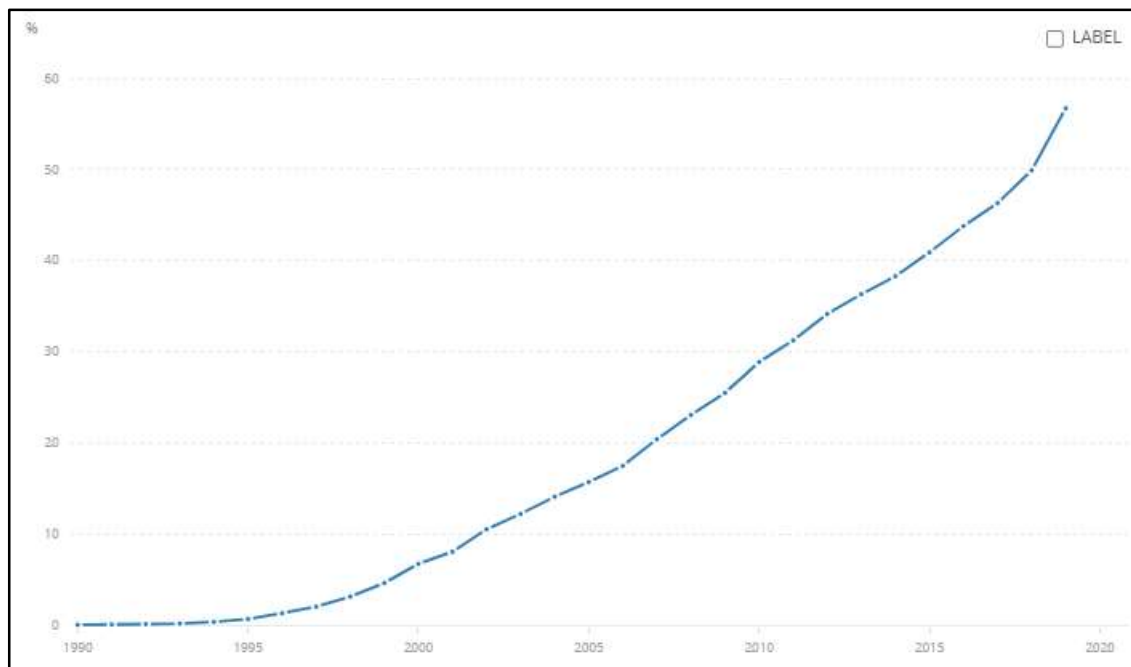


Figura 3-2 - Gráfico de indivíduos utilizando a internet: % da população por ano. Fonte: banco Mundial, 2019

Mediante avanço e disseminação da internet e dos computadores, torna-se presente a discussão acerca da internet das coisas – IoT (*Internet of things*):

De maneira geral, pode ser entendido como um ambiente de objetos físicos interconectados com a internet por meio de sensores pequenos e embutidos, criando um ecossistema de computação onipresente (ubíqua),

voltado para a facilitação do cotidiano das pessoas, introduzindo soluções funcionais nos processos do dia a dia. (Magrani, 2018, p.20).

A internet das coisas foi proposta inicialmente em 1999 pelo britânico Kevin Ashton, sendo definida como objetos conectados de forma unicamente identificável através de tecnologia radiofrequência (*Radio Frequency Identification* - RFID), ou seja, a realização de tarefas meio à captura de dados através da frequência de rádio de um sinal. Entretanto, analogamente ao conceito de “*smart homes*”, em 1984, a internet das coisas é um conceito ainda em formação e reflete a próxima geração da internet. (Gokhale *et al.*, 2018)

3.2 CONCEITOS BÁSICOS SOBRE OS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Para determinar os componentes de sistemas tradicionais e automatizados de iluminação, são necessários alguns conceitos básicos.

3.2.1 Fluxo luminoso

Refere-se à potência luminosa emitida pela fonte por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz. Sua unidade é o lúmen [lm].

3.2.2 Luminância

É a razão entre fluxo luminoso e a superfície sob a qual este incide ou atravessa. Pode ser descrito pela equação 3.1.

$$L_v = \frac{d\phi_v}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega} [cd \cdot m^{-2}] \quad \text{Equação (3.1)}$$

Onde:

L_v : luminância

$d\phi_v$: fluxo luminoso transmitido

dA : área de uma dada seção sobre a qual incide o fluxo

θ : ângulo entre a normal à seção e a direção do fecho.

$d\Omega$: ângulo sólido de propagação

3.2.3 Iluminância

A iluminância, semelhante à luminância, refere-se à razão entre o fluxo luminoso numa superfície pela área do elemento, sendo descrita pela equação 3.2.

$$E = \frac{d\phi_v}{dA} [Lux] \quad \text{Equação (3.2)}$$

Onde:

E: iluminância

$d\phi_v$: fluxo luminoso transmitido

dA : área de uma dada seção sobre a qual incide o fluxo

3.2.4 Potência

Em termos de iluminação, a potência pode se referir à potência nominal ou à potência radiante. A primeira diz respeito à potência da lâmpada declarada pelo fornecedor em condições favoráveis à sua eficiência. A potência radiante, por sua vez, compete à potência emitida ou recebida por forma de radiação propriamente dita. Ambas são descritas em *Watts* [w] e têm relação direta com o consumo de energia.

3.2.5 Eficiência luminosa

Descrita pela razão entre o fluxo luminoso emitido e a potência consumida pela fonte. Tem seu conceito atrelado à eficiência energética uma vez que, quanto maior a eficiência luminosa, menor a potência necessária para a emissão de um mesmo fluxo, resultando em menos consumo de energia elétrica. A unidade para este conceito é [lm/W].

3.2.6 Cores e temperaturas:

As cores e temperaturas são percepções visuais formados pela combinação de elementos cromáticos e um elemento acromático. São percepções visíveis da radiação que penetra os olhos, geradas pela fonte luminosa. A temperatura das cores é variada de acordo com os comprimentos da onda refletida, de forma que menor comprimento de onda representam as cores quentes e maiores comprimentos de onda representam as cores frias. Vale mencionar

que, quanto menor o comprimento da onda, maior a frequência e, maior a quantidade de energia. A unidade para este conceito é [K].

3.2.7 Cenas

Conceito mais voltado à automação residencial, as cenas (ou cenários) são predefinições de cores, temperaturas e pontos de luz para determinadas ocasiões, designadas com fim de melhor adequarem um ambiente à sua atividade fim a cada momento. Podem-se incluir às cenas tantos quantos sejam os equipamentos automatizados numa residência, programando o acionamento ou desligamento de forma simultânea ou sequencial.

3.2.8 Bluetooth

O *bluetooth*, ou padronização *IEEE-Standards Association* - Instituto de Engenheiros Eletrônicos e Eletricistas - IEEE 802.15.1., é um padrão de comunicação de baixo alcance, custo e consumo de energia. Funciona através de uma tecnologia de rádio sem fio, com a metodologia *frequency hopping*, onde o sinal “salta” com frequência entre 2.4 GHz e 2.485 GHz. Foi inicialmente projetado, em 1994, com o objetivo de desenvolver dispositivos interconectáveis de baixo consumo de energia, através de frequências de rádio de curto alcance – de 1 a 100 metros, dependendo da categoria do dispositivo. Apresenta criptografia e autenticação de *Personal Identification Number* (PIN) de forma a incrementar a segurança na transferência de informações. (Siqueira, 2006)

A tecnologia já é adotada por mais de 2100 companhias ao redor do mundo, permitindo a conexão entre diversas categorias de dispositivos, como telefones celulares, computadores, impressoras etc. (Siqueira, 2006) e se apresenta como alternativa promissora à automação de sistemas de iluminação residenciais. (Jha *et al.*, 2017)

3.2.9 Wi-fi

A rede *wi-fi*, ou padronização *IEEE-Standards Association* - Instituto de Engenheiros Eletrônicos e Eletricistas - IEEE 802.11. foi desenvolvida em 1990 e lançada em 1997, com a proposta de alterar a conexão à internet através de tecnologias sem fio. Funciona através da conversão de dados em onda ou infravermelho, transmitindo-os através de camada atmosférica por ondas eletromagnéticas para outros dispositivos que tenha a mesma tecnologia (Leandro, 2012).

O padrão inicial realizava a transferência de dados à uma taxa máxima de 2 Mbps, (Leandro, 2012) enquanto o padrão IEEE 802.11ax, ainda em fase preliminar, promete a transferência em 4.800 Mbps nas frequências de 2,4 GHz e 5GHz (Cisco, 2020). A conectividade *wi-fi* permite, também, o controle a alguns dispositivos voltados à automação de sistemas de iluminação residencial (Sombra, 2016).

3.2.10 Domótica

A automação residencial, como já foi citado anteriormente, é ainda uma área em desenvolvimento, com pouca regulação governamental e normativa, de forma que foi necessária a criação da domótica, que pode ser conceituada como:

- i. “Domótica é uma área da engenharia voltada para a automação de residências, escritórios e comércios em geral” (Vianna, 2018).
- ii. “A “domótica” é a ciência que aplica tecnologias de computadores e robôs a eletrodomésticos [...] Esta ciência, ligada ao controle e automação de habitações, tem como objetivos fundamentais oferecer um maior conforto e maior segurança” (Gonçalves, 2017).
- iii. Por fim, “Domótica: junção da palavra latina Domus (casa) com Robótica (controle automatizado).” (Muratori e Dal Bó, 2013).

3.2.11 Cabeamento estruturado

Cabeamento estruturado nada mais é que o procedimento padronizado para organização e passagem de cabos de rede. “O cabeamento estruturado pode ser considerado o suporte tecnológico da empresa conectada da era Internet” (Fey e Gauer, 2014).

Os cabos mais utilizados para o cabeamento estruturado são:

- a. Cabo par trançado (Figura 3.3): pode ser blindado ou não blindado (*Unshielded Twisted Pair* - UTP e *Screened Twisted Pair* - STP, respectivamente), comumente utilizado para rede telefônica e de internet, conectados através do componente denominado RJ45, conforme Figura 3.4. Vale ressaltar que a blindagem pode ser descartada se a infraestrutura de rede for separada da rede elétrica. Pelo seu desempenho, foi adaptado à automação residencial como sendo utilizado para redes de dados e voz (Muratori e Dal Bó, 2013). Ainda, os cabos podem ser classificados

quanto à sua capacidade de transmissão, conforme Figura 3.5. As principais características empregadas no cabeamento estruturado para automação residencial são as categorias 5E e 6.

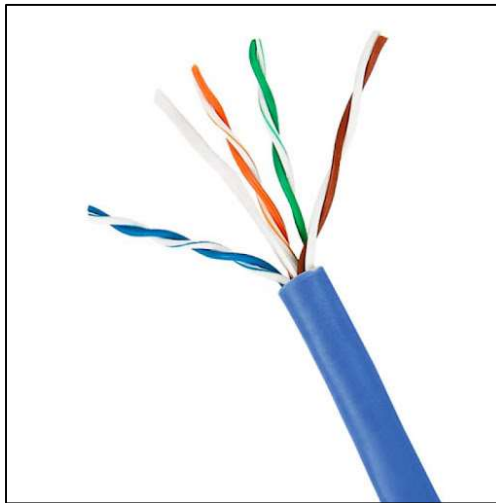


Figura 3-3 – Cabo tipo par trançado UTP. Fonte: WK Elétrica.



Figura 3-4 – Conector RJ 45. Fonte: central Cabos.

Categoria	Frequência	Taxa de transmissão	Utilização
Cat 1	<1 MHz	Menor que 1 Mbps	Telefonia e dados de baixa velocidade, 56 Kbps
Cat 2	1 MHz	até 4 Mbps	Arcnet 1,5 Mbps e Token Ring 4 Mbps
Cat 3	16MHz	até 10 Mbps	10BaseT, VoIP, Telefonia, ISDN
Cat 4	20MHz	até 20 Mbps	10BaseT e 100BaseT4, Token Ring
Cat 5	100 MHz	até 100 Mbps	100Base-T (FastEthernet)
Cat 5e	100 MHz	até 1 Gbps	1000Base-T (GigaEthernet)
Cat 6	250 MHz	até 1 Gbps	Cabos Blindados (Alguns Modelos)
Cat 6a	500 MHz	até 10 Gbps	Cabos Blindados
Cat 7	600 MHz	até 10 Gbps	Cabos Blindados
Cat 7a	1 GHz	até 40 Gbps	Cabos Blindados
Cat 8	2 GHz	até 40 Gbps	Em análise para definição

Figura 3-5 – Classificação dos cabos em categorias quanto à sua taxa de transmissão. Fonte: (Fey e Gauer, 2014).

- b. Cabo coaxial: possui dois condutores, sendo um fio de cobre interno e a malha de blindagem. É comumente utilizado para a rede de televisão. Exige um alicate específico para crimpagem, podendo dificultar execução em obra.



Figura 3-6 – Cabo coaxial. Fonte: top Ip.

- c. Fibra óptica: este, por fim, é uma tecnologia mais recente que os demais, também é voltado para aplicações de áudio e vídeo. É composto por um núcleo central em vidro revestido, e tem como diferencial a utilização de uma fonte de luz e representa forte potencial para se tornar um dos principais meios físicos utilizados no cabeamento estruturado. Trata-se de um equipamento com capacidade de transmissão a maiores distâncias e apresenta maior segurança, uma vez que não emite radiação do sinal. Por outro lado, apresenta alto custo associado por comparação, além de fragilidade mecânica, exigindo maiores cuidados para instalação (Fey e Gauer, 2014).



Figura 3-7 – Cabo de fibra óptica. Fonte: autor desconhecido.

3.3 NORMATIZAÇÃO

3.3.1 Circuitos elétricos

Os circuitos de iluminação são interligados aos circuitos elétricos da residência. Dessa forma, tanto o modelo tradicional quanto o modelo automatizado são regidos pelas Normas brasileiras, regulamentadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Quanto a circuitos elétricos tangentes à iluminação residencial, as normas vigentes são:

- NBR 5456:1987 - Eletricidade geral: terminologia, voltada a conceitos e definições físicas e matemáticas tocantes à eletricidade de forma mais abrangente.
- NBR 5410:2004 - Instalação elétrica de baixa tensão: a norma abrange desde canteiros de obras a instalações residenciais bem como quaisquer que sejam os sistemas com circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1.000 V em corrente alternada, com frequências inferiores a 400 Hz, ou a 1.500 V em corrente contínua. Determina parâmetros de satisfação de instalações quanto à segurança e eficiência de funcionamento.
- NBR 6146:1980 - Invólucros de equipamentos elétricos - Proteção – Especificação: tem objetivo de definição de condições de segurança e proteção de equipamentos elétricos em geral. Tratando-se de sistemas residenciais, é indispensável a preocupação com usuários e moradores.

3.3.2 Conforto e iluminação

De maneira mais direcionada, dentre as normas brasileiras referentes à iluminação mais relevantes a este trabalho, destacam-se:

- ABNT NBR 5461/1991 - Iluminação – Terminologia: analogamente à ABNT NBR 5456:1987 - Eletricidade geral supracitada, refere-se à conceituação de termos pertinentes às instalações elétricas, porém, desta vez, específicos à iluminação.
- ABNT NBR 15575-1:2013 - Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1 – item 13: requisitos gerais: apesar de ser uma norma concernente a desempenhos gerais de uma edificação, esta pontua quesitos mínimos ao desempenho lumínico,

contemplando iluminação natural e artificial, a fim de promover conforto e saúde ao morador.

- ABNT NBR 15215-3:2005, Iluminação natural – Parte 3: procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos: refere-se ao cálculo necessário para projetos arquitetônicos e estruturais no que diz respeito à taxa mínima de iluminação natural por ambiente. Ressalta-se o item 18.5 - Consumo de energia no uso e ocupação da habitação: “As instalações elétricas devem privilegiar a adoção de soluções, caso a caso, que minimizem o consumo de energia, entre elas a utilização de iluminação e ventilação natural e de sistemas de aquecimento baseados em energia alternativa”.
- ABNT NBR 5413:1992 - Iluminação de interiores – Procedimento: direcionado à metodologia de concepção de projeto luminotécnico, define indicadores de iluminância de acordo com o ambiente ao qual será aplicado. Segundo WILLIG (2012), um projeto luminotécnico residencial deve visar fatores de bem-estar individual, arquitetura e aspecto financeiro, conforme Figura 3.3, além de adequação à norma. A concepção parte da função do cômodo em análise, juntamente com a quantidade de esforço visual para a sua atividade fim. Dessa forma, são previstos níveis de iluminação diferentes para um escritório e uma sala de estar, por exemplo. A indicação da iluminância, em lux, para residências, está disposto por ambiente no item 5.3.65 da norma.



Figura 3-8 – Parâmetros de qualidade de projeto de iluminação. Fonte: Willig (2012).

- ABNT NBR 5382/1977 - Verificação da iluminância de interiores - Método de ensaio: indica a maneira de realizar ensaio de conferência de iluminância a fim de verificar a aderência à NBR 5413:1992.
- Ainda, é válida a menção à Lei n.º 1.161/2007, a qual proibiu a fabricação, importação, comercialização e o uso de lâmpadas incandescentes, bem como sua substituição até 2010 por lâmpadas fluorescentes, preferivelmente em componentes LED, *Light-Emitting Diode*, Diodo Emissor de Luz, que são ainda mais econômicas, em todo o território nacional (BRASIL, 2007).

3.3.3 Automação de sistemas residenciais

As normas nacionais tangentes à automação de sistemas residenciais, com ênfase ao sistema de iluminação, ainda são escassas, principalmente por se tratar de uma pauta relativamente recente. A única norma direcionada à automação é a ABNT NBR 16264:2016 - Cabeamento estruturado residencial, referente à conduta e especificação de passagem de cabos e conectores de infraestrutura de conectividade à rede de telecomunicações em um edifício. A fim de impulsionar essa área no território nacional, foi protocolada a LEI Nº 14.108, de 16 de dezembro de 2020, conhecida como “Lei da Internet das Coisas”, entrou em vigor em janeiro de 2021, isentando as taxas sobre fiscalização de instalação e fiscalização de funcionamento das estações de telecomunicações que integrem sistemas de comunicação máquina a máquina por um período de 5 anos.

Em termos internacionais, é possível citar algumas normas referentes, especificamente, à automação residencial. Porém, conforme indica Gungor, *et al.* (2012), ainda persiste, mundialmente, o questionamento de quem é o responsável pela regulação das *smart homes*, uma vez que isto já é pensado considerando a Iot e, conseqüentemente, a segurança em termos digitais. Dessa forma, as normas internacionais sobre as quais são baseados projetos e execução de sistemas de automação residencial são:

- *ISO/IEC 11801-4: 2017 – Information technology Generic cabling for customer premises* – Regulamentação de cabeamento residencial genérico para uma diversa gama de aplicações, dentre elas, a automação residencial.

- *ANSI/TIA/EIA 570C (Residential Telecommunication Cabling Standard)*. – Regulamentação de cabeamento padrão referente à infraestrutura de telecomunicações. De forma mais direcionada, abrange serviços de voz, dados, vídeos e automação em geral.

3.4 SISTEMA DE AUTOMATIZAÇÃO

A automação residencial (AR) pode ser definida como “o conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados como o melhor meio de satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação” por (Muratori, 2004), “A atuação de dispositivos nas funções de elétrica, hidráulica e ar condicionado, permitindo o uso customizado de aparelhos elétricos e garantindo economia de energia elétrica e água”, segundo Bolzani (2004) *apud* Accardi e Donovan (2012) ou “O uso de equipamentos especializados que podem controlar lâmpadas, eletrodomésticos, aquecedores, ar condicionado, e perceber em que local da casa as pessoas estão” de acordo com Meyer (2004) *apud* Neto (2011).

É necessário, também, realizar a diferenciação de mera integração de sistemas e a automação de sistemas: a integração se dá através da associação entre dois ou mais equipamentos por qualquer que seja o formato, de uma forma mais limitada, onde não há espaço para peculiaridades. A automação, por outro lado, eleva isto ao nível de inteligência do próprio equipamento: a utilização de sensores de movimento e minuterias para acionamento de uma lâmpada refere-se à integração dos sistemas; A simulação de presença, por outro lado, refere-se à programação de uma rotina onde, com a ausência do morador, uma residência completamente automatizada é capaz de simular luzes, televisores e demais equipamentos de acordo com a rotina comportamental do usuário, a fim de desencorajar potenciais invasões.

Segundo Bolzani (2004) *apud* Accardi e Donovan (2012), as características fundamentais de um sistema inteligente são:

- Capacidade de integrar todos os sistemas: possibilitar o monitoramento e controle externos, bem como atualização remota de software e detecção de falhas;

- Atuação em condições variadas: condições adversas (clima, vibrações, falta de energia) não devem apresentar interferência no sistema;
- Memória: o sistema deve ser capaz de memorizar suas funções principais, ainda que haja falta de energia, criando um histórico das últimas funções realizadas e prover meios de checagem e auditoria destas funções;
- Noção temporal: deve ser capaz de diferenciar dia e noite, além de condições climáticas, a fim de possibilitar a execução de tarefas e atividades associadas a estes aspectos;
- Fácil relação com o usuário: deve prover aos usuários múltiplas interfaces adaptadas às individualidades, segundo o entendimento tecnológico, idade etc., além de acessível a portadores de deficiência;
- Facilidade de reprogramação: permitir a fácil reprogramação dos equipamentos e prover ajustes pré-gravados em casos de falha ou mal funcionamento;
- Capacidade de autocorreção: o sistema deve ter a capacidade de identificar uma seleção de problemas e sugerir soluções.

Dessa forma, o que se pode dizer acerca da automação residencial é que, esta tecnologia, adaptada da automação industrial para um contexto doméstico, propõe alternativas com os objetivos de economia de energia, através do controle eficiente do funcionamento dos equipamentos e o incremento no conforto e segurança dos usuários, otimizando os sistemas integrados.

3.4.1 Protocolos

A comunicação entre os sistemas de automação é regida por protocolos. Segundo Tanenbaum, 2003) *apud* Accardi e Donovan (2012), , “um protocolo é um acordo entre as partes que se comunicam, estabelecendo como se dará a comunicação”. Já, Muratori e Dal Bó (2014), conceituam os protocolos como “um conjunto de regras que definem a maneira como os equipamentos irão se comunicar em uma rede de dados”. Dessa forma, para estabelecer a interdependência entre distintos componentes, é necessário que todos possuam uma “linguagem” comum. De acordo com Donovan e Accardi (2012) os principais protocolos são: x-10, CEBus, LONWorks, Z-Wave e ZigBee. Entretanto, várias fontes citam também o protocolo KNX, que será mencionado.

3.4.1.1 Protocolo X-10

O sistema X-10 PLC (*Power Line Carrier*) foi o primeiro protocolo de comunicação voltado para a automação residencial. Apresenta fácil instalação e baixo custo, uma vez que utiliza o cabeamento elétrico convencional e dispõe de simples programação. É caracterizada como protocolo de comunicação de via única, apenas com o envio de sinais a baixa velocidade. Dessa forma, conta com recursos limitados, uma vez que suas funções são restritas a liga/desliga e controle da intensidade de luzes. O sistema não tolera colisões, de forma que, se múltiplos comandos X10 forem enviados simultaneamente, é possível que eles não cheguem ao destino. Além disso, como a rede elétrica pode ocasionar alguns comportamentos erráticos dos componentes, seja por problemas de ruído, falta de energia ou descargas eletromagnéticas, não é recomendado para aplicações que exijam maior nível de segurança. Ainda, apesar de ser uma das mais divulgadas mundialmente (principalmente nos Estados Unidos e Europa), a tecnologia X10 está em fim de vida e possui sérias limitações em termos técnicos e funcionais, não sendo a mais adequada para a realização de sistemas sofisticados (Accardi e Donovan, 2012), (Muratori e Dal Bó, 2014), (Gonçalves, 2017) e (Bolzani, 2004 *apud* Accardi e Donovan, 2012).

3.4.1.2 Protocolo LONWorks

Tecnologia normatizada em 1995, trata-se de um sistema híbrido, robusto e flexível, suporta cabos UTP, coaxial, fibra óptica, rádio frequência e energia elétrica. Utiliza roteadores e repetidores que garantem o não *looping* de mensagens, comum em redes com roteamento. Desta forma o protocolo fica embutido no processador reduzindo os custos e aumentando a velocidade e o desenvolvimento das aplicações.

Foi desenvolvido para aplicações que envolvam funções de sensoriamento, monitoramento, controle e identificação. A comunicação entre os dispositivos é realizada através do protocolo LonTalk, que é um protocolo ponto-a-ponto que dispõe de serviços como autenticação, prioridade, detecção de erros entre outros. O Neuron-Chip é fabricado pela Cypress Semiconductor e pela Toshiba Corporation. Cada nó da topologia inclui computação local, fontes próprias e pode ser ligado a diversos dispositivos sensores e atuadores através de cabos de par trançado, ethernet, rádio e através da própria linha de energia.

3.4.1.3 Protocolo KNX

O protocolo KNX foi desenvolvido pela *European Installation Bus Association* (EIBA) a fim de concorrer com os concorrentes importados, definindo padrões europeus. Com isso, a associação exige alto nível de controle de qualidade, demandando a certificação *International Organization for Standardization* - ISO 9001, além de requisitos normativos europeus e internacionais.

De forma análoga ao protocolo LONWorks, é um sistema híbrido que permite a associação e escolha dentre os meios físicos normatizados: cabos de par trançado, *powerline*, radiofrequência e infravermelhos ou ethernet. Além disso, é fortemente apoiada por fornecedores de referência no mercado, como a *Siemens* e a *Bosch*.

3.4.1.4 Protocolo Z-WAVE

O protocolo Z-Wave é um padrão de mão dupla (envia e recebe), desenvolvido a fim de comunicação sem fio. Para seu funcionamento eficiente, os fabricantes devem homologar os dispositivos na Z-Wave Alliance, permitindo a conexão com qualquer rede Z-Wave. Tais dispositivos são divididos entre controladores portáteis ou estáticos, com funcionamento à bateria e corrente elétrica, respectivamente, permitindo ou limitando a sua mobilidade.

O seu funcionamento se dá através de uma analogia, onde cada módulo é considerado um nó, de forma que a interoperabilidade entre os módulos forma uma malha (*mesh*) de rede. A distância entre dois nós é entre 30 e 40 metros, com a possibilidade de a mensagem saltar até quatro vezes entre os nós, proporcionando uma cobertura adequada à grande parte das residências.

Em termos de segurança, cada rede Z-Wave possui uma identificação de rede (ID) responsável por diferenciar as redes tal que malhas diferentes não possuem comunicação entre si. Dessa forma, os dispositivos, que também possuem seu identificador de nó, podem se conectar e desconectar das suas redes através de emparelhamento. Trata-se de uma topologia de controle descentralizado.

3.4.1.5 Protocolo ZIGBEE

O protocolo Zigbee, de forma análoga ao Z-Wave, também é um protocolo de comunicação wireless, assim, é também uma alternativa para baixa demanda de transmissão de dados. Exige um coordenador, que seria o dispositivo centralizador, tal que os demais equipamentos se unem à rede criada por este. Tal dispositivo é determinado de forma automática e possui a habilidade de otimização sem a interferência do operador. Podem contar também com roteadores e repetidores de sinal, a fim de ampliar o alcance do coordenador, que varia de 70 a 400m.

Bem como o protocolo Z-Wave, também pode estar disposto em malha, mas este apresenta ainda duas outras alternativas para a transmissão: árvore ou estrela. Ainda sob uma perspectiva de nós, com a introdução do coordenador, tem-se:

- Transmissão estrela: simplificada, os nós (ou seja, os dispositivos) se comunicam diretamente com o coordenador estando, portanto, todos dentro do alcance do guia;
- Transmissão árvore: conta com o auxílio de roteadores e repetidores tal que os nós se comunicam diretamente com o coordenador ou roteador, formando um caminho único de transmissão entre os dispositivos;
- Transmissão malha: conforme citado anteriormente, os dispositivos se comunicam através de diferentes caminhos e roteadores.

3.4.1.6 Comparação geral

Como comparação entre os protocolos citados, apresenta-se a Tabela 3.1 que, de maneira resumida, é proposta uma classificação, num intervalo de zero a cinco para as categorias de facilidade de instalação, portfólio disponível, capacidade e custo associado. A comparação de maneira mais extensa poderá ser consultada em apêndice A, baseada nas constatações de Gonçalves (2017).

Tabela 2 – Comparação entre protocolos de automação residencial. Fonte: (GONÇALVES, 2017 *apud* EUROX10.COM)

Protocolo	Facilidade de Instalação	Portefólio Disponível	Fiabilidade/Capacidade	Preço
X10	★★★★★	★★★★★	★★★☆☆	★★★★★
CEBus	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★★☆	★★★☆☆
LonWorks	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★★☆	★★★☆☆
Insteon	★★★★☆	★★★☆☆	★★★★☆	★★★★☆
EIB/KNX	★★★☆☆	★★★★★	★★★★★	★★★☆☆
ZigBee	★★★★☆	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★★☆
Z-Wave	★★★★☆	★★★★★	★★★☆☆	★★★★☆

3.4.2 Efeitos na construção civil

Em termos de efeitos na construção civil propriamente dita, podem ser citados três parâmetros que impactam diretamente uma obra:

- a. Compatibilização;
- b. Infraestruturação;
- c. Custos.

Quanto aos dois primeiros aspectos, ressalta-se o benefício em termos de facilidades e prazos na adoção de sistemas baseados em protocolos sem fio, uma vez que sua execução não demandaria a passagem de mangueiras e cabos, acelerando o processo de obra bruta e minimizando eventuais problemas de compatibilização de projetos.

Considerando eventuais processos que envolvem o cabeamento, é preciso, dependendo do modelo empregado, reservar um ambiente para alocação do rack, centro de conectividade dos sistemas onde estão alocados todos os equipamentos para centralização de comandos. Suas dimensões podem ser variadas de acordo com os equipamentos, nível de automação numa residência e porte da instalação da sala de equipamentos e da sala de telecomunicações (Fey e Gauer, 2014).

Ainda, quanto à passagem de cabeamento para interligação do sistema, também é válido mencionar que, mediante um sistema tradicional de iluminação, é possível realizar o acionamento de lâmpadas em pontos diferentes através da implementação de interruptores *three* e *four ways*, os quais, apesar de eficientes, podem ser de complicada execução em

função do montante de cabos com os quais o eletricitista deverá lidar. Conforme Murtatori e Dal Bó, 2014:

Uma importante desvantagem de uma instalação convencional é que se utilizam diferentes tipos de interruptores (simples, paralelos e intermediários), ou seja, materiais diferentes na obra. Em ligações de paralelos e intermediários, utilizam-se um número maior de fios por zona e, dependendo da quantidade de ligações de paralelos e intermediários, a instalação será bem mais demorada. De um modo, geral as modificações ou expansões são mais complexas e levam mais tempo para serem instaladas. (MURTARI E DAL BÓ, 2014, p.88)

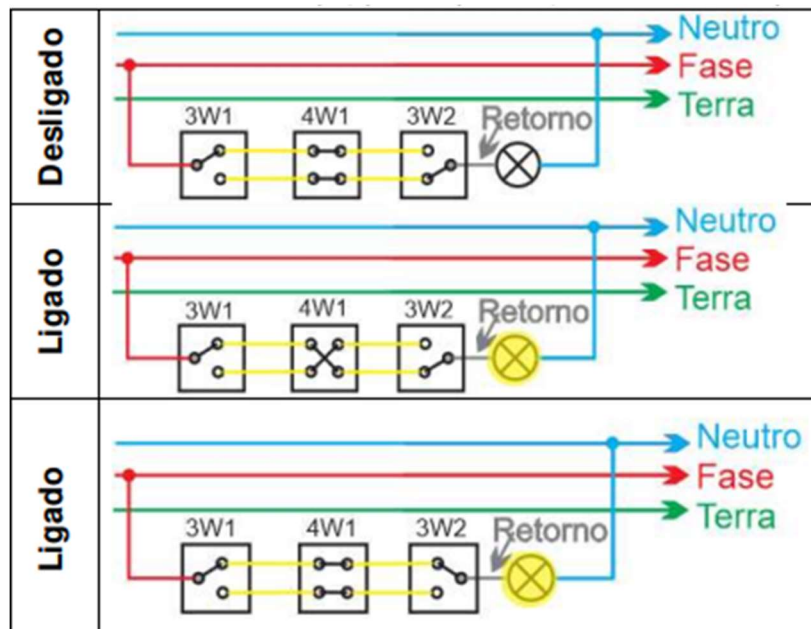


Figura 3-9 – Esquema ilustrativo de um circuito de iluminação com acionamento tipo four-way (intermediário). Fonte: vacchiano, 2015.

No caso de instalações de circuitos de iluminação automatizados, é necessário que haja a conexão de cada ponto com o quadro de automação, podendo simplificar o processo tal que o retorno da iluminação não precisa passar por todas as caixas de interruptores. Dessa forma, além de maior economia no cabeamento, existe também um incremento de produtividade e celeridade associados ao serviço.

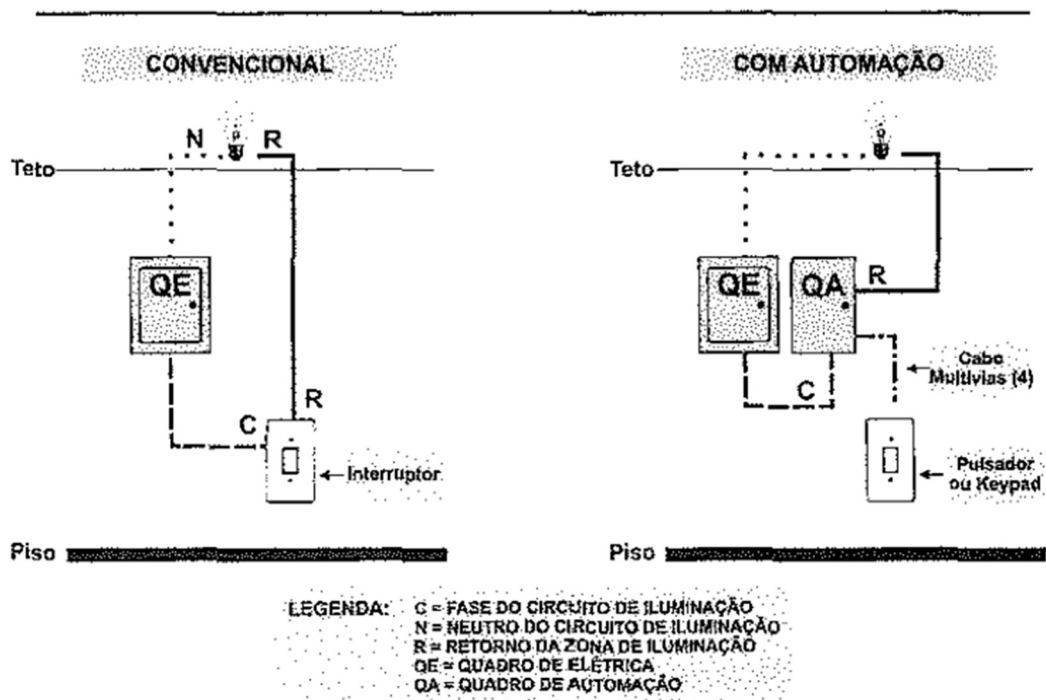


Figura 3-10 – Comparação entre instalação de zona de iluminação convencional e automatizada. Fonte: murtatori e Dal Bó, 2014

Por fim, em termos de custos, além de protocolos apresentados com possibilidades de menor custos, estão sendo adotadas e popularizadas alternativas popularmente chamadas como “DIY” – *Do It Yourself*, ou faça você mesmo. Sistemas de automação DIY opções mais viáveis para os clientes que não pretendem realizar um alto investimento de prontidão, de forma que a automação dos sistemas pode ser efetuada através de assistentes com comando de voz. São exemplos os equipamentos *Echo Dot* e *Google Nest*, equipamentos com valores em torno de R\$ 200,00 e capazes de regular a iluminação através da utilização de lâmpadas compatíveis com o sistema, via *wi-fi* e *bluetooth* (Ribeiro, *et al.* 2020). Por outro lado, a adoção de tecnologias de automação residencial, ainda que mais robustas e onerosas, agregam à economia de energia, promovendo retorno de investimento.

3.5 CLASSIFICAÇÕES

De acordo com a necessidade de intervenção, Muratori e Dal Bó, em 2014, classificaram os sistemas de automação em:

- Sistemas autônomos, ou *stand-alone*: equipamentos capazes de operar de forma independente, executando eficientemente suas funções de concepção sem a

necessidade de intervenção de um controlador centralizado. Como exemplo, tem-se automatizadores de portões de garagem, centrais de alarme, aquecedores solares, controladores de irrigação de jardins etc;

- Sistemas integrados: sistemas que, a princípio, operam de forma autônoma, podem vir a interagir com outros sistemas com a troca de sinais;
- Sistemas complexos, ou casa “inteligente”: tecnologias inovadoras que preconizam a utilização de tecnologias ainda pouco utilizadas nos projetos convencionais de automação residencial. Ainda atravessam um período de maturação do mercado e, dependendo da sua aceitação, podem vir a se tornar produtos convencionais do fabricante que o desenvolveu, geralmente apresentadas ao mercado e ao grande público por meio de protótipos de residências chamados de casas "conceito" ou "inteligente”.

De forma análoga, Gonçalves, (2017 *apud* Rabelo, 2002), propõe a classificação nos termos de grau de automação de sistemas:

- Sistemas Autônomos – Sistemas aqueles onde dispositivos predefinidos realizam tarefas específicas. São independentes entre si e apresentam fácil instalação, o que pode promover maior economia em detrimento do nível de interatividade, visto que estão limitados a funções mais simples, como ligar/desligar ou subir/descer;
- Sistemas Centralizados – Aqueles cujos comandos são centralizados numa unidade central, permitindo maiores integrações entre os dispositivos componentes dos subsistemas. Por outro lado, podem apresentar maior complexidade de implementação, proporcional à quantidade de equipamentos e fornecedores envolvidos no processo;
- Sistemas Complexos – Sistemas inteligentes que são gestores por si só, não controladores remotos. Dependem de comunicação bidirecional entre subsistemas, de forma que a cada dispositivo que recebe um sinal, um outro é emitido, devolvendo seu status ao sistema. Tais interligações se dão através de softwares e comumente demandam infraestrutura adequada, podendo resultar em maior custo associado.

4 METODOLOGIA

A metodologia para o desenvolvimento deste trabalho, tanto na fase Projeto Final 1 (PF1) quanto na fase Projeto Final 2 (PF2), está disposta de maneira simplificada na Figura 4.1.

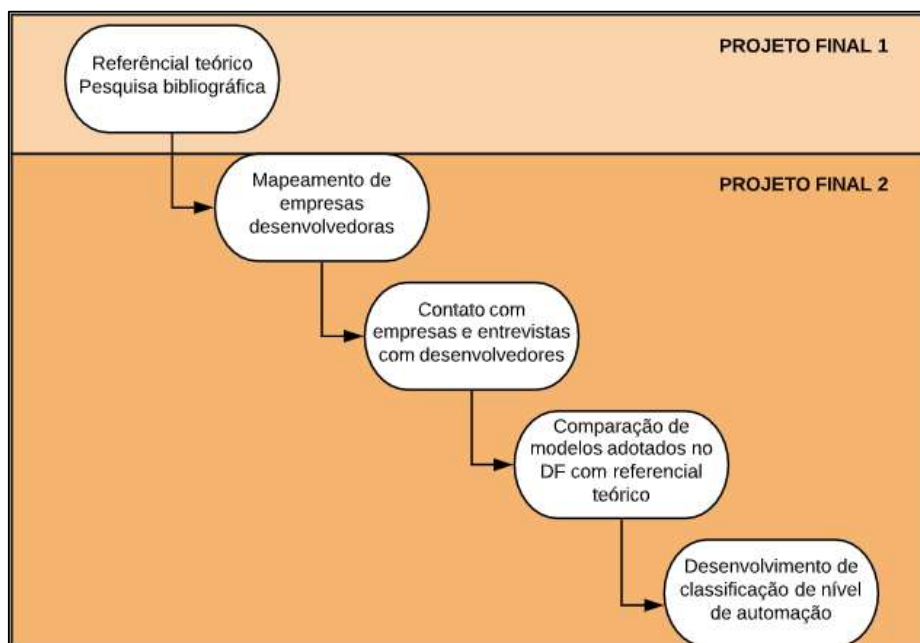


Figura 4-1 – Fluxograma de etapas do trabalho. Fonte: autora, 2021.

4.1 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico é desenvolvido através de pesquisas bibliográficas através das plataformas *Google Acadêmico* e *Web of Science*. Ambas as plataformas têm o objetivo de disponibilização de artigos científicos, livros, teses, e demais material com conotação formal e reconhecidas como fontes válidas de informação. Desta forma, são utilizadas para basear os dados apresentados neste trabalho, a fim de proporcionar um panorama geral tanto da automação residencial em geral quanto do impacto do desenvolvimento tecnológico sobre o sistema tradicional de iluminação através da implementação da automação.

4.2 MAPEAMENTO

O mapeamento das empresas desenvolvedoras de projetos de automação de sistemas de iluminação unifamiliares no Distrito Federal foi dado através de buscas online na plataforma *Google*. O objetivo do mapeamento é o levantamento de especialistas no assunto, a fim de realizar contato com os mesmos e validar hipóteses propostas nesse trabalho, bem como incrementar o conhecimento do assunto, uma vez que a bibliografia disponível é escassa.

A busca com palavras chave foi realizada partindo de uma busca mais generalista, incrementando as restrições de acordo com a quantidade de buscas, conforme demonstrado em Figura 4.2, onde o círculo mais externo equivale à busca mais generalista, enquanto o círculo mais interno corresponde à busca mais específica. É importante ressaltar que todas as buscas eram restritas somente ao Distrito Federal, portanto todos os resultados apontados são locais, conforme mapas indicados nas Figuras 4.3 a 4.6. Em todas as imagens as empresas tiveram seu nome borrado a fim de preservar a privacidade dos fornecedores.

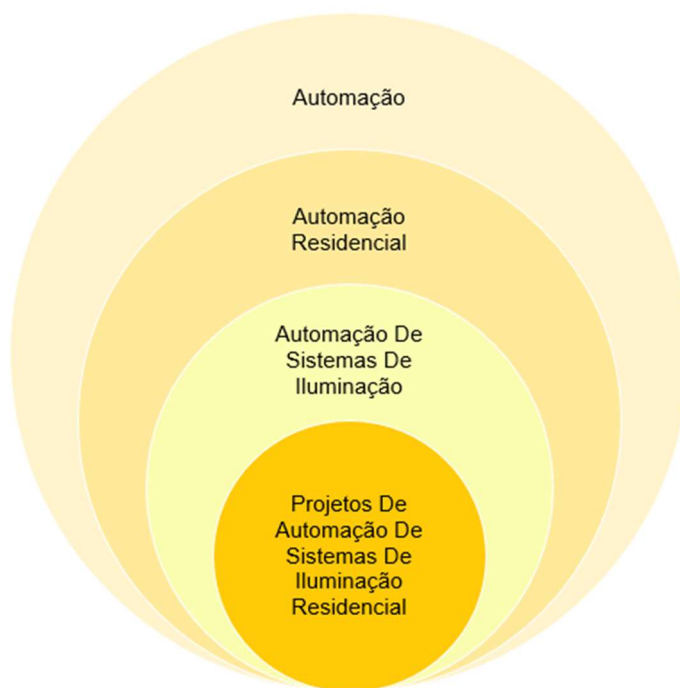


Figura 4-2 – Diagrama de demonstração da metodologia de mapeamento de profissionais. Autora, 2022.

4.2.1 Palavra-chave: automação

A primeira pesquisa foi realizada com a palavra chave “Automação”, a mais generalista, de onde obtiveram-se 18 resultados, conforme mapa indicado na Figura 4.3.



Figura 4-3 - Mapa com indicações de empresas. Palavra-chave: automação Brasília. Autora, 2022.

4.2.2 Palavra-chave: automação residencial

Em seguida, a pesquisa foi realizada com as palavras chave “Automação Residencial”, de onde obtiveram-se 16 resultados, conforme mapa indicado na Figura 4.4.

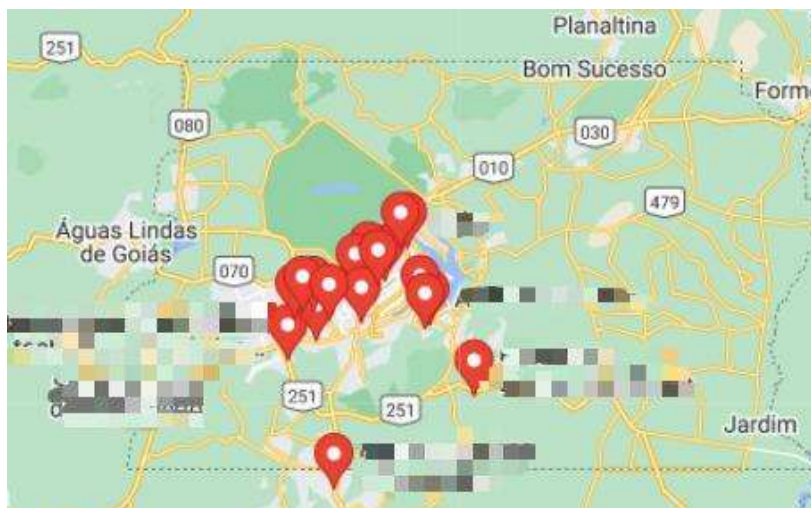


Figura 4-4 - Mapa com indicações de empresas. Palavra-chave: automação Brasília. Autora, 2022.

4.2.3 Palavra-chave: automação de sistemas de iluminação

Em seguida, a pesquisa foi realizada com as palavras chave “Sistemas de Automação Residencial”, de onde obtiveram-se 9 resultados, conforme mapa indicado na Figura 4.5.



Figura 4-5 - Mapa com indicações de empresas. Palavra-chave: automação De Sistemas De Iluminação.
Autora, 2022.

4.2.4 Palavra-chave: projetos de automação de sistemas de iluminação residencial

Por fim, a pesquisa foi realizada com as palavras chave “Projetos de Automação de Sistemas de Iluminação Residencial”. Nesta busca foram obtidos somente 5 resultados, conforme mapa indicado na Figura 4.6, em função da especificidade nas palavras chave.

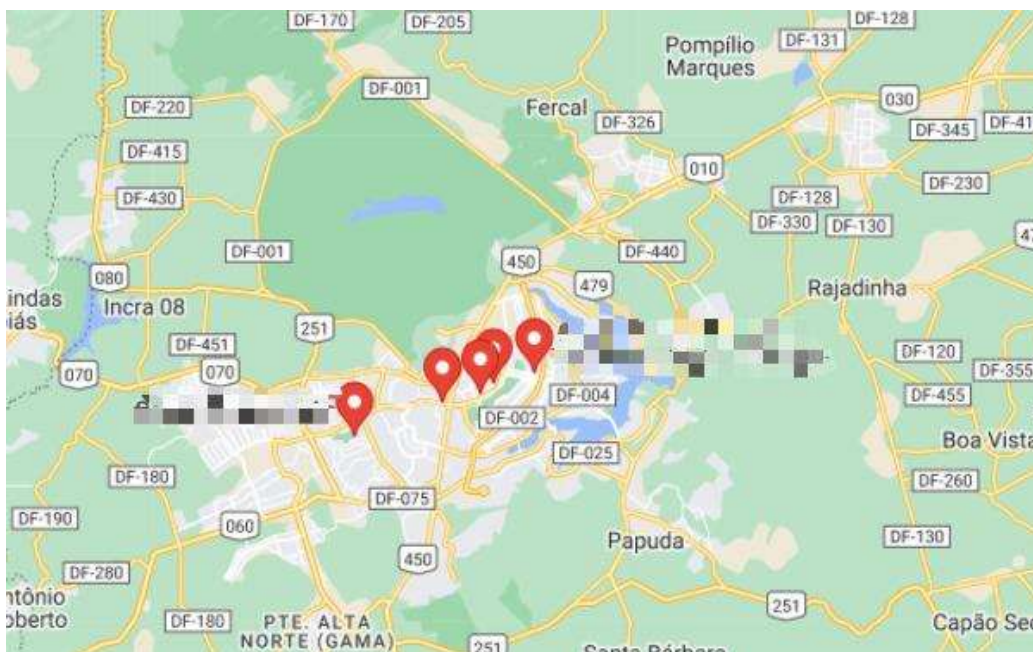


Figura 4-6 - Mapa com indicações de empresas. Palavra-chave: automação De Sistemas De Iluminação.
Autora, 2022.

4.3 SELEÇÃO

Mediante o levantamento de empresas foi necessário fazer uma seleção e filtragem dos resultados. O primeiro filtro foi dado através de análise de portfólio em páginas *online* das empresas. Aquelas que se referiam a climatização, segurança, irrigação, ou ainda que aqueles que somente trabalhavam com automação comercial/industrial foram eliminadas, uma vez que não tinham perfil compatível com o escopo da pesquisa. Em seguida, foi desenvolvido um diagrama de Venn a fim de identificar intersecções, observando empresas resultantes de mais de uma busca, visando eliminar as duplicatas. Às empresas que se encaixaram em todas as seleções, procedeu-se ao contato tal que o último filtro foi a escolha de participar ou não do projeto.

4.4 ENTREVISTA

Através do contato com os desenvolvedores de projetos de automação residencial ou os gerentes/diretores das empresas (desde que possuíssem conhecimento técnico) contactadas, após a devida identificação, houve uma breve introdução acerca do projeto de pesquisa e solicitação de agendamento de entrevista.

Para a entrevista, foi programada uma reunião presencial ou à distância, à escolha do especialista, a fim de realizar uma conversa baseada em vinte e uma perguntas, setorizadas em quatro categorias, dispostas nas Tabelas 3 a 6.

4.4.1 Conhecendo o especialista

A primeira etapa consistiu na especificação do perfil da empresa e a metodologia de trabalho dos entrevistados, visando tanto definir porte da empresa quanto o nível de expertise, através dos posicionamentos e suas justificativas das questões indicadas na Tabela 3. Além disso, foi proposta uma reflexão acerca da estimativa de tendência da implantação de sistemas de iluminação automatizados, a fim de corroborar a premissa de ascensão e difusão da tecnologia no Distrito Federal.

Tabela 3 – Primeira fase da entrevista – Conhecendo o especialista

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">○ Qual o perfil da sua empresa? Está há quanto tempo no mercado? Vocês fazem projetos, execução? Automação integral ou somente de iluminação? O que pode ser incluído?○ Vocês fornecem o equipamento ou somente os projetos?○ São viáveis as alternativas de automação parcial de uma residência?○ Quais e de onde são os principais fornecedores dos componentes de um projeto de automação de sistemas de iluminação residencial unifamiliar?○ É possível estimar uma tendência quanto à implantação de sistemas de iluminação automatizados residencial no DF? |
|---|

4.4.2 Público-alvo

Em seguida, buscou-se definir o público-alvo da respectiva empresa, visando restringir o perfil daqueles que, atualmente, mais demandam a automação de sistemas de iluminação, além de identificar os grupos que têm acesso facilitado. Ainda, a fim de validar a hipótese apresentada no capítulo de fundamentação teórica acerca da intensificação da procura pela automação residencial em função da pandemia Covid 19, foi induzida a ponderação em relação ao crescimento na empresa nos últimos anos. As questões deste tópico estão expostas em Tabela 4.

Tabela 4 – Segunda fase da entrevista – Delimitando público-alvo

- Qual o perfil do cliente que, hoje, busca a implementação de um sistema de iluminação automatizado?
- Qual a faixa de valores de investimento para a execução de um sistema de iluminação automatizado?
- Houve um aumento de demanda nos últimos anos? Especialmente no que diz respeito à pandemia?

4.4.3 Projeto

Nesta fase foram realizadas questões mais específicas à execução de projetos propriamente ditos, visando entender as diretrizes individuais e/ou coletivas da empresa ou da área, mais uma vez atestando a aplicabilidade das informações coletadas no referencial teórico no contexto estudado. As perguntas propostas nessa etapa estão dispostas na Tabela 5.

Tabela 5 – Terceira fase da entrevista – Minúcias de projeto

- No cenário atual, a automação de sistemas de iluminação é mais vantajosa quando comparada aos sistemas tradicionais? Ainda que se fale sobre automação somente da iluminação? (principalmente em sistemas unifamiliares)
- Existem "níveis" de automação? Quais são eles?
- Quais os protocolos que vocês utilizam nos projetos de automação de sistemas de iluminação?
- Quais as regulamentações normativas empregadas nos projetos desenvolvidos? São internacionais?
- Existem "premissas" de projeto"? Algo de onde se parte para a execução do projeto propriamente dito?

4.4.4 Convergência com a engenharia civil

A última etapa da entrevista abarca os tópicos mais diretamente relacionados aos objetivos desse trabalho: os assuntos de convergência entre a automação residencial e a engenharia civil, porém através da ótica dos especialistas em automação residencial. Ainda nesta fase, foram feitas duas perguntas a fim de validar justificativa e motivação para este trabalho. Todas os questionamentos concernentes a esta etapa constam em Tabela 6.

Tabela 6 – Quarta fase da entrevista – Convergência com a engenharia civil

- A partir de qual etapa é possível incluir a automação residencial?
- Até qual etapa é possível incluir a automação residencial sem prejuízo ao cronograma de uma obra, bem como a compatibilização de projetos?
- Vocês trabalham com a automação sem fio?
- Existe uma perspectiva para a popularização/implementação da automação sem fio?
- Ainda no caso da automação sem fio, em que momento essa deve ser incluída para que não haja dificuldades e prejuízos tanto para profissionais de automação quanto para engenheiros civis?
- A implantação de automação residencial demanda mão de obra especializada? Até que ponto?
- Na equipe de desenvolvimento, existem engenheiros civis?
- Existe uma demanda pela profissionalização de engenheiros civis quanto à automação residencial?

4.5 CLASSIFICAÇÃO

A proposta de classificação buscou ser realizada através de indicadores, que devem considerar complexidade do sistema, integração entre estes, taxa de ambientes com a tecnologia, nível de comando e necessidade de interação do usuário. Serão baseados, também, nas classificações de Rabelo (2002) *apud* Gonçalves (2017) e Muratori e Dal Bó (2014).

5 RESULTADOS

Neste capítulo são discutidos os resultados obtidos através da aplicação das metodologias apresentadas.

5.1 MAPEAMENTO E SELEÇÃO

Na etapa de mapeamento, foram obtidos 48 resultados, das quais 13 foram eliminadas por análise de portfólio, não atendendo ao escopo, uma vez que se se tratavam de empresas que não trabalham com a automação de sistemas de iluminação em residências unifamiliares. Ainda, de 35 empresas que atendem ao propósito deste trabalho, 6 apareceram em mais de uma busca, alterando a contagem de resultados de forma errônea e, conseqüentemente, gerando dados inconsistentes com a realidade. Dessa forma, na etapa de seleção, foram selecionadas as empresas que apresentaram multiplicidade, gerando o diagrama de Venn ilustrado na Figura 5.1. Nota-se, por fim, que foi obtido um universo de 27 empresas condizentes com a proposta buscada, com 4 intersecções entre as buscas:

- 1 intersecção entre as palavras chave “automação residencial” e “projetos de automação de sistemas de iluminação residencial”;
- 2 intersecções entre as palavras chave “automação” e “projetos de automação de sistemas de iluminação residencial”;
- 2 intersecções entre as palavras chave “automação de sistemas de iluminação” e “projetos de automação de sistemas de iluminação residencial”;
- 1 intersecção entre as palavras chave “automação” e “automação de sistemas de iluminação”

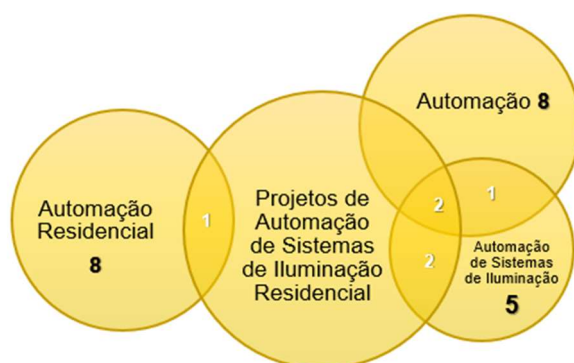


Figura 5-1 – Diagrama de Venn – Intersecções de resultados entre palavras chave. Autora, 2022.

Com base no diagrama exposto na Figura 5.1 é possível notar que, apesar de existirem poucas intersecções nos resultados das pesquisas, em sua grande parte, estas estão centralizadas na busca com maior especificidade, com as palavras chave “projetos de automação de sistemas de iluminação residencial”. Isso mostra que a metodologia de busca foi eficiente, uma vez que buscas mais generalistas obtiveram mais resultados, enquanto as buscas mais específicas obtiveram menos resultados, porém mais assertivos e que já haviam retornado previamente.

Desse universo de 27 empresas, todas foram contactadas. Dentre elas, 9 afirmaram não trabalhar com automação de sistemas de iluminação residencial unifamiliar. Com 8 empresas não foi possível estabelecer comunicação, visto que não retornaram o contato. Por fim, 10 se negaram a participar da pesquisa de forma ativa, tal que o universo para entrevistas foi reduzido a 4 empresas, que prosseguiram à próxima etapa. Esta seleção se mostra de maneira resumida na Figura 5.2.

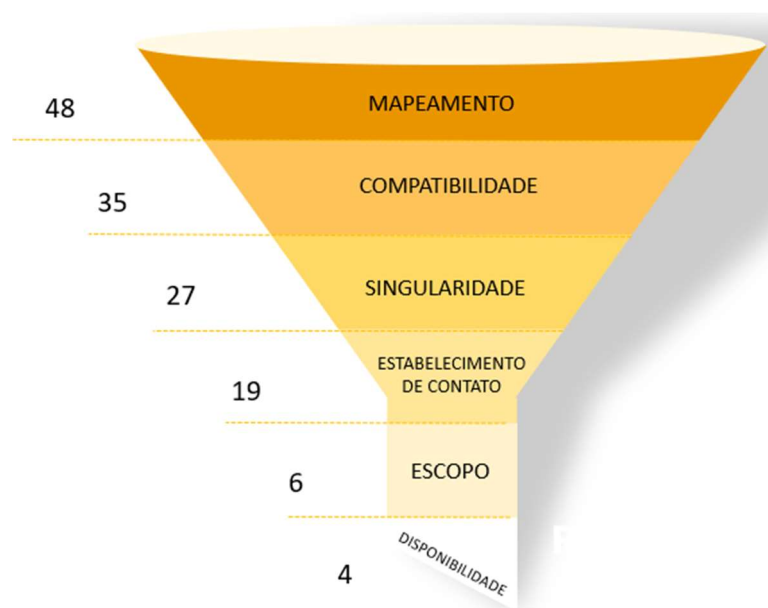


Figura 5-2 – Filtro de seleção – Resumo. Autora, 2022.

5.2 ENTREVISTA

Para maior clareza na transmissão dos resultados, uma vez que não serão divulgados os nomes das empresas, as mesmas serão referidas como letras do alfabeto: empresas A, B, C

e D. As entrevistas com as empresas A, C e D foram realizadas de maneira presencial, enquanto com a empresa B foi realizada de maneira remota.

5.2.1 Conhecendo o especialista

Conforme indicado na Tabela 3, a primeira etapa da entrevista consistiu na caracterização dos entrevistados, a fim de melhor compreender o perfil de cada um. À princípio, questionados acerca do tempo de mercado para levantar a influência e experiência dos mesmos, nota-se que a empresa D é a mais antiga e conseqüentemente consolidada no Distrito Federal, enquanto a C é a mais recente, apesar de contar com experiência em outros estados. Independente do tempo de atuação das empresas, todos os entrevistados (gerentes/projetistas) contam com experiências de 4 a 19 anos, o que demonstra que todos têm bastante domínio nos assuntos comentados.

Em seguida, a fim de delinear o campo de ação, questionou-se acerca do projeto, execução e fornecimento dos equipamentos, buscando saber aqueles que fornecem a solução mais completa para um potencial cliente. As empresas C e D são as únicas que atuam em todos os segmentos. A empresa A realiza tem a metodologia de trabalho a partir de um projeto precedente. Caso o cliente não tenha previsto os projetos de automação, a empresa pode terceirizar a função para uma outra empresa. A empresa B, por sua vez, trabalha com a automação descentralizada, não exigindo projeto para a execução. Assim, todas as empresas trabalham com a execução (a partir do cabeamento, em todos os casos a passagem de infraestrutura – corte em paredes, mangueiramento, alocação de quadro – são funções da construtora responsável pela reforma/construção), fornecimento e instalação de equipamentos.

No que diz respeito aos fornecedores dos produtos de maneira direta, todos comentaram que a indústria nacional tem desenvolvido itens de boa qualidade, além de menor custo, uma vez que a compra é feita diretamente da fábrica. Entretanto, somente as empresas B e C trabalham com alternativas nacionais, a fim de baratear o custo e ajustar à necessidade do consumidor. As empresas A e D, por sua vez, trabalham prioritária ou exclusivamente com produtos importados, sob a premissa que fornecedores com longos períodos de atividade transmitem maior confiabilidade, tanto visando garantias quanto atualizações, promovendo maior segurança para o cliente quanto para a empresa.

No que diz respeito à automação parcial, seja ela a automação somente dos sistemas de iluminação ou a pontos específicos, todos os especialistas declararam como viável, a depender das necessidades do cliente, de forma que a não integração da automação não tolha os objetivos e vantagens do sistema. Além disso, a automação parcial dos sistemas de iluminação pode ser considerada também um ponto de partida, o qual pode ser expandido e melhorado com o interesse do cliente, bem como com a dedução nos custos em função do desenvolvimento tecnológico.

Por fim, foi um consenso geral que a automação apresenta crescimento e tem uma tendência de tanto de viabilidade financeira para acesso de múltiplas classes sociais, quanto de incremento na popularidade. Todos estimam que já existe uma propensão da normalização da automação em residências unifamiliares, inclusive, houve a menção de edifícios que já apresentam “pré-automação”, que inclui, em todos os apartamentos, a previsão de automação em interruptores e pontos de iluminação, facilitando (e barateando) uma potencial modernização, uma vez que demanda baixo investimento inicial e permite a implementação faseada conforme interesse e necessidade do morador. Todos os itens supracitados encontram-se dispostos de maneira resumida na Tabela 7.

Tabela 7 – Caracterização do especialista – resumo. Autora, 2022.

	A	B	C	D
Tempo de mercado	9 anos	4 anos	10 anos	19 anos
Projeto	Não	Não	Sim	Sim
Execução	Sim	Sim	Sim	Sim
Fornecimento e instalação de equipamentos	Sim	Sim	Sim	Sim
Automação parcial	Viável	Viável	Viável	Viável
Fornecedores (em sua maioria)	Internacional	Nacional e Internacional	Nacional e Internacional	Internacional
Tendência da automação	Expansão em curto prazo	Expansão em curto prazo	Expansão em curto prazo	Expansão em curto prazo

5.2.2 Público-alvo

Conforme indicado na Tabela 4, nesta etapa buscou-se definir o perfil dos consumidores que têm maior acesso e interesse na automação de sistemas de iluminação. As empresas C e D tiveram posicionamentos semelhantes, onde já não há uma delimitação relevante nas pessoas que buscam a automação. É pertinente mencionar que em ambas as empresas foram citadas pessoas idosas e/ou com dificuldade cognitiva/motora, o que foi apontado no capítulo 1 como a acessibilidade, uma das vantagens da automação de sistemas de iluminação quando comparada à convencional. Em contrapartida, na empresa B houve uma definição específica quanto ao público que procura a empresa buscando uma solução de automação. Em sua maioria, são homens, entre 20 e 30 anos, geralmente buscando alternativas para suas primeiras casas, de classe média/alta.

No que diz respeito ao custo associado para a implementação global da automação de sistemas restrito à iluminação, a solução teve o valor mínimo de 5.000,00 reais na empresa B. Fica evidente a discrepância de valores, principalmente comparados aos valores propostos pela empresa A, 50.000,00 reais. Ressalta-se que a empresa B propõe soluções descentralizadas, de forma que não contemplam central de comando, bem como não exigem projetos para execução e são realizadas de forma wireless, como será especificado no tópico 5.2.3. Em oposição, a empresa C geralmente trabalha com produtos importados, com maior facilidade de atualização e manutenção do sistema, além de fornecer também os projetos necessários para implantação. Outro fator relevante à disparidade de valores é a necessidade dos cabos que, conforme indicados em capítulo 3.1.2.11, geralmente são de categoria 5 ou 6 e têm alto custo associado, enquanto a alternativa wireless depende somente da energização dos componentes e rede *wi-fi/bluetooth* de acordo com a comunicação adotada pelo produto implementado.

Com isso é possível afirmar que, apesar de já ser percebido atenuação nos custos da implantação da automação em sistemas de iluminação, ainda não se trata de algo tão acessível que possa ser adotado por classes baixas ou em residências populares, uma vez que demanda investimento inicial que, para muitos, ainda é inviável. Ainda, nas empresas A, C e D, onde foram realizadas entrevistas presenciais, foi possível notar a utilização de assistentes virtuais, que permitem o comando e de voz. Tais equipamentos podem ser implementadas como apenas controle de sistemas de automação complexos e integrados,

quanto podem meramente ser associadas a lâmpadas inteligentes, por valores na faixa de 200,00 reais. Indubitavelmente, esta conciliação de equipamentos consiste em sistemas simplificados e, conseqüentemente, apresentam uma série de limitações, podendo chegar a apresentar maior custo que soluções completas e mais complexas, a depender do tamanho da área a ser automatizada e da quantidade de pontos, sendo mais indicadas, portanto, em sistemas de automação parcial. Alternativas como estas se mostram tanto um caminho para a difusão da automação para classes mais baixas, quanto a facilidade de implementar soluções de automação de maneira independente.

Por fim, quando questionados acerca da percepção em aumento de demanda nos últimos anos, especialmente em função da pandemia Covid-19, todos puderam notar intensificação nas buscas por parte dos consumidores. Inclusive a empresa A mencionou um aumento da ordem de sete vezes quando comparados aos demais anos de atividade da empresa, o que valida uma das hipóteses propostas no capítulo 1, onde somente houve a acentuação não somente no mercado da construção civil, mas também os clientes estão mais preocupados com o conforto e economia de energia proporcionados pela automação, tal que esta tem se tornado cada vez mais estimada e valorizada no mercado de residências unifamiliares. Todos estes resultados estão expostos de maneira resumida em Tabela 8.

Tabela 8 – Caracterização de público-alvo – resumo. Autora, 2022.

	A	B	C	D
Perfil do Consumidor	Não definido	Homens, idade entre 20 e 40 anos, classe média/alta	Não definido	Não definido
Valor mínimo associado (R\$)	50.000	5.000	10.000	20.000
Aumento de demanda pela Pandemia	Sim	Sim	Sim	Sim

5.2.3 Projetos

A fim de entender mais sobre os processos de projeto, bem como realizar maior aprofundamento sobre os itens apresentados em referencial teórico, foram realizadas as questões exibidas na Tabela 5.

A primeira questão, acerca da vantagem do sistema de iluminação automatizado em comparação ao convencional apresentou consenso na opinião dos especialistas. O aspecto mais comentado foi o conforto proporcionado pela automação de sistemas, além da economia de energia através do consumo consciente. Estes, por si só, demonstram melhor eficiência de serviço em confronto ao convencional. Por outro lado, um ponto muito enfatizado, não somente nesta questão, mas em todas as demais, é a relação de prioridade do usuário: a automação permite maior flexibilidade de controle e integração dos itens, de forma que se adaptam caso a caso, fugindo de uma eventual superioridade absoluta do sistema, uma vez que existem consumidores tão adaptados às configurações tradicionais que sequer têm interesse na modernização no sistema, e isso o torna menos ideal a esses.

Quando questionados acerca dos níveis de automação, a fim de viabilizar um dos objetivos do trabalho, a classificação das residências, houve uma grande controvérsia. De maneira unanime, os especialistas discordaram da existência de “níveis”. Quando confrontados em relação a sistemas mais simplificados, como a associação de uma assistente virtual à lâmpada inteligente, mecanismo de automação de sistemas de iluminação do tipo “DIY” – *Do It Yourself*, ou faça você mesmo, apresentados em minúcia no item 3.2.2., comparados a sistemas complexos, inclusive com implementação de projetos de sensoriamento, onde os acionamentos e desligamentos são controlados através de sensores de movimentos e temporizadores, a fim de instigar uma diferenciação entre os sistemas, os especialistas comentaram que esta questão não torna um sistema “superior” ao outro, uma vez que são soluções que melhores se adequam às necessidades e viabilidade financeira de cada cliente. Ainda, o representante da empresa D mencionou que o termo mais apropriado seria o nível tecnológico do sistema, onde assim, de fato, existem variações em termos de funcionamento, aplicações, vantagens e, indiscutivelmente, custo. Dessa forma, torna-se um debate supérfluo e infrutífero, uma vez que os especialistas sequer consideram relevante a classificação de sistemas em níveis.

A investigação dos protocolos adotados no Distrito Federal, especificamente em sistemas de iluminação de residências unifamiliares apresentou mais uma surpresa. Conforme minuciado

no tópico 3.2.1, um protocolo é a linguagem de comunicação entre os equipamentos integrados pela automação. O que se percebeu na entrevista foi que não há tamanha importância na definição de protocolos, visto que estes são particularidades de cada marca e vêm de fábrica nos equipamentos, não sendo parte da empresa ou sequer fator interveniente nas obras. Portanto, não há necessidade de aprofundamento nessas questões. Uma ressalva ao detalhe apontado pela empresa C, referente à marca Lutron, exclusivo à sistemas de iluminação: estes, por sua vez, não são capazes de integrar à sua interface o controle de automação de sistemas alheios à iluminação (como climatização, persianas etc.). Dessa forma, para a integração completa, faz-se necessário a adoção de marcas (a citada pelo especialista foi a Savant), que podem englobar sistemas individualizados como, por exemplo, o Lutron, ao seu controle. Aos demais sistemas, já é previsto pelos fabricantes e fornecedores a compatibilização, tal que esta não é empecilho à aplicação de diversas marcas num mesmo sistema.

Em consonância ao apresentado no item 3.1.3, foi reconhecida a ausência de normas voltadas à automação de sistemas de iluminação de residências unifamiliares, tal que os especialistas citaram somente aquelas que já haviam sido introduzidas neste trabalho. Em contraparte à hipótese de que são necessários desenvolvimentos legislativos e normativos tangentes à pauta, a empresa D se posicionou contra, sob os argumentos de que tais referências possam limitar tanto a personalização de soluções caso a caso, quanto a criatividade dos projetistas, reprimindo a flexibilização da automação, podendo gerar redução na eficiência no ponto de vista do consumidor.

Dessa forma, sem a existência de normas, as premissas de projeto parem somente do escopo e do plano de necessidades de cada cliente, cada empresa trabalhando no seu próprio formato. Caso um mesmo cliente visitasse as quatro empresas entrevistadas, este sairia com quatro soluções de automação de sistemas de iluminação diferentes entre si, podendo ser ajustado conforme suas prioridades. Por fim, são apresentadas em Tabela 9 as respostas resumidas desta etapa da entrevista.

Tabela 9 – Especificações de projeto – resumo. Autora, 2022.

	A	B	C	D
Automação é mais vantajosa em relação	Sim	Sim	Sim	Sim

aos sistemas tradicionais?				
Existem “níveis” de automação?	Não	Não	Não	Existem níveis de tecnologias empregadas
Protocolos adotados	Depende da marca empregada	Depende da marca empregada	Depende da marca empregada	Depende da marca empregada
Regulamentações normativas específicas empregadas	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Premissas de projeto	Objetivos do cliente	Objetivos do cliente	Objetivos do cliente	Objetivos do cliente

5.2.4 Convergência com a engenharia civil

A última e mais relevante etapa para este trabalho busca identificar pontos de maior destaque para engenheiros civis que procuram se aprofundar na automação residencial.

Conforme minuciado no tópico 3.2.2., os pontos que mais convergem entre automação e construção civil são a compatibilização de projetos e custos associados, bem como a infraestruturação necessária para o funcionamento do sistema. Assim, como os custos já foram introduzidos no tópico referente ao público-alvo, nesta etapa as demais foram priorizadas.

Neste momento é necessário ressaltar as diferenças de metodologias de trabalho entre as empresas. As empresas A e C trabalham tanto com a sistematização sem fio quanto cabeada. A empresa B trabalha somente com sistematização sem fio e prioritariamente descentralizada, enquanto a empresa D trabalha majoritariamente com sistematização cabeada centralizada. Isso significa que a empresa C trabalha através de conexões ponto-a-ponto, cujo funcionamento se dá através da inserção de um dispositivo transmissor de sinal nas caixas 4x2, onde convencionalmente se alocam os interruptores (e, posteriormente os pulsadores) e a inserção de dispositivos receptores de sinal nos pontos de iluminação. Com

isso, ao transmitir o sinal para ligar/desligar/dimerizar, o mesmo é enviado aos receptores, que realizam o comando na luminária. A sistematização cabeada e centralizada depende da passagem de cabos estruturados, que ligam os pulsadores e lâmpadas ao quadro de automação e rack.

Quando questionados acerca da inclusão da automação de sistemas de iluminação, as empresas A, C e D propuseram que o melhor momento, com maximização de possibilidades e minimização de riscos é a etapa ainda de projetos, especificamente no momento da execução de projetos complementares, como de instalações. Neste momento, a compatibilização é favorecida e se faz possível melhor alocação de quadros e racks. No que diz respeito a limite para execução, as mesmas empresas consideraram que o momento ótimo para execução é até o fechamento do forro. Após esta etapa, existe retrabalho e, conseqüentemente, o custo é incrementado. As mesmas questões foram realizadas levando em consideração a sistematização sem fio, onde a empresa B detém maior expertise. Foi dito que não há limite para a implementação da automação de sistemas de iluminação sem fio, porém, os dispositivos transmissores/receptores demandam de alimentação (fase e neutro ou somente fase, a depender da marca/dispositivo implementado). Caso não haja a previsão (pré-automação) pra esta alimentação em etapas preliminares, ainda haverá a necessidade de intervenção destrutiva para passagem deste cabeamento. Ainda, caso haja uma previsão simplificada, o sistema pode apresentar funções mais limitadas, como somente as funções liga/desliga.

Como mencionado, todas as empresas trabalham com a automação sem fio, enquanto a D apenas o faz excepcionalmente enquanto a B o faz exclusivamente. Isso implica em algumas divergências nas opiniões acerca do tema. A empresa D argumenta que ainda não chegamos, pelo menos num nível nacional, ao ponto onde a sistematização sem fio apresenta a mesma eficiência que a cabeada. Isso porque a transmissão ponto-a-ponto é mais indicada para pequenos ambientes, com poucos módulos de iluminação. Como o sinal é transmitido um a um, um comando é repassado de módulo a módulo até que aquele deve responder ao comando o receba. Isso implica que, quanto maior a quantidade de pontos, maior o *delay* para acionamento da luz. Pode até parecer insignificante, porém um *delay* de segundos, ou milissegundos que seja, gera ao usuário estranheza e o instinto imediato de acionar novamente o controlador, cancelando o comando e necessitando acionamento novamente. Com isso, o processo torna-se desgastante ao usuário, frustrando a sensação de conforto

proposta como principal vantagem da automação. Isso fica mais claro quando avaliando o público-alvo da empresa B, que lida mais diretamente com apartamentos e pequenas residências, como diz o especialista: “pessoas buscando suas primeiras casas”, em contraponto com a empresa D, que apesar de ter público-alvo variado, realiza diversos projetos para residências de alto padrão, com maiores escalas e conseqüentemente maior quantidade de módulos.

De toda forma, existe um consenso entre os especialistas que a automação sem fio é uma solução iminente e eficiente para todos os envolvidos no processo. A empresa D, inclusive, mencionou que o desenvolvimento da rede 5G no Brasil pode proporcionar um forte aperfeiçoamento na metodologia, minimizando inconvenientes e viabilizando a prática em termos de mercado.

Quanto à mão de obra, todas as empresas foram muito enfáticas na necessidade de especialização, principalmente na instalação dos equipamentos. A empresa C contou, inclusive, que todos os técnicos realizam treinamentos pelo menos a cada três meses, além de todos aqueles propostos pelos fornecedores de cada marca. Todos afirmaram, também, que a parte referente à estruturação (passagem de mangueiras e alocação de quadros) pode facilmente ser realizada por eletricitas com experiências em obras convencionais. Entretanto, o mangueiramento e conseqüente cabeamento devem contar com a cautela, realizando o devido distanciamento entre cabos elétricos convencionais e cabos estruturados, a fim de evitar interferência nos sinais.

Apenas uma das empresas conta com engenheiros civis no corpo técnico: c. Não obstante, dos seus três projetistas, dois são engenheiros civis com especialização em automação residencial. O diretor comentou que já teve diversos engenheiros realizando esta função, mas que os mais eficientes para as funções buscadas foram os civis.

Por fim, todos os entrevistados concordaram que os engenheiros civis devem ter, no mínimo, noções básicas acerca da automação. Visto que os engenheiros têm maior contato com moradores, investidores e interessados em geral, constantemente se veem frente a tomadas de decisões e orientações para pessoas leigas, o que exige conhecimento específico, ao menos àquilo que é relevante a profissão. Concordaram também que não é necessário entrar em minúcias, o que corroborou todas as premissas deste trabalho. Todas as respostas referentes a esta etapa da entrevista estão expostas em Tabela 10.

Tabela 10 – Convergências com a engenharia civil – resumo. Autora, 2022.

	A	B	C	D
A partir de qual etapa incluir automação?	O quanto antes	De posse do projeto arquitetônico	Projetos complementares	Projetos complementares
Até qual etapa incluir automação?	Fechamento de forro	N.A.	Fechamento de forro	Fechamento de forro
Trabalha com automação sem fio?	Sim	Exclusivamente	Sim	Excepcionalmente
Perspectiva para popularização de automação sem fio	Curto prazo	Presente	Curto prazo	5G
Em caso de automação sem fio, até qual etapa incluir?	Qualquer momento	Qualquer momento	Qualquer momento	Qualquer momento (pequenos ambientes)
A implantação de automação residencial demanda mão de obra especializada?	Sim	Sim	Sim	Sim
Na equipe de desenvolvimento, existem engenheiros civis?	Não	Não	Sim	Não
Existe uma demanda pela profissionalização de engenheiros civis quanto à	Sim	Sim	Sim	Sim

automação residencial?				
---------------------------	--	--	--	--

5.3 CLASSIFICAÇÃO

Não se procedeu ao desenvolvimento da classificação dos sistemas de automação uma vez que, à vista dos especialistas, não se trata de uma proposta relevante em termos de comparação entre residência.

Acredita-se que, por tratar de um sistema que pode ser acoplado a unidades residenciais, essa proposta poderá ser modificada para a complexidade e da compatibilidade do sistema escolhido com outros sistemas residenciais automatizados, gerando uma nova proposta para classificação em termos de eficiência energética e funcionalidade dos sistemas.

6 CONCLUSÃO

Atrelado ao desenvolvimento tecnológico, também são diversificadas as alternativas de aprimoramento para residências, o que torna os consumidores cada vez mais exigentes com as soluções propostas para construções e reformas. Tecnologias como a automação residencial já atingiram os sistemas de iluminação, promovendo vantagens como conforto, economia de energia, acessibilidade, facilidade no controle e integração de dispositivos. Com respeito às premissas de execução de sistemas de automação, podem ser mencionadas algumas normas nacionais mais abrangentes, não restritas a residências unifamiliares, bem como algumas normas internacionais, similarmente genéricas. Isso indica que, apesar de se tratar de uma área emergente, ainda apresenta lacunas de cunho científico, principalmente, no que diz respeito às áreas complementares, como a engenharia civil, o que é evidenciado pela escassez de bibliografia formal disponível. Além disso, na própria grade horária obrigatória do engenheiro civil não é previsto o estudo de nenhum formato de automação. Particularmente, na Universidade de Brasília, onde foi desenvolvido este projeto, foi identificada somente uma disciplina, originalmente da engenharia elétrica, consequentemente caracterizada como optativa e, em seu escopo visa o desenvolvimento de projetos de maneira minuciosa, incluindo a programação de controladores, fugindo da proposta de noções básicas aplicadas à construção. Estes aspectos motivaram a execução de um projeto que buscou apresentar tais noções, além de realizar uma introdução de conceitos que eventualmente poderiam servir como guia para gestores de obras civis, principalmente nas orientações a clientes e parceiros, prevendo máxima eficiência e menor custo associado.

Através de um mapeamento foi possível determinar as principais empresas que atuam na automação de sistemas residenciais de iluminação do Distrito Federal, de forma a compreender melhor tanto os processos quanto as intersecções entre a engenharia civil e a automação residencial. Assim foi possível validar hipóteses propostas na motivação, justificativa e informações coletadas no referencial teórico, além de compreender os posicionamentos de diferentes empresas. Neste momento, onde pessoas que trabalham com automação há mais de 7 anos comentaram sobre suas experiências, expectativas frente ao cenário atual. Menções à “pré-automação” se fazem necessárias: passagem de previsões básicas de automação, ainda que sem a instalação dos equipamentos, permitem a modernização faseada e flexível caso-a-caso, de acordo com as prioridades do morador.

Como era de se esperar, em sua grande maioria, os equipamentos são importados de fornecedores internacionais, apesar de que as empresas nacionais têm apresentado potencial, com ágil aprimoramento, atuando como indicador da popularização da automação no mercado. A preocupação dos especialistas neste ponto é a segurança e confiabilidade, agregada a garantia a longo prazo para o cliente, o que impulsiona a aquisição de itens há maior tempo no mercado e, conseqüentemente, aumenta o custo associado à implementação. Isto dificulta o acesso de classes mais baixas à qualidade de vida atrelada à automação de sistemas residenciais, de forma que, apesar de grande parte dos fornecedores não apresentar público-alvo bem definido, um sistema de automatização numa residência padrão no Distrito Federal não sai por menos de 5.000 reais. De toda forma, fica claro que, num contexto global, a personalização de soluções e flexibilidade do sistema são premissas absolutas básicas de um projeto de automação bem executado.

Os aspectos mais relevantes para o conhecimento de um engenheiro civil com noções de automação são as interferências de custo, compatibilidade e estruturação do sistema. Todos podem ser otimizados quando a automação de sistemas é prevista desde a etapa de projetos em caso de construção, ou que conte com a pré-automação em caso de reformas. Após o fechamento de forros, a implantação da tecnologia torna-se mais custosa, envolvendo retrabalhos e atrasos de cronograma. Quando se põe à prova a implementação de automação sem fio, encontra-se um paradoxo, uma vez que esta tecnologia exige o cabeamento, ainda que seja somente a alimentação de transmissores/receptores. Apesar de se mostrar uma alternativa promissora e certamente de grande apreço na construção civil, a maioria dos especialistas apenas a indicam com ressalvas: para pequenos ambientes, com poucos módulos de acionamento, a fim de evitar *delays* e desconforto ao usuário. Por um dos especialistas, ainda, foi validada a opção de carreira de engenheiros civis como projetistas de automação, o qual conta com profissionais em sua equipe.

Por fim, uma questão que contrapõe um pressuposto deste projeto diz respeito à classificação de sistemas. À princípio, imaginava-se que seria relevante o desenvolvimento de um sistema de classificações de nível de automação de residências, onde foram propostos níveis, partindo de uma residência menos automatizada para uma mais automatizada. Supôs-se que residências com menos pontos automatizados, com controladores simplificados ou sem dimerização seriam “inferiores” quando comparados a sistemas completos, complexos e controlados através de sensores. Isso se demonstrou falho através do posicionamento dos

especialistas, que consideraram a classificação irrelevante, voltando mais uma vez às premissas de projeto: personalização e flexibilidade. Por se ajustarem às necessidades e condições de cada cliente, não existiriam sistemas melhores ou piores que outros, existem apenas os que atendem à demanda. Quando mantida a questão sobre o que faz um sistema ser superior a outro, um dos especialistas mencionou que o que pode se encaixar nessa categoria é a técnica e tecnologia empregada em cada solução. Dessa forma, sistemas passíveis de atualização seriam superiores àqueles estáticos.

Para a prossecução da linha de pesquisa, propõe-se um estudo de caso comparando residências com diferentes tecnologias e complexidades, avaliando-as de acordo como a eficiência energética e funcional de cada uma. Ainda, é de extrema relevância estudar o sistema de automação residencial de maneira integrada, de forma a atingir variados âmbitos e a comunicação entre os equipamentos e sistemas, ou a aplicação de automação em sistemas alternativos, como sanitário ou hidráulico. Sugere-se também a análise da automação residencial por parte de engenheiros civis que atuam na área da construção, a fim de identificar o panorama local sob o ponto de vista das equipes em campo, como também capacitação no assunto através de cursos ou a implementação do estudo da automação/domótica nas universidades, inclusive avaliando o posicionamento dos eletricitistas com experiência nas execuções dos sistemas automatizados e convencionais, realizando uma comparação objetiva dentro do canteiro de obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accardi, A. e Dodonov, E. (2012). “Automação Residencial: elementos Básicos, Arquiteturas, Setores, Aplicações e Protocolos.” *Tecnologias, Infraestrutura e Software - T.I.S., São Carlos*, **1**(2). 156-166.
- Aldrich F.K. (2003) *Smart Homes: past, Present and Future*. In: harper R. (eds) *Inside the Smart Home*. Springer, London, U.K., 17-39.
- Almeida, R. A., e Rall R. (2015). “Protótipo de iluminação residencial utilizando dispositivos móveis e Arduino.” *4ª Jornada Científica e acadêmica da FATEC*.
- Antônio, L. e Pereira, M. (2007). “Automação Residencial: rumo a um futuro pleno de novas soluções” 12p.
- Automação Predial economiza até 40% de energia. Aureside. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/noticias/automacao-predial-economiza-ate-40--de-energia>>. Acesso em: 10 de out. 2021.
- Bakman, I. (2018). *Estudo de Viabilidade Financeira de um Projeto de Iluminação LED*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: escola Politécnica.
- Berglund, E. Z, Monroe, J., Ahmed, I., Noghabaei, M., Do, J., Pesantez, J., Fasace, M. A. K., Bardaka, E., Han, K., Proestos, G.T., Levis, J. (2020). “Smart Infrastructure: a Vision for the Role of the Civil Engineering Profession in Smart Cities”. *Journal of Infrastructure Systems*, **26** (2), 1-32.
- Bhat, O., Gokhale, P., Bhat, S. (2007). “Introduction to IOT Smart Homes”. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology ISO*, **3297** (1), 41-44.
- Bock, T. (2015). “The future of construction automation: technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics”. *Automation in Construction*, **59** (1), 113–121.
- Borges, D. A., Sarmiento, A. P., Bernardes de Carvalho, G. (2017). “Aparelhos energeticamente eficientes – um foco na iluminação residencial”. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, **13** (2), 145-161.

- Brown, J. N. A., Fercher, A. J., & Leitner, G. (2017). “*A Lesson in Natural History: introduction to the Smart Home*”. 1–6
- CARVALHO, G. B. **Automação Residencial na construção civil**. Projeto Final, Publicação ENC., Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 76 p., 2015.
- Chen, J., Edwards, L., Urquhart, L., McAuley, D. (2019). “Who Is Responsible for Data Processing in *Smart Homes*? Reconsidering Joint Controllership and the Household Exemption”. *International Data Privacy Law*, Edinburgh School of Law Research Paper Forthcoming.
- Cheng, Y., Fang, C., Yuan, J., & Zhu, L. (2020). “Design and application of a *smart* lighting system based on distributed wireless sensor networks”. *Applied Sciences (Switzerland)*, **10** (23), 1–21.
- Daré, A.C. (2018). Iluminação e saúde. 6p.
- Deboni, M. L.; Alvarez, C.E.; Bissoli, M. (2011). “Automação sustentável: uma nova visão do emprego de tecnologias na construção civil”. VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis - Vitória - ES – BRASIL.
- Fernandes, Fábio. (2011). *Sistema de Iluminação Inteligente através de Redes de Sensores Wireless*. Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – São Paulo, SP, 94p.
- FEY, A.F., GAUER, R.R. (2014). Cabeamento Estruturado: da Teoria à Prática. Caxias do Sul, RS, BR., 255p.
- FREITAS, J. T. (2015). *Automação na Construção Civil*. Trabalho de conclusão de curso, Publicação ENC., Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 2015.
- Gokhale, P. Bhat, O., Bhat, S. (2018). “Introduction to IOT”. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, **5**(1), 41-44.

- Gonçalves, J.P.A. (2017). *Protocolos de automação doméstica solução de automação residencial e vigilância baseada em protocolo z-wave*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior De Engenharia Do Porto, Departamento de Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Elétricos de Energia, Porto, Portugal, PT, 147p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.22/11724>. Acesso em: 4 out. 2021.
- Guerra, A.C. “Indústria da construção civil deve crescer 4% este ano, prevê CBIC”. Agência Brasil, Belo Horizonte, 26 de jul. de 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2021-07/industria-da-construcao-civil-deve-crescer-4-este-ano-preve-cbic#:~:text=O%20setor%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o%20come%C3%A7ou,o%20maior%20crescimento%20desde%202013.>> Acesso em: 5 de out. 2021.
- Gungor, V. C., Sahin, D., Kocak, T., Ergut, S., Buccella, C., Cecati, C., Hancke, G.P., (2012). "Smart Grid and Smart Homes: Key Players And Pilot Projects,". *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 6(4), 18-34.
- Harper R. (2003) *Inside the Smart Home: ideas, Possibilities and Methods*. In: harper R. (eds) *Inside the Smart Home*. Springer, London. https://doi.org/10.1007/1-85233-854-7_1
- Honorato, E.R., Júnior, O.H.A. (2013). Análise da iluminação residencial considerando a eficiência energética e a qualidade da energia elétrica. Trabalho de conclusão de curso, Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina, Curso De Engenharia Elétrica, Santa Catarina, SC.
- Jannuzzi, A. C. (2007). Regulação da Qualidade de Energia Elétrica sob o Foco do Consumidor. Dissertação de Mestrado em Sistemas Elétricos de Potência, Publicação PPGENE.DM - 302A/07, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, xviii, 216p.
- Jha, A., Mallik, R., Quaiser R.M., Jain, J. (2017). Smart Home Lighting System. 6p.
- Kunz, J., Fischer, M., Haymaker, J., & Levitt, R. (2002). *Cifecenter for integrated facility engineering Integrated & Automated Project Processes in Civil Engineering: experiences of the Center for Integrated Facility Engineering at Stanford University*.

- LEANDRO, W.A. (2012). *Comparativo entre IEEE 802.11g e 802.11n*. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 40P.
- Lima, F.S. (2003). “A automação e sua evolução”. Redes para Automação Industrial DCA2401 - PPGEE. Natal, Brasil. 1-4.
- Lorenzo, H.C. de. (1993). *Eletrificação, urbanização e crescimento industrial no estado de São Paulo, 1880-1940*. Tese de doutoramento apresentada ao curso de pós - graduação em geografia, na área de concentração em organização do espaço, Universidade Estadual Paulista, Instituto De Geociências E Ciências Exatas, São Paulo, SP, 186p.
- Lorenzo, H.C. de. (2002). “Setor Elétrico Brasileiro: passado e futuro”. *Perspectivas, São Paulo*, **24**(25), 147-170.
- Macrolin, N. (2005). “Rotas da eletricidade”. Pesquisa FAPESP, 118. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/rotas-da-eletricidade/>>. Acesso em: 29 de set. de 2021.
- Magrani, E. (2018). *A internet das coisas*. FGV Editora, Rio de Janeiro, R.J., B.R., 192p.
- MUNIZ, C.R., Leugi, G.B., Pereira, C.M., Przybilovicz, E., Alves, A.M. (2021). Uma análise sobre exclusão digital durante a pandemia de covid-19 no brasil: quem tem direito às cidades inteligentes?. *Direito da Cidade*, **13**(2). 700–728.
- Muratori, J.R. e Dal Bó, P.H. (2004). “Automação residencial: histórico, definições e conceitos”. *O setor elétrico*. 70-77.
- Muratori, J.R., Dal Bó, P.H. (2013). *Automação residencial: conceitos e aplicações*. Primeira Edição. Educere, Belo Horizonte, B.R., 202p.
- Muratori, J.R., Dal Bó, P.H. (2014). *Automação residencial: conceitos e aplicações*. Segunda Edição. Educere, Belo Horizonte, B.R., 200p.

- Nascimento, R.D.; Fettermann, D.C. (2020). O efeito da consciência ambiental na intenção de uso de *smart homes*. *Revista Producao Online*, **20**(2), 575–597.
- Neto, J.A.S., Castro, B.F. (2008). “Melatonina, ritmos biológicos e sono-uma revisão da literatura”. *Revista Brasileira de Neurologia*, **44** (1), 2-3.
- Neto, R.O. (2011). *Automação de iluminação residencial utilizando microcontrolador arduino e tablet ipad via wi-fi*. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário De Brasília -UNICEUB, Curso De Engenharia De Computação, Brasília, DF, 77p.
- Oliveira, G.F., Alves, M.C.O. (2019). “Domótica: substituição da fiação de retorno nas instalações elétricas por cabeamento de dados e sistemas microcontrolados”. *Revolução digital: tendências tecnológicas no mundo moderno*. **2**(1), 391-403.
- Sanchez, M.M.P, Chavarria, J.A.A, López, E.E.O. (2011). “Design and Construction of an Automated Hybrid Lighting System.”. *ASME 2011 5th International Conference on Energy Sustainability, Parts A, B, and C*. Washington, D.C., U.S.A.
- Rebouças, E.P. (2020). *Análise do mercado de casas inteligentes no brasil: uma pesquisa exploratória por meio de surveys*. Dissertação de Mestrado, Centro Universitário Senai CIMATEC, Salvador, BA, 136p.
- Ribeiro, C.E. (2018). *Domótica: viabilidade da automação residencial*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário do Sul de Minas, Engenharia Elétrica, Varginha, MG, 73p.
- Ribeiro, J.C.G, Silva, T.B., Santos, F.M. (2020). “Automação residencial: visando segurança, conforto, praticidade e acessibilidade”. *Anais do 3º Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsona*. Paracatu, Brasil.
- Saiba mais sobre o setor elétrico brasileiro. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL [s.d.]. Disponível em: <
https://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=14476909&_101_type=conte

nt&_101_groupId=654800&_101_urlTitle=faq&inheritRedirect=true/>. Acesso em: 30 de set. de 2021.

- Salveti, A.R. (2008). *A história da luz*. Livraria da física, São Paulo, B.R., 206p.
- Sampaio, C.H., Botura, A.C., Junior, L.J. (2013). “Conservação de energia em sistema de iluminação”. *Revista de Gestão & Tecnologia-Reget*. **1**(1), 1-9.
- Santos, D. S. G. (2021). Z-wave vs ZigBee. Qual a melhor solução sem fios para sua casa inteligente?. *Neutro à Terra*, (20), 53–56.
<https://doi.org/10.34630/neutroaterra.vi20.3838>
- Santos, M.T. (2014). *Das barrancas do Rio Tocantins ao espaço concebido: um estudo de caso dos reassentamentos rurais da Usina Hidrelétrica de Lajeado*. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 239p.
- Siqueira, T. S. d. (2006). "Bluetooth – Características, protocolos e funcionamento," Campinas - SP, Brasil.
- Sombra, L.G. (2016). *Automação residencial para controle de iluminação, segurança e monitoramento de temperatura usando o arduino mega*. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário De Brasília -UNICEUB, Curso De Engenharia De Computação, Brasília, DF, 97p.
- Sousa, A. R. M., Santos, P.R., Fonseca, W., Manito, A.R.A. (2019). “Automação residencial e eficiência energética: um estudo de caso”. *Brazilian Journal of Development*, **5** (8), 13086–13101.
- Souza, A. de, Silva, C. L. da, Kruger, E. L., & Guerra, J. C. C. (2012). “Gestão da eficiência energética em edificações das instituições públicas de ensino: um estudo aplicado ao sistema de iluminação da UTFPR sob a ótica técnica e econômica”. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, **6** (1), 190.

- Souza, A.M. (2010). *Sistema de Automação Residencial para Iluminação*. Trabalho de conclusão de curso, Centro Universitário De Brasília, Curso De Engenharia De Computação, Brasília, DF.
- Sovacool, B. K., & Furszyfer Del Rio, D. D. (2020). “*Smart home technologies in Europe: a critical review of concepts, benefits, risks and policies*”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **120** (1). 1-20.
- Vacchiano, I. (2010). *MANUAL PRÁTICO DO MESTRE DE OBRAS*. INACIO VACHIANO, Brasil, 251p.
- Vähä, P., Heikkilä, T., Kilpeläinen, P., Järviluoma, M., & Gambao, E. (2013). “*Extending automation of building construction - Survey on potential sensor technologies and robotic applications*”. *Automation in Construction*. **36** (1), 168–178.
- Van Kranenburg, R., Bassi, A. (2012). “*IoT Challenges*”. *Communications in Mobile Computing*, 1(1),
- Vasylenko, M. P.; Saponiuk, I. YU. (2020). Automatic system of lighting control in residential buildings. *Electronics and Control Systems*, 1(63). 58-63.
- Vianna, G.P. (2018). *Domótica: automação residencial com baixo custo utilizando o arduino*. Trabalho de conclusão de curso, Centro universitário UNIFACVEST, Engenharia Elétrica, Lages, SC, 63p.
- VIEIRA, E. (2003). *Bastidores da Internet no Brasil*. Manole, São Paulo, B.R., 311p.

APÊNDICE A – TABELA COMPARATIVA ENTRE PRINCIPAIS PROTOCOLOS UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL.

Fonte: Gonçalves, J.P.A. (2017). - Modificado

	PRINCIPAIS VANTAGENS	PRINCIPAIS DESVANTAGENS
X-10	<p>Comunicação entre os diversos dispositivos por rede elétrica tradicional, não necessitando de uma rede de tubagem adicional.; Não há necessidade de uma unidade central.;</p> <p>Facilidade na instalação (sem necessidade de técnicos especializados) e na utilização; Custo de equipamentos relativamente baixo;</p>	<p>Os sinais podem ser degradados ou alterados por alguns tipos de fontes de alimentação; Não detecta nem tolera colisões, ou seja, se 2 comandos X10 forem enviados ao mesmo tempo, é possível que eles não cheguem ao destino.</p>
LONWorks	<p>Tem sensores e atuadores equipados com a sua própria inteligência e trocam informações diretamente entre si; Não necessita de um “computador central”; O processamento de informação é feito localmente; Minimização da quantidade de cablagem necessária;</p> <p>Flexibilidade máxima em termos de expansibilidade podendo atingir 2200 metros de comprimento de barramento.</p>	<p>Necessidade de ferramentas específicas de configuração e teste; Custo significativo.</p>

<p style="text-align: center;">KNX</p>	<p>Norma internacional para controlo de residências e edifícios aprovada por várias entidades mundiais; Processo de certificação garante que produtos diferentes de fabricantes diferentes utilizados em diferentes aplicações operem e comuniquem entre si, o que garante um elevado grau de flexibilidade na ampliação e alteração de instalações.; Exige um elevado nível de controlo de qualidade e produção durante todas as fases de vida do produto.; O protocolo pode ser utilizado quer em edifícios novos quer já existentes.; Instalações podem assim ser facilmente ampliadas e adaptadas a novas necessidades.; Diversos meios de comunicação são suportados por este protocolo.; Cada meio de comunicação pode ser utilizado em combinação com um ou mais modos de configuração.</p>	<p style="text-align: center;">Custo elevado.</p>
<p style="text-align: center;">Z-Wave</p>	<p>Existem mais de 700 produtos Z-Wave certificados e são mais de 12 milhões os equipamentos instalados em todo o mundo; Qualquer equipamento elétrico é passível de ser controlado por Z-Wave, simplesmente ligando o aparelho a um módulo Z-Wave adequado e adicione o mesmo à sua rede Z-Wave; Tanto funciona com 2 ou 200 equipamentos, e novos dispositivos podem ser adicionados em qualquer altura.; Pode-se ajustar o controle por seções; Barato e passível de ser instalado por qualquer pessoa; Consegue perceber em tempo real o estado de qualquer aparelho; Pode ser adicionado a praticamente qualquer dispositivo elétrico de uma habitação, permitindo o controle tanto em casa como remotamente; Pode-se cruzar informação entre os vários dispositivos para criar cenários facilitadores de tarefas triviais, de segurança ou lazer.</p>	<p>Apesar da tecnologia Z-Wave ser uma solução interessante principalmente para residências já construídas, a velocidade na transmissão dos dados é baixa, o que ainda inviabiliza a transmissão de imagem, som e outros dados. Além disso, para soluções que necessitem de mais que 30 dispositivos, a solução Z-Wave começa a ficar mais cara que um sistema de cabo.</p>

ZigBee	Baixo consumo de energia; O uso de baterias do tipo AA que podem durar até 6 meses à conta do “duty cycle”, ou seja, a proporção de tempo durante o qual o componente, dispositivo ou sistema está em operação e volta a entrar em “dormência”.; A utilização de diferentes topologias de rede (estrela, árvore e malha), permite grande flexibilidade.;	Baixas taxas de transferência; Catálogo ser reduzido, não havendo tantas opções de equipamentos como para outros sistemas de automação doméstica.
---------------	--	--