

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

TAIRINE CRISTINE BERTOLA CRUZ

**EDIFICAÇÕES PREPARADAS PARA AUTOMAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E  
ACESSIBILIDADE**

Juiz de Fora  
2018

TAIRINE CRISTINE BERTOLA CRUZ

**Edificações Preparadas para Automação, Sustentabilidade e Acessibilidade**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Orientador: Prof. DSc. Marcos Martins Borges  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. DSc. Eugênia Cristina Muller Giancoli Jabour

Juiz de Fora  
2018

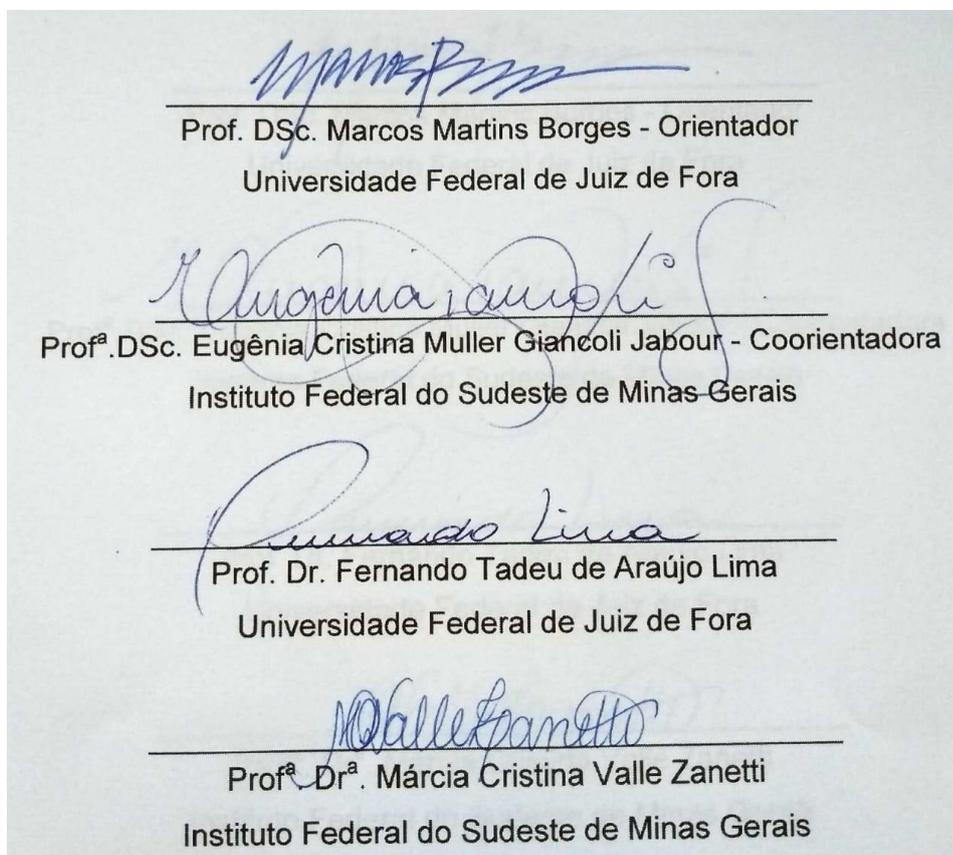
**Tairine Cristine Bertola Cruz**

**Edificações Preparadas para Automação, Sustentabilidade e Acessibilidade**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Aprovada em 26 de setembro de 2018.

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. DSc. Marcos Martins Borges - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>a</sup>.DSc. Eugênia Cristina Muller Giancoli Jabour - Coorientadora  
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Fernando Tadeu de Araújo Lima  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Cristina Valle Zanetti  
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

## DEDICATÓRIA

*Fomos, somos e sempre seremos quatro alicerces: pai, mãe, irmãe e eu.*

*Este trabalho, assim como todos, é dedicado a vocês. Com todo meu amor e gratidão.*

## AGRADECIMENTOS

A gratidão é o reconhecimento por aqueles que nos auxiliam e apoiam nessa jornada tão complexa e bonita que é a nossa passagem pela Terra. Tanto a agradecer...

Primeiramente ao meu Deus e aos meus guias espirituais, que em todos os momentos me conduzem e guardam.

Aos meus guardiões aqui na Terra, meus amados pais, Júlio César e Marilda, meus melhores espelhos, amigos, companheiros, minha força.

À minha tão amada irmã Taíssa, sim, irmã e mãe, que saudades de você. Obrigada por me ensinar tanto. Estaremos sempre juntas...

Ao meu noivo, meu par, obrigada por acreditar em mim.

A todos que fazem parte do Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora. Em especial meus orientadores, Marcos e Eugênia, obrigada por tudo, principalmente pela amizade.

E por falar nisso, quantos amigos queridos, dentre eles, um agradecimento especial à você Ju, cujo apoio foi fundamental.

Por fim, termino agradecendo a você que está lendo este trabalho, pois:

*"Conhecimento e laços fraternos são as melhores coisas a se construir na vida terrestre e as únicas que levamos para a vida espiritual".*

## RESUMO

A popularização da tecnologia digital transformou substancialmente o modo de vida da sociedade contemporânea. No campo da Arquitetura, Engenharia e Construção o impacto da inserção tecnológica é percebido não apenas no processo de projeto e construção dos empreendimentos, mas também nas novas possibilidades de interação entre os usuários e as edificações. Contudo, em comparação aos demais setores produtivos, as edificações domésticas apresentam um considerável déficit tecnológico, sobretudo em função do custo dos sistemas e da falta de adequação na infraestrutura das mesmas. Nesse sentido, surge o conceito da pré-automação residencial, que pode ser definido como um estágio intermediário entre a instalação convencional e a instalação automatizada, com baixo custo e alta flexibilidade. A principal vantagem das instalações que adotam esse conceito consiste na facilidade de atualização e incremento dos sistemas. Considerando a importância do gerenciamento das instalações domésticas e, diante do atual contexto social e ambiental, esta pesquisa teve como objetivo identificar adaptações na infraestrutura das edificações residenciais, afim de torná-las preparadas para a instalação dos sistemas de automação residencial e, portanto, integrar aspectos de sustentabilidade e acessibilidade intrínsecos ao conceito das edificações inteligentes. A pesquisa foi desenvolvida junto ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora. A fim de corroborar a flexibilidade de adaptação da edificações pré-automatizadas, foram definidos seis níveis de classificação para os sistemas de automação residencial.

Palavras-chave: Pré-automação. Automação Residencial. Edificações Inteligentes. Sustentabilidade. Acessibilidade.

## **ABSTRACT**

The digital technology popularization has substantially transformed the life's way of contemporary society. In the sector of Architecture, Engineering and Construction the impact about the technological insertion is perceived not only in the project design and construction process, but also in the new possibilities of interaction between users and buildings. However, in comparison to the other productive sectors, the domestic buildings presents a considerable technological deficit, mainly due to the cost of the systems and the worse adaptation in the infrastructure of them. In this sense, the concept of buildings prepared for automation appears, which can be defined as an intermediate stage between the conventional installation and the automated installation, with low cost and high flexibility. The main advantage of installations that adopt this concept is the facility in updating and increasing the systems. Considering the importance of the management's domestic installations, and in view of the current social and environmental context, this research aimed to identify adaptations in the infrastructure of residential buildings, in order to make them ready for the installation of residential automation systems and, also integrate aspects of sustainability and accessibility intrinsic to the concept of intelligent buildings. The research was developed with the Graduate Program in Built Environment of the Universidade Federal de Juiz de Fora. In order to corroborate the adaptive flexibility of the prepared for automated buildings, six levels of residential automation classification were defined.

**Keywords:** Prepared for automation. Home Automation. Domotics. Intelligent Buildings. Sustainability. Accessibility.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>20</b>
FIGURA 2.5.1 – CONCEITOS PRINCIPAIS NO PROCESSO DE PROJETO DAS EI.....	24
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>26</b>
FIGURA 3.1.1 – INTEL 4004: PRIMEIRO MICROPROCESSADOR COMERCIAL .....	27
FIGURA 3.1.2 – SISTEMA DE AQUECIMENTO AUTOMATIZADO .....	27
FIGURA 3.1.3 – FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO .....	28
FIGURA 3.2.1 – SEMELHANÇAS ENTRE EDIFÍCIOS VERDES E EDIFÍCIOS INTELIGENTES .....	31
FIGURA 3.2.2 – PROJETO DE APARTAMENTO COM ARQUITETURA SUSTENTÁVE.....	33
FIGURA 3.3.1 – OBJETIVOS, ELEMENTOS BÁSICOS E SUAS INTER-RELAÇÕES EM UM EI .....	35
FIGURA 3.3.2 – INTER-RELACIONAMENTO ENTRE OS ELEMENTOS BÁSICOS DE UM EI .....	36
FIGURA 3.4.1 - NEST LEARNING THERMOSTAT .....	39
FIGURA 3.4.2 – LÂMPADAS INTELIGENTES .....	40
FIGURA 3.4.3 – FECHADURAS DIGITAIS .....	40
FIGURA 3.4.4 – APLICAÇÕES PARA O HOMEKIT DA APPLE .....	41
FIGURA 3.4.1.1 – FUNCIONAMENTO DE UMA REDE DOMÓTICA .....	43
FIGURA 3.4.4.1 – TECNOLOGIAS DA INFRAESTRUTURA DE UMA EDIFICAÇÃO INTELIGENTE ....	46
FIGURA 3.5.1.1 – ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA .....	48
FIGURA 3.5.2.1 – DIMERIZAÇÃO DE UM AMBIENTE .....	49
FIGURA 3.5.4.1 – SISTEMA INTEGRADO DE UMA EDIFICAÇÃO AUTOMATIZADA .....	52
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>55</b>
FIGURA 4.2.1 – RELAÇÃO HIERÁRQUICA ENTRE AUTOMAÇÃO, PRÉ-AUTOMAÇÃO E INSTALAÇÃO CONVENCIONAL .....	58
FIGURA 4.3.1 – POSICIONAMENTO DO SHAFT DE CONECTIVIDADE (SCN ).....	59
FIGURA 4.3.2 – VISUALIZAÇÃO ESQUEMÁTICA EM CORTE DO SCN .....	60
FIGURA 4.3.3 – EXEMPLO DE SCN .....	60
FIGURA 4.3.4 – TOPOLOGIA DE REDE EM ESTRELA .....	61
FIGURA 4.3.5 – INSTALAÇÃO ELÉTRICA PRÉ-AUTOMATIZADA .....	62
FIGURA 4.3.6 – RELÉ DE IMPULSO .....	63
FIGURA 4.3.7 – SISTEMAS PARALELOS CONVENCIONAL E COM RELÉ DE IMPULSO RESPECTIVAMENTE .....	63
FIGURA 4.3.8 – ESQUEMA ELÉTRICO CONVENCIONAL .....	64
FIGURA 4.3.9 – ESQUEMA ELÉTRICO PRÉ-AUTOMATIZADO .....	64
FIGURA 4.3.10 - ESQUEMA ELÉTRICO PRÉ-AUTOMATIZADO COM CENTRAL DE CONECTIVIDADE .....	65

<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>66</b>
FIGURA 5.1.1 – NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL SEGUNDO A AURESIDE L .....	67
FIGURA 5.1.2 – SISTEMAS COM MALHA ABERTA .....	68
FIGURA 5.1.3 – SISTEMAS COM MALHA FECHADA .....	68
FIGURA 5.2.1 – NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO, PROGRAMAÇÃO E INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS RESIDENCIAIS.....	69
FIGURA 5.2.2 – EXEMPLO DE SISTEMAS AUTÔNOMOS INDEPENDENTES – SEM INTEGRAÇÃO (NÍVEL 1).....	70
FIGURA 5.2.3 - EXEMPLO DE SISTEMAS AUTÔNOMOS INDEPENDENTES – COM AUTOMAÇÃO PROGRAMADA (NÍVEL 2).....	71
FIGURA 5.2.4 - EXEMPLO DE SISTEMAS PARCIALMENTE INTEGRADOS – SEM AUTOMAÇÃO (NÍVEL 3).....	71
FIGURA 5.2.5 - EXEMPLO DE SISTEMAS PARCIALMENTE INTEGRADOS – COM AUTOMAÇÃO (NÍVEL 4).....	72
FIGURA 5.2.6 – EXEMPLO DE SISTEMAS INTEGRADOS – COM AUTOMAÇÃO INDEPENDENTE (NÍVEL 5).....	72
FIGURA 5.2.7 - EXEMPLO DE SISTEMAS INTEGRADOS – COM AUTOMAÇÃO INTEGRADA (NÍVEL 6).....	73
FIGURA 5.2.8 – CONTROLE E MONITORAMENTO TOTAL DE UMA RESIDÊNCIA .....	74

## LISTA DE QUADROS

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>14</b>
QUADRO 1.3.1 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
QUADRO 1.4.1 – MATRIZ DE DECISÃO .....	18
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>20</b>
QUADRO 2.4.1 – PALAVRAS-CHAVE E QUESTÕES DA RSL .....	22
QUADRO 2.4.2 – RESUMO SOBRE A RSL .....	23
QUADRO 2.5.1. – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL .....	23
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>26</b>
QUADRO 3.4.3.1 – PRINCIPAIS MEIOS DE TRANSMISSÃO DE DADOS .....	45
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>55</b>
QUADRO 4.3.1 – PREMISSAS PROPOSTAS PELA FINDER .....	62

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>26</b>
GRÁFICO 3.2.1 – A INOVAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL SOB A ÓTICA DO CONSUMIDOR BRASILEIRO .....	30

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	14
1.2 PRESSUPOSTOS E MOTIVAÇÕES .....	15
1.3 OBJETIVOS ESTABELECIDOS .....	17
1.4 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....	17
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	19
<b>CAPÍTULO 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>20</b>
2.1 O NASCIMENTO DA PESQUISA .....	20
2.2 O PROCESSO DE REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.3 ESTUDO DE CASO .....	22
2.4 PANORAMA DAS PESQUISAS SOBRE EDIFICAÇÕES PREPARADAS PARA AUTOMAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E ACESSIBILIDADE.....	22
2.5 CONSIDERAÇÕES DA RSL .....	23
<b>CAPÍTULO 3 A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NAS EDIFICAÇÕES.....</b>	<b>26</b>
3.1 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: DA AUTOMAÇÃO AO PRINCÍPIO DA INTELIGÊNCIA INTEGRADA.....	26
3.2 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: PRINCÍPIOS DE UM DESIGN SUSTENTÁVEL .....	30
3.3 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: CONCEITOS, DEFINIÇÕES E PERSPECTIVAS .....	35
3.4 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: TECNOLOGIAS E INFRAESTRUTURA .....	39
3.4.1 REDE DOMÓTICA: HOME AREA NETWORK.....	43
3.4.2 REDE ELETRÔNICA: REDE DE COMPUTADORES .....	43
3.4.3 MEIOS DE TRANSMISSÃO DE DADOS .....	44
3.4.4 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO.....	45
3.5 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL.....	47
3.5.1 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO .....	47
3.5.2 SISTEMAS DE CONTROLE DA ILUMINAÇÃO .....	48
3.5.3 SISTEMAS DE SEGURANÇA E ACESSO.....	50
3.5.4 OUTROS SISTEMAS S.....	50
3.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	53
<b>CAPÍTULO 4 EDIFICAÇÕES PREPARADAS PARA AUTOMAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E ACESSIBILIDADE .....</b>	<b>55</b>
4.1 ARQUITETURA, ENGENHARIA E A AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL.....	55
4.2 O CONCEITO DA PRÉ-AUTOMAÇÃO .....	57
4.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS PRÉ-AUTOMATIZADAS .....	59

<b>CAPÍTULO 5 PROPOSTA DE SEIS NÍVEIS PARA OS SISTEMAS AUTOMATIZADOS EM UMA EDIFICAÇÃO .....</b>	<b>66</b>
5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO SEGUNDO A AURESIDE .....	66
5.2 DEFINIÇÃO DE SEIS NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO, PROGRAMAÇÃO E INTEGRAÇÃO EM SISTEMAS RESIDENCIAIS .....	69
<b>CAPÍTULO 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>75</b>
<b>CAPÍTULO 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>78</b>

A engenharia civil está relacionada com a própria história da humanidade, ela é responsável por desenvolver e gerar inovações que auxiliam no modo de vida. Sendo assim, em plena era digital, a grande inovação que a engenharia pode proporcionar, é oferecer um novo conceito em construção de edifícios: **Os Edifícios Inteligentes**. (COELHO E CRUZ, 2017, p. 15).

# CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

No capítulo introdutório, são apresentadas as considerações iniciais sobre o presente estudo, bem como os pressupostos, motivações e objetivos estabelecidos. Discorre-se também sobre a fundamentação metodológica utilizada no embasamento da pesquisa e apresenta-se uma síntese sobre os demais capítulos que compõem o trabalho.

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A popularização da internet, dos dispositivos móveis e das redes sem fio tem alterado substancialmente o modo como as pessoas se comunicam, consomem, trabalham e se entretêm. Inúmeras são as facilidades possibilitadas pelo mundo virtual, como por exemplo o compartilhamento de arquivos, o uso de softwares aplicativos para comunicação, compras, prestação de serviços, bem como o monitoramento e o controle de sistemas.

Especialistas afirmam que a quarta Revolução Industrial, já em curso, veio possibilitar a quebra dos limites entre o mundo físico (impressão 3D, robótica avançada), digital (internet das coisas, plataformas digitais) e o biológico (tecnologia digital aplicada à genética), causando profundas mudanças na sociedade (DIAS, 2018).

Nesse cenário cibernético, o ambiente construído também tem incorporado novas tecnologias e equipamentos com dispositivos inteligentes, os quais possibilitam que a estrutura física, até então inerte, se transforme em uma construção ativa, dinâmica e capaz de interagir com as pessoas e com o entorno.

Tratando-se especificamente do ambiente doméstico, segundo Bolzani (2013), no início do século XX, o conceito de casa inteligente despertava nas pessoas um sentimento de grandiosidade e luxo. Entretanto, atualmente, propõe-se o uso mais pragmático e factível das tecnologias que, além de auxiliar as tarefas diárias e garantir a segurança patrimonial, devem também promover um consumo mais racional e eficiente dos recursos naturais.

Ademais, alguns fatores socioeconômicos, de destaque neste início do século XXI, foram determinantes para o impulsionamento de pesquisas sobre redes domésticas e sistemas de controle residenciais, entre eles, a busca por métodos mais eficientes de consumo de energia, o envelhecimento da população mundial e a inclusão social (BOLZANI, 2010).

De acordo com Jacobson (2017), a preocupação com a segurança conjectura-se como um dos principais incentivos para o desenvolvimento tecnológico residencial. Em função do aumento da violência urbana, a indústria da segurança patrimonial estabeleceu-se como um mercado bastante sólido e promissor, cujo foco é o desenvolvimento de soluções robustas, de fácil instalação e que priorizam a metodologia *do-it-yourself* (em português faça-você-mesmo).

Ao longo dos anos, muitos paradigmas do desenvolvimento de sistemas de controle residenciais foram criados, remodelados ou mesmo descartados, impulsionando a pesquisa em ambientes inteligentes. Além de estar em constante evolução, a tecnologia embarcada deve ser flexível o bastante para atender a heterogeneidade dos usuários e manter um nível adequado de robustez e segurança (MATTAR, 2007).

Partindo-se do princípio de que a tecnologia digital tem provocado mudanças e rupturas em diversos segmentos produtivos e que, em função de sua popularização, existem hoje não apenas novas maneiras de criar, projetar e produzir edificações, mas também um novo conceito de ambiente doméstico, apresenta-se a seguir os pressupostos e motivações aspirados por esse estudo.

## 1.2 PRESSUPOSTOS E MOTIVAÇÕES

Em 2017, o segmento da automação residencial movimentou uma receita mundial de \$ 8.799 (oito milhões, setecentos e noventa e nove mil dólares). Ainda assim, embora remonte quase 30 anos de desenvolvimento de produtos, sua popularização é considerada bastante incipiente (JARAMILLO, 2017).

Ao analisar-se as funcionalidades tecnológicas em um edifício comparando-as com as de qualquer veículo automóvel, equipamento de telecomunicação ou eletrodoméstico, percebemos o déficit tecnológico ainda usual nas habitações tradicionais, principalmente nas edificações domésticas (COELHO & CRUZ, 2017).

Com a rápida progressão da tecnologia, no início do século XXI, havia uma grande expectativa sobre a inteligência no ambiente residencial, conforme expresso por Werneck:

Depois que o público conhecer uma residência automatizada, não haverá como retroceder, toda a cadeia de concepção da moradia (a construção, a arquitetura, etc.) evoluirá, e, principalmente, o ocupante do imóvel. Assim, deverão ser necessários vários profissionais que, interagindo, permitirão o real desenvolvimento das técnicas da domótica. (WERNECK, 1999, p. 132).

Entretanto, uma década depois, analisando o cenário da construção civil, Bolzani (2010) criticou o fato de que não havia sido criado (e ainda hoje não foi) um equipamento ou serviço de controle residencial cuja aplicação tenha despertado um grande interesse ou alterado a rotina das pessoas, como ocorreu quando surgiram o rádio e posteriormente a televisão.

De fato, a automação residencial ainda não foi eleita uma necessidade extrema. Tipicamente, a forma como se agregam serviços e equipamentos eletrônicos às casas pouco se alterou. Estes são instalados com restrita ou nenhuma interação e não usufruem de uma infraestrutura em comum (COELHO E CRUZ, 2017).

Além da falta de um serviço ou equipamento imprescindível, a tecnologia da automação residencial enfrenta como principais barreiras o custo dos equipamentos e a ineficiência na criação de uma estrutura convergente. Há vários anos, a indústria tem mobilizado esforços na tentativa de estabelecer um padrão de rede doméstica, bem como um protocolo universal para a troca de mensagens entre os eletrônicos e componentes do sistema (BOLZANI, 2013).

Segundo Jacobson (2017), a indústria da automação residencial, ainda hoje, encontra-se distante da consolidação desse padrão universal. Por outro lado, cada vez mais empresas estão investindo em estudos voltados para sistemas de automação doméstica, sobretudo em função da popularização da tecnologia *wireless*.

Ademais, é importante ressaltar que a automação e o gerenciamento remoto de dispositivos têm sido apontados como importantes ferramentas para a gestão eficiente de recursos energéticos e naturais. A possibilidade de monitoramento contínuo do consumo de insumos como água, energia elétrica ou gás implica na análise e controle de demandas, bem como na detecção imediata de eventuais vazamentos e no acionamento remoto de dispositivos (MURATORI, 2017).

As constantes mudanças e avanços na ciência e na tecnologia invadem todas as esferas da sociedade. O estabelecimento de novos padrões e métricas implica na criação de novos produtos e serviços. Com a Arquitetura, Engenharia e Construção - AEC não é diferente.

Conforme ressalta Bolzani (2010), as instalações elétricas, de certa forma, exercem uma função social na edificação. A localização das tomadas, por exemplo, normalmente determina a posição dos eletrônicos e, indiretamente, subdivide os cômodos em regiões funcionais.

Assim, é preciso acompanhar o desenvolvimento da informática e as mudanças que estão surgindo no sentido de tornar a arquitetura e as instalações prediais mais eficientes, integradas e flexíveis.

### 1.3 OBJETIVOS ESTABELECIDOS

O objetivo geral dessa dissertação é identificar mudanças projetuais na infraestrutura das edificações residenciais para que a inteligência seja de fato viabilizada.

Como desdobramentos do objetivo geral, apresenta-se a seguir os objetivos específicos:

Quadro 1.3.1 – Objetivos específicos

<b>Objetivos específicos</b>	➤ Descrever o processo histórico da inovação tecnológica nas edificações;
	➤ Pontuar o princípio da inteligência integrada;
	➤ Retratar o inter-relacionamento entre inteligência e sustentabilidade;
	➤ Apresentar um panorama mundial sobre o conceito de edificações inteligentes;
	➤ Descrever as tecnologias disponíveis para as edificações inteligentes;
	➤ Resumir e caracterizar os principais sistemas de uma edificação inteligente;
	➤ Identificar mudanças projetuais na arquitetura e instalações prediais vinculadas à construção das edificações inteligentes;
	➤ Corroborar a metodologia apresentada através da definição de níveis de automação.

Fonte: elaborado pela autora (2018).

### 1.4 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Dresch *et al.* (2015), a pesquisa no âmbito da gestão busca a aproximação de duas realidades: a teórica e a prática. Pesquisas prescritivas, cujo objetivo é a proposição de soluções, são bastante comuns em áreas como a engenharia de produção, arquitetura e a administração.

Além de explorar, descrever e explicar certo problema ou fenômeno, a pesquisa na área da gestão também se preocupa com o estudo do projeto e da criação de artefatos. Em geral, os pesquisadores dessa área buscam encontrar soluções para um determinado problema, que sejam aplicáveis pelos profissionais no dia a dia.

Portanto, para adequada condução do trabalho, a partir da Matriz de Decisão apresentada no Quadro 1.4.1, definiu-se a abordagem científica e o método de pesquisa.

Quadro 1.4.1 – Matriz de Decisão

MÉTODOS CIENTÍFICOS TRADICIONAIS MAIS USADOS EM GESTÃO	MÉTODO/ CARACTERÍSTICAS	DEDUTIVO	INDUTIVO	➔ HIPOTÉTICO- DEDUTIVO
	<i>Ponto de partida da pesquisa</i>	Parte-se da proposição de leis e teorias que abrangem determinado fenômeno	Parte-se da observação empírica de fenômenos ou situações	Parte-se de um conhecimento prévio para encontrar uma lacuna, propor novas teorias e colocá-las à prova
	<i>Objetivo da pesquisa</i>	Explicar ou prever certos fenômenos	Explicar, descrever, explorar ou predizer através da observação	Descrever ou explicar um comportamento ou uma situação

MÉTODOS DE PESQUISA	MÉTODO/ CARACT.	PESQUISA-AÇÃO	➔ ESTUDO DE CASO	SURVEY	DESIGN SCIENCE
	<i>Caract.</i>	Possui cunho exploratório, descritivo e explicativo, observador ativo	Pesquisa empírica que busca compreender um fenômeno a partir de observações imparciais	A investigação é conduzida por meio da coleta de dados ou informações	Consiste em construir e avaliar artefatos que possuem certas propriedades
	<i>Objetivos</i>	Resolver ou explicar problemas encontrados em certo sistema	Descrever um fenômeno, testar ou criar uma teoria	Desenvolver conhecimento em uma área específica e gerar dados para análise estatística	Estudar o projeto, a construção ou criação de um novo artefato ou solucionar um determinado problema.

Fonte: PRODANOV & FREITAS (2013); DRESCH *et al.* (2015).

O método hipotético-dedutivo, proposto por Karl Popper, baseia-se na conjectura de hipóteses sobre um determinado problema ou lacuna, que deverão ser rejeitadas ou não por meio de experimentos e observações mais detalhadas. Estas lacunas surgem a partir do conhecimento teórico existente sobre determinado campo (PRODANOV & FREITAS, 2013).

O processo de corroboração das hipóteses estabelecidas será conduzido através do método estudo de caso que, segundo Dresch *et al.* (2015), tem como objetivo produzir conhecimentos práticos e teóricos por meio de observações imparciais.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos, os quais desempenham funções específicas no relato do trabalho desenvolvido.

O capítulo primeiro, *Considerações Iniciais*, introduz o leitor ao assunto pleiteado, bem como fundamenta a metodologia da pesquisa.

O capítulo segundo, *Procedimentos Metodológicos*, narra sobre o contexto no qual o trabalho foi desenvolvido e a trajetória percorrida pela autora. Apresenta também um refinamento bibliográfico, *Revisão Sistemática da Literatura*, para a pesquisa desenvolvida.

O capítulo terceiro, *A Inovação Tecnológica nas Edificações*, disserta sobre a revisão narrativa acerca do tema abordado.

O capítulo quarto, *Edificações Preparadas para Automação, Sustentabilidade e Acessibilidade*, apresenta os resultados da pesquisa.

O capítulo quinto, *Proposta de Seis Níveis para os Sistemas Automatizados*, traz a proposta de classificação obtida através da observação de diferentes sistemas de automação residencial.

O capítulo sexto, *Considerações Finais*, resume o aprendizado obtido com a pesquisa.

E por fim, no capítulo sétimo, *Referências Bibliográficas*, tem-se as fontes consultadas.

## CAPÍTULO 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No presente capítulo, descreve-se o processo de construção deste trabalho, bem como os caminhos percorridos para a definição dos objetivos e escolha da metodologia, concisos ao programa de desenvolvimento da pesquisa. Apresenta-se também um refinamento bibliográfico obtido através da técnica da Revisão Sistemática da Literatura.

### 2.1 O NASCIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa para essa dissertação, intitulada *Edificações Preparadas para Automação, Sustentabilidade e Acessibilidade*, foi desenvolvida junto ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora - PROAC/UFJF.

O programa possui um caráter multidisciplinar, concentrando trabalhos nas grandes áreas da Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção, com o propósito do desenvolvimento de pesquisas inovadoras sobre o ambiente construído em escalas físicas e sociais.

Especificamente a linha de pesquisa *Gestão do Ambiente Construído*, na qual se insere essa dissertação, aprofunda-se em conhecimentos da gestão dos processos e da análise das políticas do ambiente construído, incluindo suas implicações teóricas, metodológicas e práticas, bem como o desenvolvimento e gerenciamento de construções sustentáveis (PROAC, 2018).

Alinhando-se os conceitos *gestão*, *sustentabilidade* e *tecnologia*, adentrou-se ao universo das edificações designadas como *inteligentes*, que fazem parte do novo estilo de vida experimentado pela sociedade contemporânea. Estilo este que, segundo Bolzani (2013), pode e deve ser mais inteligente do que tem sido, incluindo as edificações onde vivemos e trabalhamos.

Em uma época em que a sociedade almeja controlar custos e manter um padrão de vida mais sustentável, conhecer e utilizar aparelhos e tecnologias inteligentes se torna quase uma obrigação. Além disso, o desenvolvimento da microeletrônica e da nanotecnologia têm motivado pesquisas que até então não eram possíveis ou imagináveis.

Conforme destaca o diretor executivo do Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos, estamos nos primórdios da transformação tecnológica na infraestrutura urbana, essencial para o desenvolvimento sustentável:

A digitalização está mudando o mundo. Atualmente, o número de dispositivos conectados ultrapassou o número de seres humanos no planeta. [...]. Entretanto, muito da infraestrutura ainda tem que ser transformada pela era da informação. [...] na maior parte dos lugares, trens, sistemas de energia, edifícios, ônibus e rodovias pouco mudaram sua natureza. Alguns sistemas digitais foram incorporados, mas apenas começamos a desvendar o potencial de uma infraestrutura inteligente, totalmente digitalizada, eletrificada, habilitada por informação. Fazer isso será a chave para responder aos desafios de desenvolvimento sustentável [...]. (MATHEU, 2018, p. 01).

Mudanças conceituais na arquitetura, projeto das instalações e na própria utilização das edificações estão transformando o ambiente construído, constituindo-se em um tema de amplo estudo e que deve ser abordado em um ambiente de pesquisa multidisciplinar.

## 2.2 O PROCESSO DE REVISÃO DA LITERATURA

A partir da definição do universo de pesquisa, *edificações inteligentes*, iniciou-se o processo de revisão narrativa da literatura. Esta técnica, segundo Rother (2007), permeia publicações mais amplas, apropriadas para discutir o desenvolvimento ou estado da arte de um determinado assunto, sob ponto de vista teórico ou contextual. Constitui basicamente na literatura publicada em livros, artigos, resumos (impressos ou eletrônicos), por meio da interpretação e análise crítica do(a) autor(a) da pesquisa.

Já no início desse processo, percebeu-se uma maior popularidade da aplicação tecnológica em ambientes comerciais ou públicos. Desta forma, o primeiro recorte da pesquisa se deu no direcionamento do estudo para o ambiente doméstico, onde o tema se mostrou mais instigador.

Conforme o avanço da leitura, foram definidos os objetivos de *contextualização* da pesquisa, bem como os de construção do *estado da arte* do tema. Ao término da revisão, estabeleceu-se o *objetivo geral da dissertação*, o qual foi determinante para a escolha do método da pesquisa.

Após esse processo de familiarização com o tema abordado, foi possível definir alguns conceitos e palavras-chave para a realização de uma revisão com maior teor de aprofundamento, a Revisão Sistemática de Literatura – RSL, apresentada em sequência.

A RSL é um estudo secundário utilizado para mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados obtidos no estudo primário (DRESCH *et al.*, 2015). Segundo Rother (2007), é uma revisão mais específica que procura responder uma pergunta ou premissa já estabelecida, através de um certo rigor metodológico.

### 2.3 ESTUDO DE CASO

As adaptações identificadas na infraestrutura de uma edificação foram obtidas mediante a análise de recomendações de algumas empresas para projetos de automação residencial. A partir dessas, foi possível reunir os aspectos considerados mais relevantes.

A fim de validar tais recomendações, foi necessário definir níveis de automação e integração que demonstram a flexibilidade de uma infraestrutura planejada apta para receber automação. Estes foram fundamentais para o entendimento das muitas possibilidades de projeto.

A proposta de um novo sistema de classificação, partiu da observação dos diferentes sistemas de automação e integração disponíveis no mercado.

### 2.4 PANORAMA DAS PESQUISAS SOBRE EDIFICAÇÕES PREPARADAS PARA AUTOMAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E ACESSIBILIDADE

A partir do conhecimento adquirido pela revisão narrativa, definiu-se as palavras-chave e os questionamentos a serem respondidos pela técnica da revisão sistemática da literatura. A pesquisa seguiu a sequência disposta no Quadro 2.4.1 abaixo.

Quadro 2.4.1 – Palavras-chave e questões da RSL

Palavras-chave	Questionamentos
Preparado para automação predial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual a popularidade de estudos sobre o tema?</li> <li>• Quais as áreas científicas mais presentes?</li> <li>• Quais os principais autores?</li> <li>• Em geral, o tema é explorado de forma teórica ou experimental?</li> </ul>
Pré-automação predial	
Pré-automação residencial	

Fonte: elaborado pela autora (2018).

O número de publicações selecionadas implica uma popularidade incipiente sobre o assunto pleiteado. A maioria dos trabalhos analisados têm como foco o desenvolvimento de protocolos universais para as redes domésticas. Este fato justifica a maior presença de trabalhos na área da engenharia elétrica e afins. Especificamente sobre mudanças no projeto arquitetônico e instalações prediais, apenas um trabalho, de carácter experimental, demonstrou maior familiaridade. O Quadro 2.4.2 resume o resultado da RSL.

Quadro 2.4.2 – Resumo sobre a RSL

<b>Áreas/Frequência</b>	* Ciência da Computação – 02; * Eng. Mecânica – 02;	* Eng. Elétrica e afins – 07; * Arquitetura e Eng. Civil –
-------------------------	--	---

Fonte: elaborado pela autora (2018).

## 2.5 CONSIDERAÇÕES DA RSL

Sobre o projeto das edificações inteligentes, Teza (2002) afirma que arquitetos e engenheiros devem pensar seus projetos incluindo a rede de dados na mesma planta onde são previstos os pontos de água, telefone, gás e energia. Basicamente, a infraestrutura de uma casa inteligente inclui um local apropriado para a alocação dos quadros de comando e da fiação (fios de cobre, coaxiais e fibras ópticas). O Quadro 2.5.1 abaixo reúne as principais características de um sistema de automação residencial definidas pelo autor:

Quadro 2.5.1. – Principais características de um sistema de automação residencial

Quesito	Características principais
Projeto	Inicialmente vale o estilo de vida e as preferências de quem vai residir no local. Por isso, as soluções são muito pessoais e dirigidas. Por exemplo, em casas isoladas, normalmente, os clientes dão ênfase aos sistemas de segurança, porém, este mesmo cliente, ao optar por um condomínio fechado, pode abrir mão de alguns itens de segurança e com o mesmo gasto sofisticar outros sistemas, como o <i>Home Theater</i> .
Infraestrutura	Normalmente, as soluções de automação são desenvolvidas no decorrer da obra, quando não apenas ao seu final. Como podemos antever, isto compromete não só o orçamento final, mas também prejudica o aproveitamento ideal dos recursos disponibilizados pela automação. Outro fator interessante a considerar é que boa parte dos equipamentos de automação doméstica não ficam obrigatoriamente incorporados ao imóvel, podendo ser levados pelo seu proprietário quando se mudar.

Fonte: Teza (2002).

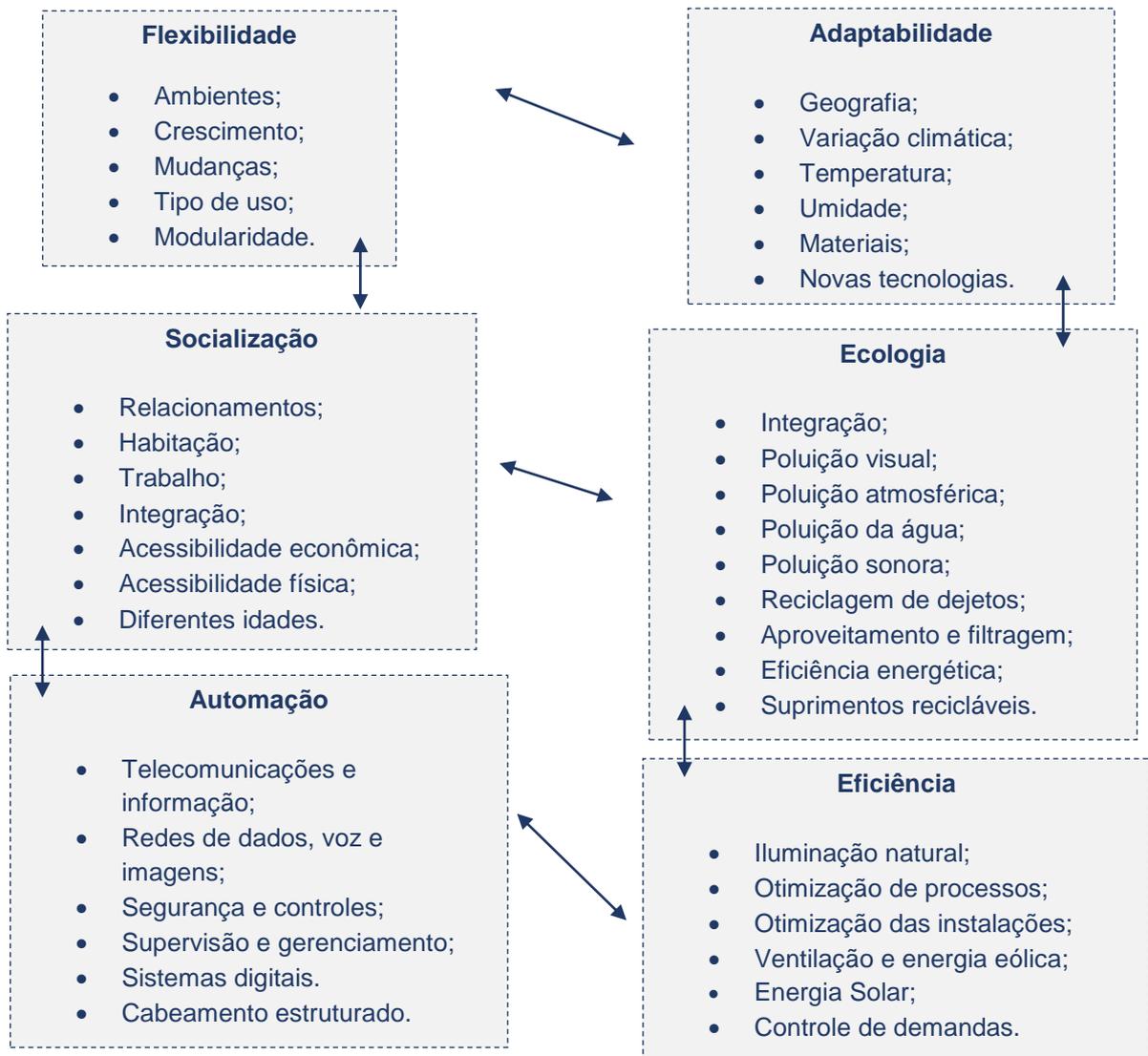
Quadro 2.5.1. – Continuação

Usabilidade/operação	Obrigatoriedade de utilização de interfaces fáceis e amigáveis, pois os clientes/usuários são totalmente avessos a programações complexas. O instalador/projetista de automação não pode se esquecer deste detalhe, que muitas vezes compromete a qualidade
Supervisão/gerenciamento	Na maioria das vezes, um Sistema de Automação Residencial bem projetado não necessita de um supervisor, ou seja, seu grau de confiabilidade operacional

Fonte: Teza (2002).

Pensando na integração dos sistemas inteligentes, Filho & Clausen (2002) definem seis conceitos principais e suas aplicabilidades que devem ser considerados no processo de projeto das edificações inteligentes (Figura 2.5.1):

Figura 2.5.1 – Conceitos principais no processo de projeto das EI



Fonte: Filho & Clausen (2002).

Segundo Cabral e Campos (2008), os empreendimentos preparados para automação são idealizados no momento da pré-construção, fase em que é prevista a rede de eletrodutos especial, visando a distribuição inteligente das mídias (telefones, TV a cabo, satélites, internet banda larga, entre outras), com total flexibilização e a formando as redes de computadores residenciais (HANS).

Demétrio *et al.* (2016), destacam o papel da automação na inclusão social e na acessibilidade para idosos e pessoas com necessidades especiais. A automação residencial viabiliza uma infinidade de interfaces para efetuar o controle de equipamentos domésticos como, por exemplo, a utilização do comando de voz, bem como os sensores de presença e de proximidade. Portanto, engenheiros e arquitetos devem estar preparados para projetar e gerenciar os novos incrementos da tecnologia na construção civil.

De acordo com Costa (2013), a pré-automatização residencial é um conceito importante, porém pouco explorado dentro do contexto da domótica. Nesse caso, especificamente, não existe a inteligência integrada, e sim uma infraestrutura preparada para uma automação futura, diferente da instalação convencional.

Freitas (2011) afirma que as instalações pré-automatizadas possuem investimento inicial baixo e oferecem como vantagem ao usuário a opção de optar ou não pela automação, bem como definir o nível desta, evitando assim reformas futuras e desnecessárias.

São estes os conceitos reunidos para a pesquisa efetuada. Porém, antes de apresentá-la, procede-se à revisão narrativa que deu origem a este refinamento bibliográfico.

## CAPÍTULO 3 A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NAS EDIFICAÇÕES

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão histórico-conceitual sobre a integração tecnológica nas edificações e sobre o advento dos *edifícios e casas inteligentes*, bem como as principais tecnologias e sistemas desses empreendimentos, a partir do Século XX até os dias atuais.

### 3.1 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: DA AUTOMAÇÃO AO PRINCÍPIO DA INTELIGÊNCIA INTEGRADA

Segundo Kowaltowski *et al.* (2006), a popularização da informática transformou consideravelmente não apenas a interação dos usuários com as edificações, mas principalmente o processo de projeto e a construção dos empreendimentos contemporâneos. Observam-se mudanças tanto no gerenciamento, organização e utilização dos espaços, quanto no processo criativo e na escolha dos materiais e técnicas construtivas.

Embora na literatura o conceito de edifício inteligente (em inglês *intelligent building*) seja considerado um termo relativamente recente, nas últimas três décadas, evidencia-se o registro da construção de edificações com recursos tecnológicos cada vez mais complexos e dinâmicos (BUCKMAN *et al.*, 2014).

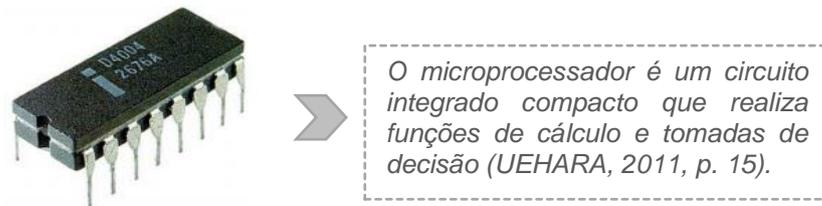
No decorrer do Século XX, houve uma acelerada evolução tecnológica nas edificações, sobretudo em função do aumento da construção de grandes complexos empresariais nos centros urbanos e, portanto, da necessidade de oferecer maior conforto, segurança e economia no uso e operação dos mesmos.

A princípio, surgiram os edifícios *automatizados* que, posteriormente, foram denominados *inteligentes* em virtude das novas soluções arquitetônicas de projeto, do uso de materiais e técnicas de construção modernas e, principalmente, da inserção da informática (COELHO & CRUZ, 2017).

Já no início do século, a presença de equipamentos como bombas e motores elétricos tornou-se bastante comum nas edificações, assim como as estruturas em concreto armado. Mais adiante, após o fim da Segunda Guerra Mundial, a necessidade da reconstrução rápida e em grande escala motivou o desenvolvimento das estruturas pré-moldadas (PÁDUA, 2006).

Na década de 60, a área tecnológica deu um grande salto com o desenvolvimento dos microprocessadores (Figura 3.1.1). Giesecke *et al.* (2008) referem-se a esse momento como o principal avanço da computação. Além de impulsionar a informática, esse artefato revolucionou em vários aspectos o cotidiano das pessoas, estendendo-se ao ambiente construído tanto na utilização dos espaços quanto nos meios de projeção e construção.

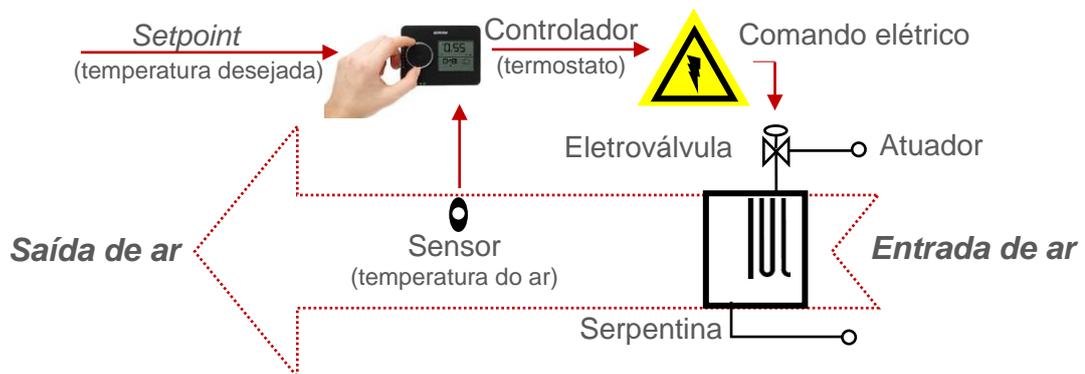
Figura 3.1.1 – Intel 4004: primeiro microprocessador comercial



Fonte: Uehara (2011, p. 45).

Foi a partir da disseminação dos microprocessadores que a automação começou a ser embarcada nas edificações. Assim, no início dos anos 70, foi criado o primeiro Sistema de Controle e Automação Predial, destinado à climatização dos edifícios: o Sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar condicionado - AVAC (em inglês *Heating, Ventilating and Air conditioning*) (COELHO & CRUZ, 2017). A Figura 3.1.2 ilustra o funcionamento de um Sistema de Aquecimento Automatizado que utiliza uma serpentina como fonte de calor.

Figura 3.1.2 – Sistema de Aquecimento Automatizado



Fonte: adaptado de Ischaber & Zanetti (2018, p. 01).

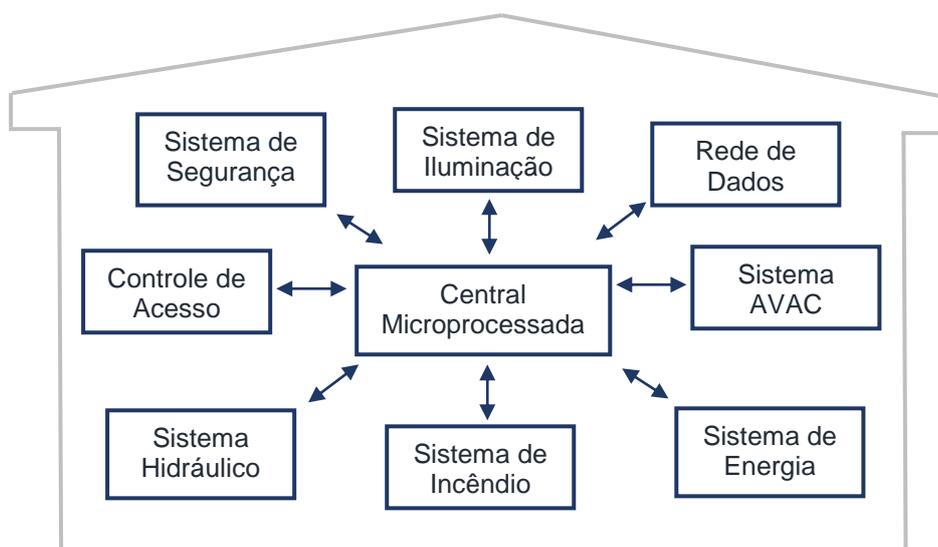
Com esse mecanismo, fomentou-se a ideia de tornar as edificações dotadas de *inteligência*, ou seja, equipá-las com outros recursos destinados a melhorar ainda mais o desempenho de suas instalações. Surgiram então outros *Sistemas de Gestão Técnica*, tais como o Sistema de Iluminação, o Sistema de Controle de Acesso, o Sistema de Detecção de Incêndio, entre outros (NUNES & SÊRRO, 2005).

Segundo Neves (2002), inicialmente não existia nenhum tipo de associação entre esses arranjos. Porém, nos anos 80, com o desenvolvimento do computador pessoal (em inglês *personal computer - PC*), foi possível estabelecer os *Sistemas Automatizados Integrados*, cujo princípio de coordenação pôde então ser percebido por meio da *inteligência integrada*.

O inter-relacionamento de sistemas resultou em muitos benefícios e facilidades aos usuários. Além de conforto e praticidade, é possível também arquitetar medidas de segurança, como por exemplo, ações integradas que facilitem a saída de ocupantes em caso de incêndio na edificação: detectado o fogo, o *Sistema de Incêndio* comunica-se com o *Sistema de Segurança* para que este destranque as portas de rotas de fuga; o *Sistema de Segurança*, por sua vez, aciona o *Sistema AVAC* para que o mesmo regule o fluxo de ar, a fim de diminuir a propagação do fogo.

Portanto, os edifícios inteligentes são projetados para funcionar como um *agente integrador de sistemas*, que através de uma central de processamento realiza operações diárias de uso, controle e manutenção, conforme ilustra a Figura 3.1.3 (COELHO & CRUZ, 2017).

Figura 3.1.3 – Funcionamento de um Sistema Integrado



Fonte: elaborado pela autora (2018).

Conforme destaca Nakamura (2010), nos anos 90, com o advento da globalização, a automação predial deixou de ser restrita apenas a complexas e custosas soluções voltadas à indústria e a prédios de alto luxo. Já na primeira década do Século XXI, houve um considerável aumento no número e na diversidade de consumidores de softwares para operação, controle e monitoramento dos edifícios, haja vista a crescente necessidade de prédios mais eficientes, com tecnologias que otimizam sua funcionalidade, manutenção, segurança e também a racionalização de seus recursos.

Nos países desenvolvidos, a utilização desses *softwares* e programas voltados para o gerenciamento de sistemas prediais é considerada uma das premissas para o desenvolvimento de projetos. Estes são responsáveis pela gestão das rotinas de controle e monitoramento dos sistemas, auxiliando o administrador da edificação no acompanhamento da mesma ao longo de toda a sua vida útil (RODRIGUES & PERENSIN, 2009).

O crescimento da automação residencial deu origem a uma nova vertente na Engenharia de Instalações, a Domótica<sup>1</sup>, uma ciência moderna que visa facilitar o gerenciamento das instalações domésticas, baseada em quatro fatores fundamentais: eficiência energética, segurança, comunicação e conforto (COELHO E CRUZ, 2017).

A Domótica envolve uma multidisciplinaridade de áreas e profissionais: Engenharia, Arquitetura, Artes, Medicina, Ciência da Computação, Informática, Inteligência Artificial, Psicologia e também a Ciência Cognitiva. Portanto, os ambientes inteligentes reúnem conhecimentos diversos frente às possibilidades oferecidas pelo mundo digital.

A proposta de uma arquitetura de *hardware* e *software* tem como finalidade estabelecer critérios e métricas entre fabricantes, consumidores e projetistas e fomentar o desenvolvimento das várias camadas de serviço que compõem uma edificação inteligente (BOLZANI, 2010).

Embora a Inteligência Artificial esteja em seus primórdios de desenvolvimento, onde muita coisa precisa ser aprimorada, a velocidade e a intensidade dos avanços permitem vislumbrar novas formas de habitar o mundo, não tão distantes.

A substituição de funções antes exercidas por humanos implica em escritórios com diferentes disposições, assim como a popularização do home office, do *co-working*<sup>2</sup> e dos condomínios mistos demandam novas soluções de arquitetura e engenharia (KAUFMAN, 2018).

Ademais a estas mudanças, segundo Martins (2018), um edifício inteligente deve ser altamente integrado ao meio ambiente ao qual está inserido, aproveitando com máxima eficiência todos os sistemas naturais, tais como refrigeração passiva, ventilação e iluminação natural. Nomeadamente, devem ser flexíveis, seguros, confortáveis, fortemente rentáveis e ecológicos.

A seguir, adentra-se ao conceito do design *inteligente e sustentável*.

---

<sup>1</sup> Domótica vem do Francês *domotique* que surgiu na França dos anos 80. Deriva da junção dos termos *domos* (casa) e robótica (controle automatizado de algo) (ALVEZ & MOTA, 2003, p. 27).

<sup>2</sup> Co-working representa um ambiente compartilhado porém pensado para o trabalho autônomo de diferentes profissionais, favorecendo o networking e a redução de custos (COWORKING BRASIL, 2018).

### 3.2 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: *PRINCÍPIOS DE UM DESIGN SUSTENTÁVEL*

As primeiras soluções tecnológicas adotadas nos edifícios foram pensadas basicamente em função de quatro requisitos de projeto: custo, desempenho, conforto e satisfação dos usuários. Porém, com o despertar da consciência ambiental, a tecnologia passou a ser considerada fundamental para modificar a forma predatória como interferimos no meio natural (NEVES, 2002).

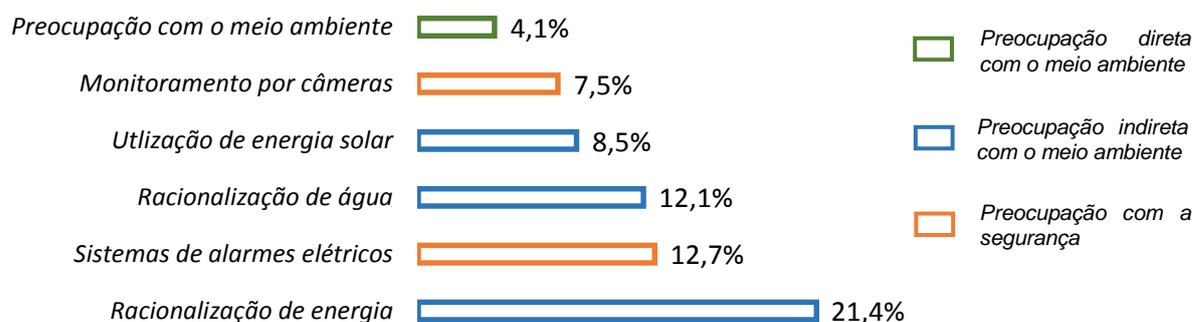
Em 1972, a ONG Clube de Roma impactou toda a comunidade científica ao apresentar o relatório Limites do Crescimento (em inglês *Limits to Growth*) que anunciava cenários bastante catastróficos sobre o futuro do planeta, caso o padrão desenvolvimentista continuasse nos mesmos moldes vigentes (CORRÊA, 2009).

Assim, o conceito de edifícios inteligentes, além de priorizar o desenvolvimento de ambientes confortáveis e receptivos às necessidades dos usuários, passou a integrar princípios de um design ecologicamente sustentável com foco na minimização dos impactos ambientais (GHAFARIANHOSEINI *et al.*, 2015).

Segundo Neves (2002), o design ambiental é fruto da interceptação dos nefastos efeitos causados pelos impactos ambientais (aquecimento global, crise hídrica e energética, poluição), com os interesses urbanos, sobretudo o custo da energia e a oferta de água potável.

Em 2014, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC realizou o estudo "A inovação da construção civil no Brasil sob a ótica do consumidor". De acordo com os resultados, houve uma considerável preocupação com a segurança das edificações e também com a economia financeira (interpretadas como preocupações indiretas com o meio ambiente). O Gráfico 3.2.1 mostra os cinco itens mais citados espontaneamente.

Gráfico 3.2.1 – A inovação da construção civil sob a ótica do consumidor brasileiro

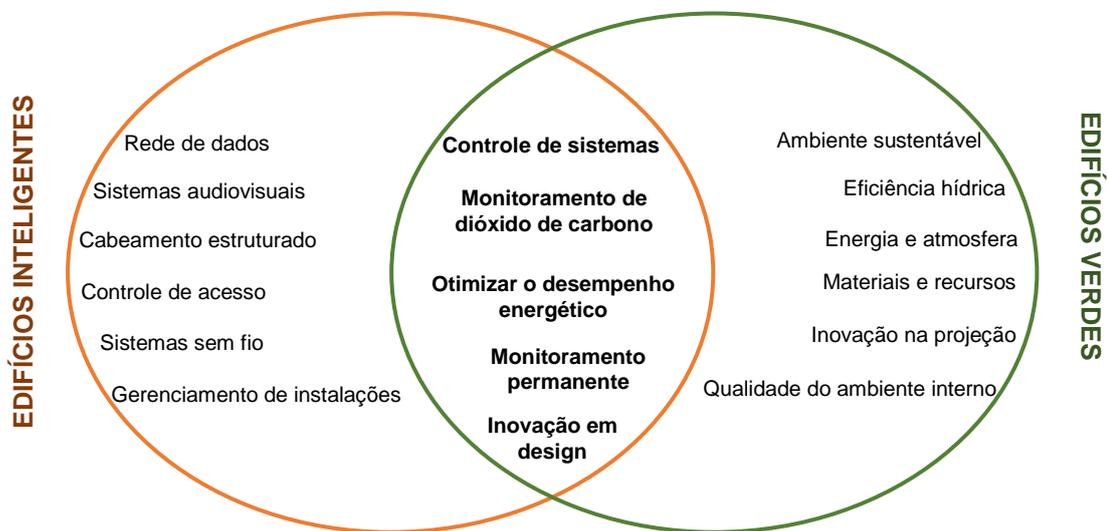


Fonte: adaptado de CBIC (2014, p. 21).

Contudo, Rodrigues & Perensin (2009) chamam a atenção para o fato de que a inteligência de um edifício não mais pode ser entendida apenas pela quantidade de sistemas automatizados disponíveis, uma vez que, o projeto de construções inteligentes e sustentáveis é fundamental para o alcance dos objetivos globais estabelecidos para o desenvolvimento sustentável.

De acordo com Sinopoli (2010), os conceitos edifício verde (em inglês *green building*) e edifício inteligente possuem vários aspectos em comum (Figura 3.2.1). Enquanto este tem como foco a eficiência da construção e da operação e o gerenciamento do uso, aquele preocupa-se com a eficiência energética, o ciclo de vida e a performance da edificação.

Figura 3.2.1 – Semelhanças entre edifícios verdes e edifícios inteligentes



Fonte: Sinopoli (2010, p. 190, traduzido pela autora).

Dessa forma, fica definido então que todos os recursos integrados, além de satisfazer as necessidades dos usuários e facilitar a gestão dos edifícios, devem também promover a eficiência energética, o uso racional da água e a gestão de resíduos em todo o ciclo de vida da edificação.

Para isso, existe uma diversidade de tecnologias, dentre as quais podemos citar: o aproveitamento de águas pluviais, o tratamento de esgotos ou águas cinzas provenientes das torneiras e chuveiros, o aquecimento solar, a adoção de padrões ou conceitos de arquitetura adequados às condições climáticas locais (arquitetura bioclimática), os equipamentos condicionadores de ar de alto desempenho, os sistemas de filtragem de ar, dentre outras soluções.

O importante é que a sustentabilidade deve ser pensada no início do planejamento da edificação, onde são definidos os materiais e métodos mais adequados à situação presente (RODRIGUES & PERENSIN, 2009).

Segundo Silva, Silva & Agopyan (2003), as metas ambientais estabelecidas na ECO-92<sup>3</sup>, bem como o conceito de análise do ciclo de vida da edificação, sustentaram o desenvolvimento de metodologias para avaliação ambiental dos edifícios, com o intuito de estabelecer métricas que permitem avaliar a sustentabilidade de um sistema construído.

Em suma, o ciclo de vida do edifício contempla cinco grandes etapas: planejamento, implantação, uso, manutenção e demolição. Dessa forma, para conhecer seu desempenho ambiental é necessário analisar cada atividade a ser desenvolvida, durante todas essas etapas, assim como sua interação, identificando os impactos ambientais envolvidos (OLIVEIRA, 2014).

O primeiro selo de avaliação ambiental de edifícios, o Building Research Establishment Environmental Assessment Method – BREEAM (em português Método de Avaliação Ambiental do Building Research Establishment) surgiu em 1990, na Inglaterra.

Seguidamente, a primeira década do século XXI registrou o surgimento mundial de diversos agentes de certificação ambiental na construção civil, onde selos regionais e nacionais foram criados, sobretudo para se adaptar aos costumes e leis locais. Atualmente, os países desenvolvidos possuem pelo menos um selo de certificação ambiental (CONSENTINO, 2017).

Segundo Thomé (2016), as principais certificações ambientais utilizadas no Brasil são: Selo Azul da Caixa Econômica Federal, Certificação Leadership in Energy and Environmental Design – LEED, Certificação Alta Qualidade Ambiental - AQUA-HQE, Selo Procel Edifica e o Forest Stewardship Council – FSC BRASIL.

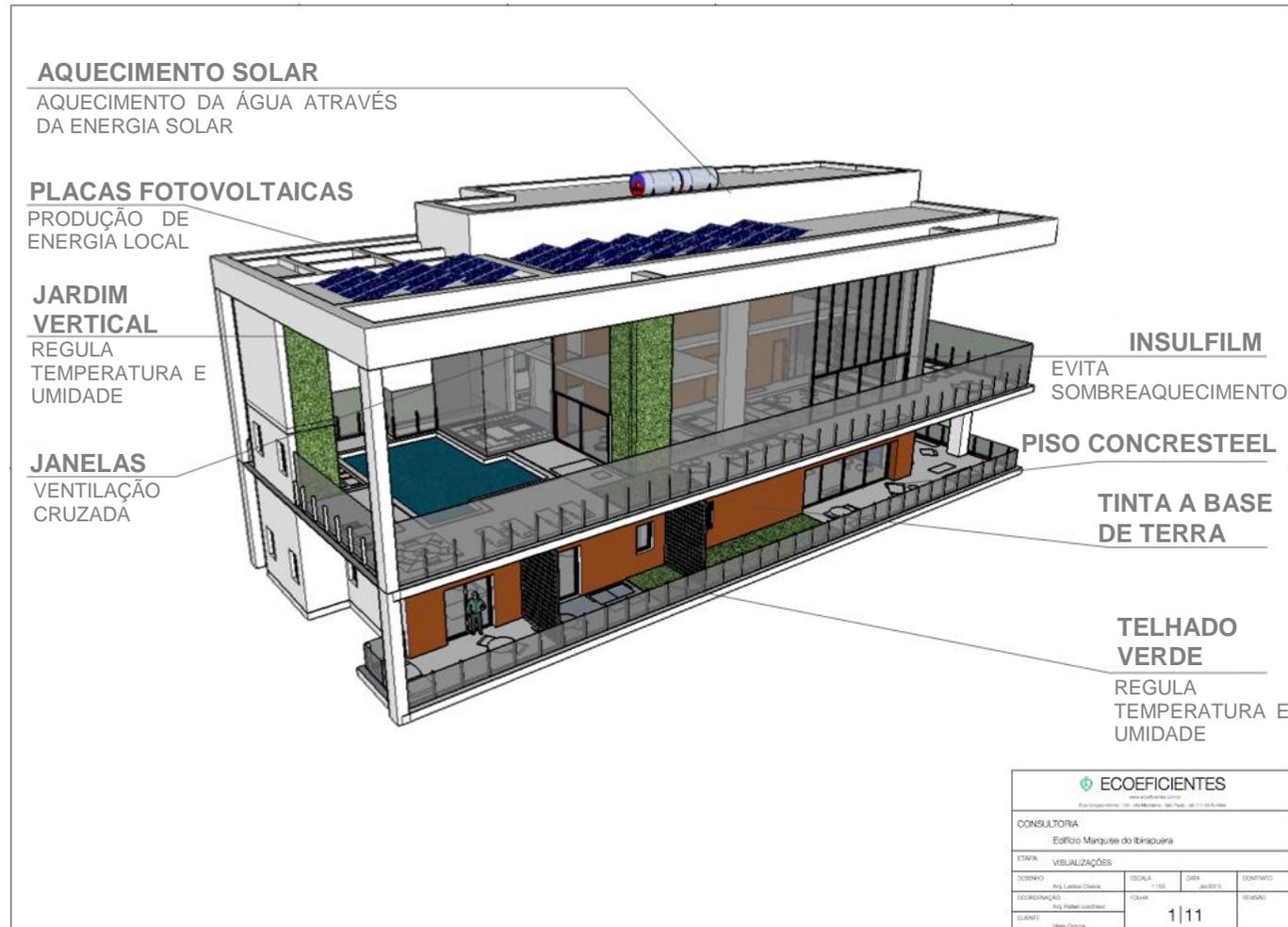
Analisando-se os critérios e métricas estabelecidos pelos diferentes selos citados, pode-se afirmar que, de uma forma geral, no que diz respeito à automação, a eficiência energética e o controle de sistemas estabelecem-se como os principais aspectos relacionados à esta.

A Figura 3.2.2, na próxima página, retrata um projeto com princípios de arquitetura sustentável, cujo foco é a integração de soluções eficientes para um apartamento localizado na Vila Mariana, em São Paulo.

---

<sup>3</sup> Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como ECO-92, foi uma conferência de chefes de estado organizada pela ONU em 1992, no Rio de Janeiro (BRASIL ESCOLA, 2018).

Figura 3.2.2 – Projeto de apartamento com arquitetura sustentável



Fonte: Ecoeficientes (2016).

Nesse projeto é possível perceber os pontos semelhantes destacados por Sinopoli (2010) na Figura 3.2.1. De fato, a *inteligência* e a *sustentabilidade* convergem em relação ao controle dos sistemas naturais, bem como na tentativa da redução de poluentes, otimização do consumo energético, monitoramento dos sistemas adotados e no design diferenciado.

Entretanto, apesar de um dos principais focos da inteligência ser a sustentabilidade, esta, enquanto premissa fundamental de um projeto, não implica necessariamente na adoção da automação residencial.

De forma sistêmica, Rodrigues e Perensin (2009) definem as seguintes diretrizes projetuais para construções sustentáveis:

**Implantação do empreendimento e terreno:** paisagismo nativo e inserção ou aumento de áreas verdes; permeabilidade do terreno e gestão do escoamento de águas pluviais; acessibilidade (acesso à transportes públicos e inserção no tecido urbano com acesso aos serviços básicos); impactos na vizinhança provocados pela inserção do empreendimento; melhoria nas condições do entorno (infraestrutura, transporte, descontaminação do terreno).

**Economia de água:** tecnologias economizadoras (bacias dual flush, mictórios low flow, torneiras de fechamento automático, restritores de vazão); captação e aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas; uso de água não potável para irrigação do paisagismo; sistema de irrigação controlado com timer.

**Eficiência energética:** projetos e sistemas de iluminação eficientes; sistema de aquecimento de água eficiente; equipamentos com alto índice de eficiência energética (certificados); projetos eficientes das envoltórias (fachadas e cobertura); fontes alternativas de energia; medição e monitoramento do consumo de energia.

**Materiais:** utilização de materiais com conteúdo de reciclados, de origem regional, rapidamente renováveis ou provenientes de reúso ou demolição; utilização de madeiras certificadas; utilização de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis; gestão dos resíduos gerados na obra; projeto de gestão e coleta seletiva dos recicláveis durante o uso e operação; sistemas construtivos e projetos racionalizados visando redução de desperdícios.

**Qualidade do ambiente interno:** qualidade do ar interior visando condições satisfatórias para a saúde dos usuários; proibição do fumo; gestão da qualidade do ar da obra, durante a fase de construção e pré-ocupação; controlabilidade dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar; conforto ambiental, térmico e iluminação; manual do condomínio e do usuário, explicitando as diretrizes de sustentabilidade do empreendimento; implantação do sistema de gestão do condomínio pelo incorporador durante um ano, visando manter a gestão da sustentabilidade na fase de uso e operação. (RODRIGUES E PERENSIN, 2009, p. 05).

Diante da contemporaneidade e abrangência do tema abordado, apresenta-se em sequência um panorama mundial sobre o conceito de edifícios inteligentes.

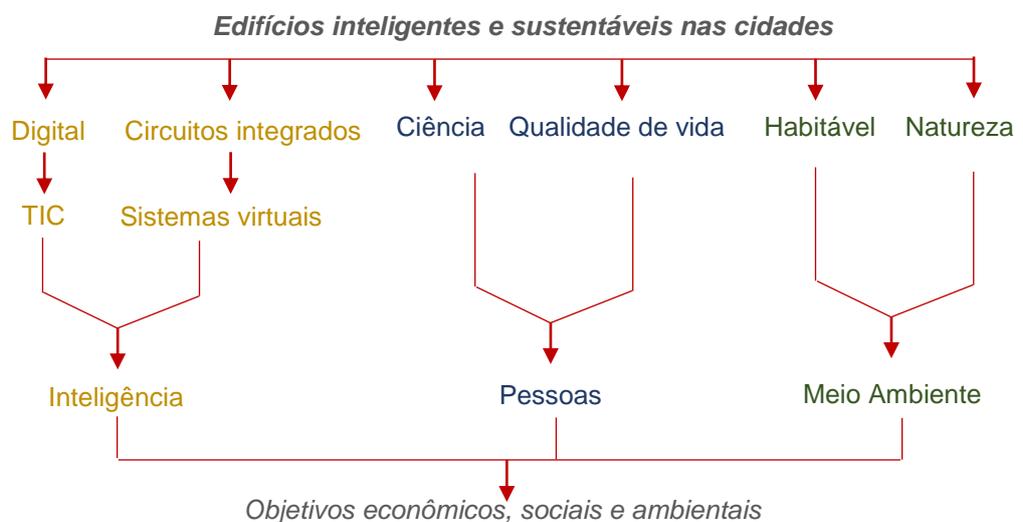
### 3.3 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: CONCEITOS, DEFINIÇÕES E PERSPECTIVAS

Segundo Mourinho (2014), o conceito de edificações inteligentes foi evoluindo à medida em que a indústria e as tecnologias da informação foram se desenvolvendo. Uma vez que cada país ou região possui contextos diferentes, formular uma definição única e aceita mundialmente é quase impossível. Entretanto, existem aproximações principalmente nas definições de performance, serviços e sistemas.

A grande maioria dos grupos e associações mundiais voltados para o estudo e a disseminação da domótica admite que um edifício inteligente deve garantir a seus ocupantes conforto e segurança, além de máxima eficiência e eficácia durante o uso e a operação, que devem ser altamente sustentáveis. A seguir, são apresentadas algumas dessas organizações e suas respectivas principais considerações sobre o conceito de um Edifício Inteligente (EI):

- **Intelligent Buildings Group – IBG (Grupo de Edifícios Inteligentes):** sediado na Inglaterra, define que um EI é aquele que fornece um ambiente produtivo, econômico e sustentável com base em três elementos básicos, *pessoas* (usuários/gerenciadores), *produtos* (estrutura e instalações) e *processos* (automação, controle de sistemas, manutenção e desempenho) e a inter-relação entre eles (Figura 4.3.1). O grupo enfatiza a importância da engenharia de serviços na concepção, gestão e operação dos EIs (IBG, 2018).

Figura 3.3.1 – Objetivos, elementos básicos e suas inter-relações em um EI



Fonte: IBG (2018, traduzido pela autora).

- Intelligent Building Institute - IBI (Instituto do Edifício Inteligente): sediado nos Estados Unidos, define que um EI é aquele que fornece um ambiente produtivo e economicamente viável através da otimização de quatro elementos básicos, *estrutura, sistemas, serviços* e o *gerenciamento* dos mesmos (Figura 3.3.2). O IBI entende que otimizar a inteligência do edifício é captar as necessidades dos usuários e adaptá-las à sua estrutura. Desta forma, cada EI é único e, portanto, não existe um conjunto fixo de características que o definem (TING-PAT SO & CHAIN, 1999).

Figura 3.3.2 – Inter-relacionamento entre os elementos básicos de um EI



Fonte: adaptado de Ting-pat So & Chain (1999, p. 02, traduzido pela autora).

- Intelligent Building Study Committee - IBSC (Comitê de Estudo da Construção Inteligente): sediado no Japão, define a concepção dos EIs como o uso de novas e avançadas tecnologias para melhorar a capacidade dos edifícios em aspectos organizacionais. O EI deve oferecer um ambiente receptivo à *pessoas e equipamentos, altamente produtivo, seguro e operacionalmente econômico* (ALVES & MOTA, 2003).
- Asociación Mexicana del Edificio Inteligente y Sustentable – IMEI (Associação Mexicana do Edifício Inteligente e Sustentável): define que os EIs são fundamentados em conceitos e práticas de *operação e manutenção, segurança e sistemas de transporte de informações*, segundo critérios de sustentabilidade, economia de energia e tecnologias ambientais. O IMEI afirma que o EI é fundamental para a conservação dos recursos naturais e preservação do meio ambiente (IMEI, 2018).

- Asian Institute of Intelligent Buildings – AIIB (Instituto Asiático de Edifícios Inteligentes): define que um EI é projetado e construído com base em uma seleção de *Requisitos de Qualidade do Ambiente*, que devem atender às necessidades dos usuários através de um mapeamento das instalações de construção mais apropriadas. O objetivo principal de um EI é proporcionar um ambiente mais confortável, levando a uma significativa melhoria na eficiência do uso com o auxílio da Tecnologia da Informação e Comunicação (AIIB, 2018).
- Asian Pacific Intelligent Green Building Alliance – APIGBA (Aliança da Construção Verde e Inteligente do Pacífico Asiático): representa a aliança entre organizações da China, Japão, Coreia do Sul e Singapura, que se uniram para promover o desenvolvimento sustentável, seguro e harmonioso através da promoção do conceito de EIs (APIGBA, 2018).
- Associação Brasileira de Automação Residencial - AURESIDE: fundada no ano 2000, define que a automação residencial deve atender aos requisitos de *conforto, entretenimento, segurança e economia*, através de um conjunto de operações bem definidas, dispostas em um sistema de gestão predial que garanta a eficiência ambiental (MURATORI, 2015, p. 20). A ARESIDE enfatiza a importância da engenharia de sistemas, bem como o papel do Integrador de Sistemas Residenciais no processo de projeto dos EIs (AURESIDE, 2018).

A Europa e a América do Norte são apontadas como as grandes promissoras para a eclosão dos edifícios inteligentes. Em 2015, dos 10,6 milhões de EI registrados no mundo, 7,9 milhões foram construídos em solo norte-americano, sobretudo Estados Unidos e Canadá, que juntos apresentaram um crescimento na ordem de 70%. Este valor correspondeu a 6% de todas as habitações dessa região, colocando-a como o mais avançado mercado de casas inteligentes do mundo (SMART PLANET, 2015).

Segundo Jaramillo (2017), com o crescente número de dispositivos com tecnologia IoT, do termo em inglês *Internet of Things* (em português Internet das Coisas), a expectativa é que, até 2022, o mercado mundial de casas inteligentes, ainda tímido, alcance o número de 119,3 milhões de edificações e movimente cerca de 79 bilhões de dólares.

A IoT é apontada como a tecnologia que veio para popularizar a inteligência. Para esta década, o número de dispositivos inteligentes em uma casa padrão crescerá de modo pouco significativo. Entretanto, a partir de 2020, em função do custo cada vez mais reduzido para adicionar sensores de inteligência aos produtos domésticos, uma casa comum poderá conter mais de 500 dispositivos inteligentes (GARTNER & GARTNER, 2014).

A maioria desses equipamentos e produtos será portátil e não possuirá acesso direto ao suprimento de energia por meio de fios, o que beneficiará muitos fabricantes de baterias. Outras oportunidades de mercado consideradas como tendência incluem as empresas desenvolvedoras de *softwares*, bem como a procura pelo profissional integrador de sistemas, responsável pelo projeto e integração de todos os subsistemas domésticos (segurança, iluminação, áudio e vídeo, entre outros). Cabe a este supervisionar a instalação, decidir quais métodos de redes serão usados e documentar todos os processos envolvidos (COELHO E CRUZ, 2017).

De acordo com a Associação Brasileira de Automação Residencial – AURESIDE, em 2017, apesar da recessão econômica, o mercado da automação residencial e predial encerrou o ano praticamente estável. Das 150 empresas entrevistadas, 25% disseram que houve crescimento e 50% apontaram que o nível de negócios permaneceu estacionário.

Um dos fatores para a estabilidade nesse período é o potencial do mercado brasileiro, onde cerca de apenas 3% das casas são automatizadas, enquanto que em países europeus e nos Estados Unidos esse percentual é de 20% a 25%.

Além disso, graças ao avanço da tecnologia, o acesso aos dispositivos móveis aumentou. Se antes era preciso comprar controles específicos para automatizar uma residência, hoje pode-se inseri-los em aplicativos através de smartphones, tablets e outros itens que o consumidor já está habituado. Em 2013, somente 29% dos brasileiros tinham acesso ao uso de smartphones e, atualmente, esse número ultrapassou o percentual de 80% (MURATORI, 2017).

Os principais nichos apontados com potencial de crescimento são a *eficiência energética* (muito solicitada por condomínios para reduzir custos), a *segurança patrimonial* (monitoramento e acesso remoto) e a *acessibilidade* tanto para a terceira idade, quanto para pessoas com alguma deficiência (NIERO, 2017).

Todas essas novas tecnologias necessitam de meios e protocolos de comunicação os quais serão detalhados no tópico subsequente.

### 3.4 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: *TECNOLOGIAS E INFRAESTRUTURA*

Nos últimos anos, o mercado de edifícios inteligentes tem crescido no mundo todo. A rápida evolução dos equipamentos eletrônicos e da informática faz da automação uma área em constante expansão. De acordo com as necessidades envolvidas e possibilidades arquitetadas, as soluções competentes ao projeto de um edifício inteligente podem fazer uso de diferentes padrões tecnológicos (COELHO E CRUZ, 2017).

Entre os produtos de maior sucesso no setor estão, por exemplo, os termostatos inteligentes, os sistemas de segurança, as lâmpadas inteligentes, as câmeras ligadas em rede e os sistemas de áudio. Tais soluções, desenhadas com uma funcionalidade específica e por isso designadas como *point solutions* (em português soluções pontuais), representam cerca de 59% das receitas (SMART PLANET, 2015).

O termostato é um instrumento destinado a impedir que a temperatura de um determinado sistema varie além de certos limites preestabelecidos. São empregados em refrigeradores, fornos elétricos, climatizadores, pisos aquecidos e muitos outros equipamentos domésticos. Os termostatos inteligentes são autoprogramáveis e capazes de aprender de forma progressiva os padrões de temperatura estabelecidos pelo usuário. Também ajudam na economia de energia através dos sensores de proximidade que detectam se de fato alguém habita o ambiente. Assim, quando este encontra-se vazio, é permitido que a temperatura suba ou desça até um limite estabelecido. Na figura 3.4.1 tem-se o Nest Learning Thermostat desenvolvido por uma pequena *startup*, a Nest, e posteriormente adquirido pela Google (UOL NOTÍCIAS, 2011).

Figura 3.4.1 - Nest Learning Thermostat



Fonte: Uol notícias (2011).

Enquanto as lâmpadas comuns são controladas de forma arcaica por um interruptor na parede, as lâmpadas inteligentes (Figura 3.4.2) podem ser acionadas por smartphones, tablets, possibilitando que o usuário controle a iluminação da casa inteira remotamente. É possível também ajustar a intensidade da iluminação de acordo com a necessidade, como por exemplo para ler um livro ou assistir a televisão (OLHAR DIGITAL, 2014).

Figura 3.4.2 – Lâmpadas inteligentes



Fonte: Olhar Digital (2014).

No que diz respeito ao controle de acesso das edificações, as fechaduras digitais (Figura 3.4.3) oferecem além da segurança e do conforto ao eliminar-se o uso de chaves, a praticidade de permitir remotamente o acesso de terceiros à edificação (O GLOBO, 2013).

Figura 3.4.3 – Fechaduras digitais



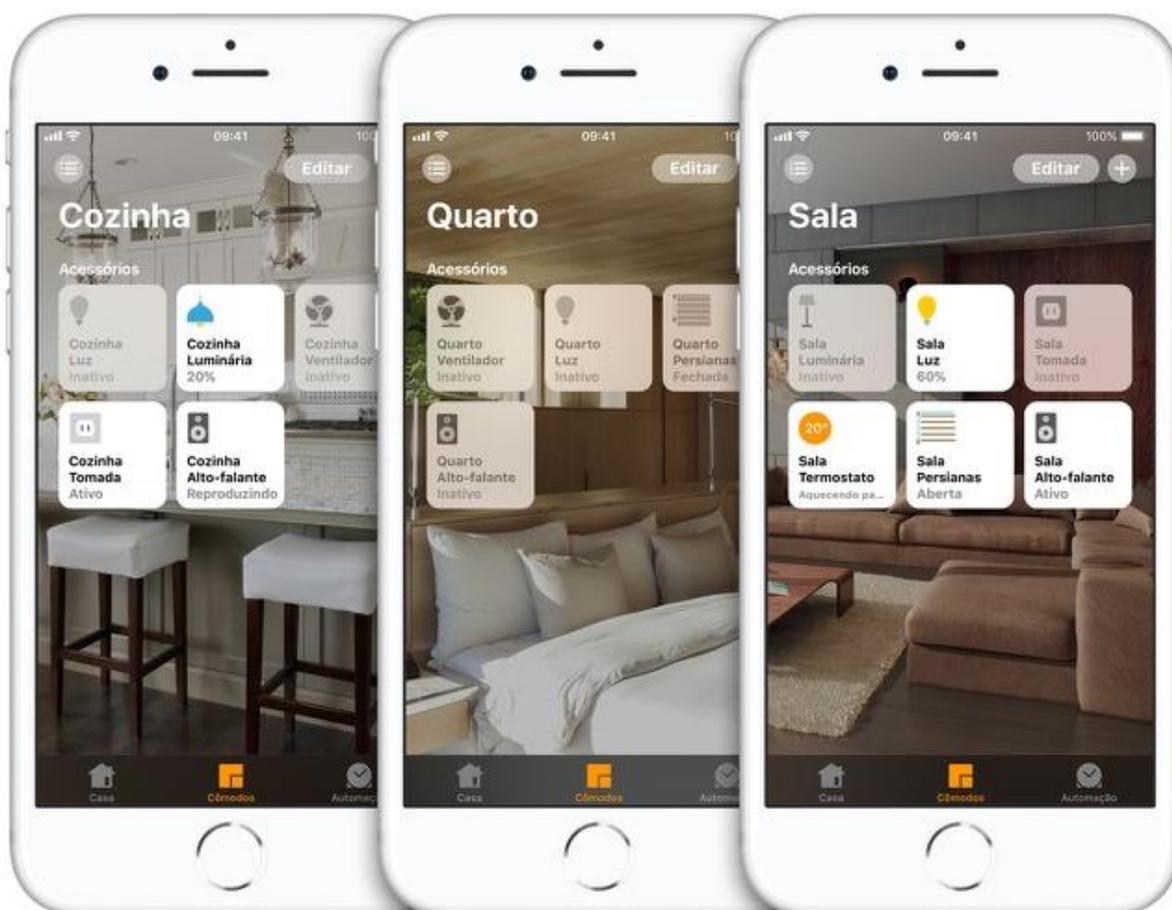
Fonte: O Globo (2013).

Inicialmente, as *point solutions* não possuíam a capacidade de interoperabilidade. Porém, atualmente, existem sistemas operacionais desenvolvidos justamente para integrar soluções com IoT, de modo que o consumidor possa começar com uma *point solution* e depois evoluir para um sistema global através da simples adição de produtos compatíveis ao padrão tecnológico utilizado (SMART PLANET, 2015).

Um exemplo disso é o *HomeKit* da Apple, que atualmente possui mais de 50 marcas desenvolvedoras de produtos compatíveis com seu software, abrangendo os sistemas de iluminação, tomadas, climatização, segurança, controle de acesso, entre outros dispositivos direcionados ao controle e gerenciamento da edificação, através de aplicativos e comando de voz.

A personalização do ambiente é possibilitada através da criação de cenários com características pessoais pré-estabelecidas, conforme ilustrado pela Figura 3.4.4.

Figura 3.4.4 – Aplicações para o *HomeKit* da Apple



Fonte: Apple (2018).

Conforme visto anteriormente, em relação ao nível de automação de uma residência, os sistemas domóticos podem ser designados como *autônomos* ou *integrados*. Os sistemas autônomos são independentes e atuam sobre um determinado dispositivo específico, sem que ocorra a interação com outros. Basicamente a ação desenvolvida é o comando liga/desliga em um determinado aparelho. Já os sistemas integrados são aqueles projetados individualmente, porém controláveis por uma inteligência central que promove o funcionamento integrado de todos os agentes envolvidos (COELHO E CRUZ, 2017).

Tanto os sistemas autônomos quanto os sistemas integrados apresentam uma atuação limitada pelo controlador e previamente determinada por seu fabricante. No entanto, já existem no mercado sistemas denominados *complexos* que atuam não somente como controladores, mas também como gerenciadores, com comunicação em mão dupla e retroalimentação de status, que permitem a personalização de um ambiente de acordo com o usuário e sua rotina particular.

A evolução desses sistemas caminha na direção de tecnologias baseadas em modelos de redes neurais. Assim, as redes domóticas de alta complexidade são compostas por dispositivos artificiais com mecanismos da aprendizagem que se baseiam no cérebro humano.

Um sistema desse pode, por exemplo, após repetidos comandos ajustados, *aprender* a regular a temperatura de refrigeração do ambiente e ligar uma cafeteira antecipadamente ao retorno de um morador à sua residência, permitindo que o mesmo encontre a temperatura confortável e o café pronto (DIAS & PIZZOLATO, 2004).

Caso idealizada e integrada na arquitetura da edificação desde seu projeto inicial, a domótica possibilita uma avançada gestão técnica dos mecanismos e sistemas disponíveis, automatizando tarefas e otimizando recursos.

Atualmente, os limites para a capacidade da tecnologia são cada vez menores. Torna-se bastante plausível, então, acreditar que num futuro relativamente próximo, os complexos de apartamentos habitacionais irão incluir diversas vertentes tecnológicas relacionadas com a domótica, ou seja, é um passo natural a automação residencial (PEREIRA, BENTO E FERREIRA, 2014).

Nesse sentido, segundo Coelho e Cruz (2017), o conceito de edifício inteligente implica na convergência de tecnologias para o gerenciamento de toda sua estrutura física. Entretanto, para que esta convergência ocorra de forma eficiente é necessária uma infraestrutura de rede de dados e voz, explanada a seguir.

### 3.4.1 Rede Domótica: *Home Area Network*

A Rede Domótica, também conhecida como HAN (do termo em inglês *Home Area Network*), é definida como um conjunto de *dispositivos inteligentes* que utiliza um protocolo de comunicação específico, em um determinado meio, para que o sistema funcione (BARROS, 2010).

Basicamente, a infraestrutura de uma Rede Domótica utiliza programas e equipamentos (pontuais e centrais) para promover a comunicação entre a estrutura e os dispositivos conectados (COELHO E CRUZ, 2017). A Figura 3.4.1.1 exemplifica esse processo.

Figura 3.4.1.1 – Funcionamento de uma Rede Domótica



Fonte: adaptado de Barros (2010, p. 39).

O objetivo principal do sistema de automação é obter informações sobre o ambiente residencial afim de gerenciá-lo. Este, quando bem integrado, possibilita ou potencializa ações de segurança, gestão de energia, comunicação, acessibilidade, automação de tarefas, educação e entretenimento, conforto ambiental, gerenciamento e supervisão das instalações, que podem ser realizadas remotamente (DIAS & PIZZOLATO, 2004).

### 3.4.2 Rede Eletrônica: *Rede de Computadores*

Para que ocorra a troca de informações e o compartilhamento de arquivos e equipamentos entre os diferentes dispositivos, é necessário um arranjo físico de transmissão o qual constitui a Rede Eletrônica ou Rede de Computadores (BARROS, 2010).

Com o surgimento de novos aparelhos com capacidade de comunicação em rede, sobretudo pela internet, como tablets e smartphones, as redes se tornaram ainda mais importantes no mundo interconectado e cada vez mais digital.

Segundo Barros (2010), de acordo com seu tamanho ou alcance, as redes são classificadas como:

- Rede LAN (*Local Area Network*): são as redes locais, de pequeno alcance e com número reduzido de máquinas conectadas. As LANs são restritas a um determinado local, como por exemplo, redes domésticas ou redes locais que interligam computadores de uma empresa. Geralmente a conexão ocorre por meio de um cabo que se conecta com todas as máquinas;
- Rede MAN (*Metropolitan Area Network*): são redes de maior alcance, cuja capacidade abrange cidades próximas ou regiões metropolitanas. As MANs se originaram das redes de distribuição de TV e, por isso, sua topologia é fortemente influenciada por estas. Em geral, essas redes possuem uma caixa de junção que recebe a informação e a envia para as edificações;
- Rede WAN (*Wide Area Network*): são as maiores redes possíveis, com alcance mundial que interliga cidades, estados, países e continentes. Um exemplo deste tipo de rede é a própria internet. As redes WAN são destacadas pela sua robustez técnica e avanço tecnológico.

No sistema doméstico, as redes de comunicação conectam as informações obtidas dos diversos elementos distribuídos na edificação e as transmitem aos dispositivos que efetuam ações, sinalizam ou fornecem elementos. Atuam também na transmissão de sinais de dados, telefonia, áudio e vídeo. Para tanto, faz-se necessário os meios de transmissão e protocolos apropriados que permitam a conectividade (DIAS & PIZZOLATO, 2004).

### 3.4.3 Meios de Transmissão de Dados

O meio de transmissão é o suporte físico onde circula a informação trocada entre os dispositivos da Rede Eletrônica. Subdividem-se em duas categorias: meios encapsulados e não encapsulados. Nos meios encapsulados, as ondas eletromagnéticas percorrem um material sólido constituindo as redes de cabeamento estruturado. Já nos meios não encapsulados, propagam-se na atmosfera e no espaço através das redes *wireless* (BARROS, 2010).

Os exemplos mais usuais de meios de transmissão utilizados encontram-se dispostos no Quadro 3.4.3.1 a seguir.

Quadro 3.4.3.1 – Principais meios de transmissão de dados

Tipo de meio	Meio de transmissão	Característica
Encapsulados	<i>Power Line Communications – PLC</i> (Transmissão por Rede Elétrica)	Utiliza a rede elétrica já existente na habitação. Tem como principal vantagem o baixo custo de instalação.
	Fibra óptica	Apresenta grande fiabilidade e elevadas velocidades na transferência de dados. Pouco utilizado devido ao custo elevado.
	Par trançado	É o meio de transmissão de menor custo por comprimento e por isso o mais usual. Normalmente utilizam a infraestrutura dos cabos da rede de telefonia e informática, sendo instalados em paralelo à estes.
Não Encapsulados	Rádio Frequência	Apresenta flexibilidade em relação a grandes distâncias, podendo o sinal ultrapassar paredes e outros obstáculos. Bastante sensível a interferências e com baixa velocidade de transmissão.
	Infra-vermelho	Possui grande imunidade a interferências, porém não aceita obstáculos entre transmissor e receptor. Alcance limitado.
	Wi-Fi	Rede local que possibilita múltiplas conexões, com baixo custo, limitado à velocidade e quantidade de usuários.

Fonte: adaptado de Barros (2010); Coelho e Cruz (2017).

#### 3.4.4 Protocolos de Comunicação

Além dos meios, para que ocorra a comunicação entre computadores é essencial que um conjunto de regras seja estabelecido. Isso porque as inúmeras entidades existentes, como desktops, servidores, aparelhos de telefonia ou qualquer outro dispositivo conectado em rede, nem sempre utilizam a mesma linguagem.

Denomina-se protocolo o nome dado ao conjunto de regras e padrões definidos para possibilitar a comunicação entre dispositivos diferentes. Em suma, computadores de uma mesma rede só se comunicam através do mesmo protocolo (CASTELUCCI, 2011).

Segundo Santos (2009), a existência de muitos protocolos de comunicação é um dos principais fatores que dificultam o crescimento e a evolução da domótica. A disponibilidade de produtos com diferentes linguagens torna a automação residencial mais complicada e confusa, o que limita o mercado.

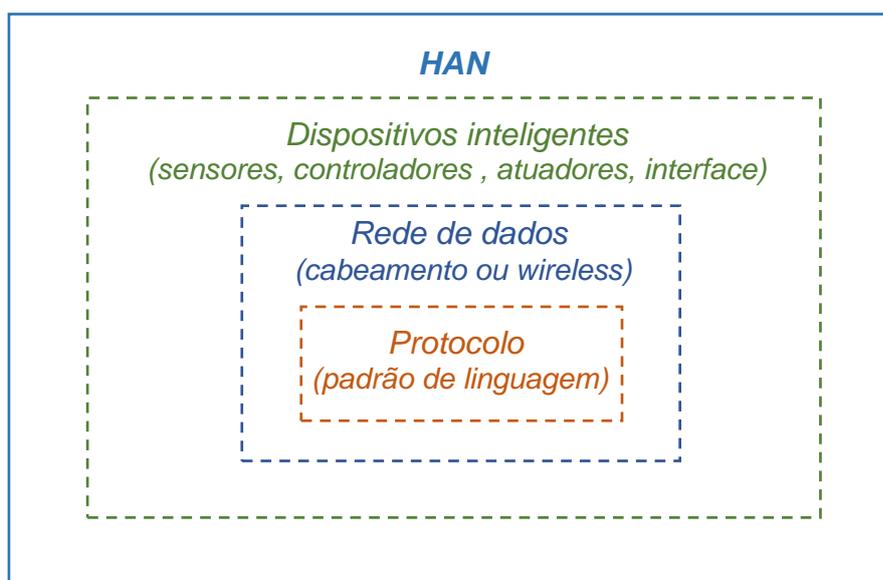
Outro problema é a dificuldade na instalação e configuração do sistema, o que torna o usuário dependente do auxílio de um técnico especializado em automação. Este, por sua vez, também enfrenta dificuldades diante da falta de preparo das edificações sobretudo as residenciais (COELHO E CRUZ, 2017).

De acordo com Nascimento (2016), em primeiro lugar, é preciso definir as prioridades de projeto. Conforto, segurança, sustentabilidade e custo são fatores primordiais a se considerar na escolha e arranjo dos sistemas, bem como os dispositivos agregados.

Portanto, a complexidade do projeto a ser elaborado influirá de forma significativa sobre a escolha da solução, assim como o custo final, as dimensões da residência e as interfaces utilizadas para o controle e ajuste de cenas.

A figura 3.4.4.1 resume as tecnologias apresentadas que compõem a infraestrutura de uma edificação inteligente.

Figura 3.4.4.1 – Tecnologias da infraestrutura de uma edificação inteligente



Fonte: elaborado pela autora (2018).

### 3.5 EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: *SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL*

O estado da arte dos edifícios inteligentes é de difícil mensuração visto que as tecnologias estão em constante evolução. O grande desafio do Século XXI é a tão sonhada convergência de todos os equipamentos eletrônicos, possibilitando a interoperabilidade entre diferentes sistemas e fabricantes.

Sistemas de Automação Residencial - AR, também conhecidos pelo termo em inglês *Building Automation Systems - BAS*, compreendem o uso de equipamentos eletrônicos que automaticamente realizam determinadas funções específicas e pré-programadas no ambiente, formando os cenários personalizados (COELHO E CRUZ, 2017).

A seguir são apresentados os principais sistemas agregados em uma edificação inteligente que permitem o gerenciamento da mesma.

#### 3.5.1 Sistemas de Climatização

Os sistemas de climatização condicionam o clima interno de uma edificação por meio do controle da temperatura ambiente, umidade, fluxo e qualidade do ar. Segundo Sinopoli (2010), basicamente os sistemas de climatização equilibram a temperatura e qualidade do ar realizando entradas e saídas, filtragem e a climatização que pode ser resfriamento e/ou aquecimento.

Um sistema de climatização automatizado permite a programação de horários para ativar ou desativar equipamentos de aquecimento, ventilação ou ar condicionado, bem como a facilidade de acessar remotamente. Além dos conhecidos aparelhos de climatização, existem também os sistemas de piso aquecidos.

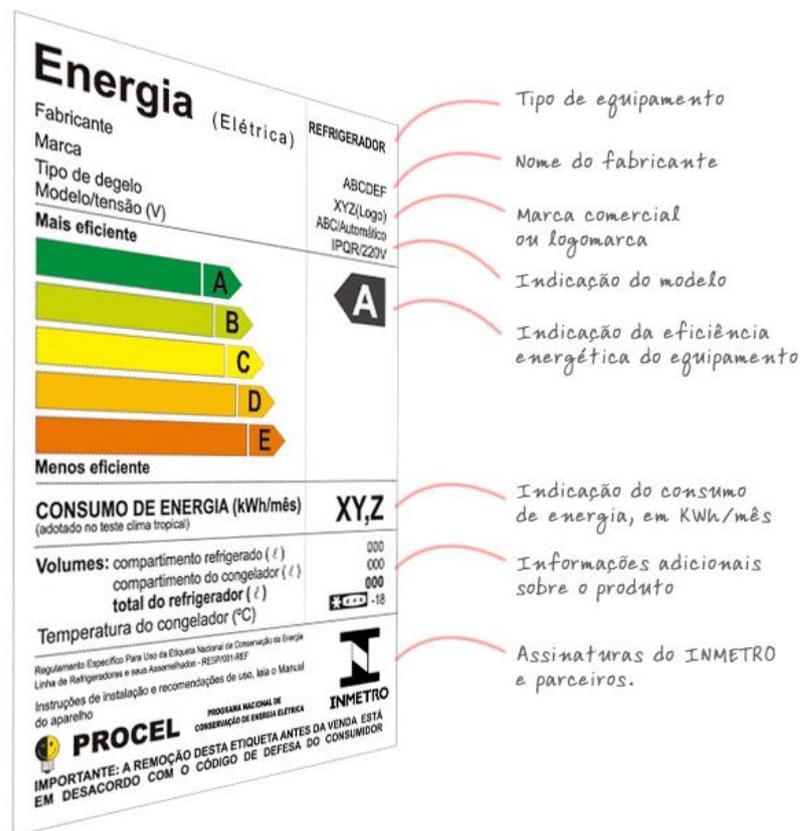
Os sistemas de climatização impactam no consumo de energia e, portanto, no custo operacional da edificação. Desta forma, Bueno (2011) pontua a importância da integração do sistema no processo de projeto da edificação, principalmente no arranjo arquitetônico que deve sempre ser beneficiado com as condições climáticas naturais, além do ideal isolamento térmico, assim como a utilização de equipamentos com alta eficiência energética.

A eficiência de um sistema é medida pela capacidade de resfriamento/aquecimento em função da energia requerida para tal. Para sua regulamentação e melhor orientação aos consumidores, foi criado o Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE que regulariza a eficiência

de cada aparelho disponível no mercado. Esse programa é coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO com parceria do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL.

Cada linha de eletrodoméstico possui sua própria etiqueta, mudando de acordo com as características técnicas específicas. Dependendo do critério de desempenho avaliado, as etiquetas fornecidas pelo PBE recebem nomes diferentes. Quando a principal informação é a eficiência energética do produto, por exemplo, ela se chama *Etiqueta Nacional de Conservação de Energia* (Figura 3.5.1.1) e possui uma classificação que pode ir da letra A sendo a mais eficiente, até a letra G sendo a menos eficiente (INMETRO, 2018).

Figura 3.5.1.1 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia



Fonte: INMETRO (2018).

### 3.5.2 Sistemas de Controle da Iluminação

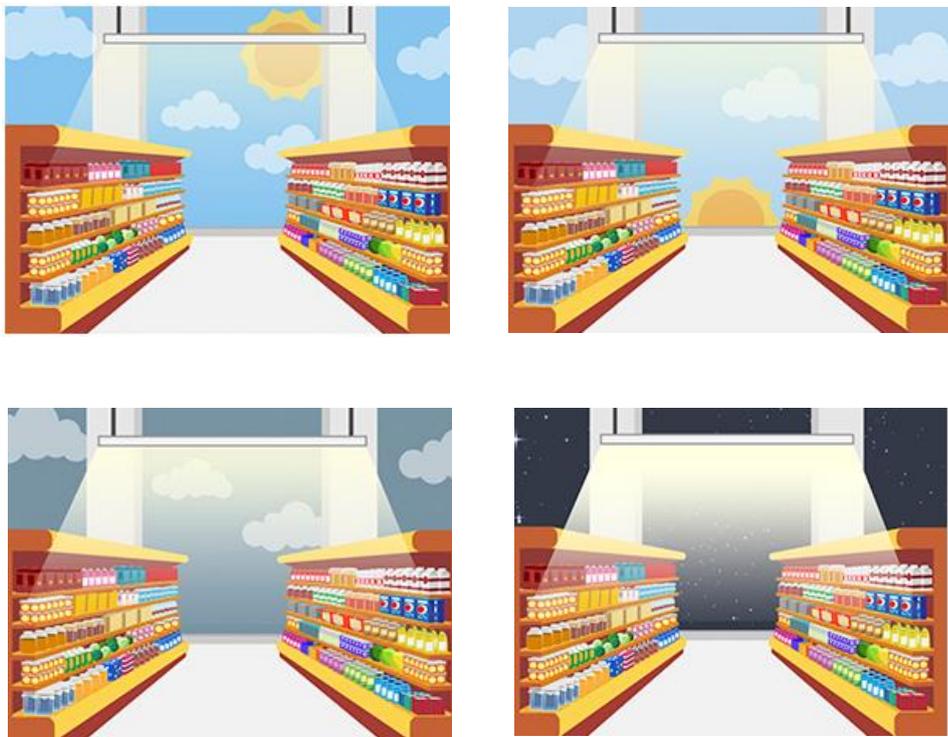
Além da visibilidade, sua principal função, a iluminação também é vista como ferramenta para a estética dos ambientes através do Projeto Luminotécnico. Em uma edificação residencial, estima-se que a iluminação represente entre 30% e 40% da eletricidade consumida (COELHO E CRUZ, 2017).

Um sistema de iluminação automatizado permite a criação de cenas, nas quais são acendidos os pontos de luz de acordo com a ambientação sugerida pelo morador ou arquiteto. Existe também a possibilidade de programar uma sequência de iluminação, além do acesso remoto.

Através de sensores de movimento e de luz solar, o consumo de energia pode ser otimizado: as luzes de um ambiente vazio são automaticamente apagadas; evita-se transtornos para encontrar o interruptor de um cômodo às escuras; as luzes exteriores acendem automaticamente quando escurece; para que a casa tenha uma aparência de estar habitada (quando vazia), é possível programar as luzes para acenderem em determinadas horas e ambientes. Enfim, o consumo poderá ser aperfeiçoado em função da presença/ausência, hábitos e horários (IBDA, 2018).

Outro benefício da automação da iluminação é obtido através da dimerização, ou controle da intensidade da luz, que deve ser aliado ao uso da iluminação natural. A economia de energia é resultado do ajuste da luz em todos os períodos do dia devido à diminuição da potência da luminária. A figura 3.5.2.1 ilustra esse mecanismo.

Figura 3.5.2.1 – Dimerização de um ambiente



Fonte: LUMICENTER (2017).

### 3.5.3 Sistemas de Segurança e Acesso

Atualmente é grande a preocupação com a segurança, principalmente nos grandes centros. Cada vez mais, os sistemas de alarmes e câmeras de vigilância estão presentes na vida doméstica.

Geralmente, estes sistemas são independentes e devem ser acionados e monitorados pelo morador ou empresa de monitoramento. Porém, é possível integrá-los aos demais sistemas presentes na edificação. Isso permite que se crie, por exemplo, alarmes visuais e sonoros, como acender luzes e fazer barulhos na casa (INTEGRAHAUS, 2018).

A automação residencial pode atuar em diversos níveis de segurança. Os sistemas de segurança, auxiliados por sensores, permitem detectar vazamentos de gás, inundações, incêndios ainda na fase inicial, bem como a invasão patrimonial.

Através de leitura de padrões biométricos (impressão digital, padrão retinal, padrão de voz) é possível também controlar o acesso às entradas da edificação, além da personalização do ambiente segundo um perfil cadastrado para o usuário (IBDA, 2018).

Um dos principais subsistemas do sistema de segurança é o de vigilância por vídeo-monitoramento, também conhecido como circuito fechado de televisão – CFTV, com tecnologia *High Definition – HD* (em português Alta Definição) que oferece múltiplas possibilidades, entre elas o reconhecimento facial (COELHO E CRUZ, 2017).

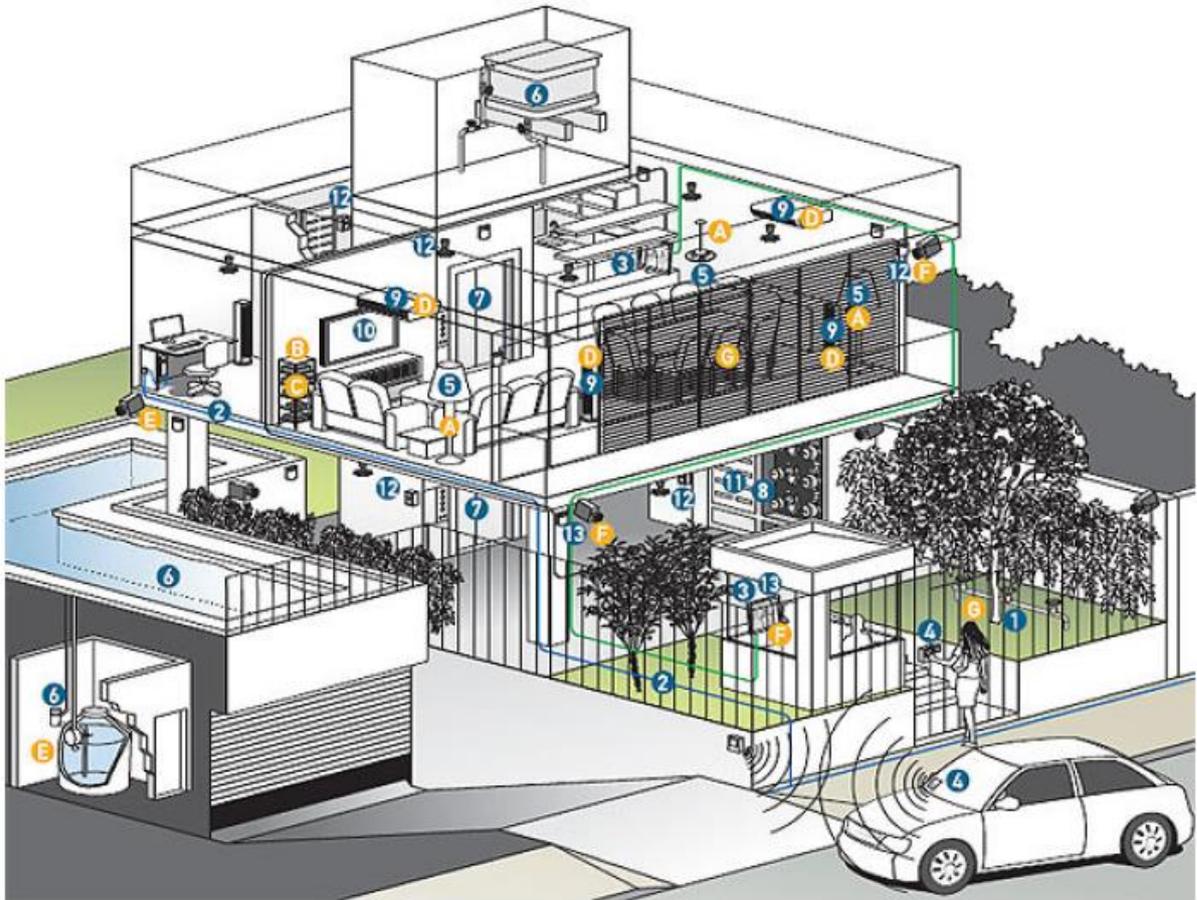
### 3.5.4 Outros Sistemas

- Automatização de persianas e cortinas: tanto o sistema de climatização quanto o sistema de iluminação podem ser potencializados com a automação de persianas e cortinas, que podem ser programadas para serem fechadas ou abertas em determinados horários do dia;
- Automatização de tomadas: as tomadas podem ser acionadas através do acesso remoto ou por meio dos cenários pré-estabelecidos;

- Sistemas de comunicação sonora e visual: recentemente, foram lançados diversos produtos, principalmente no mercado interacional, que permitem o controle da edificação através do comando de voz. Entre os principais, estão o Amazon Echo, o Google Home Assistente por Voz e o Apple HomePod;
- Sistemas de Gerenciamento das Instalações Hidráulicas: é possível também por meio de válvulas comandadas e sistemas apropriados, cabeados ou sem fio, comandar elementos das instalações hidráulicas;
- Sistemas de Gerenciamento da Energia Consumida: um sistema de gerenciamento de energia elétrica monitora a distribuição de energia para uso e qualidade. Em conjunto com os demais sistemas que envolvem consumo, monitora a distribuição elétrica, gerando dados sobre o mesmo em setores específicos ou como um todo, qualidade da energia e emite alerta em uma eventual situação;
- Sistema de Aspiração Central: uma central de aspiração é ligada à várias tomadas de aspiração, distribuídas pela casa por meio de tubos. O sistema é extremamente silencioso, uma vez que a unidade de aspiração é alocada em lugar específico, como a casa de máquinas;
- Automação Inclusiva: a automação inclusiva é o conceito de projetos de edificações inteligentes voltadas aos usuários com necessidades especiais, de mobilidade reduzida e idosos, visando a melhoria na qualidade de vida com maior autonomia e segurança, por meio dos sistemas automatizados. À medida em que esse público, até então desassistido, passou a ser visto como um mercado consumidor altamente rentável, esse nicho tem recebido maior atenção.

A Figura 3.5.4.1 a seguir ilustra o Sistema Integrado de uma edificação com algumas das soluções apresentadas. Na legenda, os subsistemas presentes estão identificados por números e, posteriormente, classificados em sete sistemas principais.

Figura 3.5.4.1 – Sistema Integrado de uma Edificação Automatizada



Fonte: Medeiros (2009).

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>① Irrigação de jardim<br/>(com horários programados e sensores de umidade)</li> <li>② Cabeamento estruturado<br/>(dados de voz e imagem)</li> <li>③ Circuito fechado de TV</li> <li>④ Controle de acesso<br/>(biometria, cartões de proximidade, tags para veículos)</li> <li>⑤ Controle de iluminação</li> <li>⑥ Controle de utilidades<br/>(caixas de água, bombas, filtros, piscinas, saunas)</li> <li>⑦ Controle e monitoramento de elevadores</li> <li>⑧ Controle e monitoramento de medições<br/>(gás, água e eletricidade)</li> <li>⑨ Controle e monitoramento do sistema de climatização</li> <li>⑩ Entretenimento<br/>(imagens, TV a cabo, som ambiente)</li> <li>⑪ Rede de dados condominial</li> <li>⑫ Sistema de detecção e alarme de incêndio</li> <li>⑬ Sistema de segurança</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>A Iluminação</li> <li>B Controle de home-theater</li> <li>C Controle de som ambiente</li> <li>D Controle de climatização</li> <li>E Controle da área de lazer</li> <li>F Segurança</li> <li>G Conforto</li> </ul> |
|--|--|

### 3.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Em função dos avanços científicos e das inovações tecnológicas no ambiente construído, o conceito de edificações inteligentes evoluiu gradativamente ao longo dos anos. Os sistemas automatizados individuais passaram a integrar as centrais microprocessadas e, com o advento da inteligência artificial, a automação adquiriu uma interface personalizada e individual.

A concepção de uma edificação inteligente envolve uma multidisciplinaridade de áreas e profissionais. O princípio da integração e administração de sistemas prediais se torna parte de como são pensadas e planejadas. A integração, por sua vez, deve ocorrer não apenas no âmbito dos sistemas, mas sobretudo à arquitetura e funcionalidade da edificação.

Em suma, uma edificação inteligente deve ser projetada para oferecer flexibilidade de utilização, dispondo da capacidade de evoluir e se adaptar constantemente. Para isso, integram sistemas de automação e comunicação que possibilitam o gerenciamento de modo integrado, potencializando sua produtividade e vida útil, sobretudo com baixo consumo energético e alto grau de conforto e segurança.

A habitabilidade de aprendizado e desenvoltura de adaptação do ambiente a seus ocupantes resume o conceito da inteligência predial assistiva e inclusiva. Isso significa a capacidade de aprendizado e ajustamento às necessidades dos moradores, e não o uso individual ou organizacional requerido por determinado espaço.

Portanto, além da relação com o meio ambiente, a domótica também pode ser designada como uma tecnologia assistiva, que contempla todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de idosos e pessoas com deficiência (apoio, adaptação e reabilitação) e conseqüentemente promover inclusão social.

Importante ressaltar que os conceitos e sistemas abordados nesse capítulo se aplicam tanto às residências unifamiliares quanto aos condomínios residenciais e mistos. Normalmente, as soluções voltadas para automação unifamiliar são mais robustas e específicas. Já a automação de edifícios costuma contemplar os equipamentos básicos como iniciativa da construtora em se diferenciar no mercado.

Atualmente, a automação residencial configura-se como um nicho ainda incipiente, visto que os sistemas integrados mais sofisticados são direcionados ao mercado corporativo. Embora o projeto de edifícios padrões contemple diversas utilidades automatizadas, em função principalmente do custo de implantação, o sistema de automação acaba se resumindo ao uso do CFTV e controle de acesso um pouco mais sofisticados.

Assim, para que a domótica deixe de ser vista como um artigo de luxo e restrito é preciso tornar o custo dos dispositivos e a instalação dos sistemas mais acessíveis. Nesse último ponto, destaca-se a importância da Arquitetura, Engenharia e Construção na concepção das edificações e sistemas prediais.

Progressivamente, percebe-se que a construção convencional tem sido substituída cada vez mais por novos métodos construtivos modernos. Porém, esse processo ocorre de forma lenta, sobretudo em função do tradicionalismo e da falta de mão de obra específica.

No âmbito da quebra de paradigmas, procede-se então às mudanças projetuais vinculadas à construção das edificações inteligentes.

## CAPÍTULO 4 EDIFICAÇÕES PREPARADAS PARA AUTOMAÇÃO, SUSTENTABILIDADE E ACESSIBILIDADE

O presente capítulo apresenta a investigação para a qual destinou-se esse trabalho. São pontuadas as principais adaptações identificadas na infraestrutura de uma edificação no sentido de torná-la *preparada* para automação, visando também sustentabilidade e acessibilidade.

### 4.1 ARQUITETURA, ENGENHARIA E A AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Nos últimos anos, houve um considerável aumento no número de equipamentos em uma residência. Enquanto nos anos 80, era comum a presença de televisores na sala e eletrodomésticos na cozinha, atualmente, nota-se que, em praticamente todos os cômodos de uma casa, tem-se a presença de eletroeletrônicos.

A automação residencial teve início na década de 70, quando surgiram os sistemas de climatização. Com o passar do tempo, a tecnologia foi se aperfeiçoando, evoluindo e, conseqüentemente, alcançando cada vez mais espaço em uma edificação. Segundo Arcolini e Barradas (2017), hoje, é possível automatizar praticamente todos os sistemas residenciais, bem como integrá-los.

Para Inacio (2017), a automação é sinônimo de tecnologia voltada para segurança, gestão energética, comunicação e conforto. Em uma edificação inteligente é possível integrar iluminação, áudio, vídeo, rede de informática e telefonia, ar-condicionado, sistema de aquecimento de pisos, cortinas e persianas, irrigação e até mesmo geladeiras e fornos, tudo em um único sistema. Entretanto, quanto maior o grau de complexidade, fundamental se torna que a automação e a integração sejam planejadas junto ao projeto da construção.

Diante do exposto, fica evidente a necessidade de adaptações na infraestrutura de uma edificação para que a mesma esteja adequada às novas tendências da automação e inteligência residencial. Além disso, cabe aqui também indagar-se sobre a compatibilidade das instalações elétricas convencionais<sup>4</sup> com os sistemas automatizados.

---

<sup>4</sup> Neste trabalho, define-se como *instalações elétricas convencionais* as instalações elétricas de baixa tensão, não automatizadas, dimensionadas conforme a ABNT NBR 5410.

Segundo Romano & Frankel (2017), o planejamento da solução tecnológica tem início com a análise das instalações elétricas da edificação e levantamento de todos os dados estruturais. No entanto, existe uma grande diferença entre elaborar o projeto de automação para um empreendimento novo e outro já existente.

Em geral, os sistemas *wireless* são indicados para as edificações já construídas, pois implicam uma menor necessidade de obras e alterações de infraestrutura, reduzindo assim custos e transtornos. Porém, ainda que designada como sem fio, essa opção exige a instalação da infraestrutura de cabeamento elétrico convencional.

Normalmente, a automação sem fio é utilizada para elementos pontuais, como por exemplo um ventilador ou a iluminação de uma única sala. Ao tentar implementá-la em uma obra de grande porte, em função do número de dispositivos a serem adicionados, pode-se ter um custo bem maior comparado ao sistema cabeado.

Assim, nas edificações novas, quando a solução pode ser pensada junto à concepção de toda a infraestrutura, a opção de se utilizar-se cabeamento estruturado é a mais indicada, por ser mais estável, robusta e resistente. Como o empreendimento ainda será construído, é possível incorporar toda a infraestrutura necessária para a automação durante o processo de projeto da obra.

Lima (2017) pontua que o planejamento da automação durante a fase de concepção da obra reduz o custo de implantação dos sistemas. Além disso, o custo despendido com eletrodutos e conexões em uma infraestrutura apta para receber um sistema de automação é quase o mesmo de uma instalação convencional.

Neste aspecto, recorre-se à premissa de que a edificação a ser automatizada e integrada precisa dispor de uma infraestrutura adequada para a passagem dos cabos e demais elementos, ou seja, *a edificação precisa estar preparada para receber a automação*.

Este preparo ou a adequação no sentido de torná-la apta às diferentes soluções e arranjos tecnológicos envolve uma equipe multiprofissional que promova sobretudo a compatibilização entre arquitetura e tecnologia.

Além disso, é possível prever em projeto uma automação futura, ou seja, a edificação é engendrada para receber níveis flexíveis de automação e integração, possibilitando futuros investimentos (FINDER, 2011).

Conforme já pontuado, quanto mais sofisticado e complexo o nível de integração e automação, mais significativo será o custo do sistema. Assim, a flexibilidade de mudança e adaptação é fundamental para que uma edificação seja incrementada de forma livre.

A automação torna-se então um aspecto de projeto e planejamento, ao contrário de uma solução ou um produto específico. Integradores e projetistas devem, juntos, oferecer uma infraestrutura adequada, proveniente de um projeto discutido, compatibilizado e apto a atender as necessidades e orçamento do cliente.

Nesse sentido, surge um importante conceito, fundamental para esta pesquisa: a pré-automatização residencial, que pode ser prevista em qualquer edificação ou empreendimento.

## 4.2 O CONCEITO DA PRÉ-AUTOMAÇÃO

Há 10 anos, esse conceito vem ganhando força tanto em residências de médio e alto padrão, como também junto às construtoras. Com a pré-automatização, uma residência ou apartamento podem ser entregues ao proprietário preparados para que o mesmo possa dispor de sistemas autônomos em níveis flexíveis.

Basicamente, a pré-automatização é o preparo da instalação elétrica de uma edificação para receber uma automação futura. Pode ser definida como um conceito intermediário entre a instalação convencional e a instalação automatizada. Em outras palavras, a pré-automatização é um *upgrade* na instalação elétrica convencional que permite ao usuário decidir como, quando e o que automatizar em seu imóvel (FINDER BRASIL, 2013).

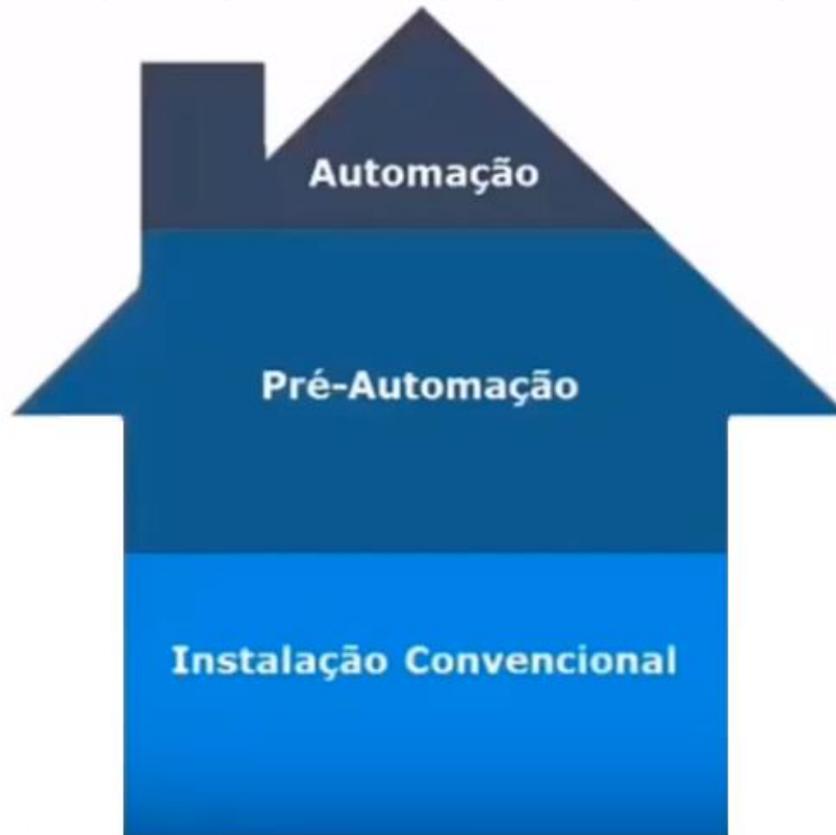
Comparando-se o investimento financeiro entre um sistema automatizado e um sistema convencional, tem-se que aquele gera um dispêndio de capital bastante superior a este. Nesse sentido, a pré-automatização estabelece condições para uma migração futura, de maneira facilitada e com baixo custo de investimento. A infraestrutura pré-automatizada pode evoluir a qualquer momento para soluções automatizadas intermediárias ou complexas, a depender da necessidade do usuário e capital disponível (FINDER BRASIL, 2016).

A principal vantagem das instalações que adotam o conceito de pré-automatização consiste justamente na facilidade de atualização e incremento dos sistemas, sem a necessidade da quebra de paredes. Entretanto, sua aplicação não se limita apenas à projetos novos, em construções existentes é possível estabelecer a pré-automatização mediante reforma ou *retrofit* das instalações convencionais (STARHOME, 2015).

Com a infraestrutura preparada, qualquer modificação na instalação elétrica se torna muito mais simples e econômica, não sendo necessária, por exemplo, a troca de fiação ou outros elementos fixos como o padrão de entrada e o quadro geral de distribuição.

A Figura 4.2.1 exemplifica a hierarquia desse conceito:

Figura 4.2.1 – Relação hierárquica entre automação, pré-automatização e instalação convencional



Fonte: FINDER BRASIL (2016).

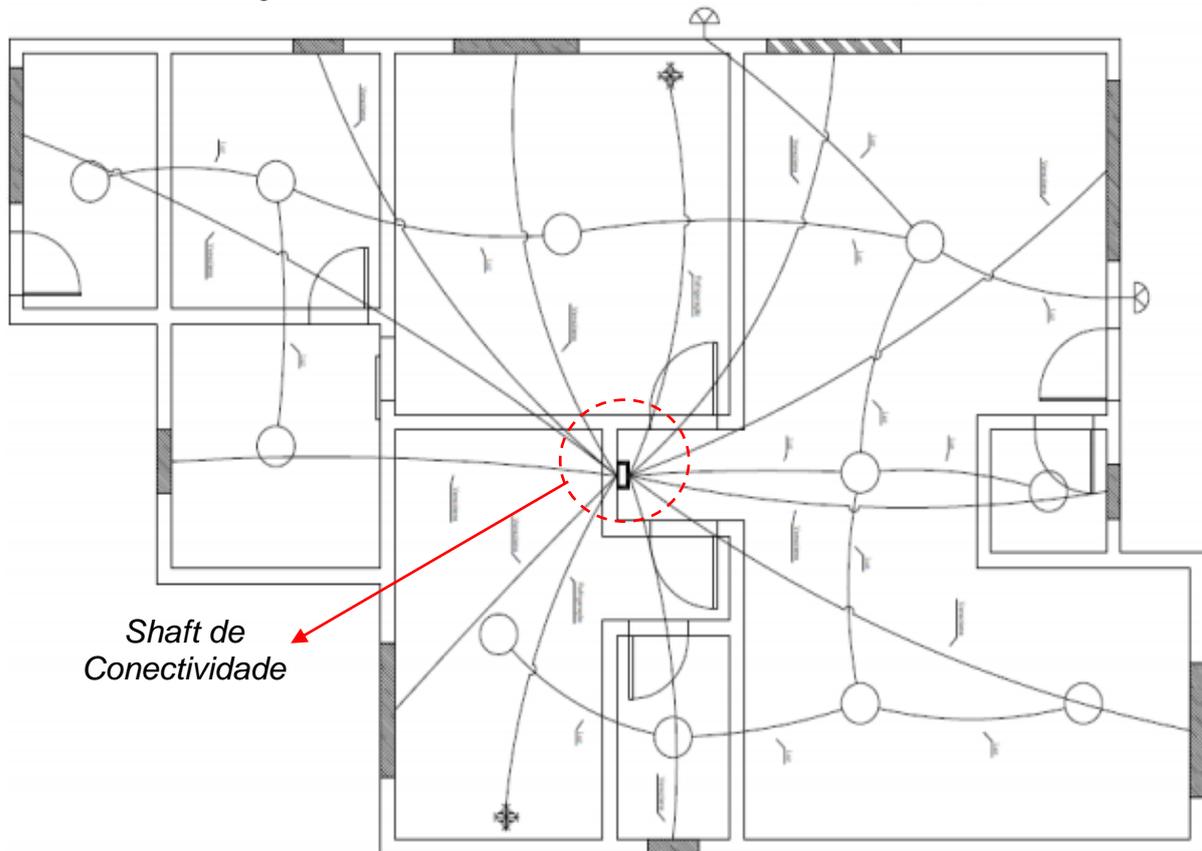
Segundo Muratori (2015), em aspectos técnicos, não existem muitas dificuldades para a adoção de um projeto de pré-automatização, o que existe é o desconhecimento de como o projeto deve ser modificado. Além disso, os benefícios da automação e, conseqüentemente da pré-automatização, não são ainda bem difundidos e, portanto, o mercado imobiliário interpreta apenas como um custo a mais.

Conforme investigação teórica, um projeto preparado para automação fundamenta-se principalmente em parâmetros práticos, sobretudo estabelecidos e recomendados por fabricantes de componentes específicos presentes nos sistemas elétricos pré-automatizados. Tais conjecturas são apresentadas no tópico seguinte.

### 4.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS PRÉ-AUTOMATIZADAS

Segundo Bolzani (2015), a arquitetura de uma edificação preparada para automação deve contemplar um espaço destinado às centrais de automação e conectividade (integração), onde serão interligados os hardwares dos equipamentos. Essas devem ser alocadas próximo ao Quadro de Distribuição Elétrico (QDE), que normalmente encontra-se centralizado na planta arquitetônica. Neste trabalho, este local será designado como Shaft de Conectividade (SCN) exemplificado na (Figura 4.3.1).

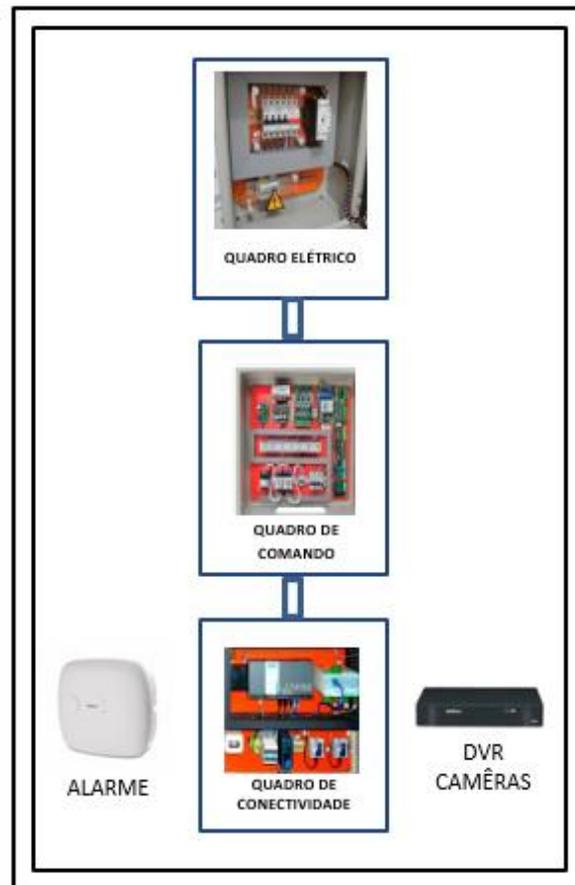
Figura 4.3.1 – Posicionamento do shaft de conectividade (SCN)



Fonte: INACIO (2017).

No shaft de conectividade estarão concentradas todas as entradas e saídas dos sistemas da residência, a saber instalações elétricas, telefonia, internet, antenas e também fontes de energia renováveis. Desta forma, serão agregados no mínimo três quadros: o Quadro de Distribuição Elétrico (QDE), normalmente conhecido com Quadro de Distribuição Geral; o Quadro de Comando (QCM) e o Quadro de Conectividade (QCN). Nesse espaço, também poderão ser alocadas as centrais do sistema de segurança (Figuras 4.3.2 e 4.3.3).

Figura 4.3.2 – Visualização esquemática em corte do SCN



Fonte: elaborado pela autora (2018).

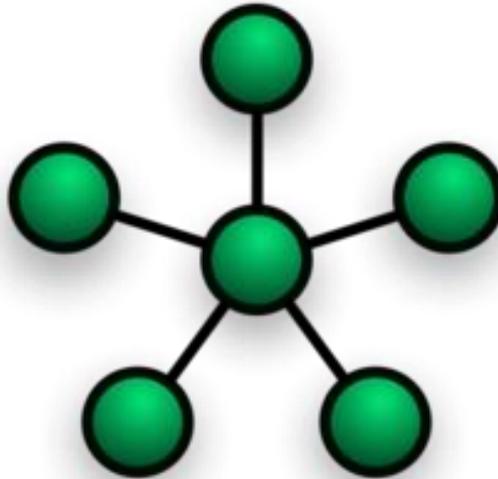
Figura 4.3.3 – Exemplo de SCN



Fonte: VALENTINO TÉCNICA (2014).

A disposição em que os cabos serão interligados nos sistemas pode facilitar ou dificultar a manutenção e o funcionamento dos mesmos. Visando uma maior flexibilidade para o uso de diferentes protocolos, além da economia de cabos e facilidade em futuras modificações, é interessante que o cabeamento estruturado seja configurado em topologia estrela (Figura 4.3.4). O mesmo deve acontecer para as instalações elétricas.

Figura 4.3.4 – Topologia de rede em estrela



Fonte: PAULINO (2010).

Todo projeto elétrico deve atender às exigências da Norma Brasileira NBR 5410:2008 - Instalações elétricas de baixa tensão, atualmente em processo de nova revisão. Esta normativa estabelece as condições satisfatórias das instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir um funcionamento adequado e a segurança de todos (ABNT, 2008).

Por se tratar de um tema relativamente novo, a automação residencial tem sido abordada de forma empírica, ou seja, muitas empresas apresentam propostas, porém, não existe ainda um conjunto de protocolos, equipamentos e dispositivos padronizados e unânimes.

Neste trabalho, serão apresentadas as premissas de projeto propostas pela Finder (2016), nas quais as instalações elétricas pré-automatizadas atendem à legislação pertinente e agregam o uso dos relés de impulso.

O Quadro 4.3.1 a seguir apresenta tais premissas:

Quadro 4.3.1 – Premissas propostas pela Finder

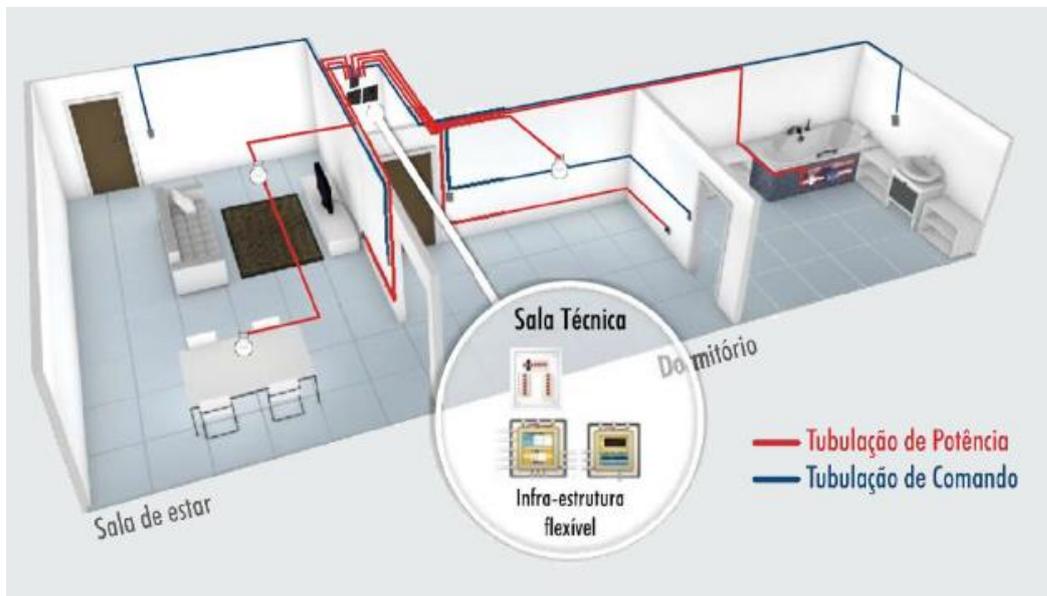


- Tubulações das cargas e acionamentos em tubos separados;
- Comandos de carga ou tomadas de uso específico através de relés de impulso;
- Tubulação em topologia estrela para cada caixa de acionamento e tomadas;
- Previsão de um espaço específico para o quadro de automação (SCN), com dimensões apropriadas ao porte da obra;
- Os cabos de pré-automatização/automação devem partir do SCN, sem emendas e em conformidade com a NBR 5410.

Fonte: Finder (2016).

Tem-se, na Figura 4.3.5 abaixo, uma exemplificação do exposto: Shaft de Conectividade (Sala Técnica) centralizado, tubulação de comando e carga separadas e topologia estrela.

Figura 4.3.5 – Instalação elétrica pré-automatizada



Fonte: FINDER (2016).

Segundo Gundim (2007), os relés de impulso são dispositivos eletromecânicos que, ao serem alimentados pela tensão nominal da rede por meio do comando de interruptores pulsadores, acionam pontos de iluminação e outros equipamentos de carga. É uma tecnologia desenvolvida e patenteadada em 1950 por Piero Giordanino, bastante utilizada na indústria e,

atualmente, com o advento da domótica, tornou-se um elemento essencial para a automação residencial (Figura 4.3.6).

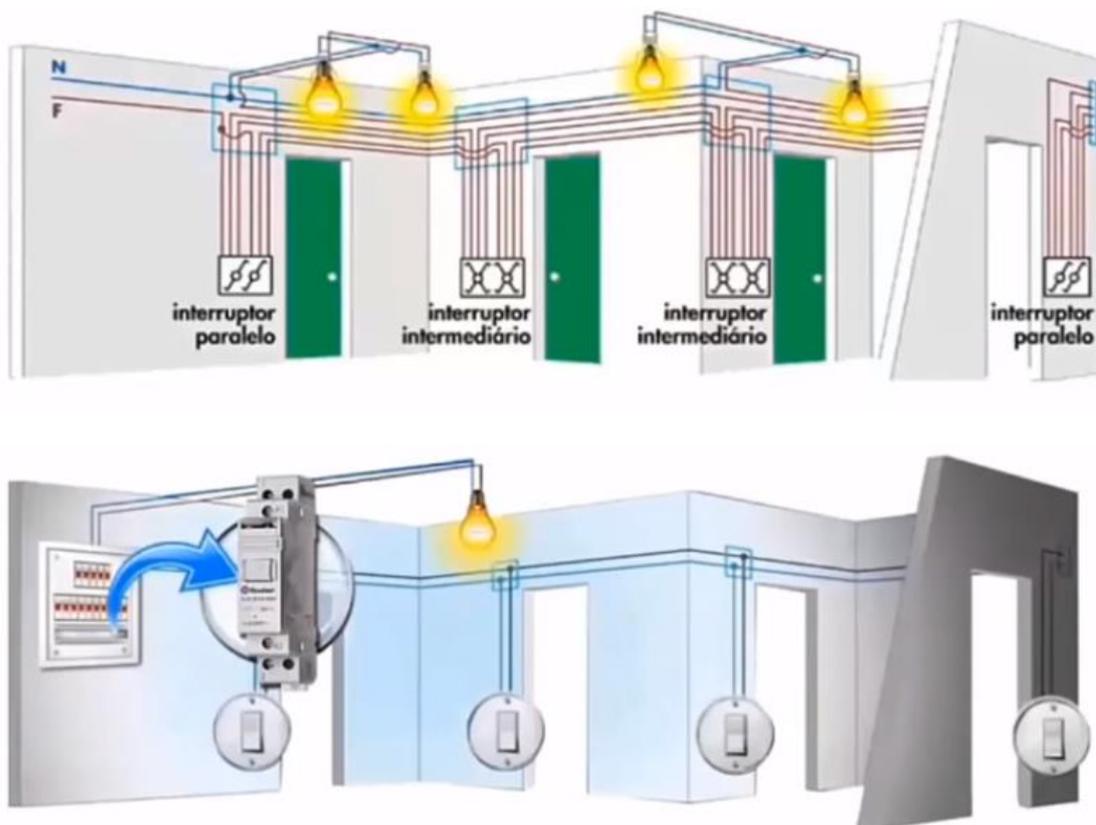
Figura 4.3.6 – Relé de impulso



Fonte: Gundim (2007).

Nas residências, a aplicação de relés de impulso pode ser similar aos sistemas paralelos (ou *three way*) e intermediários (*four way*) que permitem ao morador acionar o mesmo ou vários pontos de luz a partir de interruptores distintos, com o diferencial de utilizar-se apenas um par de fios, conforme demonstrado pelas imagens da Figura 4.3.7.

Figura 4.3.7 – Sistemas paralelos convencional e com relé de impulso respectivamente

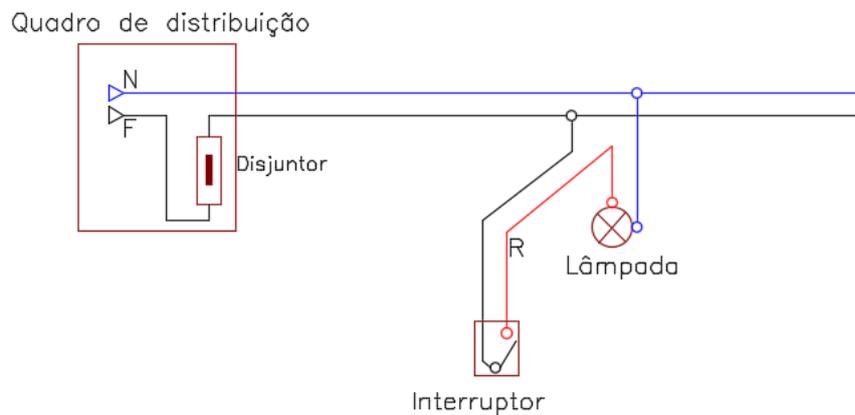


Fonte: FINDER (2016).

A fim de demonstrar a diferença principal entre as instalações elétricas convencionais e as instalações elétricas pré-automatizadas com relé de impulso, apresenta-se a seguir os respectivos esquemas elétricos.

No sistema convencional de acionamento de lâmpadas (cargas), o Neutro (N) encontra-se diretamente ligado a esta e a Fase (F) sai do dispositivo de proteção (disjuntor) para o interruptor. Ao ser acionado o interruptor, o contato fecha o circuito e acende a lâmpada (Figura 4.3.8).

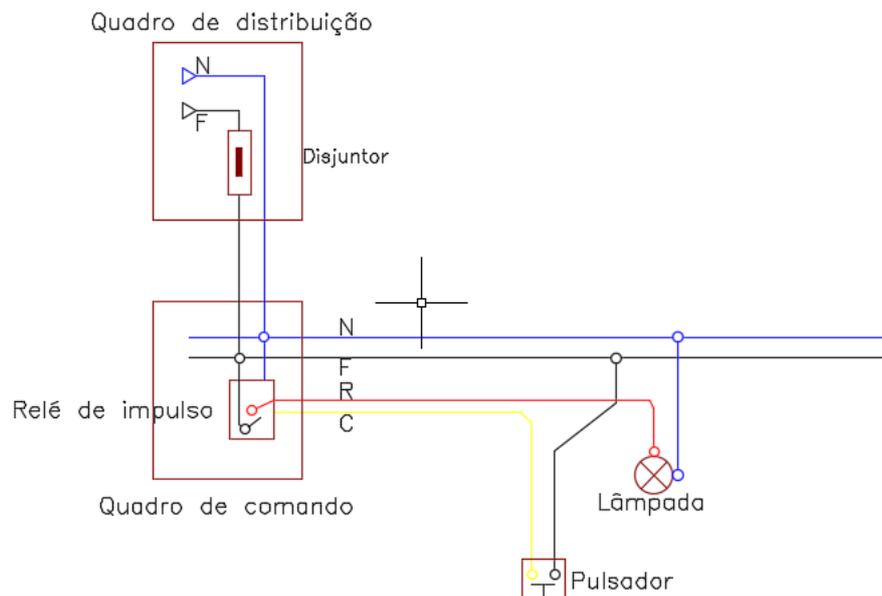
Figura 4.3.8 – Esquema elétrico convencional



Fonte: elaborado pela autora (2018).

Já no sistema pré-automatizado, o relé de impulso é alimentado diretamente pela Fase (F) que sai do dispositivo de proteção. Ao receber o comando do pulsador, o contato se fecha e aciona a lâmpada (carga). Neste caso, observa-se que a lâmpada não recebe comando vindo direto do interruptor, pois existe um pulsador que o envia ao relé (Figura 4.3.9).

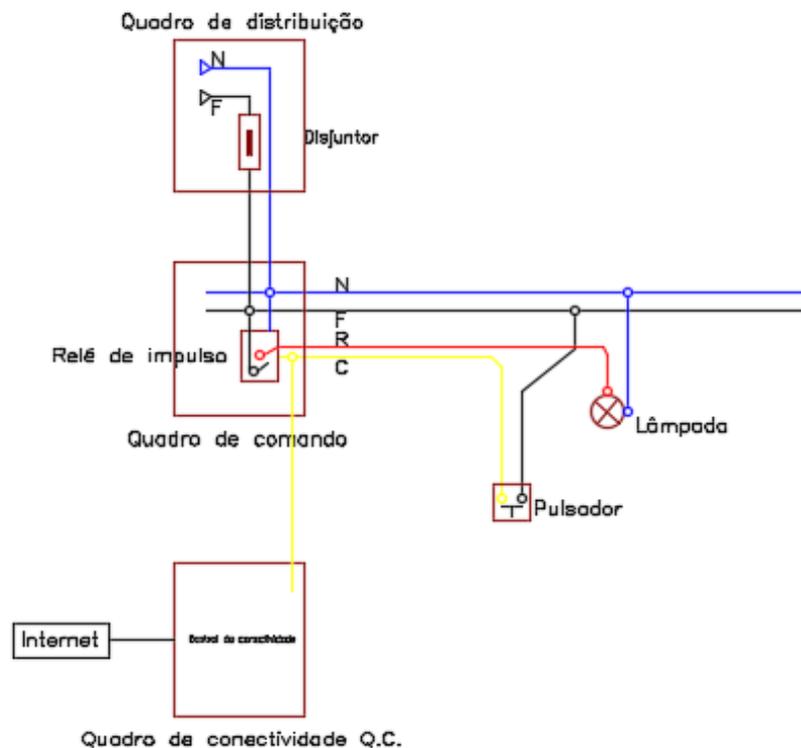
Figura 4.3.9 – Esquema elétrico pré-automatizado



Fonte: elaborado pela autora (2018).

Com o uso deste dispositivo de manobra, a instalação está apta a receber diversos tipos de comandos, como por exemplo, pulsadores, telecomando, acionamento via web, possibilitando assim a instalação dos diversos sistemas de automação, com a implantação de uma central de conectividade (Figura 4.3.10). Desta forma, pode-se inferir que o relé de impulso é o elemento chave da pré-automatização, sendo então imprescindível sua incorporação no projeto das instalações elétricas.

Figura 4.3.10 - Esquema elétrico pré-automatizado com central de conectividade



Fonte: elaborado pela autora (2018).

Importante ressaltar que o conceito de infraestrutura apresentada, simples e robusto, destaca-se principalmente pela sua alta flexibilidade, pois as edificações pré-automatizadas estão aptas para funcionar tanto como uma edificação sem automação, similar às instalações convencionais, quanto como uma edificação de alto padrão tecnológico, mediante o incremento das tecnologias domóticas.

Essa flexibilidade é então corroborada através dos níveis de automação propostos e descritos no capítulo posterior.

## **CAPÍTULO 5 PROPOSTA DE SEIS NÍVEIS PARA OS SISTEMAS AUTOMATIZADOS EM UMA EDIFICAÇÃO**

Afim de validar a flexibilidade das instalações pré-automatizadas, propõe-se, nesse capítulo, uma nova classificação que apresenta todos os níveis de automação possíveis em uma edificação inteligente em função dos equipamentos presentes no mesmo sistema.

### **5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO SEGUNDO A AURESIDE**

Marcada pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas, a Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0 tem como principal vertente a inteligência artificial, por meio da qual os equipamentos começam a “pensar” por si próprios e a desenvolver tomadas de decisões.

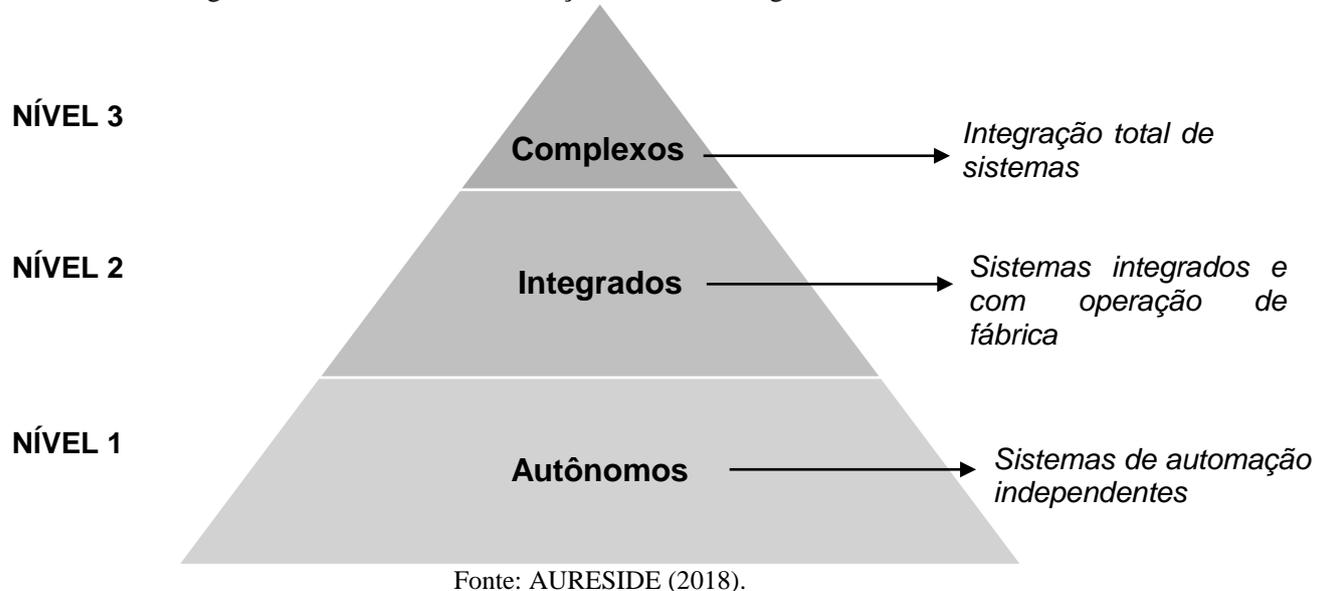
Se hoje tornou-se cada vez mais comum utilizar-se controles remotos, até mesmo smartphones, para ativar sistemas em uma edificação, a tendência é que essa tarefa seja realizada pelos próprios equipamentos que, por meio da inteligência artificial, serão capazes de ajustar, por exemplo, o conforto de um determinado ambiente sem a interferência humana, apenas pela observação de hábitos rotineiros (ROMANO & FRANKEL, 2018).

De maneira geral, um ambiente automatizado é resultado da integração e interação entre dispositivos eletroeletrônicos relacionados à comunicação, transmissão de dados, iluminação, climatização, segurança, áudio e vídeo, interligados entre si através de uma rede de comunicação. Essa interação acontece graças aos microprocessadores, cada vez mais presentes em dispositivos que fazem parte do cotidiano das pessoas (FREITAS *et al.* 2012).

Basicamente, é possível automatizar todo sistema composto por equipamentos elétricos ou eletrônicos. Entretanto, existem diferentes possibilidades ou níveis de automação de um sistema, que variam de acordo com os equipamentos, soluções e arranjos adotados.

Em função do nível de automação, segundo a AURESIDE (2018), os sistemas residenciais são classificados em três níveis, já discutidos anteriormente, os quais encontram-se organizados de forma hierárquica pela Figura 5.1.1 a seguir:

Figura 5.1.1 – Níveis de automação residencial segundo a AURESIDE



Analisando-se esta classificação, tem-se que os níveis de *automação* foram definidos em função do grau de *integração* dos sistemas e de acordo com a liberdade de programação das *variáveis controladas*. Procedem-se então uma análise desses conceitos.

Segundo Dorf & Bishop (1998), a automação (do termo em latim *Automatus*, que significa mover-se por si) define um sistema que emprega processos automáticos de comando e controle de mecanismos para seu próprio funcionamento. Em outras palavras, pode ser definida como a tecnologia que utiliza comandos programados para operar um dado processo, combinados com retroação de informação para que o sistema funcione corretamente.

De maneira bastante simples, os sistemas autônomos recebem entradas ou informações, gerenciam as mesmas e fornecem saídas ou ações. De acordo com a complexidade embarcada, é possível identificar dois tipos de funcionamento: o passivo e o automático. No funcionamento passivo, um elemento reage somente quando lhe é transmitida uma ordem, dada diretamente pelo utilizador, através de recursos como botão de pressão, painéis táteis ou telecomandos. No funcionamento automático, o sistema não só interpreta parâmetros, como reage às informações transmitidas pelos sensores. Por exemplo, detectar que uma janela está aberta e avisar o utilizador, ou que a temperatura está a diminuir e ligar o aquecimento (SISLITE, 2017).

Em função de sua arquitetura, podem ser classificados em sistemas com malha aberta ou lineares e sistemas com malha fechada ou realimentados (GUNDIM, 2011). Os sistemas com malha aberta possuem um funcionamento linear, ou seja, a saída não tem nenhum efeito sobre a ação de controle, que pode ser manual ou programada (Figura 5.1.2).

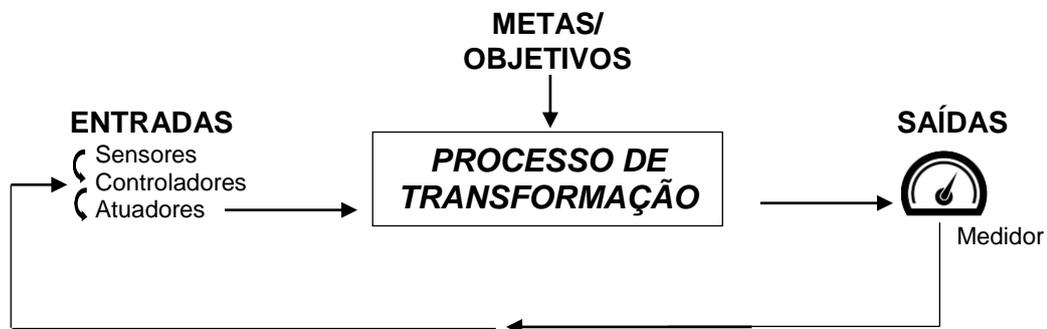
Figura 5.1.2 – Sistemas com malha aberta



Fonte: GUNDIM (2007, p. 32); LAURENTIZ (2018, p. 109).

Já os sistemas com malha fechada (Figura 5.1.3) são aqueles em que a saída tem efeito automático sobre a ação de controle. Nesse caso, a realimentação do sistema pode ser dada por autoregulagem, quando o operador define metas, ou aprendizagem, quando o sistema é capaz de observar os hábitos naquele ambiente (LAURENTIZ, 2011).

Figura 5.1.3 – Sistemas com malha fechada



Fonte: GUNDIM (2007, p. 32); LAURENTIZ (2018, p. 109).

Com relação ao grau de integração dos sistemas, este pode ser *nulo*, no caso onde os sistemas operam de forma totalmente independente, *parcial*, quando dois ou mais equipamentos conseguem estabelecer uma interoperabilidade ou *total*, quando todos os sistemas da residência estão interligados, realizando troca de informações e sendo controlados por uma central inteligente.

Por fim, as variáveis controladas pelo sistema são definidas pelo fabricante e podem ser ajustadas dentro de um limite pré-estabelecido, sendo que, quando mais complexo o sistema, mais interação, ou liberdade de programação, terá o usuário.

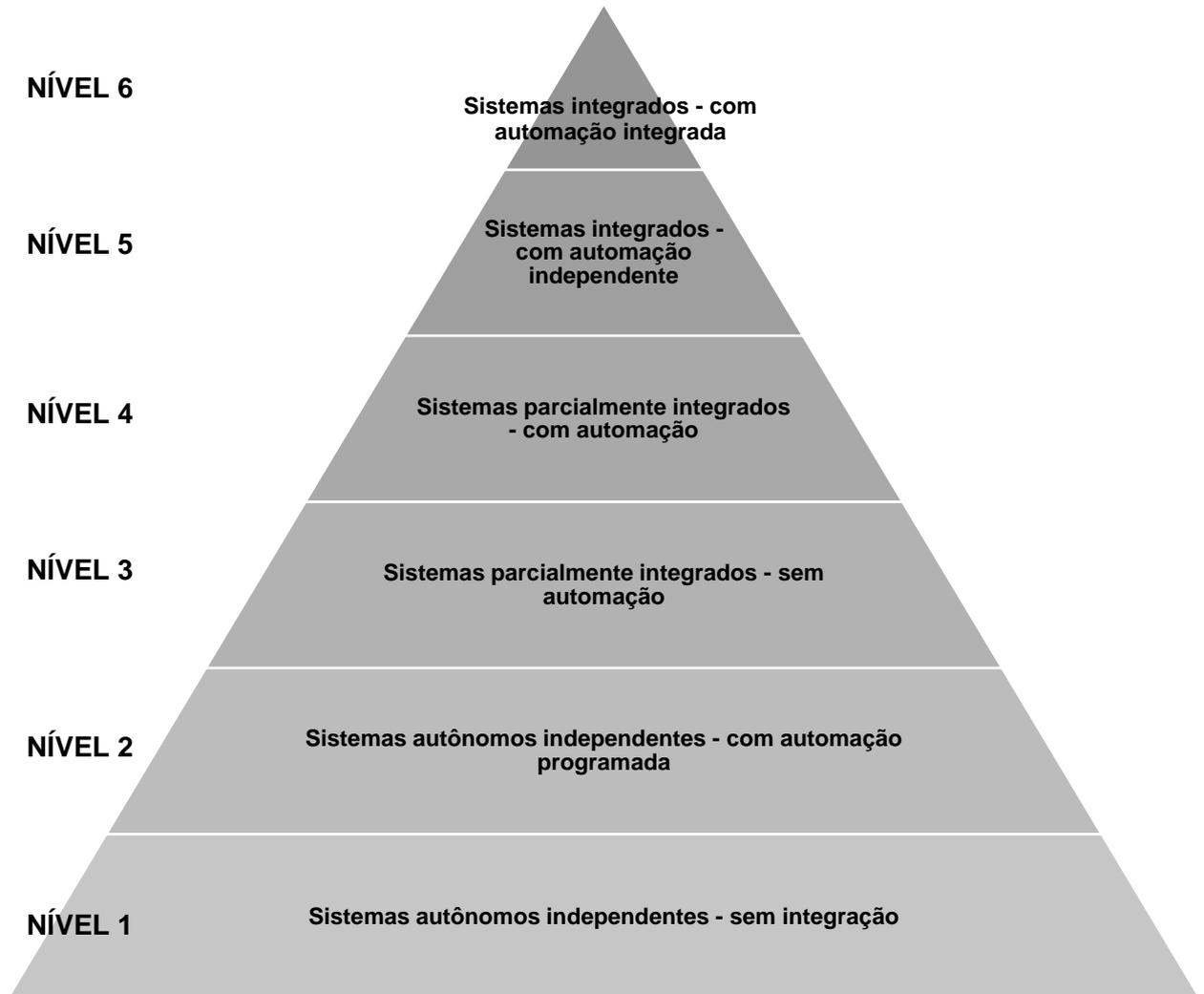
Importante destacar que sistemas integrados não são necessariamente autônomos. Em contrapartida, sistemas autônomos integrados aumentam a gama de recursos e possibilidades de programação.

Considerando então as diferentes possibilidades de arquitetura de sistemas, propõe-se, no tópico subsequente, uma complementação na pirâmide definida pela AURESIDE.

## 5.2 DEFINIÇÃO DE SEIS NÍVEIS DE AUTOMAÇÃO, PROGRAMAÇÃO E INTEGRAÇÃO EM SISTEMAS RESIDENCIAIS

Em função das possibilidades de automação, programação e integração dos sistemas residenciais, definiu-se seis níveis de classificação apresentados na Figura 5.2.1:

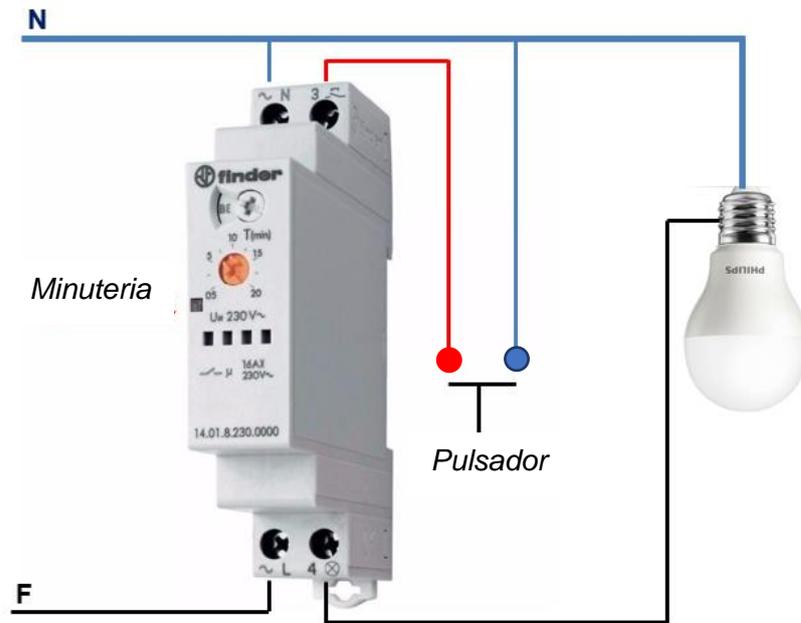
Figura 5.2.1 – Níveis de automação, programação e integração de sistemas residenciais



Fonte: elaborado pela autora (2018).

- **NÍVEL 1:** Sistemas autônomos independentes – sem integração: são sistemas com funcionamento passivo ou automático, configurações limitadas e integração nula. São amplamente utilizados. Exemplos: sensores de presença para iluminação, portões automatizados, porteiros eletrônicos e minuterias (Figura 5.2.2).

Figura 5.2.2 – Exemplo de sistemas autônomos independentes – sem integração (Nível 1)

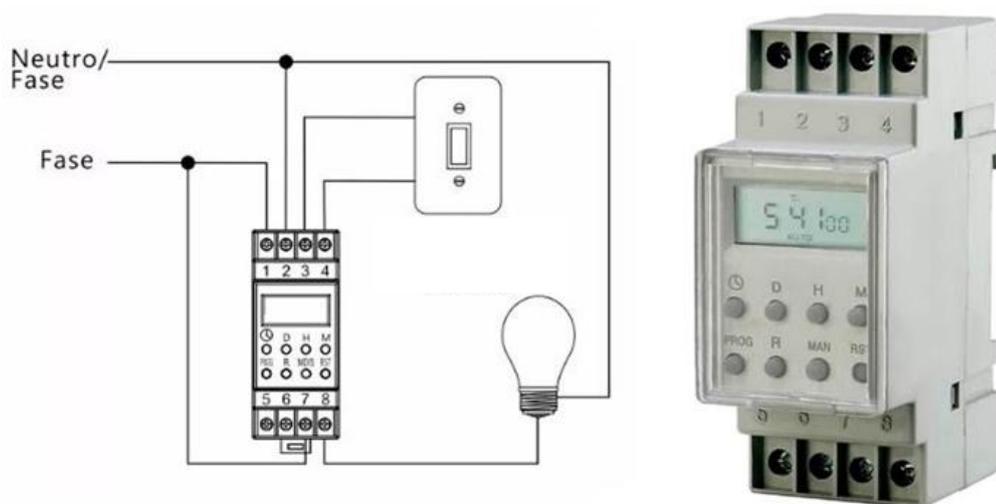


Fonte: elaborado pela autora (2018).

O sistema acima mostra uma minuteria eletrônica que funciona como um atuador de cargas, neste caso a lâmpada, e que permite um ajuste na variável tempo de 05 segundos à 20 minutos, definido pelo fabricante.

- **NÍVEL 2:** Sistemas autônomos independentes – com automação programada: são sistemas com funcionamento automático, com maior possibilidade de programação em suas configurações (mais de um evento) e integração nula. Exemplos: timers digitais configurados para acionar cargas, por exemplo uma lâmpada, em horários e intervalos de tempo que o usuário pode estabelecer (Figura 5.2.3).

Figura 5.2.3 - Exemplo de sistemas autônomos independentes – com automação programada (Nível 2)

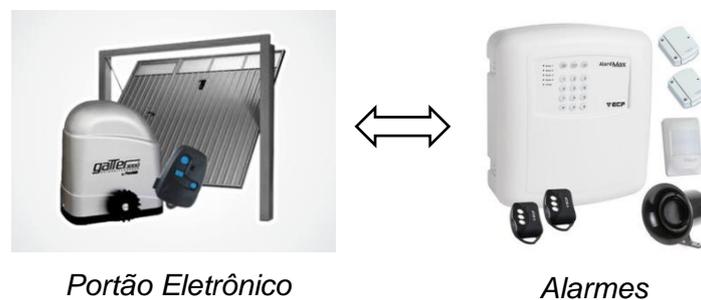


Fonte: SISLITE (2017).

Tem-se uma minuteria digital (*timer*) que permite a programação de vários eventos com duração de tempo ajustada para o acionamento de cargas.

➤ **NÍVEL 3: Sistemas parcialmente integrados – sem automação:** são sistemas com funcionamento passivo, que podem ser parcialmente integrados. Exemplo: sistemas de controle de acesso e sistemas de segurança eletrônica integrados (Figura 5.2.4).

Figura 5.2.4 - Exemplo de sistemas parcialmente integrados – sem automação (Nível 3)



*Portão Eletrônico*

*Alarmes*

Fonte: elaborado pela autora (2018).

Neste caso de integração de sistemas, ao acionar a abertura do portão eletrônico, o sistema de controle envia um pulso à central de alarme que imediatamente desativa seu funcionamento.

- **NÍVEL 4: Sistemas parcialmente integrados – com automação:** são sistemas com funcionamento automático, que podem ser parcialmente integrados. Exemplo: sistemas de segurança eletrônica (Figura 5.2.5).

Figura 5.2.5 - Exemplo de sistemas parcialmente integrados – com automação (Nível 4)

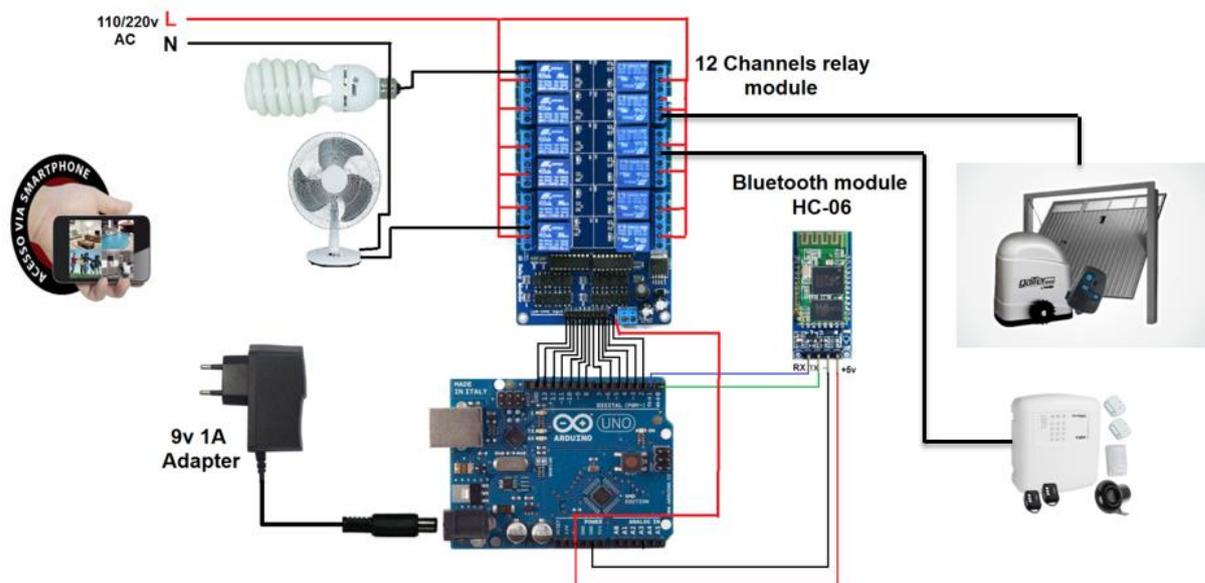


Fonte: elaborado pela autora (2018).

Em um sistema de segurança, é possível integrar o circuito fechado de TV com a central de alarme e a central de choque (cerca elétrica). Em caso de uma eventual invasão, detectada pelos sensores de alarme, câmeras ou pela cerca perimetral, tanto a central de alarme quanto o DVR imediatamente informam ao usuário através de conexão telefônica ou internet. Este, por sua vez, pode visualizar a situação em tempo real através do acesso remoto.

- **NÍVEL 5: Sistemas integrados – com automação independente:** são sistemas independentes com funcionamento automático e integrados por uma central. Exemplo: controle de iluminação, controle de acesso e sistema de segurança integrados (Figura 5.2.6).

Figura 5.2.6 – Exemplo de sistemas integrados – com automação independente (Nível 5)

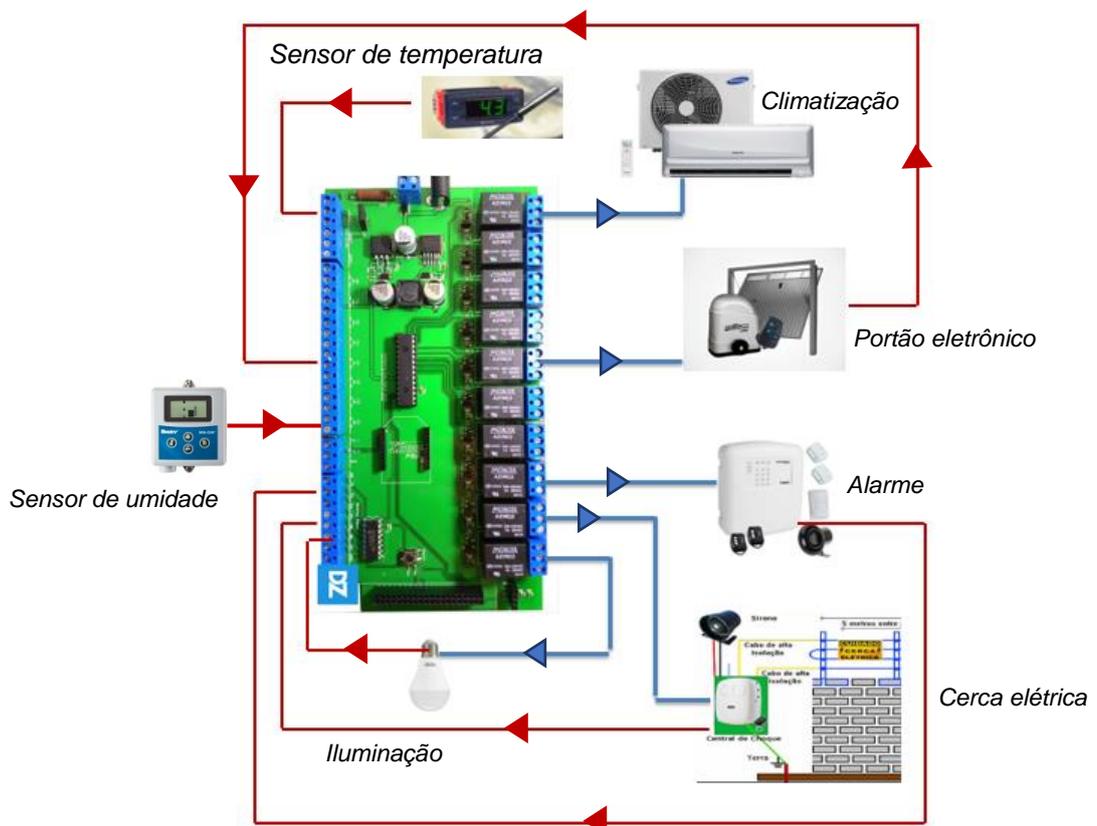


Fonte: elaborado pela autora (2018).

Nesse nível, os sistemas estão integrados através de uma central de comandos, porém não existe comunicação entre os mesmos, ou seja, possuem funcionamento independente. A central de integração aceita diversos comandos via *web* ou por controle remoto, porém, não existe um *feedback* dos mesmos no aplicativo, o que só é possível através do monitoramento por câmeras.

- **NÍVEL 6:** Sistema integrados – com automação integrada: são sistemas com funcionamento automático e integrados por uma central controladora inteligente, que proporciona automação integrada. Exemplo: controle de iluminação, controle de acesso, sistema de segurança, controle de climatização, monitoramento do consumo de energia integrados e com feedback das ações sistematizadas (Figura 5.2.7).

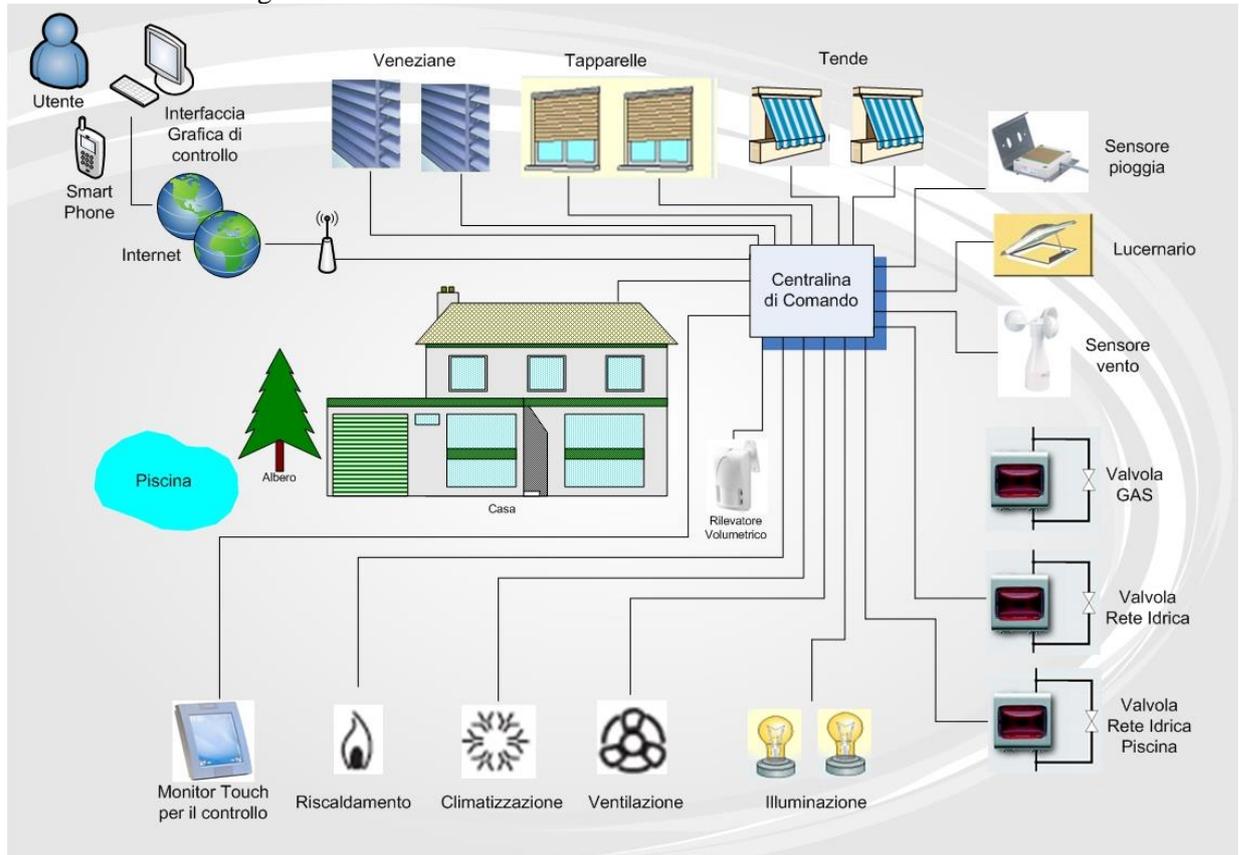
Figura 5.2.7 - Exemplo de sistemas integrados – com automação integrada (Nível 6)



Fonte: elaborado pela autora; (2018).

Todos os sistemas estão integrados através de uma central controladora que permite a comunicação entre os mesmos. A central exemplificada possui 10 pontos I/O (em inglês *input* e *output*) de entrada e saída de comandos, atuando como um gerenciador de funcionalidades com diversas opções de comunicação como Ethernet, wireless e wi-fi. Desse modo, é possível controlar e monitorar diversos ambientes de uma residência (Figura 5.2.8).

Figura 5.2.8 – Controle e monitoramento total de uma residência



Fonte: VALENTINO TÉCNICA (2014).

## CAPÍTULO 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo aqui relatado abordou o universo das edificações inteligentes, tendo como recorte as habitações residenciais com significativo padrão tecnológico. Sobre estas, Gundim define:

Um espaço residencial ecológico e evoluído em termos de arquitetura e construção, acompanhado de soluções integradas à tecnologia da informação, permitindo a seus usuários segurança, conforto e economia, e ao planeta, eficiência energética. (GUNDIM, 2007, p. 35).

O Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído possui um viés muito forte na questão da tecnologia voltada para otimização e melhorias no processo de projeto de edificações. Nesse sentido, surgiu a ideia de pesquisar sobre a tecnologia embarcada propriamente nos empreendimentos contemporâneos.

A Domótica retrata o avanço tecnológico do ambiente residencial físico. Em um primeiro momento, as edificações inteligentes são associadas ao luxo e ao status de alto padrão construtivo. Entretanto, este estigma tende a ser revisto mediante um melhor entendimento das inúmeras possibilidades, benefícios e graus de complexidade que podem ser definidos.

O estudo teve como objetivo investigar possíveis adaptações associadas à evolução das instalações elétricas nas edificações, bem como a incorporação da informática e da automação residencial.

Nessa vertente, foi definido um importante conceito, a pré-automatização que significa simplesmente o preparo da instalação elétrica de uma edificação para receber uma automação futura. Pode ser definida como um conceito intermediário entre a instalação convencional (tradicional) e a instalação automatizada. Em outras palavras, a pré-automatização é um upgrade na instalação elétrica convencional que permite ao usuário decidir como, quando e o que automatizar em seu imóvel.

O estudo aborda um tema que envolve sobretudo quebra de paradigmas tradicionais. Além disso, pontua-se que uso da tecnologia embarcada em edificações não está relacionado apenas ao conforto e luxo, significa também melhoraria de vida às pessoas com limitações, como por exemplo, o uso do comando de voz para proporcionar maior autonomia à deficientes e idosos.

Políticas inclusivas e sustentáveis devem ser premissas fundamentais de qualquer projeto. Nesse sentido, o uso da tecnologia é fundamental para o atual contexto socioeconômico, em que otimização, acessibilidade, sustentabilidade e inclusão são palavras de ordem.

A automação residencial é uma realidade em países desenvolvidos e faz parte da 4ª Revolução Industrial ou Indústria 4.0. Se a sociedade tem consumido carros, smartphones cada vez mais tecnológicos, porque não residências com tecnologia embarcada? É um processo natural e que já está acontecendo significativamente em países desenvolvidos.

As adaptações retratadas são recomendações da Finder, empresa consolidada no ramo automotivo. As instalações elétricas designadas pré-automatizadas agregam sobretudo o uso dos relés de impulso. Ressalta-se também a importância de atender à legislação pertinente.

O conceito de infraestrutura apresentada no trabalho destaca-se principalmente pela sua alta flexibilidade, pois as edificações pré-automatizadas estão aptas para funcionar tanto como uma edificação sem automação, similar às instalações convencionais, quanto como uma edificação de alto padrão tecnológico, mediante o incremento das tecnologias domóticas.

A partir do conhecimento adquirido, a fim de corroborar a flexibilidade do sistema pré-automatizado, foram analisados diferentes sistemas de automação encontrados no mercado, com diferentes equipamentos, recursos e possibilidades, a fim de estabelecer uma classificação em níveis hierárquicos e evolutivos.

Conforme deixa claro os seis níveis de automação, programação e integração propostos, a inteligência de uma edificação está condicionada às necessidades, expectativas e disponibilidade financeira do proprietário.

Ressalta-se que tais níveis também poderão ser utilizados para auxiliar projetos de automação, facilitando a comunicação entre os envolvidos (arquitetos, engenheiros, integradores e clientes) e a identificação do nível de automação requerido, de acordo com as necessidades, expectativas e poder aquisitivo do investidor. Além disso, podem ainda ser empregados na valorização comercial do bem imóvel, o que, segundo Bolzani (2010), já ocorre em alguns países da Europa.

Logicamente, quanto mais alto o nível, maior será o custo do sistema. Entretanto, é possível agregar gradualmente recursos tecnológicos a uma edificação, sem grandes transtornos e reformas, desde que a mesma possua uma infraestrutura adaptada para isso, a qual foi denominada de *edificação preparada para automação*.

No que se refere à transmissão de dados e distribuição de acesso à internet, o cabeamento estruturado oferece maior segurança e rapidez do que a tecnologia wi-fi. Além disso, os sistemas sem fio também estão sujeitos a influências e podem sofrer interferências de eventuais barreiras à propagação das ondas. Desta forma, o trabalho delimitou-se às instalações com cabeamento estruturado.

Automatizar uma residência não implica necessariamente em maiores gastos com energia. Ao contrário, a automação pode gerar uma grande economia desta através do monitoramento inteligente dos sistemas. Na área de controle de recursos e infraestrutura (fontes de energia, água, climatização), encontra-se inúmeros protocolos para automação predial já definidos e estruturados, podendo assim, ser facilmente adquiridos.

A Domótica é uma tecnologia recente que permite a gestão de todos os recursos habitacionais a serviço do usuário. Esse gerenciamento pode significar economia de recursos naturais e melhoria de vida às pessoas com limitações, como por exemplo, o uso da tecnologia de comando de voz para proporcionar maior autonomia à deficientes e idosos. Por isso, a analogia dos conceitos *automação, sustentabilidade e acessibilidade*. Estes dois últimos, estão diretamente associados ao primeiro.

Independentemente do nível de automação, os projetos devem ser customizados para atender as necessidades específicas de cada usuário. É preciso ter certeza de que tudo aquilo que está sendo solicitado no projeto de automação seja, de fato, atendido.

Arquitetos, engenheiros e profissionais da automação podem criar juntos excelentes projetos de automação residencial. A união desses profissionais é fundamental para o sucesso de um empreendimento, principalmente os de maiores níveis de complexidade.

Destaca-se aqui a importância da constante busca por inovação, aliada aos conceitos de assistência social e ambiental por parte dos profissionais envolvidos no projeto e construção dos ambientes construídos.

E, para finalizar, a automação é muito mais que um conjunto de tecnologias, trata-se de um conceito que envolve infraestrutura, profissionais e equipamentos apropriados. As edificações pré-automatizadas/automatizadas aqui descritas envolvem, antes de mais nada, uma quebra de paradigmas no modo convencional como são elaboradas as instalações elétricas. Com toda a evolução tecnológica, esse processo é bastante natural e esperado.

## CAPÍTULO 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVEZ, José Augusto; MOTA, José. *Casas Inteligentes*. Lisboa: Centro Atlântico, 2003. 141 p.
- AMARAL, Renato Dias Calado do; PINA FILHO, Armando Carlos de. A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia. In: *Nono Simpósio de Mecânica Computacional*, 2010, São João del-Rei.
- APPLE. 2018. Disponível em: < <https://www.apple.com/br/ios/home/> >. Acesso em: 15 set. 2018.
- ARCOLINE, Tatiana; BARRADAS, Paula. Automação agrega conforto e segurança a projetos. *Arquitetura, Engenharia e Construção na web*. 2017.
- ASIAN INSTITUTE OF INTELLIGENT BUILDINGS -AIIB. About. *Web Página*. 2018. Disponível em: < <http://www.aiib.net/> >. Acesso em 15 jun. 2018.
- ASIAN PACIFIC INTELLIGENT GREEN BUILDING ALLIANCE - APIGBA. About. *Web Página*. 2018. Disponível em: <<http://apigba.org/members/>>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DEL EDIFÍCIO INTELIGENTE Y SUSTENTABLE - IMEI. Quiénes somos. *Web Página*. Cidade do México, 2018. Disponível em: <<https://imei.org.mx/imei/>>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E PREDIAL. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.aureside.org.br/quem-somos>>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 5410:2008 – Instalações elétrica de baixa tensão.
- BARROS, Auriza Lopes de. *Edifícios Inteligentes e a Domótica: Proposta de um Projeto de Automação Residencial utilizando o protocolo X-10*. Cabo Verde: Editora Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, 2010. 105 p. Monografia, Universidade Jean Piaget de Cabo Verde.
- BOLZANI, Caio Augustos Morais. *Análise de Arquiteturas e Desenvolvimento de um Plataforma para Residências Inteligentes*. São Paulo, 2010. 155 p. Tese. Universidade de São Paulo.
- BOLZANI, Caio Augustos Morais. Domótica, a nova ciência do século XXI. *Fonte*, Belo Horizonte, ano 10, n. 13, p. 105-111, dez. 2013.
- BRASIL ESCOLA. Eco-92. *Portal de Educação do Brasil*, Goiânia, 2018. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/eco-92.htm> >. Acesso em 13 maio 2018.
- BUCKMAN, Alex H.; MAYFIELD, Martin; BECK, Stephen B. M.. What is a Smart Building? *Smart and Sustainable Built Environment*, v. 3, n. 2, p. 92-109, set. 2014.

BUENO, Luíz Fernando. Projeto de Climatização no Residência Sustentável. *LFB Engenharia e Projetos*, São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=wuyNwkCqgoo>>. Acesso em: 12 maio. 2018.

CABRAL, Michel Madson Alves; CAMPOS, Antonio Luiz Pereira de Siqueira. *Sistemas de Automação Residencial de baixo custo: uma realidade possível*. I Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – CONITI. 2008.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. *A Inovação na Construção Civil sob a Ótica do Consumidor*. Brasília, mar. 2014. 42 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. *Fundamentos BIM*. v. 1. In: Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Brasília, jun. 2016. 124 p.

CASTELUCCI, Daniella. *Protocolos de comunicação em redes de computadores*. São Paulo: 2011. 202 p. Dissertação. Universidade Federal do ABC.

COELHO, Darlene Figueiredo Borges; CRUZ, Victor Hugo do Nascimento. *Edifícios Inteligentes: uma visão das tecnologias aplicadas*. São Paulo: Blucher, 2017. 136 p.

CONSENTINO, Livia Tavares. *Sustentabilidade na Construção Civil: Proposta de diretrizes baseadas nos selos de certificação ambiental*. Juiz de Fora: 2017. 134 p. Dissertação, Universidade Federal de Juiz de Fora.

CORRÊA, Lásaro Roberto. *Sustentabilidade na Construção Civil*. Belo Horizonte: 2009. 70 p. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais.

COSTA, Henrique Dariva Nascimento; MERINO, Régis Keller Zortéia; PEREIRA, Wellington Alvez. *Desenvolvimento e análise de um sistema de pré-automação predial para sistemas de iluminação utilizando relés de impulso*. Curitiba: 2013. Monografia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

COWORKING BRASIL. O que é coworking? Web Página. Brasil, 2018. Disponível em: <<https://coworkingbrasil.org/como-funciona-coworking/>>. Acesso em: 17 maio 2018.

DALAKOV, Georgi. Sketchpad of IvanSutherland. *History of computers*. Sem data. Disponível em: <<http://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

DEMÉTRIO, Felipe Gustavo; FURLANI, Fernando Henrique Coelho Baroni; MARIA, Mônica Mendonça; SANTOS, Patrícia Marcondes dos. *Análise e implantação da Domótica em Edifícios Residenciais de Alto Padrão*. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba. 2016.

DIAS, César Luiz de Azevedo; PIZZOLATO, Nélio Domingues. Domótica: aplicabilidade e sistemas de automação residencial. *Vértices*, v. 06, n. 03; set.-dez. 2004.

DIAS, Valéria. Automação rompe limites entre digital, físico e biológico. *Jornal da USP*, São Paulo, março. 2018. Seção Tecnologia. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/tecnologia/4a-revolucao-industrial-rompe-limites-entre-digital-fisico-e-biologico/>>. Acesso em: 12 maio 2018.

DIETRICH, Gustavo Luís Vieira. A história do CAD. *Revista Render*. Set. 2014.

DORF, Richard C; BISHOP, Robert H. *Sistemas de Controle Modernos*. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos S.A, 1998. 680 p. Tradução de Bernardo Severo.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JÚNIOR, José Antonio Valle Antunes. *Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015. 181 p.

ECOEICIENTES. Soluções sustentáveis para um apartamento em São Paulo. *Web Página*. São Paulo, 2016. Disponível em:<<http://www.ecoeficientes.com.br/solucoes-sustentaveis-para-um-apartamento-em-sao-paulo/>>. Acesso em: 12 abril 2018.

FILHO, Mauro Faccioni; CLAUSEN, Walter. *Integração de Sistemas em Edifícios Inteligentes considerando aspectos do projeto, da construção e do uso final*. I Congresso Brasileiro de Automação de Prédios Inteligentes – COBRAPI. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2002.

FINDER BRASIL. Vídeo aula: conceitos básicos da automação e pré-automação. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=N5dfTi8eVoE>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

FREITAS, Luciana. A um passo da automação residencial. *Instalações Elétricas*, Seção Em Pauta. São Paulo, p. 56-59. 2011.

FREITAS, Cláudio César Silva de; MESQUITA, Brehme Dnapoli Reis de; PEREIRA, Carlos Eduardo; FARIAS, Valcir João da Cunha. Automação residencial: uma abordagem em relação as atuais tecnologias e perspectivas para o futuro. *Revista Ciência e Tecnologia*, v. 15, n. 26, p. 41-48, jan./jun. 2012.

GARTNER, Rob Van der Meulen; GARTNER, Janessa Rivera. Gartner Says a Typical Family Home Could Contain More Than 500 Smart Devices by 2022. *Gartner*: Stamford, 2014. Disponível em: <[https://www.gartner.com/newsroom/id/2839717?utm\\_content=buffer6d52c&utm\\_medium=social&utm\\_source=twitter.com&utm\\_campaign=buffer](https://www.gartner.com/newsroom/id/2839717?utm_content=buffer6d52c&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer)>. Acesso em 21 abril 2018.

GHAFFARIANHOSEINI, Amirhosein. et al. What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective. *Architectural Science Review*, v. 59, n. 5, p. 338-357, jul. 2015.

GIESECKE, Frederick, E. et al. *Comunicação Gráfica Moderna*. Tradução Alexandre Kawano et al. São Paulo: Bookman, 2008. 577 p. Título original: Modern graphics communication.

GUNDIM, Robmilson Simões. *Desenvolvimento e aplicação de metodologia para auxílio da engenharia em automação residencial*. São Paulo: 2011. Dissertação. Universidade de São Paulo.

INACIO, Bianca França. *Desenvolvimento de Projeto de Instalação elétrica residencial com aplicações de Domótica*. Lages: 2017. Relatório de estágio. Universidade do Planalto Catarinense.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA – IBDA. Conceito de automação residencial. *Fórum da Construção*, Seção Automação residencial, 2018. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=11&Cod=2105>>. Acesso em 23 jun. 2018,

INTELLIGENT BUILDINGS GROUP - IBG. About the Intelligent Buildings Group. *Chartered Institution of Building Services Engineers*. Inglaterra, 2018. Disponível em: <<https://www.cibse.org/networks/groups/intelligent-buildings/about-the-intelligent-buildings-group>>. Acesso em: 18 maio 2018.

INTEGRAHAUS – SISTEMAS INTELIGENTES. Como escolher um sistema de automação residencial. *Web site*, 2018. Disponível em: <<http://integrahaus.com.br/2017/03/09/como-escolher-sistema-de-automacao-residencial/>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. *Etiqueta nacional de conservação de energia*. 2018. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/regEspecifico.asp>>. Acesso 21 maio 2018.

ISCHABER, Fabrizzio; ZANETTI, Irlan. Conceitos e definições básicas sobre sistemas de controle. *Portal Engenharia e Arquitetura*, São Paulo, jan. 2018.

JACOBSON, Julie. 7 Smart Home Trends at CES 2018. *CE Pro*, Framingham, dez. 2017. Seção Control e Automation. Disponível em: <[https://www.cepro.com/article/7\\_smart\\_home\\_trends\\_at\\_ces\\_2018?utm\\_source=CEPWeekly&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=content&eid=343797807&bid=1955269#](https://www.cepro.com/article/7_smart_home_trends_at_ces_2018?utm_source=CEPWeekly&utm_medium=email&utm_campaign=content&eid=343797807&bid=1955269#)>. Acesso em: 18 jun. 2018.

JARAMILLO, Carina. A Complete Home Automation Guide for 2018 and Beyond. *Octane Seating*, set. 2017. Seção Featured Articles. Disponível em: <<https://www.octaneseating.com/complete-home-automation-guide>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

KAUFMAN, Dora. A Inteligência Artificial e a Construção Civil: reflexões preliminares. *SEBRAE Inteligência Setorial*, Rio de Janeiro, fev. 2018. Disponível em: <<https://sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/noticias-de-impacto/a-inteligencia-artificial-e-a-construcao-civil-reflexoes-preliminares/5a8c72e85e3cff1a007c86f2>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornélie Knatz et al.. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006.

LAURENTIZ, Silvia. Sistemas autônomos, processos de interação e ações criativas. *ARS*, a. 09, n. 17, p. 101-115. 2011.

LIMA, Daniel. In: Automação agrega conforto e segurança a projetos. *Arquitetura, Engenharia e Construção na web*. 2017.

LUMICENTER. Economize energia com sensores e dimerização de luminárias LED. *Blog, Paraná*. 2017. Disponível em: <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/economize-com-dimerizacao-led/>>. Acesso em 14 jun. 2018.

MARTINS, Paulo. Edifícios Inteligentes – onde estamos e onde vamos. *Voltimum*, Geneva, jan. 2018. Disponível em: <<https://www.voltimum.pt/artigos/artigos-tecnicos/edificios-inteligentes>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

MATHEU, Joan Clos i. In: Os desafios do constante crescimento. *Siemens*. 2018. Disponível em: <<https://www.siemens.com/br/pt/home/a-empresa/topicos-principais/infraestrutura-inteligente.html>>. Acesso em: 13 maio 2018.

MATTAR, Daniela Gonçalves. *Processo de Projeto para Edifícios Residenciais Inteligentes e o Integrador de Sistemas*. São Carlos, 2007. 181 p. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos.

MEDEIROS, Heloisa. Casa do Futuro. *Revista Técnica*, n. 143, fev. 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/143/casa-do-futuro-286568-1.aspx>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

MOURINHO, José Miguel Silva. *Projeto de Instalações Elétricas: um estudo comparativo entre uma solução tradicional com uma solução energeticamente eficiente*. Porto: 2014. 186 p. Dissertação. Universidade do Porto.

MURATORI, José Roberto. Mercados convergentes. *AURESIDE Notícias*, ano 01, n. 01, março, p. 20-24. 2015.

MURATORI, José Roberto. Utilizando a tecnologia para atender aos novos conceitos de moradia. *Lumiere Eletric*, n. 236, dez. 2017. Disponível em: <<http://aureside.blogspot.com/2018/01/utilizando-tecnologia-para-atender-os.html>>. Acesso em: 12 maio 2018.

NASCIMENTO, Marco Túlio Venturelli. *Análise comparativa de protocolos em Smart Home: considerações em conectividade*. Florianópolis: 2016. 61 p. Monografia, Universidade Federal de Santa Catarina.

NAKAMURA, Juliana. Projetista de Automação Industrial. *Revista Técnica*, n. 161, ago. 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/161/carreira-285815-1.aspx>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

NEVES, Raíssa Pereira Alves de Azevedo. *Espaços Arquitetônicos de Alta Tecnologia: Os Edifícios Inteligentes*. São Carlos: 2002. 167 p. Dissertação, Universidade de São Paulo.

NIERO, Jamille. Crise não derruba mercado de automação. *FECOMERCIOSO*, Seção Negócios, 2017. Disponível em: < <http://www.fecomercio.com.br/noticia/crise-nao-derruba-mercado-de-automacao>>. Acesso em: 06 maio 2018.

NUNES, Renato; SÊRRO, Carlos. Edifícios Inteligentes: Conceitos e Serviços. *Revista Técnica do IST*, Lisboa, v. 10, p. 1-11. 2005.

O GLOBO. Conheça 10 aparelhos que tornam uma casa inteligente. *Economia*. 2013. Disponível em:<<https://oglobo.globo.com/economia/conheca-10-aparelhos-que-tornam-casa-inteligente-19147959>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

OLHAR DIGITAL. Lâmpadas inteligentes: saiba do que elas são capazes. *Matérias*. 2014. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/noticia/lampadas-inteligentes-saiba-do-que-elas-sao-capazes/41143>>. Acesso em: maio 2018.

OLIVEIRA, Vivian Moreno. *Sistemas de Certificação Ambiental e a Norma de Brasileira de Desempenho*. Juiz de Fora: 2014. 220 p. Dissertação, Universidade Federal de Juiz de Fora.

PÁDUA, Ivo Henrique de. *Caracterização de Edifícios Inteligentes: um caso exemplo*. Belo Horizonte: 2006. 110 p. Dissertação, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

PAULINO, Daniel. Topologia de redes. *Hardware*.2010. Disponível em:<[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/automacao-residencial-dependera-cada-vez-menos-de-interferencia-humana\\_16870\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/automacao-residencial-dependera-cada-vez-menos-de-interferencia-humana_16870_10_0)>. Acesso em: 23 ago. 2018.

PEREIRA, Ricardo; BENTO, Rui Pereira; FERREIRA, João Pimentel. *Domótica e edifícios inteligentes num contexto de Propriedade Industrial*. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. 2014.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani César de. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO - PROAC. *Apresentação*. Juiz de Fora, 2018. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/ambienteconstruido/>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

REGO, Rejane de Moraes. As naturezas cognitiva e criativa da projeção em arquitetura: reflexões sobre o papel mediador das tecnologias. *Revista Escola de Minas*, v. 54, n. 1, jan/mar. 2001.

RODRIGUES, Dilmer; PERENSIN, Sérgio. *Edifícios Inteligentes X Certificação Green Building*. Santo André: 2009. 6 p. Monografia, Centro Universitário Fundação Santo André.

ROMANO, Rubens Augusto; FRANKEL, Alexandre Lafer. Automação residencial dependerá cada vez menos de interferência humana. *Materiais e soluções*. 2018. Disponível em: < [https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/automacao-residencial-dependera-cada-vez-menos-de-interferencia-humana\\_16870\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/automacao-residencial-dependera-cada-vez-menos-de-interferencia-humana_16870_10_0)>. Acesso em: 12 mar. 2018.

ROTHER, Edna Terezinha. Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta Paulista de Enfermagem*, São Paulo, v. 20, n. 02, abril-jun. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-21002007000200001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002007000200001)>. Acesso em: 15 maio 2018.

SANTOS, J. A. *Sistema Domótico baseado em redes Zigbee*. Porto: 2009. 131 p. Dissertação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

SILVA, Vanessa Gomes da; SILVA, Maristela Gomes da; AGOPYAN, Vahan. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. *Ambiente Construído*, v. 3, n. 3, p. 7-18, 2003.

SINOPOLI, James. *Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders*. Burlington: Elsevier, 2010. 246 p.

SISLITE – INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS. O que é domótica. São Paulo. 2017.

SMART PLANET: CITIES BUILDINGS SPACES. Europa e América do Norte têm já 10,6 milhões de habitações inteligentes. Portugal: Media Next Ltda, 2015. Disponível em: <<https://www.smartplanet.pt/news/edificios/europa-e-america-do-norte-tem-ja-106-milhoes-de-habitacoes-inteligentes>>. Acesso em 13 mar 2018.

STARTHOME. Pré-automação residencial. 2015. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=Ck6\\_1VdIe6g](https://www.youtube.com/watch?v=Ck6_1VdIe6g)>. Acesso em: 23 ago. 2018.

TEZA, Vanderlei Rabelo. *Alguns aspectos sobre a automação residencial – Domótica*. Florianópolis: 2002. 108 p. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina.

THOMÉ, Brenda Bressan. 5 selos de sustentabilidade que agregam valor às suas obras. Sienge, Florianópolis, jun. 2016. Seção Sustentabilidade. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/selos-de-sustentabilidade-agregando-valor-as-suas-obras/>>. Acesso em: 12 maio 2018.

TING-PAT SO, Albert; CHAN, Wai Lok. *Intelligent Building Systems*. Hong Kong: Springer Science+Business Media, 1999. 174 p.

UEHARA, Milton. *Evolução dos Microprocessadores utilizados nos Computadores Pessoais*. São Paulo: 2011. 51 p. Monografia, Faculdade de Tecnologia de São Paulo.

VALENTINO TÉCNICA. Um novo amanhecer tecnológico. *Divulgação comercial*. São Paulo: 2014.

UOL NOTÍCIAS. Termostato inteligente economiza energia e aprende ajustes de temperatura do usuário. *Seção Tecnologia*. 2011. Originalmente publicado por The New York Times. Disponível em: < <https://tecnologia.uol.com.br/noticias/nyt/2011/12/01/termostato-inteligente-economiza-energia-e-aprende-ajustes-de-temperatura-do-usuario.htm> >. Acesso em: 15 jun. 2018.

WERNECK, Siva Bianchi de Frontin. *Domótica: União de arquitetura e tecnologia da informação na edificação residencial urbana*. Rio de Janeiro, 1999. 192 p. Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro.