



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

Marcos Paulo Souza Lima

A EVOLUÇÃO DA DOMÓTICA E SUA APLICAÇÃO EM SISTEMAS URBANOS:
Uma visão crítica do panorama atual

Rio de Janeiro
2023



Marcos Paulo Souza Lima

A EVOLUÇÃO DA DOMÓTICA E SUA APLICAÇÃO EM SISTEMAS URBANOS:
Uma visão crítica do panorama atual

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho

Rio de Janeiro
2023

S729e Souza Lima, Marcos Paulo.
A EVOLUÇÃO DA DOMÓTICA E SUA APLICAÇÃO EM
SISTEMAS URBANOS: Uma visão crítica do panorama atual /
Marcos Paulo Souza Lima. – Rio de Janeiro, 2023.
102 f.

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de
Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Pós Graduação em
Engenharia Urbana, 2023.

1. Automação. 2. Robótica. 3. Domótica. 4. Cidades
Inteligentes. 5. Sistemas Urbanos. I. Pina Filho, Armando Carlos,
orient..II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.



A EVOLUÇÃO DA DOMÓTICA E SUA APLICAÇÃO EM SISTEMAS URBANOS:
Uma visão crítica do panorama atual

Marcos Paulo Souza Lima

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada no dia 24 de fevereiro de 2023 pela Banca:

Presidente, Prof. Armando Carlos de Pina Filho, D.Sc., PEU/POLI/UFRJ

Prof.^a Elaine Garrido Vazquez, D.Sc., PEU/POLI/UFRJ

Prof.^a Ana Beatriz Ferreira da Rocha e Silva, Ph.D, TAR/EAU/UFF

Rio de Janeiro

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por me apoiarem sempre de forma incondicional mesmo nos momentos mais difíceis e nos meus pontos de inflexão da vida.

Agradeço à minha noiva Nathalia Maciel por sempre embarcar nos meus projetos e confiar neles, mesmo sabendo que muitos deles poderiam dar errado ou que demorariam a ter qualquer retorno que fosse.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Armando Carlos de Pina Filho, por me dedicar tempo necessário e por sua imensa paciência.

Agradeço aos meus amigos por entenderem que tenho meus momentos e sempre entenderam que em alguns deles precisava me ausentar por algum tempo.

Agradeço e aos meus mestres por sempre me ensinarem a ter paciência e convicção.

Agradeço aos meus irmãos Cléo e Lucas, por fazerem parte dessa viagem chamada vida a qual andamos juntos.

RESUMO

LIMA, Marcos Paulo Souza. **A EVOLUÇÃO DA DOMÓTICA E SUA APLICAÇÃO EM SISTEMAS URBANOS: Uma Visão Crítica do Panorama Atual**. Rio de Janeiro, 2023. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Esta dissertação teve como premissa verificar como os sistemas domóticos podem influenciar os sistemas urbanos e, com isso, traçar um panorama. Foi analisado o funcionamento desses sistemas e como eles podem dialogar, bem como as vantagens, desvantagens e possíveis problemas que tamanha conectividade pode ocasionar, como segurança cibernética e problemas de trânsito. Foi feito também um levantamento histórico da automação e como ela se aprimorou, principalmente nos períodos das revoluções industriais, que teve a primeira iniciada no século XIX, a segunda e a terceira no século XX e a quarta, já no século XXI. Explicitou-se também a essência de cada uma delas e suas significativas mudanças de paradigma para a humanidade. Foi explicado também como a domótica evoluiu do estudo da robótica, e como as tecnologias tornaram isto possível, verificando-se como os sistemas de conectividade permitiram que essa tecnologia avançasse nos últimos dez anos, tornando as cidades mais eficientes e inteligentes. Através de pesquisa de mercado, foram traçados os panoramas relacionados às possibilidades de obter equipamentos domóticos em diversos países e no Brasil, mostrando uma desigualdade financeira que pode dificultar a aquisição de sistemas domóticos no Brasil. Foi feita ainda uma pesquisa de opinião com um recorte social incluindo pessoas maiores de dezoito anos, economicamente ativas, e com condições financeiras de arcar em algum nível com a automação pessoal e residencial. Após tal pesquisa, foram elaboradas propostas que possam vir a possibilitar a disseminação de sistemas domóticos e sistemas urbanos inteligentes no Brasil. A conclusão mostra como questões financeiras, políticas, legislativas, e até sociais, podem dificultar a implementação desses sistemas no Brasil.

Palavras-chave: Automação, Robótica, Domótica, Cidades Inteligentes, Sistemas Urbanos.

ABSTRACT

LIMA, Marcos Paulo Souza. **THE EVOLUTION OF DOMOTICS AND ITS APPLICATION IN URBAN SYSTEMS: A Critical View of the Current Panorama.** Rio de Janeiro, 2023. Dissertation (Master) - Urban Engineering Program, Polytechnic School, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

This dissertation aimed to verify how domotic systems can influence urban systems and, thus, provide an overview. The functioning of these systems was investigated, and how they can communicate with each other, as well as the advantages, disadvantages and possible problems that such connectivity can cause, such as cybersecurity and traffic problems. The study also provided a historical overview of automation and how it improved, especially during the industrial revolutions, with the first one starting in the 19th century, the second and third in the 20th century, and the fourth in the 21st century. The essence of each revolution and its significant paradigm shifts for humanity were also explained. How domotics evolved from robotics research and how technologies made it possible were studied too, verifying that connectivity systems allowed this technology to advance in the last ten years, making cities more efficient and smarter. Market research was conducted to provide an overview of the possibilities of obtaining home automation equipment in various countries, including Brazil, showing financial inequality that may hinder the acquisition of home automation systems in Brazil. A survey was conducted among economically active individuals over eighteen years old who have the financial means to afford some level of personal and home automation. After the survey, proposals were developed that could enable the dissemination of domotics and smart urban systems in Brazil. The conclusion shows how financial, political, legislative, and even social issues can stop the implementation of these systems in Brazil.

Keywords: Automation, Robotics, Domotics. Smart Cities, Urban Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Sistema automatizado	20
Figura 02: Sistema malha fechada.....	21
Figura 03: Sistema malha aberta	21
Figura 04: Roda de fiar	23
Figura 05: Tear manual.....	24
Figura 06: Máquina de expansão	25
Figura 07: Encontro das linhas da primeira ferrovia transcontinental	26
Figura 08: Família em passeio de automóvel	27
Figura 09: Ilustração do conjunto de hardware de automação predial.....	30
Figura 10: visão geral de um sistema de automação residencial	31
Figura 11: Teares em fábrica de tecido	34
Figura 12: Robôs de serviço profissional - logística.....	35
Figura 13: Robô aspirador de pó.....	36
Figura 14: Robô cortador de grama	36
Figura 15: Robô limpador de piscina.....	37
Figura 16: Robô Aido – Robô VPA.....	37
Figura 17: Robô Vector – Robô de estimação.....	38
Figura 18: Instalação tradicional / instalação BUS	47
Figura 19: Esquema domótica simplificado	48
Figura 20: Sistema de automação tradicional	53
Figura 21: Sistema de automação com dados na nuvem	53
Figura 22: Esquemático simplificado da arquitetura Von Neumman.....	54
Figura 23: Esquemático simplificado da arquitetura Harvard.....	54
Figura 24: VPAs (<i>Google Assistant; Siri; Alexa; Cortana; Bixby</i>)	60
Figura 25: Arduino	61
Figura 26: Raspberry Pi	61
Figura 27: Robô Neptune	67
Figura 28: Robô Terregator	67
Figura 29: <i>Google Home Mini</i>	98
Figura 30: <i>Google Home</i>	99
Figura 31: <i>Google Home Max</i>	99
Figura 32: <i>Nest HUB</i>	99

Figura 33: *Nest HUB Max*100

Figura 34: *Amazon Echo*.....101

Figura 35: *Amazon Echo Dot*102

Figura 36: *Amazon Echo Show*102

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Mercado de Microcontroladores de 2010 até 2012 e projeção para 2013 - 2017	55
Gráfico 02: Mercado de Microcontroladores de 2015 até 2017 e projeção para 2018 - 2022	56
Gráfico 03: Salários de países em dólares americanos.....	73
Gráfico 04: Comparativo da média dos salários-mínimos dos países indicados com o salário-mínimo do Brasil	74
Gráfico 05: Faixas etárias divididas de 10 em 10 anos.	79
Gráfico 06: Percentual de VPAs utilizados.	80
Gráfico 07: Conhecimento de funcionalidades de VPAs.	80
Gráfico 08: Utilização de funcionalidades de VPAs.....	81
Gráfico 09: Uso de carros autônomos.	81
Gráfico 10: Razões para utilizar carros autônomos.....	82
Gráfico 11: Pessoas que teriam casa automatizada.....	82
Gráfico 12: Razões para se ter uma casa Automatizada.....	83
Gráfico 13: Segurança física e digital	83
Gráfico 14: Melhoria na qualidade de vida com o uso das tecnologias	84
Gráfico 15: Perspectivas de melhorias da cidade.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Diferenças entre automação predial e residencial	40
Tabela 02: Valor do <i>Google Home</i> em percentual de salário por país.....	73
Tabela 03: Valor do <i>Google Home</i> em percentual da média do salário-mínimo dos países indicados e do salário-mínimo do Brasil.	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BAS – Building Automation System

BRL – Real brasileiro (moeda corrente do Brasil)

BUS - Binary Unit System

HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning (sigla em inglês para sistemas de calefação, ventilação e ar-condicionado)

IA – Inteligência Artificial

IoT – Internet das coisas

ISM – Industrial, Scientific and medical – industrial, científico e médico

ISO – International Organization for Standardization

ITS – Intelligent Transportations Systems

MCU – Microcontroller Unit

NLP – Natural Language Processing

USD – Dólar americano (moeda corrente dos EUA)

UX – User Experience

VPA – Virtual Personal Assistant

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.3 METODOLOGIA	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
 2 REFERENCIAL TEÓRICO	 19
2.1 AUTOMAÇÃO	19
2.1.1 Definição e Conceitos	19
2.1.2 Automação Industrial	22
2.1.3 Automação Predial	28
2.1.4 Automação Residencial	30
2.1.5 Automação Urbana	31
2.2 ROBÓTICA	32
2.2.1 Definição e Conceitos	32
2.2.2 Robôs de Serviço	33
2.2.3 Robôs Domóticos	35
2.3 DOMÓTICA	38
2.3.1 Definição e Conceitos	38
2.3.2 Principais Aplicações	40
 3 INDÚSTRIA DA DOMÓTICA E MERCADO	 43
3.1 INDÚSTRIA 4.0	43
3.1.1 Histórico	43
3.2 CASA INTELIGENTE	44
3.2.1 Conceito e Histórico	44
3.3 SISTEMA BUS E PROTOCOLOS	45
3.3.1 Cabeamento, Componentes e Protocolos	46
3.4 WI-FI / SISTEMA IEEE 802.11 (REDE SEM FIO)	48
3.5 CLOUD COMPUTING (NUVEM)	49
3.5.1 Sistema de Controle pela Nuvem	52
3.6 MICROCONTROLADORES	53

3.6.1 Mercado de Microcontroladores	55
3.7 UX – EXPERIÊNCIA DE USUÁRIO E SUAS PERCEPÇÕES	56
3.8 VIRTUAL PERSONAL ASSISTANTS (VPAs)	58
3.9 IoT (Internet das Coisas)	59
3.10 SMART GRID	61
4 DOMÓTICA E SISTEMAS URBANOS	63
4.1 IMPACTOS DA INTERNET DAS COISAS NAS CIDADES	63
4.1.1 Sistemas de Trânsito	63
4.1.2 Sinalização Inteligente	65
4.1.3 Veículos Inteligentes	66
4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	69
4.3 CIDADES INTELIGENTES	70
5 PANORAMA DA DOMÓTICA	72
5.1 PANORAMA MUNDIAL	72
5.2 PANORAMA NO BRASIL	73
6 PESQUISA DE OPINIÃO	76
6.1 RESULTADOS DA PESQUISA	78
7 PROPOSTAS PARA DISSEMINAÇÃO DA DOMÓTICA	85
7.1 PROPOSTAS NO ÂMBITO DOS SISTEMAS URBANOS	85
8 CONCLUSÃO	88
REFERÊNCIAS	91
ANEXOS	98
ANEXO I - Google Assistant	98
ANEXO II - Amazon Alexa	101

1 INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Nos últimos dez anos, a tecnologia avançou de tal maneira que mudou muito o estilo de vida das pessoas, inclusive o morar e o viver nas cidades. Com este avanço, avançaram também as tecnologias que permitem a automação residencial, conhecida como domótica, além do barateamento de determinadas tecnologias.

Além disso, verificou-se uma popularização de tecnologias de automação, telefonia, rede, rede sem fios e dos assistentes virtuais (VPAs), já que hoje têm-se estes na palma de nossas mãos em smartphones.

Foi verificado também a popularização, disseminação e acessibilidade a estas tecnologias. Além disso, o custo de equipamentos teve uma diminuição considerável, o que possibilitou esta popularização de uma forma geral.

Com o avanço dessas tecnologias, o impacto delas nas cidades pode ocorrer de várias formas, principalmente em sistemas urbanos como o sistema de transportes, por exemplo. Além de sistemas emergenciais, de segurança e de serviços públicos.

Com uma rede de sistemas urbanos automatizados, somado a uma rede de edifícios e residências automatizadas e indivíduos se utilizando de VPAs, uma cidade tem certos pré-requisitos para serem consideradas inteligentes. Mas para tal, é necessário também levar em consideração o design, a eficiência energética, a qualidade de vida e resiliência das cidades. O presente trabalho busca explicitar alguns sistemas, como de transportes, deixando alguns outros para futuras pesquisas.

Com isto, será verificada também a correlação entre mercado e os avanços tecnológicos. Além disso, serão analisados estudos e investimentos que algumas das grandes indústrias, principalmente *Google* e *Amazon*, fizeram ao longo desses últimos anos.

A hipótese é que o barateamento de determinados componentes e a popularização dos dispositivos móveis tenham ajudado para uma maior

disseminação da automação residencial e comparar as diferenças entre Brasil e alguns outros países.

Além disso, hoje é possível instalarmos com certa facilidade, e sem necessidade de técnicos especializados, sistemas domóticos mais simples em nossos lares e controlá-los à distância, evitando desperdícios e aumentando a segurança.

Este trabalho é motivado principalmente pela vontade em entender o panorama da domótica no Brasil e no mundo e quais fatores acarretaram tais mudanças na última década, desde os valores para se obter os sistemas até a facilidade de inserção nos lares.

Atualmente, é possível perceber que estes sistemas têm estado cada vez mais presentes em nossas vidas, trazendo conforto e praticidade em diversas atividades. Isso pode nos ajudar a entender sua evolução e a projetar e contextualizar cenários futuros em relação à domótica, além de serem possíveis ferramentas para que urbanistas possam utilizar em seus projetos de cidades.

1.2. OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo geral: analisar e contextualizar a domótica no Brasil e no mundo, avaliando e propondo soluções para melhor disseminação e divulgação do tema em âmbito nacional, além de estudar possíveis melhorias do uso da domótica nos sistemas urbanos, principalmente quanto ao conforto e eficiência energética.

Além disso, apresentam-se como objetivos específicos: verificar a evolução da domótica nos últimos 10 anos; analisar seu uso em relação aos usuários (usabilidade); verificar e analisar a infraestrutura necessária para a instalação de sistemas domóticos; verificar as dificuldades e incentivos para sua implementação no Brasil, tais como, a infraestrutura necessária e/ou existente, os métodos construtivos para sua instalação, o custo da tecnologia, a mão de obra qualificada para sua implementação, e a existência de legislação sobre o tema; verificar relações da domótica com os sistemas urbanos, levando em consideração a difusão de uso entre os

usuários para melhoria no conforto das pessoas, além da possibilidade de cidades mais eficientes e inteligentes.

1.3 METODOLOGIA

Esta dissertação foi desenvolvida através de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de opinião através de entrevistas.

Para a pesquisa bibliográfica foram analisados estudos e dados dos últimos dez anos, provenientes de artigos de revistas científicas, anais de congressos, livros de autores como Prudente (2015) e Schwab (2016). Para a pesquisa documental foram analisados dados de organizações e associações como AURESIDE, ISSO e IC Insights, além de instituições governamentais. Foram pesquisados também estudos das próprias empresas de tecnologia como *Google* e *Amazon*, que disponibilizam alguns de seus materiais técnico-científicos e dados através de seus congressos e departamentos de pesquisa e desenvolvimento.

Os dados coletados foram dados históricos, dados de mercado e dados técnicos. Os dados históricos são relacionados à história em si, como as revoluções industriais e evolução das tecnologias de automação ao longo do tempo desde a primeira revolução industrial. Os dados de mercado mostram relações de valores das tecnologias, mostrando também sua evolução histórica e como foram se tornando acessíveis. Os dados técnicos foram utilizados para formar um maior entendimento de como funcionam as tecnologias de automação e sua aplicação em diferentes instâncias como automação predial, residencial e de sistemas urbanos.

A pesquisa de opinião teve como alvo pessoas economicamente ativas na cidade do Rio de Janeiro, maiores de 18 anos, com foco em condutores de automóveis, além de serem pessoas com possibilidade de obter tecnologias domóticas, como os VPAs, robôs domóticos, veículos autônomos, acesso à internet e a outros serviços pagos.

Esta pesquisa foi realizada por meio de questionário enviado a 500 pessoas com uma amostra de resposta de 147 pessoas, um grau de confiança de 95% e uma margem de erro de 8%.

Após este estudo, foi verificado e traçado o panorama da domótica de maneira a entender seu funcionamento e melhorias nos últimos anos. Com isso, verificou-se as possibilidades e maneiras de se difundir a domótica no Brasil e como ela se relaciona com sistemas urbanos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto de oito capítulos. O Capítulo 1 apresenta o tema e mostra de maneira geral do que se trata a dissertação, bem como quais seriam os objetivos (geral e específicos) e a metodologia utilizada na pesquisa para a confecção deste documento e a estrutura do mesmo.

O Capítulo 2 mostra toda a fundamentação teórica sobre os temas necessários para auxiliar a discussão, propostas e conclusões desta dissertação.

No Capítulo 3 são apresentados conceitos de Indústria 4.0, casa inteligente e sistemas relacionados à domótica, enquanto o Capítulo 4 busca correlacionar como a Domótica e a Internet das Coisas (IoT) podem favorecer e colaborar com o uso energético demandado pelas cidades.

O Capítulo 5 apresenta o panorama da domótica mundial e localmente no Brasil, e no Capítulo 6 foi realizada uma pesquisa de opinião sobre o tema, buscando colher informações úteis para definir propostas.

Após a realização do estudo sobre o tema e da pesquisa de opinião, no Capítulo 7 são apresentadas e discutidas as principais propostas para disseminação da domótica.

Por fim, o Capítulo 8 apresenta as considerações finais sobre o tema da dissertação, bem como possíveis desdobramentos dessa pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. AUTOMAÇÃO

2.1.1. Definição e Conceitos

A Palavra automação, em inglês *automation*, é uma junção do termo automático com o sufixo *-ation*, que pela etimologia é *automaton* (autômatos), que significa agindo por si próprio (OXFORD, 2017).

A automação é uma tecnologia de processos ou procedimentos programados para executar uma tarefa com um controle de *feedback* automático, assegurando assim a correta execução da tarefa (DORF; KUSIAK, 1994). É um sistema onde mecanismos operam e tornam mais eficiente o processo sem atuação do homem (ROGGIA; FUENTES, 2016).

Para Martins (2012):

A automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam.

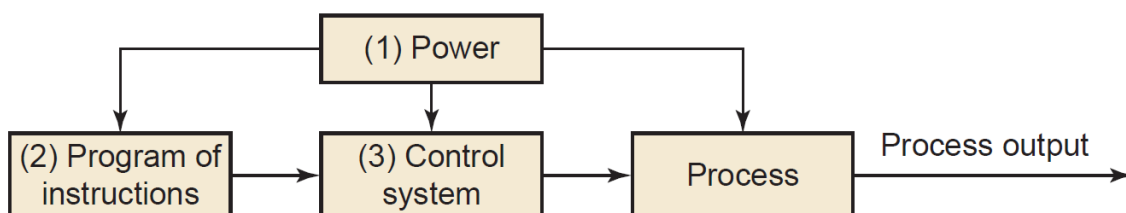
A automação enfatiza a participação do computador no controle automático industrial. Pode-se dizer que hoje, automação é qualquer sistema apoiado em computador que substitua o trabalho humano, objetivando a segurança, economia, qualidade de produção, celeridade e o bem-estar e qualidade de vida das pessoas (MARTINS, 2012; QUEIROZ, 2016), ou seja, foi idealizada para facilitar as atividades humanas.

A partir da década de 1980, a automação cresceu muito junto à informática e outros setores de tecnologia, o que fez com que a automação esteja cada vez mais presente na vida cotidiana. Isto se deu por causa da popularização dos dispositivos, principalmente móveis e de rede, facilitando a interação homem-máquina (QUEIROZ, 2016). Um exemplo disso são os próprios eletrodomésticos, que estão cada vez mais se conectando à rede de internet, por meio da chamada Internet das coisas (IoT) e, já se tornando realidade também, os carros autômatos.

De acordo com Groover (2012), automação pode ser definida como uma tecnologia onde os processos são feitos sem necessidade de assistência humana, onde o ser humano é um observador ou aquele que opera algo no sistema, mas que o processo em si é todo feito sem sua interação. Explica-se ainda que são necessárias uma série de instruções para automação dos processos e que é necessário energia para fazê-lo.

O sistema automatizado necessita de três componentes básicos, sendo eles: 1) Energia, 2) Um programa de instruções, e 3) um sistema de controle para executar as instruções (GROOVER, 2012) como mostra a figura 01.

Figura 01 - Sistema automatizado: (1) Energia; (2) Programa de Instruções; (3) Sistema de controle; Processo (*Process*); Saída de processo (*Process output*).



Fonte: Groover (2012).

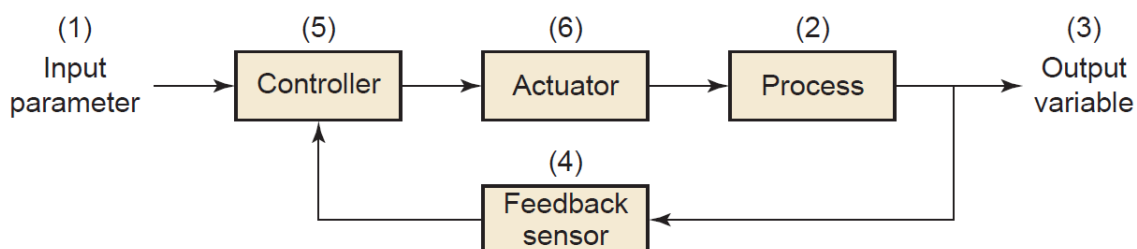
Groover (2012) explica que no processo de automação é necessário o uso de energia para atender as demandas dos processos, ou seja, seria como o coração do sistema automatizado.

As atividades de um processo automatizado são determinadas por um programa de instruções. Os processos necessitam de parâmetros que são denominadas entradas. Estas por sua vez são divididas em contínuas, que são aquelas que fazem os trabalhos continuamente em determinado intervalo de tempo e, após este, volta ao estado inicial e reinicia o trabalho, e o discreto, que é o liga/desliga (*On/Off*). Ou seja, o programa de instruções especifica as mudanças nos parâmetros e quando elas devem acontecer durante o ciclo de trabalho e com isto, determinar o resultado das variáveis dos processos (GROOVER, 2012).

O programa de instruções, por sua vez, necessita de um sistema de controle para executar suas ações. O sistema de controle é dividido em sistema fechado (*closed loop* ou *feedback control*), que é um sistema onde

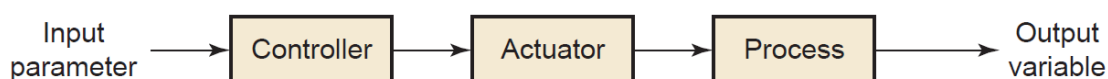
as variáveis que saem são comparadas com as de entrada e é possível corrigir e reajustar de acordo com o necessário, e sistema aberto, que é um sistema que executa o programa sem a retroalimentação como no sistema fechado (GROOVER, 2012). As figuras 02 e 03 mostram esquematicamente os sistemas de malha fechada e de malha aberta.

Figura 02 - Sistema de malha fechada. (1) Parâmetro de entrada; (2) Processo; (3) Variável de saída; (4) Sensor de feedback; (5) Controlador; (6) Atuador.



Fonte: Groover (2012).

Figura 03 - Sistema de malha aberta.



Fonte: Groover (2012).

De acordo com Groover (2012), existem três tipos básicos de automação. A automação fixa, onde todos os processos do equipamento são fixos com seu programa de instruções determinado pelo projeto e uso do equipamento, fazendo com que não se consiga dar outro uso além do pré-determinado. A automação programável, onde se consegue mais versatilidade ao usar o equipamento, permitindo a reprogramação das instruções. E a automação flexível, que na verdade é uma extensão da automação programável só que com menos perdas e com mais facilidade na mudança da programação.

A automação ocorre a partir de dispositivos que interagem com a operação a ser feita e o equipamento. Esses dispositivos são, principalmente, sensores – dispositivos que convertem estímulo físico como temperatura, umidade, presença e pressão em estímulos elétricos, com o propósito de medir variáveis ou acionar ou interromper uma ação de um atuador – e atuadores – são dispositivos que convertem um sinal,

normalmente vindo de um sensor, para realizar uma ação física como fazer um motor funcionar, acender lâmpadas e ligar câmeras. Há os controladores que podem ser desde um termostato até um controlador de processos industriais (GROOVER, 2012; PRUDENTE, 2015).

Aste *et al.* (2017) explica que há três principais divisões da automação: automação industrial, automação predial e automação residencial.

2.1.2. Automação Industrial

Pode se dizer que a automação industrial é o uso de sistemas de controles tais como robôs e computadores, processando várias tarefas de maneira que se obtenha um resultado desejado, substituindo o uso do ser humano para tais tarefas. Lida primariamente com a manufatura, controle de qualidade e processamento de material.

Rosario (2009) conceitua a automação industrial como um maquinário capaz de realizar operações previamente programadas sem interferência direta do homem.

Sobre a automação industrial, se faz necessário entender que passaram-se até então três revoluções industriais e hoje a humanidade se encontra no que é chamada de quarta revolução industrial.

Stearns (2013) explicita que a revolução industrial teve início por volta da metade do século XVII, e que mudou profundamente o modo de viver das pessoas neste período. Não mudou somente a vida, mas também redefiniu a política, e isto trouxe muitas questões para a época como a necessidade de organização da sociedade civil e início de revoluções sociais. Foi focada em novos meios e em novas organizações para a produção de bens, que antes eram produzidos de forma artesanal. Como exemplo, deixou-se de ter o artesão com suas ferramentas trabalhando em sua oficina, sozinho ou com alguns poucos ajudantes, para fábricas com equipamentos que permitem produzir em escala.

Antes da primeira revolução industrial, a tecnologia era fortemente baseada em tradições de uma sociedade agrária, que por isto, tinha como principal meio a força de trabalho humana e animal. Na manufatura o

principal meio de produção se dava através do uso de ferramentas manuais e acontecia em pequenas oficinas. Eram métodos de produção e organizações simples, focados no indivíduo que produzia e na sua habilidade no manejo das ferramentas, e era necessário pouco investimento para realizar seu ofício. Neste sistema, os produtores rurais investiam um pouco mais e compravam uma roda de fiar (figura 04) e um tear (figura 05), enquanto isso, comerciantes urbanos compravam a matéria prima produzida pelos produtores rurais e revendiam nas cidades (STEARNS, 2013).

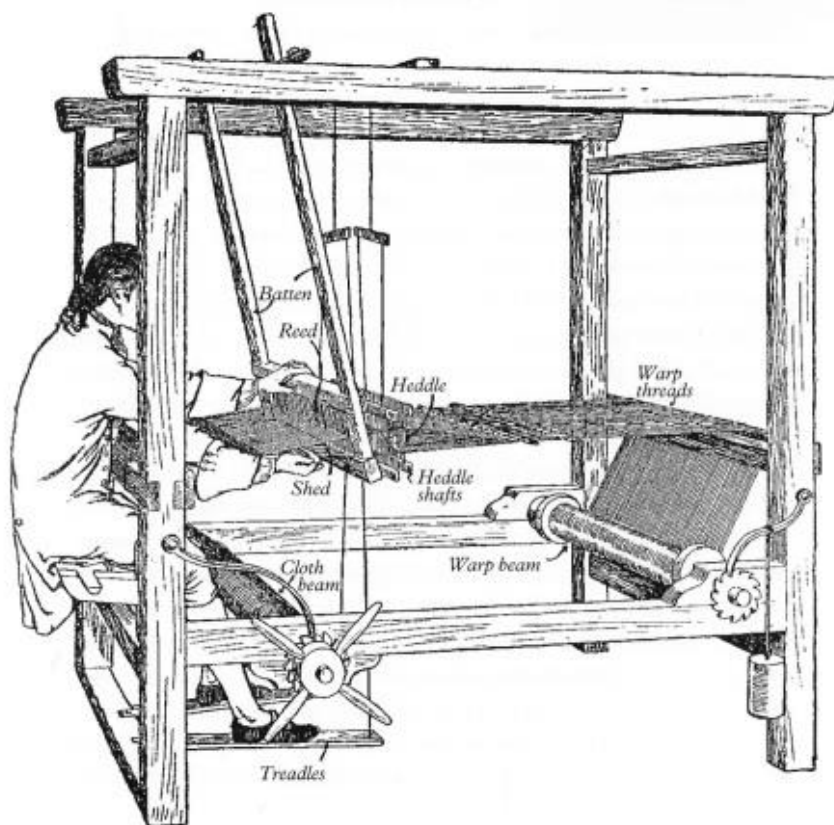
Figura 04 – Roda de fiar.



Fonte: Disponível em <https://americanhistory.si.edu/collection/search/object/nmah_640675>

Acesso em outubro de 2022.

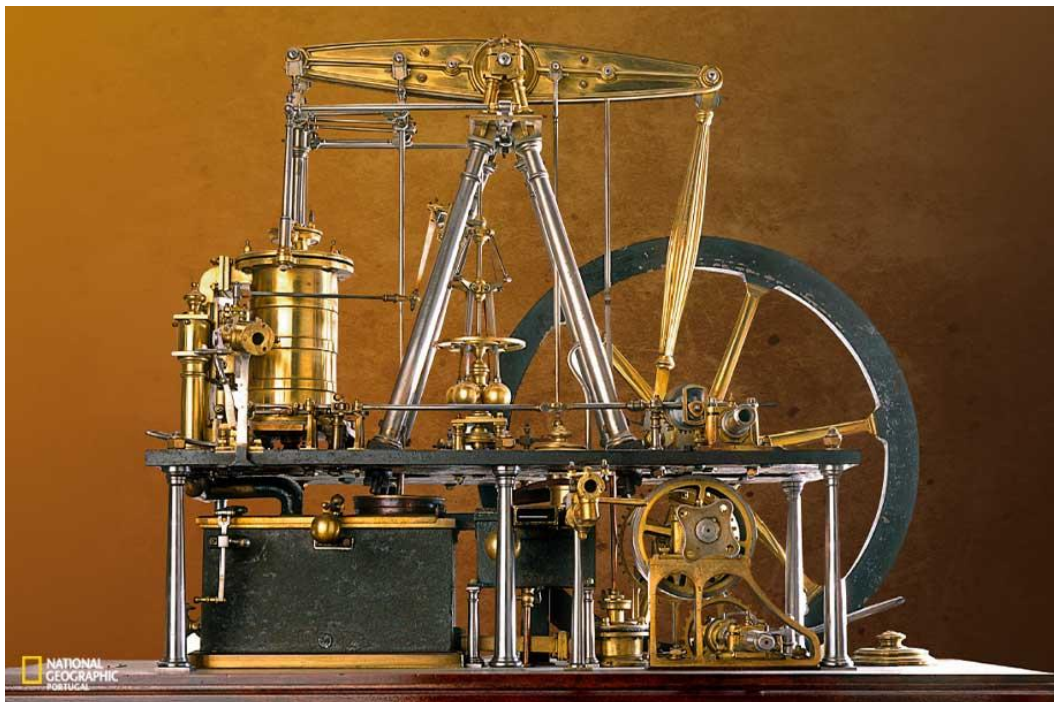
Figura 05 – Tear manual.



Fonte: Disponível em < <https://jeandavidisabellaandjohn.wordpress.com/tag/hand-loom-linen-weaver/> Acesso em outubro de 2022.

Stearns (2013) diz que no início do século XVIII a evolução da agricultura permitiu alimentar mais pessoas, isto fez a população aumentar e, com isso, aumentar tanto a mão de obra existente quanto à demanda por novas mercadorias, em especial os tecidos. Maiores estudos científicos, voltados principalmente para a química e a física, fizeram com que um refugiado francês na Holanda no final do século XVII criasse o primeiro motor a vapor. Thomas Newcomen criou, a partir deste primeiro motor a vapor, uma máquina para a drenagem de minas de carvão. James Watt, que produzia na época instrumentos científicos, aperfeiçoou essas máquinas (figura 06).

Figura 06 – Máquina de expansão.



Fonte: Disponível em < <https://nationalgeographic.pt/historia/grandes-reportagens/3002-james-watt> > Acesso em novembro de 2022.

Para Mokyr e Strotz (1998), a segunda revolução industrial é datada de 1870 até 1914. Mostram que durante a primeira revolução industrial houve uma grande evolução tecnológica até por volta de 1825 e, após esta data, começou a diminuir a velocidade da inovação de “macroinvenções”¹. Entretanto, explicam que apesar dessas macroinvenções serem importantes, pois trouxeram pioneirismo no desenvolvimento energético, refino de materiais, produtos químicos e na própria medicina, foram importantes também as pequenas mudanças que ocorreram, desde a melhoria na produtividade, melhoria na qualidade dos produtos e do conhecimento gerado, que são, normalmente, pequenos passos na tecnologia e protagonizados por anônimos.

Antes da segunda revolução industrial, o conhecimento era mais empírico e tinha pouco ou nenhum embasamento científico. Se faziam as coisas, desde maquinários até medicamentos, porque funcionavam, mas ainda não havia tanta relação com ciência. Isto fez com que muito tempo e energia fossem perdidos em alquimia, *perpetuum mobiles* sem

¹ Tradução livre para *macroinvention*.

funcionalidade, pedras filosofais e fontes da juventude. Na segunda revolução industrial é onde a ciência e o conhecimento adquirido na primeira revolução industrial começam a se unir, o que gera uma nova grande melhoria no uso do conhecimento científico e das tecnologias.

A segunda revolução industrial foi marcada principalmente pela mudança da matriz energética, que passou a ser majoritariamente elétrica, por processos industriais que possibilitaram a criação do aço, por novos meios de transporte como ferrovias (figura 07), automóveis (figura 08) e, mais tarde, o avião, sendo os automóveis e aviões possíveis pela invenção do motor à combustão. Foi também marcada pela evolução dos meios de comunicação como a invenção dos telégrafos e mais tarde dos telefones, e, por fim, o grande desenvolvimento da indústria química (VICENTINO; DORIGO, 2013).

Figura 07 – Encontro das linhas da primeira ferrovia transcontinental – Utah, EUA.



Fonte: Disponível em < <https://ushistoryscene.com/article/second-industrial-revolution/> > Acesso em janeiro de 2023.

Figura 08 – Família em passeio de automóvel.



Fonte: Disponível em < <https://richmondvale.org/blog/second-industrial-revolution//>> Acesso em janeiro de 2023.

A terceira revolução industrial é também chamada de a revolução digital, ocorrida no período entre 1950 e o início dos anos 2000, onde começou a mudança de sistemas mecânicos, eletromecânicos analógicos para sistemas eletrônicos digitais. Neste período, os equipamentos de informática começaram a se tornar financeiramente acessíveis e, aos poucos, o computador começou a se tornar mais amigável ao usuário.

Diferente da primeira revolução industrial, não representou uma grande onda de inovação, mas como a segunda, um fluxo constante de pequenas inovações foram mudando o modo de vida das pessoas. Foi também marcada pela mudança do mercado e modo de se trabalhar, e afetou muito as relações comerciais. Foi um período em que começou a se falar da escassez de recursos, degradação ambiental e mudanças climáticas e de como a indústria afeta tanto nosso planeta (GREENWOOD, 1994. JANICKE; JACOB, 2013).

À medida que a indústria de manufatura foi evoluindo seus procedimentos de produção, que eram convencionalmente rígidos para a automatização, que é mais flexível e inteligente sob a ótica da Indústria 4.0, a interação humano-robô atraiu cada vez mais atenção da própria indústria. Para aumentar a flexibilidade da produção, a atual necessidade

da indústria é desenvolver uma nova geração de robôs que possam interagir com os humanos e apoiar os operadores fabris.

Assim, o robô se torna um colaborador para executar tarefas, ao invés de um escravo pré-programado para automação repetitiva e rígida. Espera-se que estes robôs colaborativos ajudem ativamente os operadores em tarefas complexas, com foco na segurança humana, onde humanos e robôs precisam colaborar fisicamente e compartilhar seu espaço de trabalho (AMIN *et al.* 2020).

Com o desenvolvimento da tecnologia de microprocessadores, e a utilização destes em dispositivos com atuadores mecânicos e transdutores, permitiu-se exportar suas funcionalidades para outros usos. Como resultado, a inserção de microprocessadores em vários produtos capacitou os mesmos a executar determinadas funções, tornando-os produtos inteligentes (ARISTOVA, 2016).

2.1.3. Automação Predial

A automação predial é a tecnologia que viabiliza a realização, de forma automática, de várias operações da edificação, normalmente industriais, administrativas e comerciais (PRUDENTE, 2015).

Aste *et al* (2017) menciona que a automação predial para existir necessita de um controle central automatizado, o qual controla um conjunto de sistemas com suas determinadas funções como iluminação, segurança e climatização.

Wang (2010) explicita que o que torna um edifício inteligente é a presença de automação predial, automação corporativa e sistemas de rede de comunicação, e uma estruturação que integre e otimize a estrutura, o sistema, o serviço e o gerenciamento de maneira que o edifício seja eficiente, confortável e seguro.

Prudente (2015) diz que o sistema de automação predial se difere da automação residencial por causa da sua modularidade e flexibilidade. O contexto da automação predial são as instalações do edifício, e não apenas a unidade residencial, tanto quanto de ambientes como lojas,

supermercados, comércio de um modo geral, hotéis, hospitais, dentre outros.

Na maioria destes contextos, as instalações mais comuns na automação predial levam em conta questões como economia, eficiência energética e segurança.

Como exemplo de economia e eficiência energética tem-se o controle de iluminação, que é uma das aplicações mais comuns de automação em prédios, principalmente edifícios comerciais. São utilizados sensores de presença, com desligamento programado de áreas que não estão sendo utilizadas, mantendo o funcionamento apenas nos locais onde são necessários ou onde houver pessoas e nas áreas de acesso (PRUDENTE, 2015).

Ainda na questão de eficiência energética, existem os controles de persianas e brises, fazendo o balanceamento aproveitar a luz natural e uso eficiente do ar-condicionado, além de identificar os horários e locais que necessitem de luz ou não, e condicionamento ambiental.

No contexto da segurança tem-se como exemplo o sistema de controle e prevenção de incêndios, sistemas automatizados de iluminação de emergência, sinalização e alarmes sonoros, que disparam a partir de uma central. Outro exemplo, no quesito de segurança, é o controle de acesso ao edifício. As pessoas que irão adentrar são previamente cadastradas e, após passarem pelas catracas, são monitoradas de maneira a não adentrarem onde não é permitido, dando acesso a determinados lugares apenas a quem tem permissão para estar naquele local (PRUDENTE, 2015).

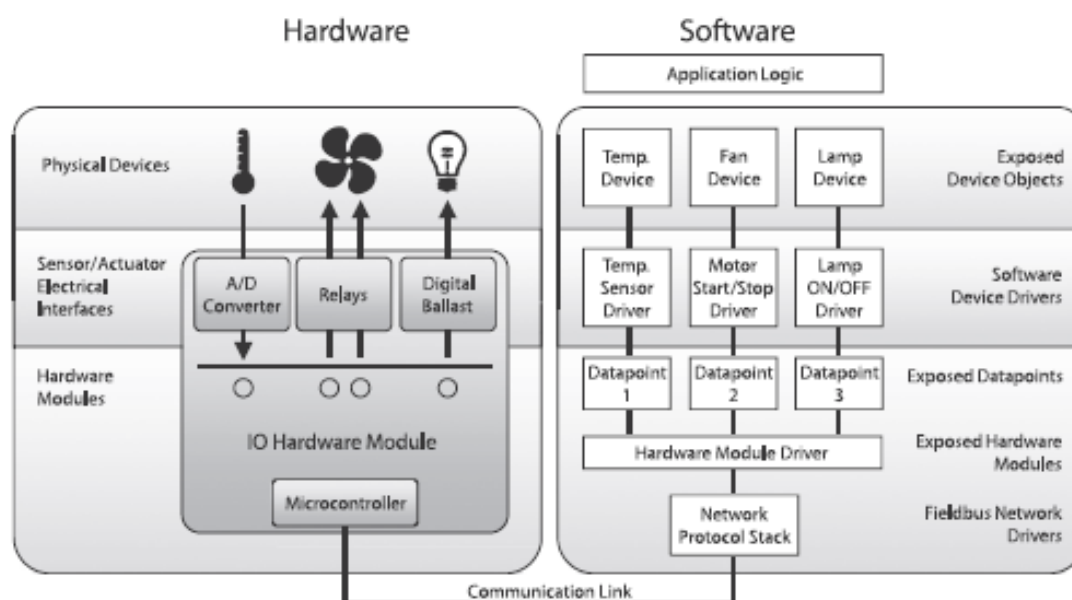
Em caso de hospitais, a automação existe para dar melhores condições aos pacientes em sistemas de suporte à vida que, em caso de emergência, aciona os profissionais para averiguarem o que ocorre. Além disso, ajuda na mobilidade dos pacientes e auxilia os profissionais de saúde quando necessário.

Um Sistema de Automação predial (BAS²) consiste na instalação de vários sistemas como ar-condicionado, iluminação, sistemas de segurança,

² Sigla para *Building Automation system*.

dentre outros, controlados por um único sistema em uma central. O BAS visa automatizar as tarefas de todos os sistemas instalados na edificação através de vários dispositivos elétricos e mecânicos interconectados, como mostrado na figura 09 (DOMINGUES; CARREIRA; VIEIRA; KASTNER, 2016).

Figura 09 – Ilustração do conjunto de hardware e software de automação predial.



Fonte: DOMINGUES *et al.* (2016).

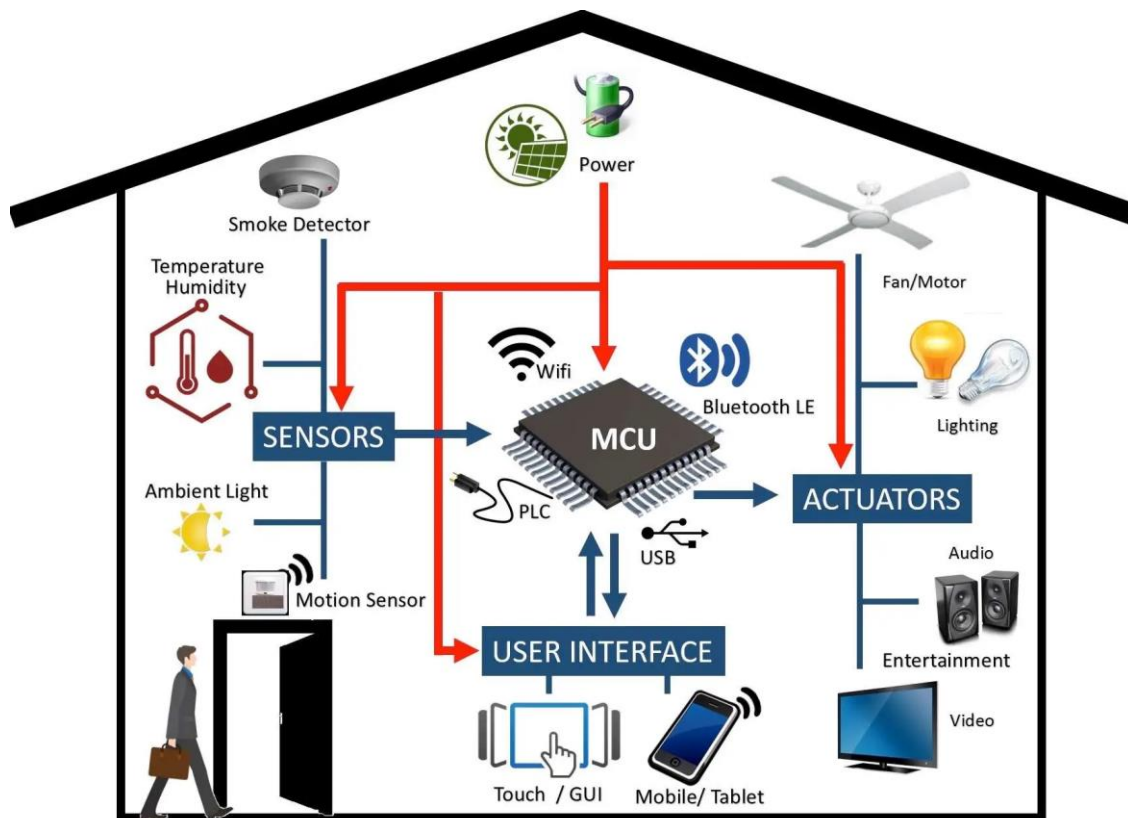
2.1.4. Automação Residencial

Pode-se dizer que a automação residencial é uma adaptação do que já existia na indústria. É o uso das novas tecnologias para executar tarefas domésticas de forma automatizada trazendo conveniência, conforto, segurança e economia (GUNGE; YALAGI, 2016).

Os sistemas incluem componentes muito parecidos com a indústria, mas com finalidades diferentes, como por exemplo, a interface de usuário (que na indústria seria o *mainframe*), as conexões (cabos, *wifi*, bluetooth, entre outros), a central de controle e, finalmente, os dispositivos eletrônicos (GUNGE; YALAGI, 2016).

A figura 10 mostra, de forma esquematizada, o funcionamento de uma automação residencial.

Figura 10 – visão geral de um sistema de automação residencial.



Fonte: Disponível em <<https://www.embedded.com/designing-power-efficient-and-secure-home-automation-systems/>> Acesso em janeiro de 2023.

2.1.5. Automação Urbana

Pode-se dizer que a automação urbana consiste primariamente da automação dos sistemas urbanos mais complexos e de infraestrutura, tais como drenagem e transportes, assim como sistemas autônomos em edificações e automóveis.

A automação urbana está presente nos transportes por meio de sistemas de controle inteligentes, uso de painéis de mensagens variáveis (PMV), sistema de detecção automática de incidentes (DAI), softwares de navegação e/ou localização, radares e semáforos inteligentes.

Em sistemas de Drenagem, água e esgoto, a automação pode ser encontrada em sistemas para controle de cheias, reuso de águas, telemetria (monitoramento), controle de estações de tratamento de água e de esgotamento sanitário.

Também existem sistemas automatizados para coleta e reciclagem de resíduos sólidos, assim como sistemas para geração e transmissão de energia. A automação também está presente em sistemas de segurança pública, dentre outros.

2.2. ROBÓTICA

2.2.1. Definição e Conceitos

Em meados do século XX começou a ser explorado a conexão homem-máquina, dando início a um período de estudos que levaram ao nascimento da robótica, que é a ciência e tecnologia dos robôs.

Na década de 1980, a robótica foi definida como a ciência que estuda a conexão inteligente entre percepção e ação. A ação de um robô está relacionada à locomoção e manipulação, através dos atuadores, enquanto a percepção é realizada por meio dos sensores, enquanto a conexão inteligente está ligada a uma programação ou interface de controle através dos controladores. Isto levou a robótica a dividir os robôs em dois principais campos de atuação que são os robôs de campo, que são aqueles que substituem o homem em locais perigosos ou de difícil acesso, ou para que executem tarefas fatigantes ao homem, e os robôs de serviço, que são aqueles que executam tarefas para melhorar nosso conforto e qualidade de vida.

Por volta do final dos anos 1990 e início dos anos 2000, a robótica sofreu grandes mudanças graças aos avanços tecnológicos. Isso fez com que a robótica expandisse ainda mais seus focos, não apenas se atendo ao âmbito industrial, mas sendo levados a conviverem com o ser humano de uma forma mais direta, tanto em nossas casas quanto em nossos lares, ajudando em áreas como serviços, entretenimento, educação, saúde, manufatura e assistência (SICILIANO; KHATIB, 2016).

2.2.2. Robôs de Serviço

Robô vem do termo eslavo (tcheco) *robota*, que significa trabalho forçado ou escravo. Este termo foi proposto pelo escritor tcheco Karel Capek. Os robôs fazem parte do imaginário do homem e invadem obras de ficção, como por exemplo, do autor Isaac Asimov, que definiu em sua obra as leis da robótica (SANTOS, 2004), a saber:

1ª Lei: Um Robô não pode maltratar um ser humano, ou pela sua passividade deixar que um ser humano seja maltratado.

2ª Lei: Um Robô deve obedecer às ordens dadas por um ser humano, exceto se entrarem em conflito com a 1ª lei.

3ª Lei: um robô deve proteger a sua própria existência desde que essa proteção não entre em conflito com a 1ª Lei ou a 2ª Lei.

Lei Zero (proposta mais a frente em outra de suas obras): um robô não pode causar mal à humanidade ou, por omissão, permitir que a humanidade sofra algum mal.

As leis da robótica de Asimov tinham como objetivo tornar possível a interação de robôs inteligentes e seres humanos, impedindo-os de rebelarem-se e, de alguma forma, fazerem algum mal aos humanos, mesmo os robôs tendo capacidade de tomarem suas próprias decisões através de inteligência artificial (IA). As leis da robótica, apesar de originarem-se da ficção, são diretrizes para os pesquisadores (QUEIROZ, 2016), principalmente os da área de robótica e de IA.

Para Santos (2004), o termo robótica se associa ao uso e programação dos robôs, e com isso, para se ter o status de robô, é necessário ser um dispositivo programável que resolva algum problema prático e que interaja fisicamente através de partes mecânicas.

Para a ISO (2012), é definido por robô aqueles que operam tanto em âmbito industrial quanto não industrial:

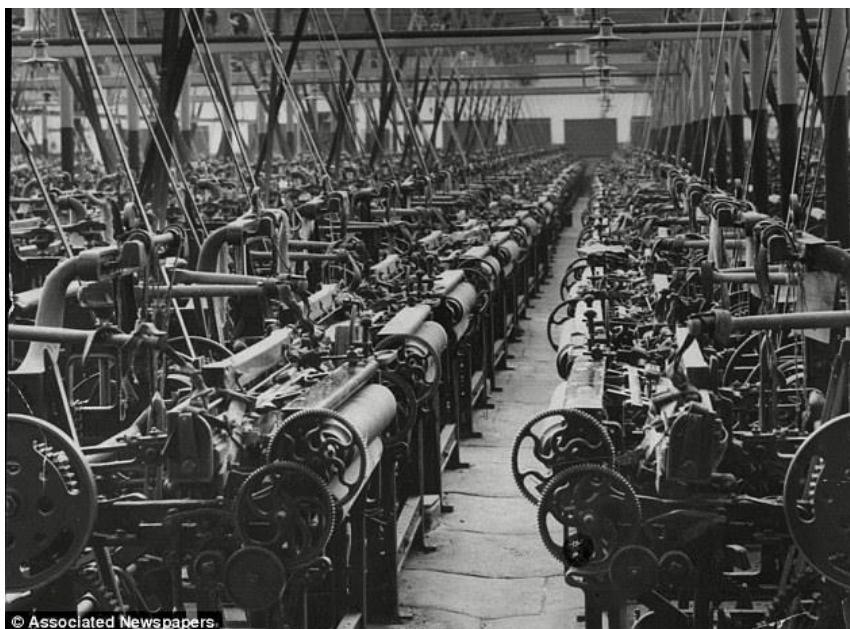
Robô: Mecanismo programável que atua em dois ou mais eixos com um grau de autonomia, movimentando-se em seu ambiente, para executar tarefas determinadas.

Nota 1: Um robô inclui o sistema de controle e a interface do sistema de controle.

Nota 2: A classificação de um robô em industrial ou de serviço é feito de acordo com sua aplicação.

Os robôs foram largamente utilizados, desde seu advento, para realizar e facilitar rotinas de trabalhos anteriormente feitos pelo homem. A partir da revolução industrial, principalmente pela indústria têxtil, foi onde surgiram as primeiras máquinas alimentadas eletricamente. Essas máquinas eram os teares (figura 11), que substituíram a força de trabalho humana para passar a produzir tecidos em larga escala e não apenas para consumo de subsistência. Desde então, a indústria de uma maneira geral utilizou e aperfeiçoou a tecnologia para termos os robôs industriais, usados nas fábricas hoje em dia (LIMA, 2011).

Figura 11 - Teares em fábrica de tecido.



Fonte: Disponível em <<https://dailym.ai/2CLL02K>>. Acesso em novembro 2019.

De acordo com Zelinsky (2016), os robôs de serviço são todos derivados dos robôs industriais, entretanto, a ISO (2012) e o próprio Zelinsky afirmam que estes executam tarefas para os humanos, como mostrado na figura 12, mas os excluem dos serviços industriais e têm mais flexibilidade de uso e reprogramação.

Figura 12 – Robôs de serviço profissional - logística.



Fonte: Disponível em < <https://www.automate.org/blogs/what-are-professional-service-robots-and-how-do-they-benefit-end-users>>. Acesso em janeiro de 2023.

Os robôs de serviço são relacionados àqueles que têm uma interação mais direta com o homem. Algumas áreas dos robôs de serviço são os veículos inteligentes, robôs médicos e cirurgiões, robôs voltados para reabilitação e saúde, robôs domóticos e robôs educacionais (ZELINSKY, 2016). O foco principal deste trabalho será nos robôs voltados para a domótica.

2.2.3. Robôs Domóticos

De forma mais geral, pode-se dizer que os robôs domóticos são robôs de serviço que executam tarefas de forma automatizada em ambientes residenciais, educacionais e assistivos, tais como casa de repouso e hospitais. Eles têm seus usos próprios tais como segurança, limpeza, assistência e gerenciamento de determinados aspectos.

Alguns exemplos de robôs domóticos são: robô aspirador de pó (figura 13), cortador de grama (figura 14), limpador de piscina (figura 15), robô VPA (*Virtual Personal Assistant*)(figura 16) e robô de estimação (*Pet Robot*)(figura 17).

Figura 13 – Robô aspirador de pó.



Fonte: Disponível em < <https://www.automate.org/blogs/what-are-professional-service-robots-and-how-do-they-benefit-end-users>>. Acesso em janeiro de 2023.

Figura 14 – Robô cortador de grama.



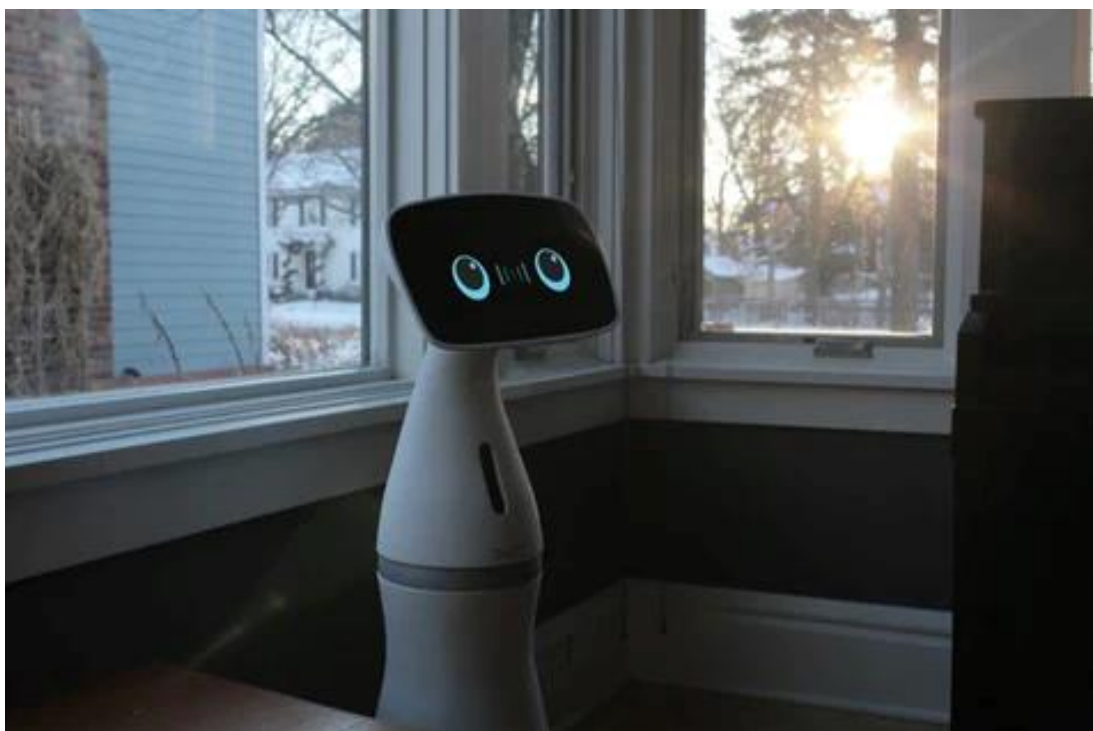
Fonte: Disponível em < <https://www.automate.org/blogs/what-are-professional-service-robots-and-how-do-they-benefit-end-users>>. Acesso em janeiro de 2023.

Figura 15 – Robô limpador de piscina.



Fonte: Disponível em < <https://www.automate.org/blogs/what-are-professional-service-robots-and-how-do-they-benefit-end-users>>. Acesso em janeiro de 2023.

Figura 16 – Robô Aido: Robô VPA.



Fonte: Disponível em < <https://www.automate.org/blogs/what-are-professional-service-robots-and-how-do-they-benefit-end-users>>. Acesso em janeiro de 2023.

Figura 17 – Robô Vector: Robô de estimação.



Fonte: Disponível em < <https://the-gadgeteer.com/2018/12/31/anki-vector-robot-review/>>.

Acesso em janeiro de 2023.

2.3. DOMÓTICA

2.3.1. Definição e Conceitos

A palavra Domótica é a junção da palavra latina Domus, que significa casa, com o termo tcheco *Robota*, que significa trabalho forçado ou escravo (DOMINGUES, 2013). Esta é uma forma de se referir à automação residencial relacionada aos “ambientes inteligentes” e “casas inteligentes”.

A domótica, assim como a automação predial, segue um conceito semelhante, que para Prudente (2015) se refere às tecnologias que viabilizam e realizam de forma automática determinadas operações. Entretanto, a domótica está relacionada à residência, ao invés da automação na edificação de uma maneira geral. Ou seja, ela ocorre dentro da unidade habitacional. A domótica serve para facilitar as tarefas do dia a dia e, em outros casos, auxiliar as pessoas com deficiências motoras e de

locomoção (DOMINGUES, 2013). Com isso, gera-se conforto e bem-estar das pessoas.

De acordo com Bolzani (2007), a automação residencial começa nos primeiros eletrodomésticos que, na década de 1920, vinham para beneficiar as pessoas à época, principalmente a diminuir o uso da força e a ter mais tempo para realizar outros afazeres. A tecnologia neste período foi um dos fatores que permitiu a difusão destes eletrodomésticos, que se tornaram menores e independentes.

Durante muito tempo, a automação residencial foi algo que as pessoas, de modo geral, ainda viam como o “futuro”. Apesar das vantagens, a domótica ainda gera desconfiança sobre deixar tudo o que se tem em casa conectado em rede, assim como aconteceu nos anos 1920 com os motores elétricos (BOLZANI, 2007).

Tanto para Prudente (2015) quanto para Domingues (2013), a domótica é uma ciência multidisciplinar que une disciplinas como arquitetura, engenharia e informática com a finalidade de trazer mais conveniência, conforto e segurança aos usuários.

Como citado em sessão anterior, os sistemas de automação tem como principais componentes os controladores, sensores e atuadores. Entretanto, Angel e Fraige (1993 *apud* DOMINGUES 2013) apontam ainda mais dois componentes, que apesar de apresentarem como domóticos, também são encontrados em sistemas de automação predial e industrial. Estes componentes são os meios de transmissão – que podem ser via cabos tais como fibra ótica, rede, rede telefônica, entre outros, ou por sistema sem fio – e os elementos externos, que são os sistemas instalados nos ambientes e que serão controlados pelo sistema domótico.

A automação residencial e predial, apesar de em muitos casos terem fins próximos, se difere não apenas pelo porte do sistema, mas também pelo tipo de instalação, aplicação e como é feito o gerenciamento do sistema, pois na residencial, o próprio proprietário faz esse gerenciamento e, quando necessário, chama um técnico. Já na predial, existe a figura do *building manager*, que é o responsável pelo monitoramento do sistema em funcionamento.

Algumas diferenças entre a automação predial e automação residencial (domótica) são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Diferenças entre automação predial e residencial.

	Automação predial	Automação residencial
Comitente	empresa	habitante
Usuário	trabalhador	habitante
Gerenciamento de sistema	<i>building manager</i>	habitante
Utilidade	complexa	simples
Porte	edifício	habitação
Gestão do espaço	dinâmica	estática
Motivação	segurança economia energética automação controle de acesso	conforto segurança símbolo de status entretenimento

Fonte: Prudente (2015).

2.3.2. Principais Aplicações

Os sistemas domóticos, segundo Bolzani (2004), são divididos em detecção e controle mecânico, energia elétrica, aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC), iluminação, detecção e combate de incêndios, segurança patrimonial, identificação e automação de acessos, multimídia, fluídos e detritos, monitoramento e visualização, auditoria e otimização de processos e integração de sistemas.

Levando isto em consideração, pode-se ver que as aplicações são extremamente variadas. Bolzani (2004), Prassler e Kosuge (2016) falam de algumas de suas principais aplicações que são: 1) Monitoramento patrimonial através de câmeras, sensores e alarmes. 2) Entretenimento e comunicação através de sistemas multimídia. 3) Eficiência energética através de monitoramento de consumo de energia e automação do sistema HVAC, para otimização de seu uso, além do monitoramento e automação do sistema de iluminação. 4) Automação do sistema de detecção e combate de incêndio através de detectores e alarmes aos moradores. 5) Limpeza através de robôs como o robô aspirador de pó, cortador de grama e limpador de janelas. 6)

Equipamentos e eletrodomésticos inteligentes, que começaram a surgir nos últimos anos através do que é chamado de IoT.

Uma das possibilidades de implementação dos sistemas domóticos está relacionada com a área da saúde, como evidenciado por Chan *et al* (1995), que identificou que a domótica poderia ajudar pessoas idosas, com deficiência e/ou dificuldades de locomoção e de movimentos, a ter uma vida mais facilitada através dessa assistência, ajudando assim a socialização destas pessoas e a melhoria da qualidade de vida.

Estes sistemas também podem ser usados em conjunto ao *machine learning* (aprendizado de máquina, em português), para ajudar a identificar as posturas de pessoas idosas e com deficiência, para auxiliá-los em suas residências, em caso de necessidade, e no monitoramento de saúde. E quando necessário, acionar profissionais da saúde através de telemedicina (PANINI; CUCCHIARA, 2003).

De acordo com Móron *et al.* (2016), a domótica se tornará uma parte essencial no futuro da construção civil, onde além do conforto proporcionado pelas casas inteligentes através da automação residencial, estará atrelada também à gestão das instalações e sistemas existentes na residência, incluindo as instalações elétricas. Com esse tipo de gerenciamento, será possível medir e melhorar a eficiência energética da unidade residencial, o que leva a uma melhoria na eficiência energética no edifício e, enfim, da região. Com essa eficiência, diminui-se as emissões de CO₂ na atmosfera, diminuindo assim os efeitos climáticos ocasionados por suas emissões.

A domótica tem uma série de benefícios para os usuários. Segundo Móron *et al.* (2016), eles vão desde o aumento do conforto proporcionado pelo controle ambiental automatizado, e com isso uma maior eficiência energética que, conseqüentemente, leva a economia financeira. Móron *et al.* (2016) cita também a sensação de segurança proporcionada como proteção antifurto e a prevenção de falhas nas instalações da residência.

Com a evolução dos sensores, que estão cada vez mais aprimorando a capacidade do sistema se adaptar ao ambiente, eles mantêm as condições necessárias para seu funcionamento com alta performance e uso mínimo de energia. Isto, somado à evolução da

tecnologia sem fio, proporcionando a comunicação entre diferentes sistemas e protocolos, e um contínuo aprimoramento, estão fazendo com que estes sistemas se tornem cada vez mais confiáveis, com menos falhas, e mais robustos (MORÓN *et al.*, 2016).

3 INDÚSTRIA DA DOMÓTICA E MERCADO

3.1 INDÚSTRIA 4.0

3.1.1 Histórico

Para Schwab (2016), as revoluções acontecem quando alterações abruptas e radicais nas estruturas sociais e econômicas ocorrem a partir de novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo.

Schwab (2016) lista quatro grandes revoluções que mudaram a maneira de viver do homem.

A primeira foi desde que o homem parou de buscar alimentos e começou a dominar técnicas agrícolas. Este período, por volta de dez mil anos, é denominado revolução agrícola.

Após este período, aconteceria na segunda metade do século XVIII até metade do século XIX, a primeira revolução industrial. Ela é marcada principalmente pela transição da força muscular pela força da máquina, aumentando a capacidade e velocidade de produção. Foi um período marcado pela máquina a vapor e pelo início das construções de ferrovias.

A segunda revolução industrial começa no fim do século XIX, e foi a partir deste período que se começou a produção em massa, graças ao advento da eletricidade e da linha de montagem nas indústrias.

A terceira revolução industrial começou na década de 1960. Chamada de Revolução Digital ou Revolução do Computador, pois aconteceu a partir do desenvolvimento de semicondutores, da computação (do *mainframe* ao computador pessoal) e da internet.

Schwab (2016) diz que, a partir do século XXI adentrou-se na quarta revolução industrial. Esta, se utilizando da revolução digital, permite uma conectividade constante, tecnologia com dispositivos cada vez menores e mais baratos, e os avanços nas tecnologias de inteligência artificial e aprendizado de máquina.

De acordo com Morrar *et al.* (2017), o termo revolução industrial pode ser chamado também de Indústria 4.0 ou Empresa Conectada. O que difere os termos é o local onde foi usado pela primeira vez, sendo o termo Indústria 4.0

na Alemanha, Empresa Conectada nos Estados Unidos e Quarta Revolução Industrial no Reino Unido.

O termo Indústria 4.0 significa que a indústria está se transformando, assim como a tecnologia de informação, comunicação e comércio eletrônico já se transformaram por consequência do avanço das tecnologias digitais (CORDES e STACEY; 2017).

A expectativa é que o impacto da quarta revolução industrial seja mais profundo e muito mais rápido. Isto é visível através das grandes demandas das tecnologias, sendo que estas estão se apresentando, principalmente, através das empresas de tecnologia, as quais estão investindo no futuro da indústria 4.0 (Morrar *et al.*, 2017).

3.2 A CASA INTELIGENTE

3.2.1 Conceito e Histórico

O termo “Casa Inteligente” foi primeiramente usado pela *American Association of houses builder* em 1984, por causa das primeiras *Wired Houses* (casas cabeadas ou conectadas) construídas como passatempo no início da década de 1960 (HARPER, 2003).

Para Harper (2003), uma casa não pode ser considerada inteligente pelo fato de ser bem construída, nem por seguir preceitos de sustentabilidade. Na casa inteligente existem tais conceitos, mas necessariamente, precisa haver também tecnologias interativas instaladas.

Uma “casa inteligente” pode ser definida como uma residência equipada com tecnologia de informação computacional que antecipa e responde às necessidades de seus ocupantes, promovendo conforto, conveniência, secularidade e entretenimento através da gestão da tecnologia inserida na casa e suas conexões com o mundo exterior (HARPER, 2003).

Para AURESIDE (2017), a casa inteligente é uma casa onde os equipamentos são conectados a um sistema informatizado e, com isso, diminui a dependência de comandos físicos diretos como chaves e interruptores, podendo fazer tudo por um controle remoto e, no caso de

hoje, através de um smartphone. Isso tudo gera conveniência e um banco de dados sobre conforto, gastos energéticos, entre outros, que ajuda, através da leitura dos dados do usuário e sua relação com a casa, que a casa funcione de maneira eficiente, gerando economia e toda a conveniência que o usuário necessita.

No período da década de 1960 não havia tantas tecnologias interativas como hoje. Existiam muitas complicações para a criação de dispositivos capazes de concretizar o que se conhece como casa inteligente. Neste período, o que existia era caro e necessitava de um grande espaço de armazenamento para o equipamento, além da dificuldade de sua utilização de uma maneira geral, o que é chamado hoje de usabilidade. Isso nos leva ao *user experience* (UX - Experiência do Usuário). De fato, a usabilidade não era o foco e Harper (2003), eu pontua quatro itens:

- Não havia motivação em se ter produtividade nos afazeres domésticos;
- O usuário não tinha envolvimento no processo de criação;
- Os próprios projetistas achavam a tecnologia doméstica desinteressante;
- O foco era em equipamentos que tinham apenas uma função.

Estes fatores se prolongaram até o fim da década de 1990 e início do século XXI, onde a tecnologia foi se tornando cada vez mais acessível, mais fácil de usar e a conectividade através da internet começou a se tornar comum.

3.3 SISTEMA BUS E PROTOCOLOS

As tecnologias BUS (ou de barramento) surgiram nos anos 1980 com objetivo de suprir as necessidades de conforto, segurança e economia de energia de edifícios, através de instalações prediais, tornando-se a

tecnologia base da automação predial e, a posteriori, de automação residencial (PRUDENTE, 2015).

Esse sistema engloba o que se pode chamar de *fieldbus*, ou BUS de campo em português, que é uma rede desse sistema de barramento em serial *multidrop* bidirecional digital. Essa rede permite conectar vários dispositivos nele.

Segundo Prudente (2015), pode-se dividir o sistema BUS basicamente em duas categorias: proprietário e padrão. O sistema BUS proprietário tem um sistema fechado, onde o fabricante não divulga informações sobre o produto, sendo normalmente de custo baixo e fácil instalação. Entretanto, pelo fato de o sistema ser fechado, é provável que se crie uma dependência do usuário àqueles produtos de determinado fabricante.

O sistema BUS padrão é um sistema aberto, *open source* ou *white label*, onde as informações técnicas são de domínio público, permitindo que várias empresas possam utilizar e desenvolver novos dispositivos e tecnologias utilizando este sistema. Tal sistema, por ser padrão, é referência no mercado, evoluindo bastante com o passar dos anos e sendo largamente utilizado, principalmente por suprir as demandas de projetos de automação de grande porte (PRUDENTE, 2015).

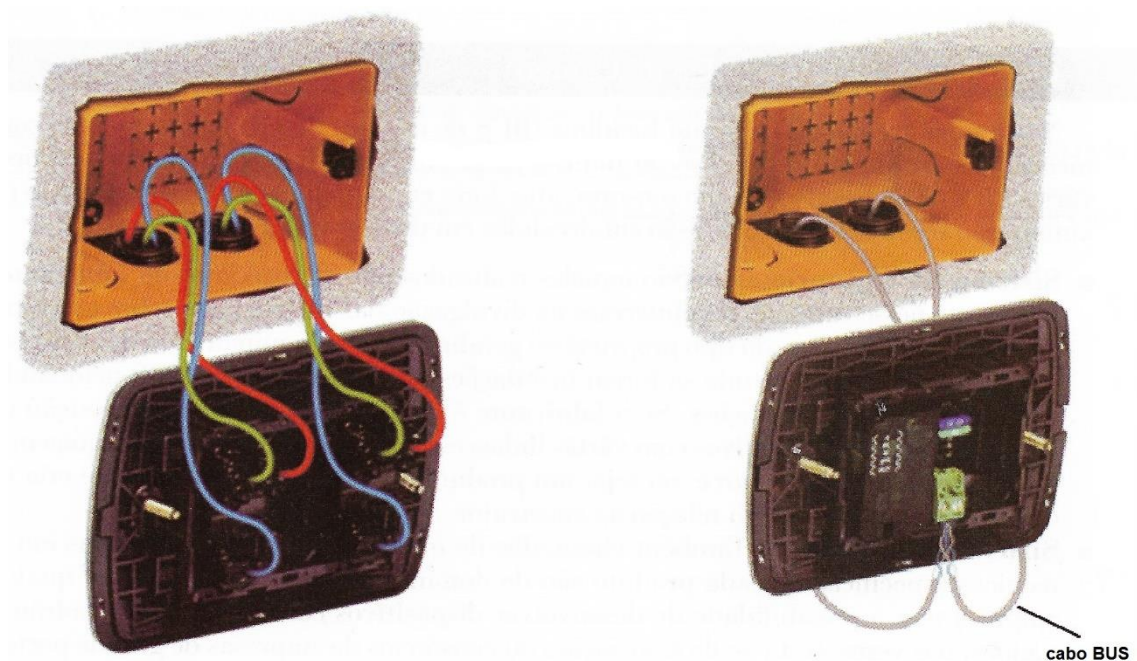
3.3.1 Cabeamento, Componentes e Protocolos

O cabeamento de um sistema BUS se difere principalmente das instalações elétricas tradicionais. Primeiro, por trabalhar em baixas voltagens, entre 20V e 30V, o que reduz riscos e com isso se tornam mais seguros para o técnico que for trabalhar na rede. Outra diferença é na quantidade de condutores, que no caso da instalação tradicional são cabos elétricos, onde cada novo dispositivo necessita de mais cabos e maior complexidade, enquanto no caso do sistema BUS são apenas cabos de rede com menos sessões e, muitas vezes, não sendo necessário recabeir todo o trecho, apenas acrescentando o dispositivo e configurando-o (PRUDENTE, 2015).

Entretanto, é necessário que o dispositivo de comando, seja ele uma chave, botão ou sensor, disponha de um circuito “inteligente” para possibilitar o funcionamento da instalação. Isso faz com que a interface de comando necessite de uma configuração via hardware ou software.

Na figura 18 seguem exemplos de instalação tradicional com cabeamento de energia e instalação BUS através de cabo BUS.

Figura 18 - Instalação Tradicional / Instalação BUS.



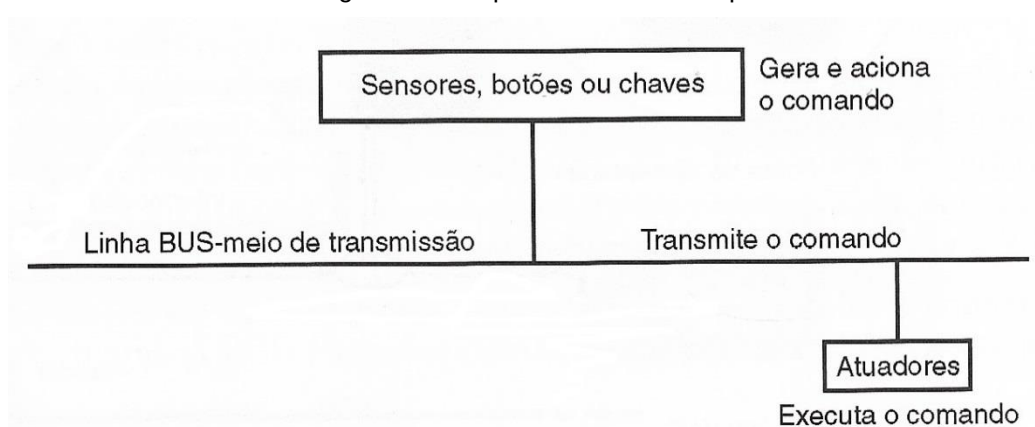
Fonte: Prudente (2015).

De acordo com Prudente (2015), a instalação domótica trata de componentes “inteligentes” conectados entre si pelo cabo BUS e, para seu pleno funcionamento, é necessário que haja um componente que verifique uma situação predefinida, como sensores, botões e chaves; um componente que transmita a informação, sendo este o cabo/sistema BUS (ou algum outro meio de transmissão por rede sem fio, como será visto mais a frente); e um componente que receba a transmissão e execute uma tarefa, que seriam os atuadores. Todos estes componentes necessitam de

um microprocessador ou PIC (*Programmable Interface Controller*³) para processar a informação e então realizar a tarefa definida.

Como exemplo, pode-se falar do sensor de luz natural atuando sobre uma lâmpada. Um sensor de luz percebe a diminuição da luz natural, transmite sinais via cabo BUS e um atuador recebe esse sinal, processa a informação e faz com que a lâmpada se desligue. Isso pode servir para outros tipos de funções como sensores de umidade, detectores de fumaça, sensores de movimento, além de tantos outros. Pode-se ver um esquema simplificado do funcionamento na figura 19.

Figura 19 - Esquema domótico simplificado.



Fonte: Prudente (2015).

Prudente (2015) explica que do ponto de vista funcional, o sistema BUS não se difere dos dispositivos tradicionais, ou seja, para se ligar uma lâmpada, em ambos é necessária uma ação sobre um sensor. Entretanto o BUS, por ser um sistema digital, como visto anteriormente, é codificado e transmite o sinal digital para serem processados por um *software*, ou seja, segue um conjunto de regras que são chamados de protocolos. Alguns dos protocolos mais famosos são Konnex, My Home e X10.

3.4 WI-FI / SISTEMA IEEE 802.11 (REDE SEM FIO)

O sistema IEEE 802.11, popularmente conhecido como wi-fi, é uma rede local sem fio (*wireless local area network* – WLAN). É uma rede que

³ Controlador de Interface Programável – tradução livre.

tem um custo-benefício que satisfaz as necessidades da maioria dos usuários em âmbito doméstico (BELLALTA, 2016).

O sistema IEEE 802.11 é um sistema de radiofrequência que trabalha em determinadas faixas e que determina padrões para ela. Cada país tem suas principais faixas estipuladas pelo governo. Entretanto, existem frequências que não são estipuladas pelo governo, conhecidas como ISM (Industrial, Científica e Médica). Os intervalos do IEEE 8020.11 são entre 2.4 GHz e 2.485 GHz e 5 GHz.

O termo wi-fi vem do inglês *Wireless Fidelity*, que é um conglomerado de empresas que se uniram para trabalhar em um padrão e melhorá-lo através de pesquisas.

O wi-fi permite uma múltipla conexão, possibilitando que em apenas uma rede se tenha vários dispositivos conectados simultaneamente, tais como: computadores, *notebooks*, *smartphones*, impressoras, videogames, entre outros (BULHMAN; CABIANCA, 2016). Esta múltipla conexão em rede, permitindo o uso de internet de banda larga em alta velocidade, abriu muitos caminhos para a automação residencial.

3.5 CLOUD COMPUTING (NUVEM)

A nuvem (*cloud computing*) é um modelo que permite acesso de rede sob demanda, de forma conveniente para uma gama de serviços de recursos de computação, tais como: servidores, armazenamento de dados, serviços de internet, processamento, entre outros. Isto tudo através de acesso rápido e fácil com o mínimo de gerenciamento e interação.

O modelo de nuvem está dividido em cinco principais características, três tipos de serviço e quatro modelos de desenvolvimento.

As cinco principais características, segundo Mell e Grance (2011), são:

- *On-demand self-service* (autoatendimento sob demanda) - é um serviço onde o consumidor pode se servir de maneira unilateral, sem interação humana, de recursos como armazenamento e servidores.

- *Broad network access* (acesso amplo de rede) - são recursos que são disponíveis através de uma rede e acessadas por diferentes tipos de dispositivos e plataformas tais como celulares e computadores.
- *Resource pooling* (agrupamento de recursos) - são recursos do provedor de serviço que são agrupados de forma a atender vários usuários usando um sistema *multi-tenant* (alocação múltipla), através de recursos que são atribuídos dinamicamente de acordo com a demanda dos usuários. Alguns exemplos são armazenamento, processamento e largura de banda da rede.
- *Rapid elasticity* (elasticidade rápida) - são recursos que podem ser providos e liberados de maneira elástica, para ter escalonamento sob demanda. Isto faz com que para o usuário o serviço pareça ser ilimitado a qualquer momento.
- *Measured service* (serviço mensurado ou serviço medido) - são sistemas de nuvem que controlam e otimizam o uso de forma automática através do aumento da capacidade de medição em um nível de abstração apropriado ao tipo de serviço. Os recursos podem ser monitorados, controlados e reportados de maneira a prover transparência tanto para o provedor quanto para o consumidor. Alguns tipos de serviços ofertados são armazenamento, processamento e banda de rede.

Os três tipos de serviços são:

- *Software as a Service* (SaaS) (Software como um Serviço ou Programa como um Serviço) - Recursos providos para os consumidores através de uma aplicação de um provedor que funciona por uma infraestrutura de nuvem. As aplicações são acessadas de diversos dispositivos ou de uma interface. Um

exemplo disto são os e-mails baseados na web⁴ que funcionam através de acesso por *browser* ou aplicativo. O consumidor não tem controle e nem pode gerenciar a infraestrutura de nuvem tais como rede, servidores, sistemas operacionais e armazenamento⁵.

- *Plataform as a Service (PaaS)* (Plataforma como um Serviço) - Recursos providos aos consumidores de maneira a instalar na infraestrutura de nuvem aplicações criadas ou adquiridas pelo consumidor a partir de linguagem de programação, bibliotecas, serviços, e ferramentas de suporte do provedor. O consumidor não tem controle e nem pode gerenciar a infraestrutura de nuvem, mas têm controle sobre estes aplicativos adquiridos ou criados e das configurações do ambiente de hospedagem desses serviços⁶.
- *Infrastrucutre as a Service (IaaS)* (Infraestrutura como um Serviço) - Recursos providos são processamento, armazenamento, rede, dentre outros recursos fundamentais onde o consumidor é capaz de implantar e rodar o software do jeito que quiser, tais como aplicações e sistemas operacionais. O consumidor não gerencia nem controla a infraestrutura de nuvem, mas tem controle sobre todos os aspectos citados acima e controle limitado de alguns componentes de rede.

Os quatro modelos de desenvolvimento são:

- *Private Cloud* (Nuvem Privada) - A infraestrutura de nuvem é provida de forma exclusiva para uma empresa ou organização. É possível ser usado por vários usuários. Pode ser gerido e operado pela empresa ou organização, ou é terceirizado e até mesmo de gestão e operação combinada.

⁴ Serviços como Gmail e Outlook.

⁵ Geralmente esses serviços têm melhorias pagas a quem gerencia o serviço de nuvem.

⁶ Como por exemplo, criadores de sites para pessoas que não sabem programação.

- *Community Cloud* (Nuvem Comunitária) - A infraestrutura da nuvem é provida para uso exclusivo por uma comunidade específica de consumidores de organizações que tenham as mesmas preocupações como segurança, política de empresa e missão. Ela é gerida e operada por uma ou mais destas organizações da comunidade, por terceirizados ou por operação e gestão combinados.
- *Public Cloud* (Nuvem Pública) - A infraestrutura da nuvem é provida para uso aberto e do público geral. Normalmente é proprietário, gerido e operado por empresas, universidades ou organizações governamentais. Também pode ser de gestão e operação combinadas.
- *Hybrid Cloud* (Nuvem Híbrida) - A Infraestrutura de nuvem é composta por duas ou mais tipos de infraestrutura distintas (*Private*, *Community* e *Public*).

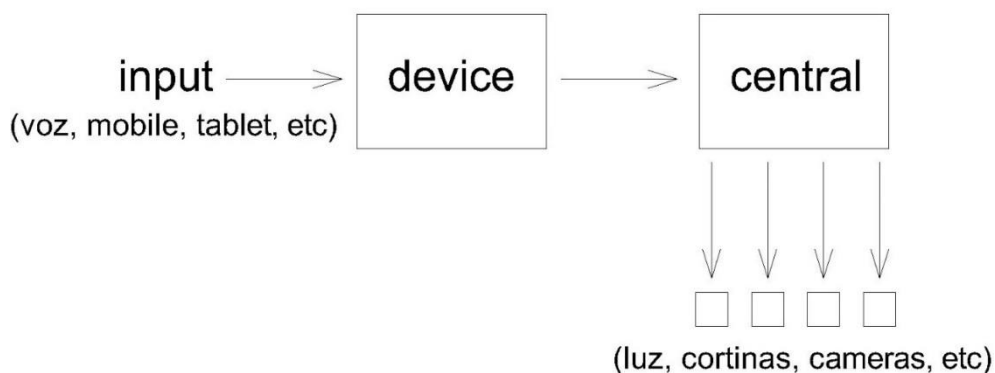
3.5.1 Sistema de Controle pela Nuvem

De acordo com Lima (2019), em entrevista, os sistemas mudaram muito ao longo destes anos. Uma das causas citadas por ele é a mudança no controlador central, que antes era necessário um espaço reservado a ele e a necessidade de cabeamento para se conseguir automatizar a residência. Além da dificuldade técnica, era muito caro. Entretanto, com a popularização da rede wireless (IEEE 802.11) e da internet móvel, foi possível para as grandes empresas investirem no que é chamado de *cloud computing*, no Brasil popularmente conhecido como nuvem.

Com isto, este sistema que anteriormente necessitava de um espaço considerável, além do cabeamento, evoluiu para sistemas que se conhecem hoje. Um dos mais conhecidos é o *Google Home*, além de sistemas que podem ser implementados com Arduino e RaspberryPy.

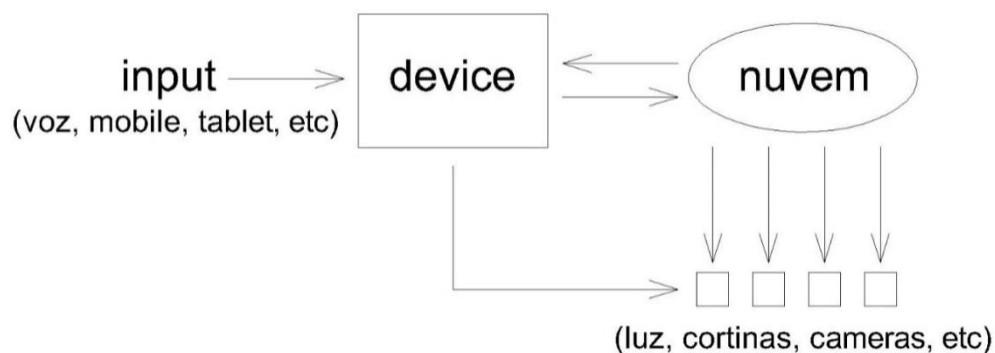
As figuras 20 e 21, respectivamente, mostram esquematicamente como funciona um sistema tradicional via cabeamento e um sistema que funciona utilizando a nuvem.

Figura 20 - Sistema de automação tradicional.



Fonte: Lima (2019) - Engenheiro de automação PUC-RIO.

Figura 21 - Sistema de automação com dados na nuvem.



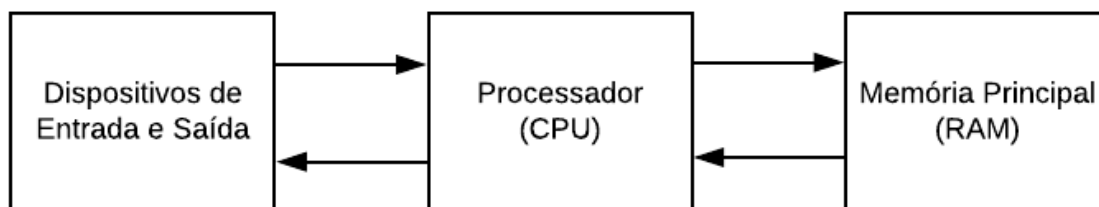
Fonte: Lima (2019) - Engenheiro de automação PUC-RIO.

3.6 MICROCONTROLADORES

De acordo com Lovine (2000), microcontroladores são *single-chip computer* (computadores em um único chip), isto é, um chip de circuito integrado. Eles têm características similares as dos computadores pessoais como, por exemplo, eles são capazes de armazenar e rodar um programa, possuem CPU, memória RAM, memória ROM, linhas de saída e entrada (I/O), portas paralelas, portas seriais e relógio. Alguns ainda têm capacidades para outros periféricos como conversores analógico-digital e digital-analógico.

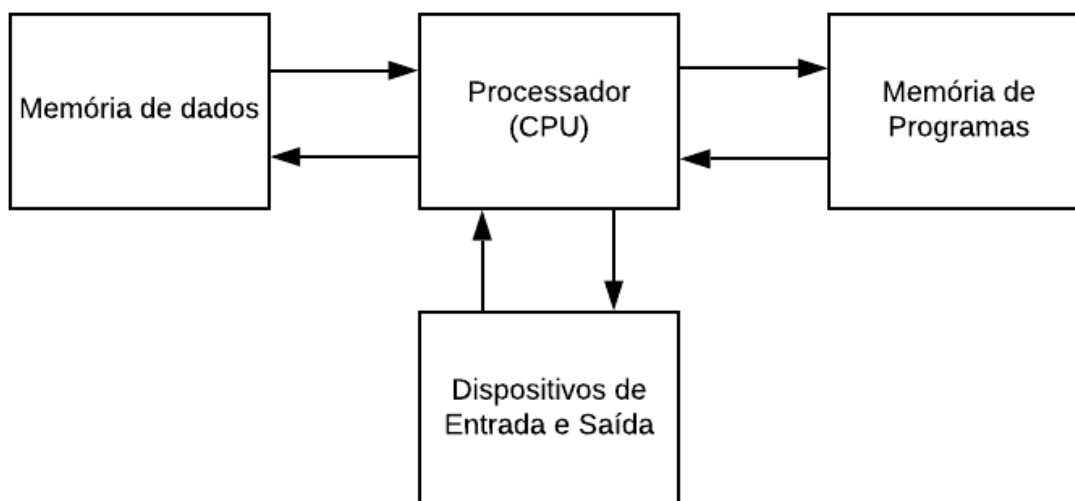
A nível de informação, os microcontroladores têm basicamente dois tipos de arquitetura, a Von Neumman e a Harvard, como mostram as figuras 22 e 23.

Figura 22 - Esquemático simplificado da arquitetura Von Neumman.



Fonte: o autor.

Figura 23 - Esquemático simplificado da arquitetura Harvard.



Fonte: o autor.

Os microcontroladores nos últimos anos aumentaram suas capacidades de processamento evoluindo para arquiteturas de 32-bit e 64-bit, além de melhoria nas memórias e, tão importante quanto o processamento, as dimensões cada vez menores, possibilitando sua utilização em dispositivos antes complicados de inserção. Isso influenciou o salto de dispositivos inteligentes como lâmpadas, componentes automobilísticos e celulares (LIMA, 2019).

3.6.1 Mercado de Microcontroladores

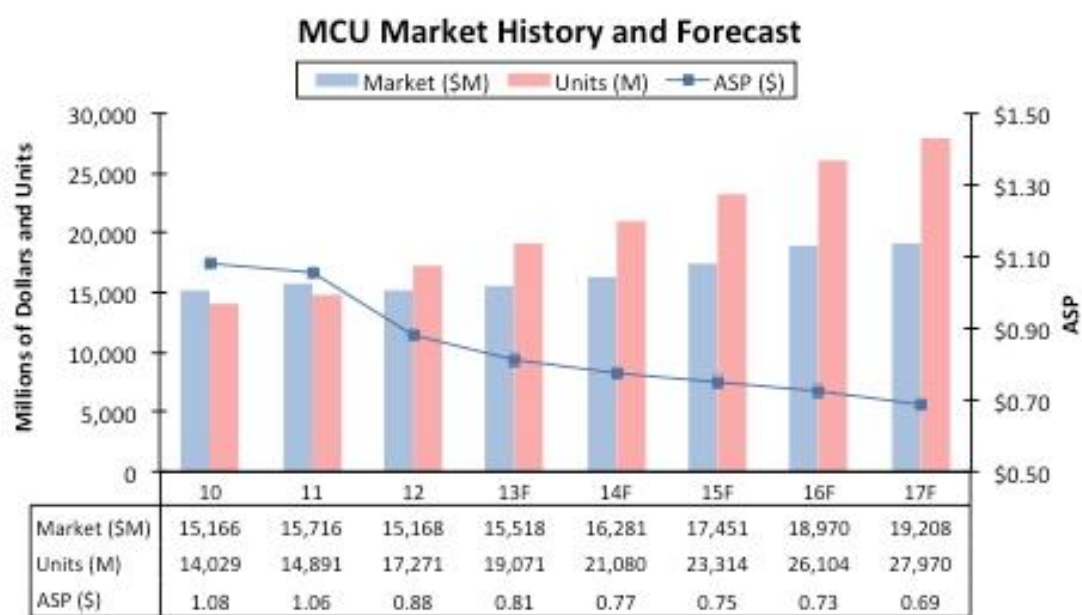
De acordo com Matas (2013), o mercado de microcontroladores previa um maior leque de usos-fim em áreas como automobilística, comunicação, bens de consumo, indústrias e saúde.

Até o ano de 1980, o mercado de microcontroladores esteve estável comparado a outros produtos, e ainda teve um grande revés no ano de 2009, quando houve o período de recessão em mercados globais.

Entretanto, com o barateamento e o aperfeiçoamento da tecnologia, previu-se que em 2013 o mercado voltaria a crescer, principalmente por causa do uso de tecnologia mais avançada como os chips 32-bit, que são menores e mais precisos. O Gráfico 01 mostra o mercado até 2012, apresentando certa estabilidade, mas a partir de 2013 em diante foi prevista forte tendência de diminuição do valor de venda dos microcontroladores e um aumento de unidades vendidas.

Gráfico 01- Mercado de microcontroladores de 2010 até 2012 e projeção para 2013-2017.

(Market: mercado; Units: unidades vendidas; ASP: média de valor de venda)



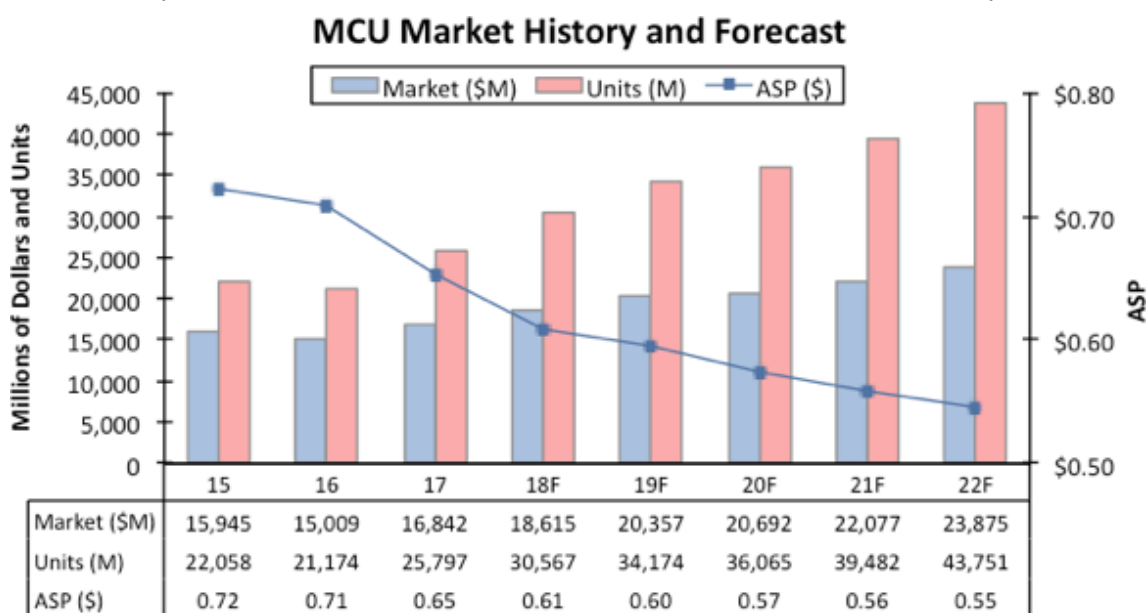
Source: IC Insights

Fonte: IC Insights (2013).

Em pesquisa divulgada pela IC Insights, Lineback (2018) mostra que além de se confirmar estas previsões, pode-se dizer que se chegou a um cenário melhor do que o previsto. Nesta mesma pesquisa, estima-se que, apesar da estabilidade nos anos de 1980 até início dos anos 2010, a tendência do mercado de microcontroladores é de aumentar. Ele cita que esse aumento se deu principalmente pelo segmento de *smartcards* (40%), mas cita também que uma boa parcela (16%) é para finalidades de sistemas de automação, como sistemas embutidos, controles automatizados, sistemas de detecção e de IoT, com uma projeção de crescimento em 11% em 2018. O Gráfico 02 mostra os mercados de 2015 a 2017 e a previsão para 2018 até 2022.

Gráfico 02 - Mercado de microcontroladores de 2015 até 2017 e projeção 2018-2022.

(Market: mercado; Units: unidades; ASP: media de valor de venda)



Source: IC Insights

Fonte: IC Insights (2018).

3.7 UX - EXPERIÊNCIA DOS USUÁRIOS E SUAS PERCEPÇÕES

O termo *User Experience*⁷ foi usado pela primeira vez na década de 1990, pelo professor Donald Norman⁸. Em relação ao termo, ele disse:

⁷ Experiência de usuário é a tradução mais comum.

⁸ Professor emérito de ciência cognitiva da Universidade da Califórnia e Professor de ciência da computação da Universidade de Northwestern, em Illinois.

Nenhum produto⁹ é uma ilha. Um produto é mais que um produto. É um conjunto coeso e integrado de experiências. Pense em todos os estágios de um produto ou serviço – das intensões iniciais até as reflexões finais, desde o primeiro uso até a ajuda, serviço e manutenção. Faça todos trabalharem juntos perfeitamente.

De acordo com a ISO (2019), experiência de usuário é:

Percepção e resposta das pessoas resultante do uso e/ou uso antecipado de um produto, sistema ou serviço.

Nota 1: A experiência de usuário inclui todas as emoções, crenças, preferências, percepções, respostas físicas e fisiológicas, comportamento e realizações do usuário que ocorreram antes, durante ou após o uso.

Nota 2: Experiência de usuário é a consequência de imagem de marca, apresentação, funcionalidade, performance do sistema, interatividade e capacidade assistiva do sistema interativo, o estado interno e físico do usuário resultante de experiências anteriores, atitudes, habilidades e personalidade, e o contexto de uso.

Nota 3: usabilidade, quando interpretado a partir da perspectiva das metas do usuário, pode incluir os tipos de aspectos perceptivos e emocionais tipicamente associados com a experiência do usuário. Os Critérios de usabilidade podem ser usados para assessorar aspectos da experiência de usuário.

Stewart (2015) explica brevemente que a utilização do que seria o termo *user-experince* começou nos anos de 1970 com o termo interface homem-computador, que ao longo dos anos foram cunhados outros nomes como *computer ergonomics*¹⁰, e interação e usabilidade homem-computador, até chegarmos nos termos *human-centered design*¹¹ e *User experience*¹², que é o termo mais comumente utilizado no ramo da tecnologia.

O *human-centered design* é um método formulado por Rosenbrock, da *University of Manchester Institute of Science and Technology*, no qual tem ênfase no operador como parte ativa do sistema, levando em consideração as capacidades humanas, tais como flexibilidade, inventividade, intuição e criatividade, na operação do sistema (HANCKE, 1990).

⁹ Produto neste caso pode ser visto também como serviços.

¹⁰ Tradução: Ergonomia de computador.

¹¹ Tradução: Design centrado no ser humano

¹² Experiência de Usuário

De acordo com Norman e Nielsen (1998), a primeira demanda para um UX exemplar é ir de encontro com as necessidades dos usuários de maneira que não tenha nenhum aborrecimento ou dificuldade para os mesmos. Tem que ser elegante, divertido e fácil de usar. Se desenvolve também com os comentários e opiniões dos clientes, onde estes dizem o que eles querem e quais recursos seriam interessantes de se ter nos dispositivos utilizados. Norman (2016) diz que, ao contrário do que as pessoas pensam, UX não é apenas para aplicativos e websites, mas que pode ser aplicado a tudo, desde tecnologia até serviços, ou seja, está mais para um sistema do que um simples jargão.

Norman (2014) acredita que para uma UX é necessário o processo de continua checagem do produto após lançamento ou liberação, para que se tenha sempre uma melhoria do mesmo para o usuário final.

A questão da experiência do usuário vai além da usabilidade, pois envolve questões psicológicas que fazem com que o usuário queira continuar tendo aquela experiência com determinado produto ou serviço.

Pode-se dizer que o uso de sistemas domóticos de fácil instalação para fins como segurança, assistência e entretenimento, que proporcionem boas experiências aos usuários, é um sistema amigável com uma boa experiência do usuário.

3.8 VIRTUAL PERSONAL ASSISTANTS¹³ (VPAS)

Gaggioli (2018) define VPAs como interfaces de softwares projetados para interagir de maneira natural com seu utilizador através de processamento de linguagem natural (*natural language processing*, em inglês - NLP), inteligência artificial, aprendizado de máquina e vários sensores e atuadores que aprendem o ambiente onde irão operar.

Apesar de se intercambiar e se confundir, os termos VPA e *ChatBot* são na realidade bem diferentes. Enquanto o *ChatBot* tem um uso e finalidade restrita e menos complexo, como vendas e suporte aos usuários, os VPAs são mais flexíveis e tem mais interação com o usuário através de

¹³ Assistentes Pessoais Virtuais.

aplicações mais sofisticadas e complexas, tais como a IA e aprendizado de máquina, que permitem o aprendizado sobre o usuário e uma resposta cada vez melhor.

De acordo com muitos analistas, com a evolução dos VPAs, os usuários irão cada vez mais usar um número menor de aplicativos nos celulares, sendo estes apenas aqueles que irão potencializar seu uso. Com isso, estes aplicativos irão migrar para os ambientes ao nosso redor, fazendo-nos interagir com nosso mobiliário e veículos, por exemplo. Isto fará com que barreiras entre o que é físico e virtual diminuam cada vez mais (GAGGIOLI, 2018).

3.9 IoT (INTERNET DAS COISAS)

De acordo com Pinochet (*apud* Patricio *et al.* 2018) a internet das coisas, também chamada de *machine-to-machine* é uma revolução da internet tão substancial quanto a própria criação dela e trata-se de conseguir comunicação entre tecnologias tanto sem fio quanto cabeada através de outros dispositivos.

A ideia mais ampla de IoT é que todos os objetos podem se tornar um computador, entretanto pode-se dizer mais precisamente que as coisas não se tornam computadores, mas sim que tem nelas pequenos computadores, e isto as faz serem chamadas de *smart* (inteligente) (Fleisch, 2010).

Para Patricio *et al.* (2018), os sistemas de internet e comunicação estão cada vez mais onipresentes em nossas vidas, ao ponto de estarmos conectados quase 100% do tempo através de dispositivos que vão desde os celulares e computadores, que são os usos óbvios, mas também no que é chamado de dispositivos vestíveis, como relógios e óculos inteligentes, que já são encontrados no mercado.

Patricio *et al.* (2018) diz ainda que IoT é a ampliação da internet com o objetivo de tornar objetos do cotidiano, como geladeiras, carros, roupas, dentre outros, em dispositivos inteligentes conectados.

De acordo com Casagras (*apud* HILLMAN, 2018), o IoT é definido pelo Projeto *Coordination and Support Action for Global Radio-Frequency Identification* (RFID) como:

uma infraestrutura de rede global, interligando objetos físicos e virtuais por meio da exploração de captura de dados e capacidades de comunicação. Essa infraestrutura inclui a Internet existente e em evolução, bem como os desenvolvimentos de rede. Ela oferecerá identificação de objetos específica, capacidade de sensoriamento e de conexão como base para desenvolvimento de aplicações e serviços independentes cooperativos. Estes serão caracterizados por um elevado grau de captura autônoma de dados, transferência de eventos, conectividade e interoperabilidade de rede.

Alguns exemplos de VPAs disponíveis no mercado são o *Google Assistant* (Google)¹⁴, *Siri* (Apple), *Alexa* (Amazon)¹⁵, *Cortana* (Microsoft) e *Bixby* (Samsung). Esses são os mais populares (figura 24) e que têm mais tecnologia e mais funcionalidades.

Figura 24 – VPAs (*Google Assistant*; *Siri*; *Alexa*; *Cortana*; *Bixby*).



Fonte: autor (2022).

Entretanto, existem os mais simples e menos populares como o *DataBot*, *Extreme Personal Voice Assistant*, *Hound* e *Robin*, sendo estes com menos funcionalidades e mais usados para entretenimento do que uso como um assistente virtual. Existem também VPAs criados por programadores para uso e automação específica utilizando tecnologias como *Arduino*¹⁶ (figura 25) e *Raspberry Pi*¹⁷ (figura 26).

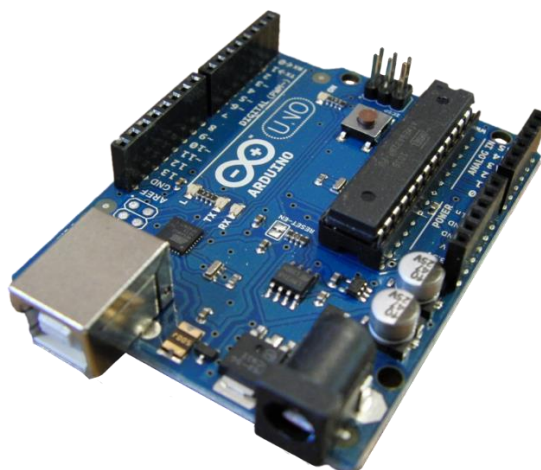
¹⁴ Informações no Anexo I.

¹⁵ Informações no Anexo II.

¹⁶ Plataforma de prototipagem eletrônica *open source*.

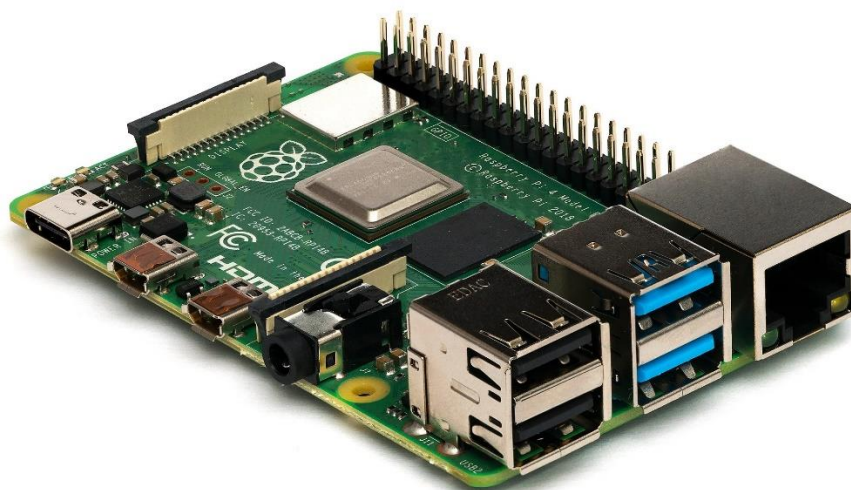
¹⁷ Minicomputador criado para ensino de ciência de computação, mas que é amplamente utilizado para prototipagem eletrônica e de automação.

Figura 25 – Arduino.



Fonte: Disponível em < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino#/media/Ficheiro:Arduino-uno-perspective-transparent.png> > Acesso em dezembro de 2022.

Figura 26 – Raspberry Pi.



Fonte: Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi#/media/Ficheiro:Raspberry_Pi_4_Model_B_-_Side.jpg> Acesso em janeiro de 2023.

3.10 SMART GRID

Smart Grids são sistemas de distribuição de energia inteligentes e flexíveis que utilizam novas tecnologias para uma distribuição mais eficiente (SALEH *et al.*, 2015), e que se conectam com os edifícios inteligentes e casas inteligentes, sendo as casas inteligentes a menor unidade de um *smart grid* (GUNGOR *et al.*, 2012).

O *smart grid*, com os edifícios e casa inteligentes, formam um conjunto onde é possível monitorar a demanda energética de uma cidade (GUNGOR *et al.*, 2012), e com esse monitoramento através da tecnologia, é possível que se tenha uma maior eficiência energética em nossas cidades com uma menor perda.

4. DOMÓTICA E SISTEMAS URBANOS

4.1 PREVISÕES DE INFLUÊNCIAS DA IoT

4.1.1 Sistemas de Trânsito

O congestionamento na malha rodoviária além de causar transtornos como diminuição da velocidade da via, aumento de tempo de viagem e de fileiras de automóveis, causam também problemas ambientais como emissão de gases e aumento e desperdício de energia e recursos. Neste caso, em sua maioria, proveniente de combustíveis fósseis (LANKE, KOUL; 2013).

No caso de se utilizar a tecnologia de IoT em sistemas de trânsito, existe a possibilidade de melhorar, além dos aspectos de economia de energia e poluição, promover ainda uma melhor navegabilidade dos automóveis e segurança dos pedestres, melhorando a caminhabilidade urbana (ICAEE, 2019).

O uso de IoT nos sistemas de trânsito ainda têm muitos desafios, pois depende de uma infraestrutura que inclui desde câmeras de segurança e carros autônomos ou com VPAs integrados, a *datacenters* programados para inteligência artificial e aprendizado de máquina, para ter a capacidade de aprender e, em tempo real, controlar o sistema de trânsito de acordo com o necessário.

Para Guerrero-Ibanez *et al.* (2015) os sistemas de transporte inteligentes (ITS – *Intelligent Transportations Systems*) visam minimizar as emissões de CO₂, melhorar a eficiência do tráfego e a segurança rodoviária, bem como reduzir o desgaste dos veículos, os tempos de viagem e o consumo de combustível. A adoção e implantação de novas tecnologias nos sistemas de transporte se concentra em quatro princípios fundamentais: sustentabilidade, integração, segurança e capacidade de resposta. E estes desempenharão um papel fundamental na consecução dos principais objetivos como mobilidade, sustentabilidade e desenvolvimento econômico.

Guerrero-Ibanez *et al.* (2015) acreditam que os ITS promoverão o uso eficiente da infraestrutura de transporte existente para regular, controlar e gerenciar o tráfego de automóveis, implementando novas técnicas de coleta, processamento e divulgação de informações com base nas condições do tráfego, a fim de melhorar o gerenciamento do congestionamento e minimizar os efeitos negativos do trânsito.

Mas para isso, os ITS precisarão evoluir para sistemas baseados na integração contínua como a computação em nuvem e o aprendizado de máquina, que são tecnologias capazes de coletar grandes quantidades de dados, processá-los e, em seguida, tomar as medidas necessárias através dessas informações em tempo real. Essas ações incluem influenciar o comportamento de um veículo ou motorista, proporcionando vários benefícios como redução do estresse do motorista, minimizar ou prevenir acidentes de trânsito, que podem ajudar a regular e redirecionar o tráfego para longe de acidentes e de veículos parados, sinalizar e evitar acidentes, e alertar os serviços de emergência o mais rápido possível, quando necessário.

Essas tecnologias e as informações coletadas podem ajudar a contribuir para a redução do consumo de combustível e com isso, contribuir para a redução de emissões de CO₂ e outros gases do efeito estufa.

Através de estudo feito em uma rodovia na Malásia, Zamri e Hamzah (2022) entenderam os principais fatores para o congestionamento do trânsito que são: o pouco tempo de sinalização pelos semáforos; acidentes; grande demanda por transportes; o projeto nacional para aquisição de carros; subsídios para combustíveis; e o declínio no uso de transporte público.

Eles analisaram as possibilidades de melhorias no trânsito com a utilização de ITS (chamado por eles de ITMS – *Intelligent Traffic Management system*), que podem ser o processamento de dados em tempo real para a sinalização de trânsito, melhoria da eficiência energética dos veículos e a diminuição de acidentes no trânsito. Entretanto, mostram também algumas desvantagens da possível implementação do sistema que são: a falta de conhecimento suficiente, que pode gerar perda de tempo na criação de aplicativos; o risco de vazamento de dados pessoais; e a

possibilidade de ser um desperdício de recursos devido ao alto custo da implementação do sistema.

A partir das desvantagens analisadas por Zamri e Hamzah (2022), pode-se dizer que certas demandas deverão ser implementadas e melhoradas, tais como: carros integrados com os ITS de fábrica, mas não necessariamente à VPA do usuário; e o uso de tecnologia *block chain*, para a segurança de dados dos usuários dos veículos. Em relação à implementação, seria necessário um estudo de viabilidade que leve em consideração o gasto público e o quanto se economizaria. Levar também em consideração a eficiência energética, emissão de gases poluentes e do efeito estufa, e o gasto em saúde pública tanto por transtornos causados pelos congestionamentos tais como estresse e fadiga, como os acidentes propriamente ditos.

Se faz necessário estudos similares para a realidade brasileira, principalmente nos grandes centros urbanos.

4.1.2 Sinalização Inteligente

A mais conhecida das sinalizações de trânsito são os semáforos, entretanto, a maioria deles são pré-programados de acordo com o tipo de rua, quantidade de carros que passam, entre outras variáveis. Assim como placas de velocidade são estáticas com aquela velocidade pré-definida, independente do trânsito e da situação.

No caso dos semáforos, eles estariam integrados com IoT, coletando os dados em tempo real e aprendendo como melhor se comportar diante da situação do trânsito.

Já no caso das placas de velocidade, pode-se usar um sistema de limite de velocidade dinâmico, como apresentado por Daniels e Focant (2019) para a *European Commission: Innovation and Networks Executive Agency*, onde as velocidades das vias mudam em tempo real de acordo com a necessidade do trânsito. Este estudo é focado principalmente na questão da segurança de trânsito, mas esse sistema integrado ao IoT pode

ser usado para uma melhor fluidez no trânsito, além da diminuição de acidentes.

4.1.3 Veículos Inteligentes

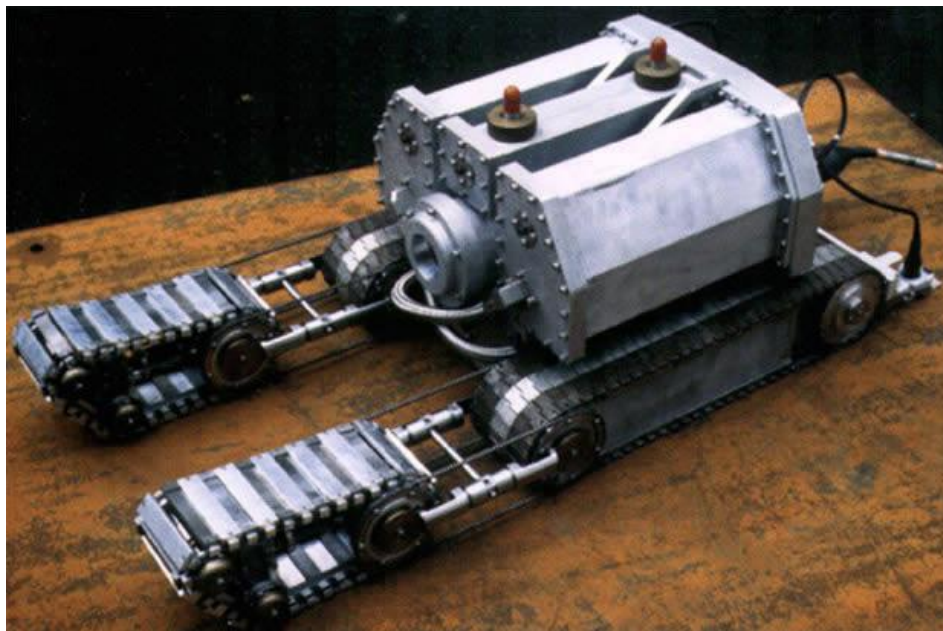
O conceito de ter um carro inteligente conectado à uma casa inteligente com um VPA que funcione por voz ainda é novo, mas é algo que permite que o motorista, no caso de um carro inteligente, monitore e gerencie de forma remota sua casa (KIM; OH; KANG, 2017).

Plihal *et al.* (2022) prevê que os veículos autônomos irão transformar o modo de transporte e com isto, as áreas urbanas serão repensadas de maneira a dar uma melhor condição aos pedestres. Em sua visão, os custos de transporte irão diminuir e haverá uma maior eficiência no trânsito, devido à integração dos veículos autônomos se comunicando com o sistema urbano, deixando assim o trânsito mais fluido. Prevê ainda o aumento da segurança, pois fatores humanos como fadiga, distração, sonolência, dentre outros, estarão fora de questão, além do conforto gerado para as pessoas, visto que não precisarão estar atentas ao trânsito por todo o trajeto.

Os primeiros veículos autônomos começaram a ser prototipados na década de 1980, no Laboratório *Navlab* da *Robotics institute* da *Carnegie-Mellon University*¹⁸, que de acordo com Wallace (1985), o veículo percorreu na época um percurso de vinte metros em curva e dez metros em linha reta. Isto usando tecnologias da época, com um único sensor e uma câmera filmadora em preto e branco. Foram construídos à época dois veículos, o *Neptune* (figura 27) e o *Terregator* (figura 28).

¹⁸ Site do Navlab: <https://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/alv/www/index.html>

Figura 27 – Robô *Neptune*.



Fonte: Disponível em < https://www.ri.cmu.edu/app/uploads/2018/11/1992_Neptune.jpg>
Acesso em janeiro de 2023.

Figura 28 – Robô *Terregator*.



Fonte: Disponível em < https://www.ri.cmu.edu/app/uploads/2018/11/1984_Terregator.jpg>
Acesso em janeiro de 2023.

Plihal *et al.* (2022) explicita, entretanto, que existem muitas dificuldades para o desenvolvimento de veículos autônomos e limitações de aplicabilidade prática. Para os veículos autônomos se tornarem uma

realidade, esbarra-se em várias barreiras como a capacidade de implementação da tecnologia e de sua infraestrutura, e de políticas governamentais. Entende-se que para fazer com que se tornem realidade, é necessário começar implementando aos poucos a autonomia dos veículos e não com uma automação total de veículos de uma só vez. Fazer com que as tecnologias sejam implementadas aos poucos como, por exemplo, identificação de outros automóveis e de pedestres com sistema de frenagem automática, veículos que estacionam sozinhos sem interação humana e dirigir em estrada.

Shladover (2022) explicita esse cuidado de implementar aos poucos essas tecnologias, pois no início dos anos 2010, a empresa *Google* anunciou que estava trabalhando e investindo na área de transportes autônomos, e que isto teria alertado principalmente empresas do setor automobilístico a fazerem o mesmo. Entretanto, após o furor, no final dos anos de 2010, não se mostrou verdade as promessas da indústria, e ela começou a ter mais cuidado em seus pronunciamentos, apesar de terem gastado bilhões de dólares em pesquisa para a tecnologia de veículos autônomos. Isso levou a indústria a lançar essas tecnologias de forma gradativa, e começou a apontar para uma evolução também mais gradual, por conta das dificuldades de se ter um veículo totalmente autônomo lançado no mercado.

Shladover (2022) discorre também sobre as possíveis contribuições para os problemas relacionados ao transporte urbano através da automação. Algumas das contribuições seriam: redução do uso de energia e emissão de gases; diminuição no tempo em cruzamentos; diminuição da distância entre veículos, gerando um aumento no número de veículos por faixa; e potencial diminuição em acidentes de trânsito, tanto entre veículos quanto entre veículos e pedestres. Outras contribuições incluiriam: uma maior possibilidade de capilaridade de transporte, por torná-lo mais barato e financeiramente mais viável para atender áreas mais afastadas e de menor densidade populacional; aumentar a acessibilidade ao transporte através de serviços de carona de baixo custo; e diminuição dos congestionamentos através da utilização de veículos menores que ocupam menos espaço nas vias.

Apesar das grandes vantagens para o trânsito, Shladover (2022) também lista algumas desvantagens como a demissão e falta de emprego para pessoas que trabalham como motoristas, a possível diminuição de eficiência, caso a tecnologia seja excessivamente cautelosa nas interações do tráfego, e diminuição da segurança, caso a tecnologia seja prematuramente implementada antes de ser profundamente depurada.

Tanto Shladover (2022) quanto Plihal *et al.* (2022) acreditam na diminuição da utilização dos veículos particulares para uso nas cidades a longo prazo, tratando-se de Estados Unidos da América e Europa. Para a perspectiva de Brasil, seria necessário um estudo urbano e social para entender se esse comportamento é viável.

Uma previsão plausível, além de averiguar o trânsito e traçar o caminho mais eficiente até as residências, seria também a conectividade com as “necessidades da casa”, mostrando, por exemplo, que seria interessante o usuário parar em determinado local para comprar algo que esteja faltando ou que necessite troca, evitando assim novos deslocamentos que podem ser resolvidos antes de se chegar ao destino. Cabe ao usuário decidir o que fazer, entretanto é interessante pensar neste ponto de vista da praticidade desta conectividade, facilitando assim o dia a dia dos usuários.

4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O presente trabalho tem maior foco nas questões de transporte e mobilidade, mas vale a pena ressaltar que outros aspectos, como a eficiência energética tem muita importância no contexto das cidades.

Por conta disso, se faz necessária uma discussão para reduzir danos ao meio ambiente relacionados ao uso e geração de energia, além de estar relacionado à saúde das pessoas quanto aos poluentes e agentes tóxicos. Essa eficiência é, em definição, o meio de se conseguir realizar tarefas e serviços com o menor consumo energético, menores custos financeiros e de infraestrutura, além da diminuição das emissões poluentes e agentes tóxicos (WILKINSON *et al.*, 2007).

De acordo com a Seal Telecom (2020), a IoT tem um grande potencial de auxiliar na eficiência energética. Não é à toa que o recurso, capaz de otimizar diversos outros processos, vem sendo cada vez mais utilizado na gestão de energia. Para garantir a eficiência energética podem ser implementados, por exemplo, sensores de gasto de energia. Esses foram desenvolvidos justamente para acompanhar quanto cada equipamento consome durante operação ou em repouso.

Sendo assim, podem ser destacados alguns benefícios da utilização da IoT para a eficiência energética, tais como: geração de relatórios detalhados do desempenho de ativos de energia, consumo por instalação, desperdícios e ineficiências; customização, que permite atender a diferentes portes, orçamentos e necessidades; e prevenção de riscos quando integrada a tecnologias como *machine learning*, já que identificam, por exemplo, equipamentos que estão com falhas e precisam de manutenção.

4.3 CIDADES INTELIGENTES

Uma cidade inteligente é a que busca resolver problemas públicos por meio de soluções baseadas em tecnologia da informação e comunicação (ICT¹⁹), ou com base em uma parceria com várias partes interessadas baseadas na cidade (MANVILLE *et al.*, 2014).

Para Nam e Pardo (2014), uma cidade para ser inteligente deve conter aprimoramentos de infraestrutura, serviços públicos e uma extensa variedade de recursos tecnológicos e estratégias interligados através de uma rede a um sistema ativo. Esse sistema será capaz de responder a problemas complexos como crime, saúde pública, poluição, tráfego de veículos e pessoas, e monitoramento da infraestrutura da cidade em si. Ser uma cidade inteligente é um status buscado principalmente por autoridades municipais e cidadãos, o que faz com que os governos comecem a buscar soluções que levem suas cidades a se tornarem e terem tal status.

¹⁹ Sigla em inglês para *Information and communication Technologies*.

Uma cidade para ser chamada de inteligente, para Cugurullo (2020), tem que ter um conjunto de sistemas e soluções como o *smart grid*, sensores inteligentes, IoT para conseguir gerar e gerenciar uma grande quantidade de dados, eficiência energética e mobilidade.

A população das cidades está crescendo e passará de 55% em 2015 para 66% em 2050. Os recursos devem ser otimizados e o uso de tecnologias como *IoT* e *Big Data* terão um importante papel no desenvolvimento de soluções eficientes para a implantação de sistemas inteligentes e ambientes sustentáveis. Governos do mundo inteiro estão se concentrando na digitalização e na criação de cidades inteligentes. Os avanços da IoT na captura de dados de infraestrutura e dos cidadãos estão ajudando a gerar um maior entendimento sobre os dados gerados (AGARWAL, 2020).

Cidades inteligentes referem-se ao gerenciamento através de um *framework* em tempo real, que por sua vez gera dados compartilhados por usuários das cidades através de aplicativos. Como exemplo, têm-se os aplicativos de compartilhamento de táxi, serviços de segurança e proteção, ambulância e outros serviços de emergência, que usam dados em tempo real fornecidos por ITS para funcionar com eficiência.

Vários métodos de conectividade, como redes sem fio para aplicativos de cidades inteligentes, incluem monitoramento ambiental, gerenciamento inteligente de resíduos rodoviários, e gerenciamento de luz e tráfego. O aplicativo IoT usa sensores de campo para adquirir dados, enviá-los para a nuvem, monitorá-los e permitir a tomada de decisões e o controle orientados por dados (AGARWAL, 2020).

5. PANORAMA DA DOMÓTICA

5.1 PANORAMA MUNDIAL

Verificando o site americano da loja virtual do *Google*, pode-se observar a quantidade de dispositivos que pareiam com o *Google Home* e com o *Google Assistant*. A *Google*, *Amazon*, *Apple*, *Facebook*, e *Microsoft* estão gastando bilhões de dólares nos dispositivos considerados inteligentes e em seus VPAs, aprimorando suas tecnologias de aprendizado de máquina e IA visando o mercado crescente que, de acordo com Gaggioli (2018), está projetado para ultrapassar a cifra de 9 bilhões de dólares no ano de 2023.

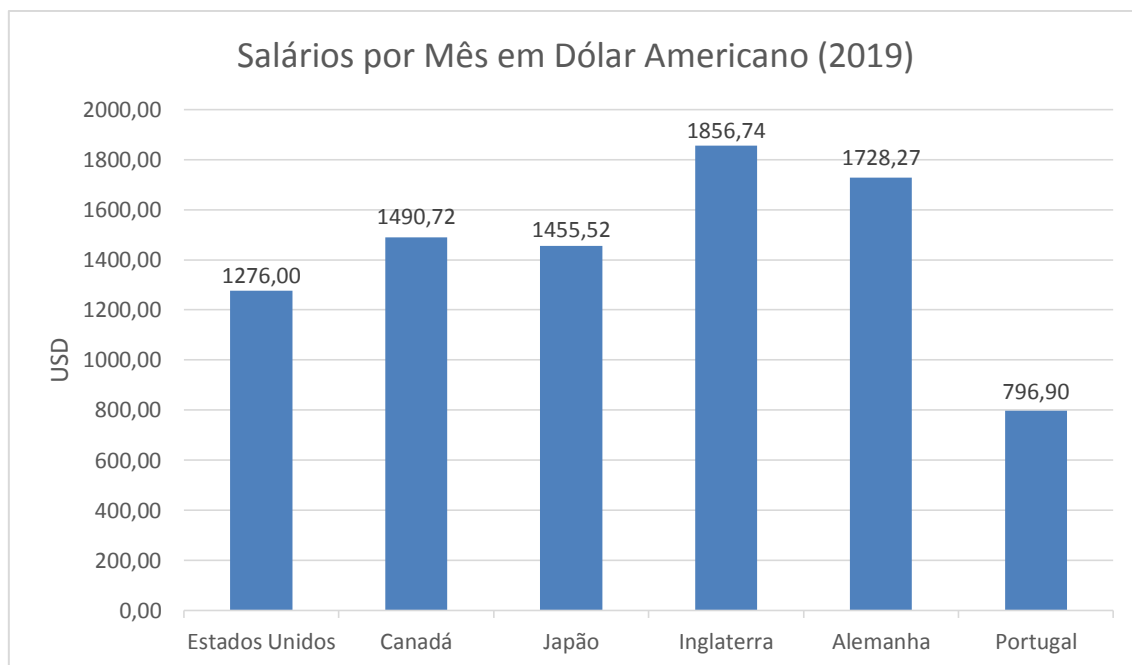
Em países como Estados Unidos, Canadá, Japão, Austrália e em alguns países do continente europeu, pode-se ver com mais facilidade esses dispositivos e maiores aplicações para a automação residencial (GOOGLE, 2019).

Para desenhar a projeção de um panorama, serão verificados e comparados os valores dos salários-mínimos dos países Estados Unidos, Canadá, Japão, Inglaterra, Alemanha e Portugal em dólares americanos por mês, comparando em percentual os valores dos dispositivos *Google Home*, *Nest Hub*, *Nest Camera* e *Nest Thermostat*. A comparação com o Brasil será realizada apenas no próximo tópico, sendo feitas as mesmas comparações em dólares. Serão levados em consideração os valores da loja virtual americana da *Google*.

O Gráfico 03 mostra um comparativo, em dólares americanos, dos salários dos países Estados Unidos, Canadá, Japão, Alemanha e Portugal. A Tabela 02 mostra o percentual do salário gasto para se obter os equipamentos listados.

Isso demonstra que em todos os países analisados, o valor para a compra de dispositivos VPAs, que permitem automação, representa um valor viável, não ultrapassando os 6,15% do salário-mínimo de Portugal no caso do dispositivo mais barato (*Google Home*) e de 50,07% no caso do dispositivo mais caro (*Nest Cam IQ Outdoor*).

Gráfico 03 - Salários de países em dólares americanos.



Fonte: o próprio Autor, a partir de dados dos Departamentos de Trabalho dos países.

Tabela 02 - Valor do Google Home em percentual de salário por país.

	Google Home 49,00 USD	Nest HUB 129,00 USD	Nest Cam IQ Outdoor 399,00 USD	Nest Learning Thermostat 249,00 USD
Estados Unidos	3,84%	10,11%	28,92%	19,51%
Canadá	3,29%	8,65%	26,77%	16,70%
Japão	3,37%	8,86%	27,41%	17,11%
Inglaterra	2,64%	7,46%	21,49%	13,41%
Alemanha	2,84%	7,46%	23,09%	14,41%
Portugal	6,15%	16,19%	50,07%	31,25%

Fonte: o Autor, utilizando os dados coletados.

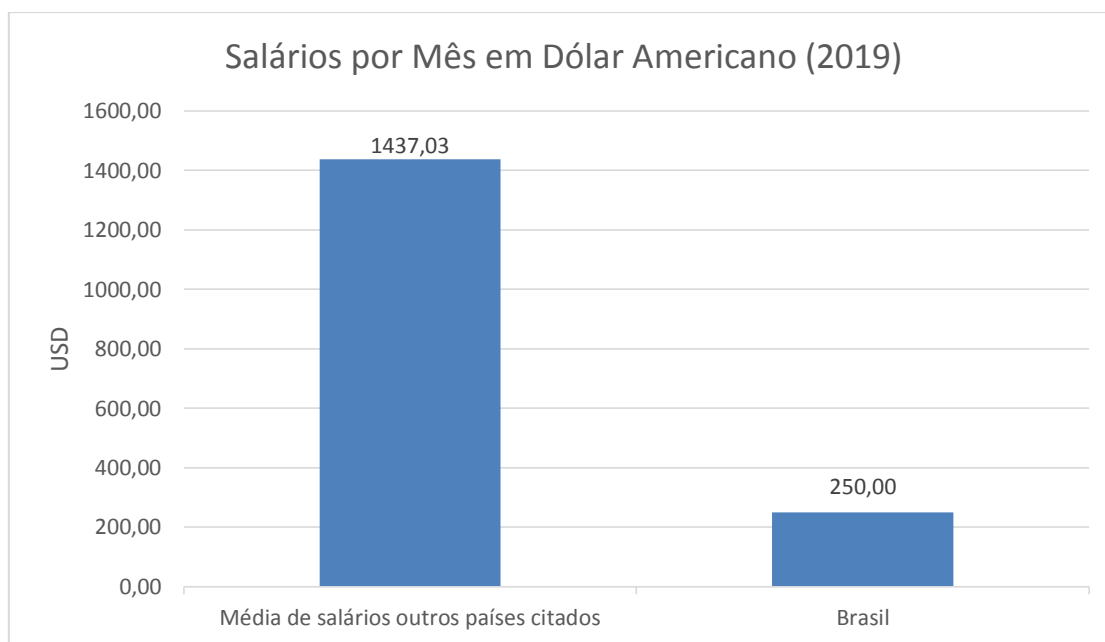
5.2 PANORAMA NO BRASIL

O salário mínimo do Brasil no ano de 2019 era de 998,00 Reais Brasileiros (BRL)(BRASIL, 2019), o que equivale a aproximadamente 240,00 Dólares americanos em conversão direta, sem incidência de impostos, tendo uma variação de câmbio entre 240,00 USD e 250,00 USD (VALOR ECONÔMICO, 2019).

Para fins de comparação, serão adotados os valores de maior câmbio, apesar da alta volatilidade do mercado cambial no ano de 2019. Vale ressaltar que apesar dos dados utilizados estarem relacionados ao ano de 2019, quando essa parte da pesquisa foi realizada, as porcentagens mostradas não tiveram significativa diferença, se mostrando basicamente as mesmas atualmente.

O Gráfico 04 mostra um comparativo, em dólares americanos, da média de salários dos outros países e do Brasil. A Tabela 03 mostra o percentual do salário gasto em outros países e no Brasil para se obter os equipamentos listados.

Gráfico 04 - Comparativo da média dos salários-mínimos dos países indicados com o salário-mínimo do Brasil.



Fonte: o próprio Autor, a partir de dados dos Departamentos de Trabalho dos países.

Tabela 03 - Valor do Google Home em percentual da média salarial dos países indicados e do salário-mínimo do Brasil.

	<i>Google Home</i>	<i>Nest HUB</i>	<i>Nest Cam IQ Outdoor</i>	<i>Nest Learning Thermostat</i>
	49,00 USD	129,00 USD	399,00 USD	249,00 USD
Outros países Citados	3,41%	8,98%	27,77%	17,32%
Brasil	19,60%	51,60%	159,60%	99,60%

Fonte: o próprio Autor, utilizando os dados coletados.

No caso do Brasil, levando em conta o poder de compra de um salário-mínimo, o dispositivo VPA que permite automação mais barata chega a custar 19,60% do salário-mínimo, enquanto o mais caro chega a custar 159,60%. Isso faz com que a possibilidade de comprar esses equipamentos no Brasil seja muito mais difícil. Em comparação com Portugal, como mostrado nos gráficos 03 e 04, existe uma diferença de 13,45% no dispositivo Google Home.

Observe que a comparação está considerando o valor bruto do dispositivo, como se o indivíduo estivesse comprando-o nos Estados Unidos. Não estão sendo levadas em consideração as taxas de transporte, aduaneiras, logística, estocagem, valor mínimo viável e lucro, no caso do dispositivo ser comprado no Brasil.

Com estes fatores explicitados, verificou-se que um dos aspectos que podem dificultar uma maior disseminação da domótica no Brasil são os fatores econômicos e a desvalorização do Real brasileiro frente ao Dólar Americano.

Logicamente, esses seriam os fatores mais imediatos, entretanto, outros fatores mais amplos, profundos e complexos devem ser observados, tais como: a desigualdade socioeconômica; a ausência de políticas públicas urbanas mais abrangentes em educação, saneamento, infraestrutura, habitação etc.; a precariedade das relações de trabalho pós-pandemia; a defasagem salarial; dentre tantos outros.

6. PESQUISA DE OPINIÃO

Para realização da pesquisa foi preparado um questionário de 23 perguntas, com diferentes possibilidades de respostas, a fim de avaliar o que as pessoas entendem sobre as tecnologias de IoT e VPAs, saber se elas utilizam essas tecnologias com o potencial que lhes é permitida e se elas conseguem contemplar seus usos na realidade urbana.

Com isso, os questionamentos usados para tal foram:

1. Qual a faixa etária?

18-25; 26-30; 31-40; 41-50; 60-mais

2. Qual desses assistentes virtuais você utiliza?

Alexa (*Amazon*), Google Assistant (*Ok Google/Google Home*), Siri (*Apple*), Cortana (*Microsoft*), Outros, não utiliza.

Podendo marcar mais de uma resposta em caso de multimodal.

3. Você conhece alguma dessas funcionalidades destes assistentes?

Automação Residencial, Automação de tarefas, Agenda, elaboração de trajeto de viagem, Lembrete de tarefas diárias (tomar remédios, lavar a roupas, etc), planejamento diário, planejamento mensal.

Podendo marcar mais de uma resposta.

4. Você utiliza alguma dessas funcionalidades destes assistentes?

Automação Residencial, Automação de tarefas, Agenda, elaboração de trajeto de viagem, Lembrete de tarefas diárias (tomar remédios, lavar a roupas, etc), planejamento diário, planejamento mensal.

Podendo marcar mais de uma resposta

5. Você usaria um carro autônomo?

Sim, não.

6. Se sim, por quais razões?

Praticidade, não gosto de dirigir, o carro acharia o caminho mais rápido, eficiência energética, gosto de tecnologia, gosto da ideia de um carro do futuro, usaria o tempo do trânsito para algo mais útil. Não usaria.

Podendo marcar mais de uma resposta.

7. Você teria uma casa inteligente e automatizada?

Sim, não.

8. Se sim, por que teria?

Praticidade, facilita as tarefas diárias, mais tempo para passar com a família, eficiência energética, gosto de tecnologia. Não teria.

Podendo marcar mais de uma resposta.

9. Imaginando o futuro, você viveria numa cidade inteligente e automatizada, sabendo que a tecnologia te proporcionaria integridade física e segurança digital?

Sim. Não.

10. Se sim, você teria um carro conectado à uma rede urbana?

Sim. Não.

11. Se sim, qual a sua perspectiva em relação à melhoria das cidades?

Melhor trânsito, melhor qualidade de vida, diminuição de poluição sonora, diminuição de emissão de gases poluentes. Não teria um carro conectado à rede urbana.

Podendo marcar mais de uma resposta.

12. Você acha que essas tecnologias poderiam ajudar as pessoas a terem uma melhor qualidade de vida nas cidades?

Sim, Não.

13. Se sim, como essas tecnologias poderiam ajudar as pessoas?

Permitindo texto de até 500 caracteres para responder.

14. Acha que essas tecnologias são muito caras e inviáveis?

Sim. Não.

15. Usariam essas tecnologias se elas se tornassem padrão na vida das pessoas e não fossem caras?

Sim. Não.

16. Experimentariam todas as possibilidades dessas tecnologias?

Sim. Não.

17. Acredita que o uso dessas tecnologias diminuiria o gasto de energia e de poluição das cidades?

Sim. Não.

18. Você acha que veículos de transporte públicos autônomos ajudariam na eficiência energética e na diminuição de poluição (ambiental e sonora) nas cidades?

Sim, não.

19. Você utiliza (utilizaria) um robô de serviço (robô aspirador, limpador de janelas, assistente residencial, etc)?

Sim, Não.

20. Se sim, por quais motivos utilizaria?

Praticidade, facilita as tarefas diárias, mais tempo para passar com a família, eficiência energética, gosto de tecnologia. Não teria.

21. O que você espera dessas tecnologias de automação?

Respostas com até 500 caracteres.

22. Como você espera da automação urbana no futuro próximo (próximos 10 anos)?

Resposta com até 500 caracteres.

23. O que você acha de ter um assistente virtual (*Siri*, *Google Assistant*, etc) com você quase o tempo todo (nos smartphones)?

Resposta com até 500 caracteres.

6.1 RESULTADOS DA PESQUISA

A pesquisa foi enviada para aproximadamente 500 pessoas, obtendo-se uma amostra de 147 respostas, sendo a população alvo aquela economicamente ativa da Cidade do Rio de Janeiro, maior de 18 anos, por contar também com questões relacionadas à condução de veículos. Essas pessoas são indivíduos que têm a possibilidade de obter tecnologias domóticas, tais como: VPAs, robôs domóticos, veículos autônomos e acesso à internet e outros serviços pagos.

Considerando-se um grau de confiança de 95%, a margem de erro da pesquisa foi calculada pela seguinte equação²⁰:

$$\text{Margem de erro} = z \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

²⁰ Calculado pelo site <<https://pt.surveymonkey.com/mp/margin-of-error-calculator/>>

Onde n é o tamanho da amostra, igual a 147; σ é o desvio padrão da população alvo, de 47,43; e z é o escore, que para um nível de confiança de 95%, o valor é 1,96. Logo, a margem de erro calculada foi de aproximadamente 8%.

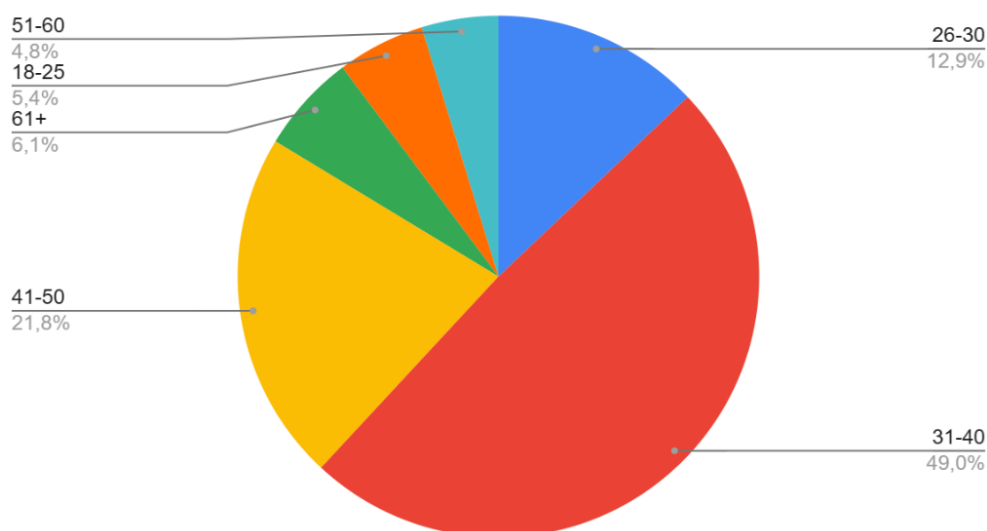
Vale ressaltar que a participação dos entrevistados foi completamente voluntária, ou seja, os mesmos tiveram plena autonomia para decidir se queriam ou não participar, bem como retirar sua participação a qualquer momento. Foi esclarecido que todo e qualquer material obtido seria exclusivamente usado para fins acadêmicos, de forma agregada, e que as informações obtidas nesta pesquisa seriam confidenciais, sendo assegurado o sigilo total sobre a participação individual de cada entrevistado.

As respostas coletadas na pesquisa podem ser conferidas no seguinte site: https://docs.google.com/spreadsheets/d/13LPE6S8e7aYjr0Sjb4rNfPzx_i80rF31vk3uPoAZ6Jk/edit?usp=sharing.

Obteve-se uma amostra de população a partir de 18 anos de idade, incluindo pessoas com mais de 61 anos. O gráfico 05 mostra que a maior faixa de respostas foi de pessoas entre 26 até 50 anos de idade.

Gráfico 05 – Faixas etárias divididas de 10 em 10 anos.

Contagem de Qual a faixa etária?



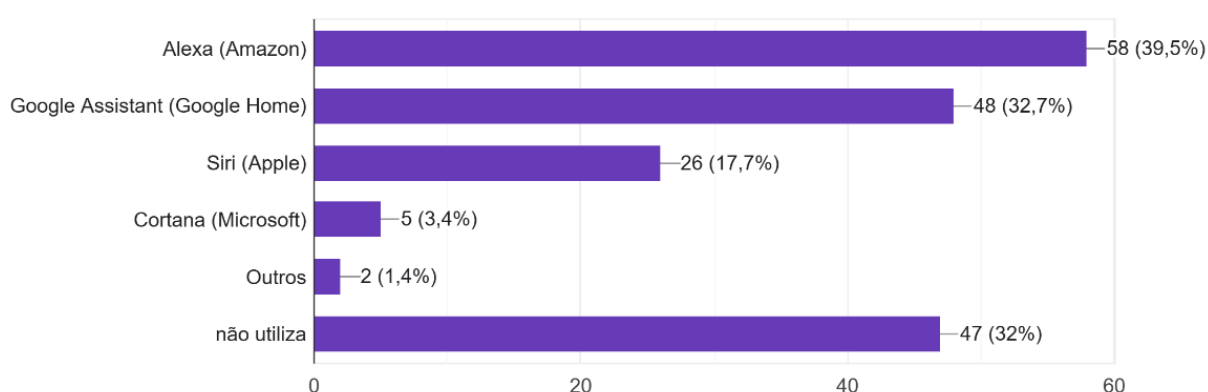
Fonte: pesquisa de opinião.

A partir do gráfico 06, nota-se que há quase um equilíbrio entre quem utiliza alguma VPA e quem não utiliza, levando em consideração a margem de erro, sendo que a VPA mais utilizada é a Alexa, da Amazon, provavelmente pela facilidade de instalação e de utilização para automatização. De fato, ela tem uma interface UX mais simpática ao usuário, através de um sistema pré-programado que chamam de rotinas.

Gráfico 06 – Percentual de VPAs utilizados.

Qual desses assistentes virtuais você utiliza?

147 respostas



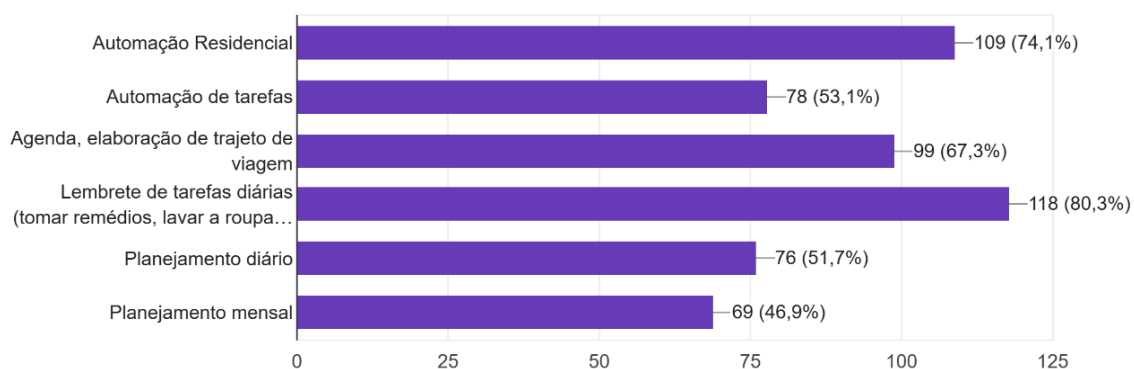
Fonte: pesquisa de opinião.

Os gráficos 07 e 08 mostram que apesar de conhecerem as possibilidades de automação, a maioria das pessoas usa apenas para lembretes e agenda. Poucas usam como automação residencial.

Gráfico 07 – Conhecimento de funcionalidades de VPAs.

Você conhece alguma dessas funcionalidades destes assistentes?

147 respostas

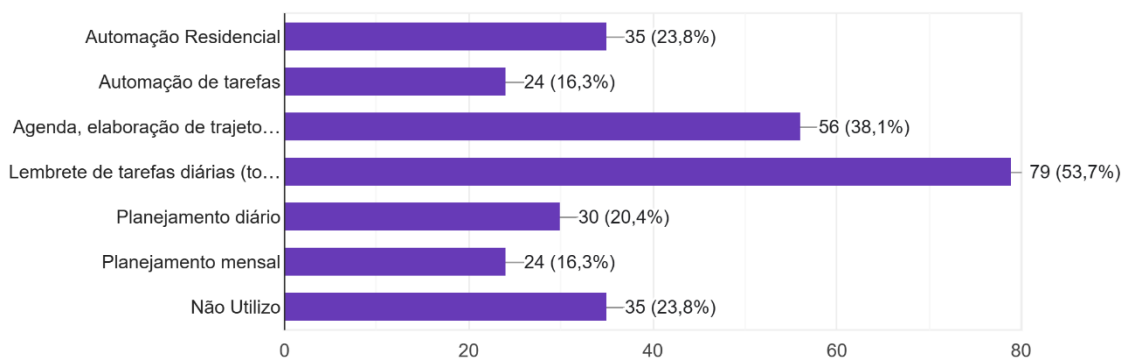


Fonte: pesquisa de opinião.

Gráfico 08 – Utilização de funcionalidades de VPAs.

Você utiliza alguma dessas funcionalidades destes assistentes?

147 respostas



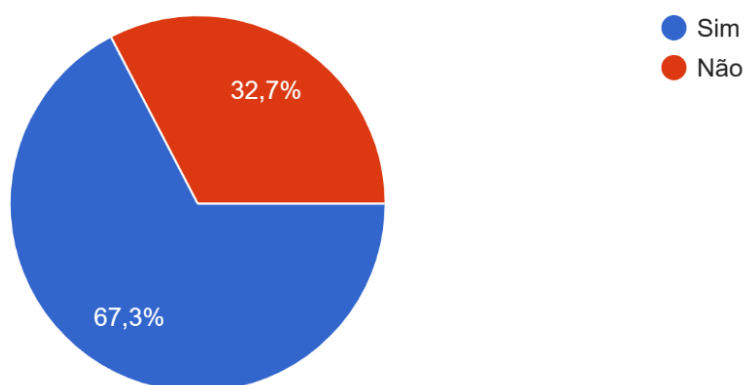
Fonte: pesquisa de opinião.

Como apresentado pelo gráfico 09, a maioria das pessoas utilizaria um carro autônomo. Isso ocorre devido a maior confiabilidade que vêm se mostrando nos últimos anos. Entretanto, ainda há certa desconfiança no uso de carros autônomos por 1/3 da população pesquisada, sendo desse percentual, a maior parte na faixa dos 31 a 40 anos de idade.

Gráfico 09 – Uso de carros autônomos.

Você usaria um carro autônomo?

147 respostas



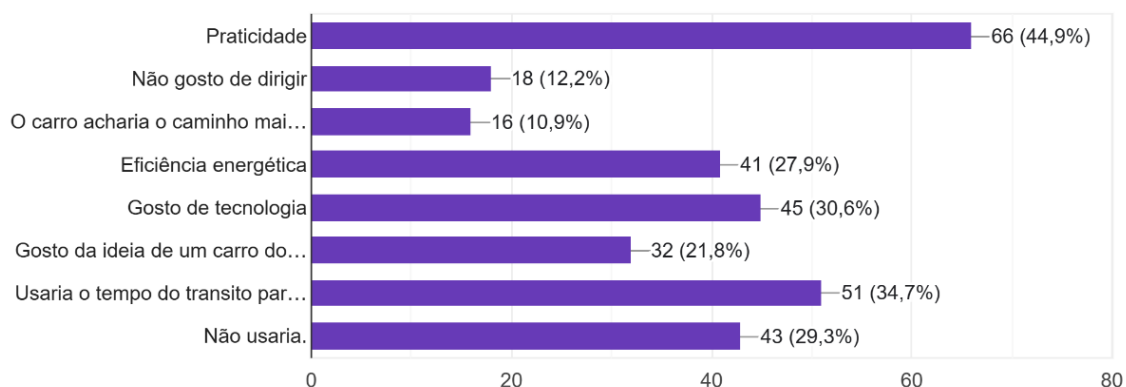
Fonte: pesquisa de opinião.

A maior parte das razões de quererem utilizar um carro autônomo é pela praticidade e melhor qualidade de tempo durante o trajeto no trânsito (gráfico 10), além da questão de segurança e menor número de acidentes.

Gráfico 10 – Razões para utilizar carros autônomos.

Se sim, por quais razões?

147 respostas



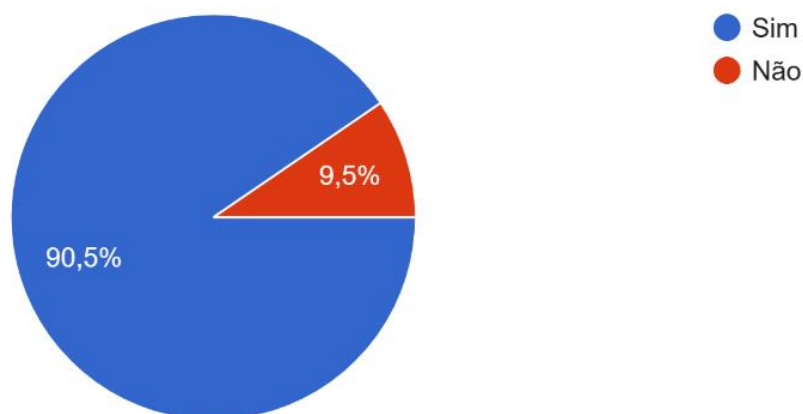
Fonte: pesquisa de opinião.

De forma similar aos carros autônomos, a maioria das pessoas teria uma casa automatizada, sendo que a porcentagem nesse caso seria ainda maior (gráfico 11), o que demonstra um maior nível de confiança na tecnologia para casas inteligentes.

Gráfico 11 – Pessoas que teriam casa automatizada.

Você teria uma casa inteligente e automatizada?

147 respostas



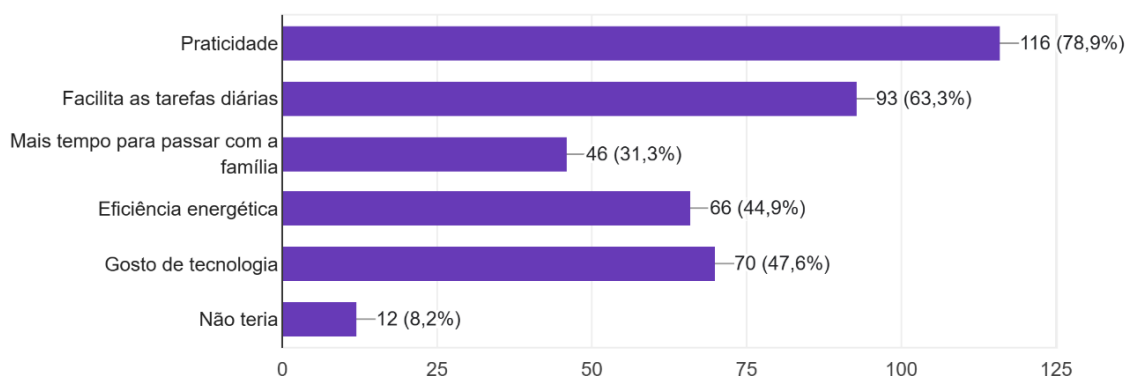
Fonte: pesquisa de opinião.

Isso também reflete o que as pessoas pensam de casas inteligentes, que pode trazer praticidade e uma maior facilidade nas tarefas diárias, que normalmente demandam tempo e energia (gráfico 12).

Gráfico 12 – Razões para se ter uma casa automatizada.

Se sim, por que teria?

147 respostas



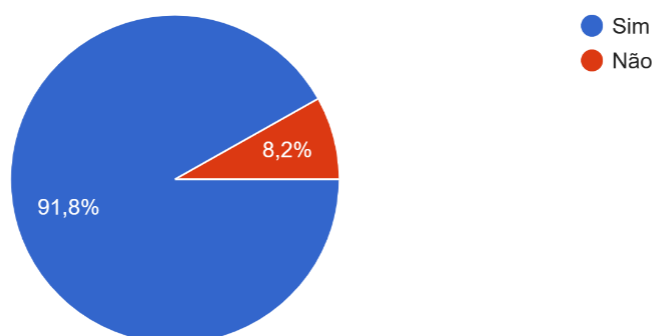
Fonte: pesquisa de opinião.

A maioria das pessoas também concorda com a ideia de viver numa cidade inteligente e automatizada, onde a tecnologia proporcionaria uma maior segurança, como pode ser visto no gráfico 13.

Gráfico 13 – Segurança física e digital.

Imaginando o futuro, você viveria numa cidade inteligente e automatizada, sabendo que a tecnologia te proporcionaria integridade física e segurança digital?

147 respostas



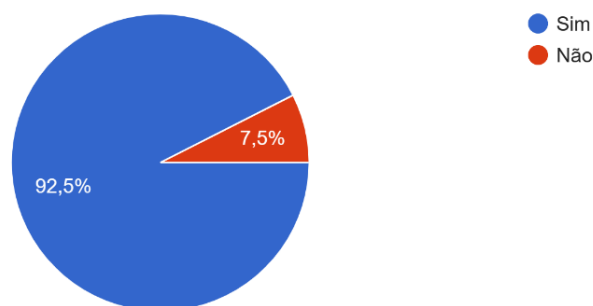
Fonte: pesquisa de opinião.

Apesar de algumas desconfiâncias, a maioria das pessoas acredita que as tecnologias que permitem a automação, tanto de suas casas quanto das cidades, serviriam para uma melhoria na qualidade de vida das pessoas (gráfico 14).

Gráfico 14 – Melhoria na qualidade de vida com o uso das tecnologias.

Você acha que essas tecnologias poderiam ajudar as pessoas a terem uma melhor qualidade de vida nas cidades?

147 respostas



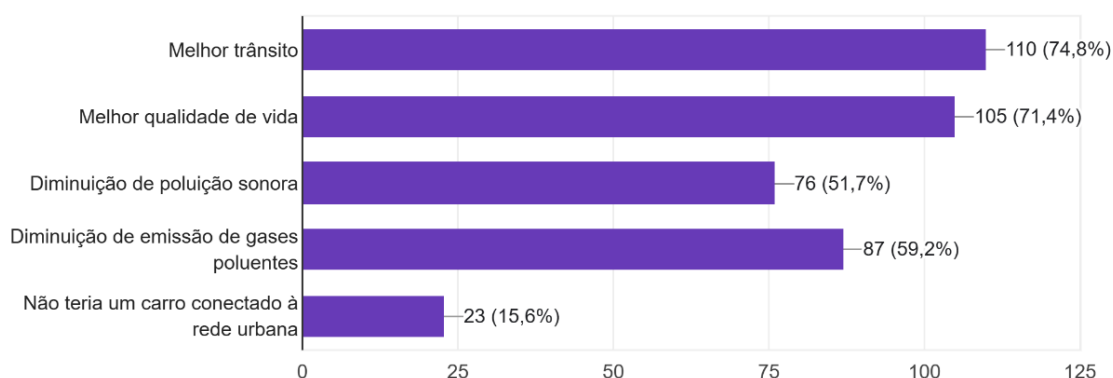
Fonte: pesquisa de opinião.

A maioria das pessoas acredita que é viável ter uma vida mais prática e com mais tempo para o lazer e outros afazeres (gráfico 15). Algumas pessoas citaram os sistemas de entregas automatizadas por drones e uma melhoria na questão da poluição nas cidades, além da economia financeira que essas tecnologias poderiam proporcionar. Foi comentado também sobre a melhoria em relação às pessoas com deficiência (PcD), na questão da mobilidade urbana.

Gráfico 15 – Perspectivas de melhorias da cidade.

Se sim, qual a sua perspectiva em relação à melhoria das cidades?

147 respostas



Fonte: pesquisa de opinião.

Uma menor quantidade de pessoas acredita que o uso de tecnologias faria pouca ou nenhuma diferença, e apenas uma pessoa citou um melhor acesso à cultura.

7 PROPOSTAS PARA DISSEMINAÇÃO DA DOMÓTICA

A primeira coisa a se levar em consideração na domótica é utilizar o que já se tem em mãos, devido ao alto custo da aquisição de dispositivos que permitam a automação. Pode-se utilizar, a priori, os próprios *smartphones*, que hoje já são bastante difundidos.

Em uma segunda etapa, poderiam ser implementadas as formas de segurança como câmeras, alarmes, fechaduras inteligentes, dentre outros. Este tipo de automação também já é mais difundido até por questões sociais das cidades brasileiras.

Uma terceira etapa incluiria o início da automação das residências em si, partindo não apenas de dispositivos VPAs, mas através de eletrodomésticos que tenham esse tipo de proposta, como geladeiras, microondas e aparelhos de ar-condicionado. Isso porque, antes de se ter o dispositivo VPA, que ajuda nas rotinas de automação residencial, a maioria desses eletrodomésticos inteligentes já oferecem rotinas que são pareáveis²¹ com esses VPAs.

Uma etapa mais ousada e claramente mais custosa, seria a implementação de VPAs integrados, ou a possibilidade de integração, em veículos já provenientes de linha de fábrica, sem a necessidade de ser um adicional, ou de instalação de dispositivos não nativos. Contudo, na ausência disto, pode-se fazer adaptações para tal usabilidade, que em alguns casos já são feitos como o pareamento de celular via *bluetooth* com o carro e o uso de GPS. De qualquer forma, se isso fosse feito de forma nativa, poderia conectar o veículo de forma direta com um possível sistema urbano (ITS).

7.1 PROPOSTAS NO ÂMBITO DOS SISTEMAS URBANOS

O principal meio domótico para termos um paralelo com as cidades são as VPAs integradas em um sistema urbano, que permita a conexão do indivíduo com a cidade em si. Isso pode partir dos próprios celulares e de

²¹ No âmbito da tecnologia wireless, é muito comum a necessidade de pareamento de dispositivos para que funcionem de maneira conjunta e sincronizada.

veículos pessoais, que podem ser tanto automóveis ou carros, bem como motocicletas, bicicletas, patinetes e monociclos.

Em relação à eficiência energética, seria interessante fazer com que a microgeração de energia fosse mais difundida (energia eólica e energia solar, por exemplo). A junção de meios domóticos com essas tecnologias proporcionaria a chamada automação urbana, extrapolando apenas o ambiente interno das unidades residenciais e comerciais.

O *smart grid* já é um exemplo de automação urbana que permite um gerenciamento do uso de energia e a alocação onde for necessário, diante da demanda, e não a distribuição direta para as unidades, sem necessidade, tanto residenciais, como comerciais e industriais, gerando uma economia.

Com relação aos sistemas de transportes, pode-se integrar os dados de transporte público dos diferentes modais para ajudar a prever, de forma mais assertiva, o tempo e distância de deslocamento, melhor horário para o percurso e as melhores opções de transporte naquele horário.

Em relação à resiliência urbana, utilizar o sistema de alerta direto para os VPAs e celulares dos indivíduos de determinada região, como já é utilizado em alguns países, mostrando aos indivíduos qual a natureza do alerta e da emergência, como por exemplo, tempestades, desastres naturais e acidentes.

Em relação aos serviços públicos, culturais e de entretenimento, mostrar de forma mais assertiva o que é necessário no entorno. Isto já é possível através das plataformas de busca pela internet, mas estas ainda precisam ter sua base de dados alimentadas pelo próprio governo, no caso de serviços públicos, e pelos proprietários de negócios, nos casos privados. Seria interessante ter uma ação em massa para o cadastro destes e de maneira compartilhada, para não servir apenas ao interesse de uma plataforma de busca, mas de toda a sociedade.

Entretanto, todas essas iniciativas esbarram em algumas questões como legislação, segurança de dados e infraestrutura.

Em relação à legislação, a maior disseminação dessas tecnologias esbarra no fator político, pois, em países democráticos, qualquer mudança de planos piloto e estrutura social das cidades dependem de políticos, que

precisariam inicialmente de consultorias, para então criarem propostas de lei que visem esses temas.

A segurança cibernética está atrelada diretamente à infraestrutura e aos sistemas que serão utilizados. Para isso, demanda um forte investimento financeiro por parte dos governos, o que dificulta ainda mais essa disseminação.

Uma proposta para a segurança cibernética seria o uso de tecnologia *blockchain* que, a princípio, foi usada para as chamadas criptomoedas, mas que se estendeu para a criptografia de dados em geral, gerando mais segurança para o usuário final, pois seus dados não seriam acessados de forma leviana ou por terceiros.

8 CONCLUSÃO

A partir da presente pesquisa, levando em consideração o referencial teórico e os dados apresentados, pode-se dizer que existe uma correlação entre os avanços tecnológicos na área de hardware, rede e internet, com os valores cada vez mais acessíveis, de maneira que nos últimos dez anos houve uma grande difusão da domótica. Entretanto, mesmo sendo tecnologias mais acessíveis em países como Estados Unidos da América, Japão e Alemanha, no Brasil estas tecnologias domóticas ainda têm um valor considerado alto, mesmo com a tendência mundial de diminuição de custo de aquisição destes equipamentos.

O comparativo feito no capítulo 5 mostra que, percentualmente falando, alguns equipamentos utilizados em domótica equivalem a aproximadamente 19% do salário-mínimo brasileiro, enquanto em outros países custam algo em torno dos 3%. Isto mostra que, para o público brasileiro, o equipamento é considerado caro e isto pode dificultar a difusão da domótica no Brasil.

Em relação à domótica aplicada aos sistemas urbanos, verifica-se que a atuação nas cidades, transformando-as em cidades inteligentes, passa por processos, que devem levar em consideração a conectividade pessoal de cada indivíduo que se locomove pela cidade, transmitindo não necessariamente dados pessoais, mas dados como os de localização, por exemplo.

A partir do momento que se conecta o indivíduo, através de seus dispositivos, às unidades habitáveis (residências e comércio), aos meios de transporte e aos sistemas urbanos, através de um sistema de tecnologia de comunicação, abre-se um leque de possibilidades de melhoria no estilo e qualidade de vida. Além disso, espera-se uma melhoria também nos sistemas de trânsito, sistemas emergenciais (bombeiros, ambulâncias, dentre outros), uma diminuição de emissão de gases e de poluição sonora. Alguns autores apontam, inclusive, para uma melhoria nas questões sociais.

Entretanto, no panorama brasileiro encontram-se não apenas as dificuldades tecnológicas para implementação de cidades inteligentes, mas também questões legislativas, políticas, financeiras e sociais.

Legislativas, pois depende-se de leis que permitam não somente o acesso a essas tecnologias no âmbito público, mas também legislação de segurança cibernética e da própria automação que, por exemplo, por mais que tenham avançado as tecnologias de veículos autônomos, ainda há necessidade de se preparar para eventuais falhas.

Políticas, pois a própria legislação e execução de qualquer plano piloto para implementação de sistemas depende também de vontade política.

Financeiras, pois esbarra no alto custo no Brasil para viabilização, implementação, gerenciamento e manutenção.

E na esfera social, existe o problema da aquisição de dispositivos automatizados por parcelas mais pobres da sociedade, podendo levá-los a uma categoria de excluídos, por não fazerem parte desta rede, devido à falta de acesso. Aqui têm-se novamente as questões políticas e legislativas, sendo necessário uma forma de facilitar o acesso, levando em conta que só na cidade do Rio de Janeiro, 31,4% da população (aproximadamente 2 milhões de pessoas) têm um rendimento de meio salário-mínimo (IBGE, 2020).

Como proposta para futuras pesquisas seria interessante avaliar as questões sociais, como a exclusão de indivíduos das cidades, por falta de acesso às tecnologias, criando assim possíveis castas sociais com cidadãos de segunda categoria, o que seria considerado um incrível retrocesso. Também poderia ser avaliada a necessidade de capacitação de profissionais, que podem perder seus empregos com os avanços dos sistemas urbanos automatizados, como por exemplo motoristas de ônibus e transportes públicos em geral.

Em relação à resiliência urbana, sistemas como drenagem e de prevenção de catástrofes podem ser estudados também, pois nesta pesquisa foram identificados tais sistemas, entretanto não foi possível introduzi-los no contexto do trabalho.

Outras pesquisas que poderiam ser realizadas estão relacionadas à mão de obra para instalação dos sistemas urbanos automatizados, pois a mesma deverá ser qualificada, e verificar as questões legislativas de fato, se essas leis existem ou não e como afetam o avanço da domótica e da instalação de sistemas urbanos autônomos.

REFERÊNCIAS

- AMADEO, R. **Google Pixel review: The best Android phone, even if it is a little pricey**. 2016. Disponível em: <https://arstechnica.com/gadgets/2016/10/google-pixel-review-bland-pricey-but-still-best-android-phone/3/#h3>. Acesso em: 05 out. 2019.
- AMAZON. **What is alexa?** 2019. Disponível em: <https://developer.amazon.com/en-US/alexa>. Acesso em: 24 nov. 2019.
- AMAZON. **Dispositivos Echo**. 2019a. Disponível em: <https://amzn.to/34hjsyh>. Acesso em: 24 nov. 2019.
- AMIN, F. M.; REZAYATI, M.; VENN, H. W.; KARIMPOUR, H. A Mixed-Perception Approach for Safe Human–Robot Collaboration in Industrial Automation. **Sensors**, [S.L.], v. 20, n. 21, p. 6347, 7 nov. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s20216347>.
- AGARWAL, P.; KUMAR, R.; AGARWAL, P. IoT based Framework for Smart Campus: covid-19 readiness. In: 2020 Fourth World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability (WORLDS4), 4., 2020, Londres. **Proceedings [...]**. Londres: Ieee, 2020. v. 1, p. 539-542.
- ARISTOVA, N. I.. Intelligence in industrial automation. **Automation And Remote Control**, Moscou, v. 77, n. 6, p. 1071-1076, jun. 2016. Pleiades Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1134/s0005117916060102>.
- AURESIDE. **O que é uma casa inteligente?** 2017. Disponível em: <http://aureside.blogspot.com/2017/03/fonte-homeadvisor-todos-nos-apreciamos.html>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- BELLALTA, B. **IEEE 802.11AX: High-efficiency WLANs**. Ieee Wireless Communications, [s.l.], v. 23, n. 1, p.38-46, fev. 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mwc.2016.7422404>.
- BOLZANI, C. A. M. **Desmitificando a domótica**. 2007. São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BOLZANI, C. A. M. **Desenvolvimento de um simulador de controle de dispositivos residenciais inteligentes: uma introdução aos sistemas domóticos**. 2004. São Paulo. Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- BRASIL. **Decreto nº 9.661**, de 01 de janeiro de 2019. Brasília, DF, 01 jan. 2019. Seção 1, p. 15. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9661.htm. Acesso em: 10 out. 2019.
- BULHMAN, Haroldo José; CABIANCA, Luis Antonio. **Redes LAN/MAN Wireless I**: padrões 802.11 a, b e g. Padrões 802.11 a, b e g. 2016. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrwanman1/default.asp>. Acesso em: 11 maio 2022.

CANADÁ. GOVERNO DO CANADÁ **Hourly Minimum Wages in CANADA for Adult Workers**. 2019. Disponível em: <<http://srv116.services.gc.ca/dimt-wid/sm-mw/rpt2.aspx?GoCTemplateCulture=en-CA>>. Acesso em: 25 out. 2019.

CHAN, M.; HARITON, C.; RINGEARD, P.; CAMPO, E.. Smart house automation system for the elderly and the disabled. In: 1995 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Intelligent Systems for the 21st Century, 1995., 1995, Vancouver. **Proceedings**. Vancouver: Ieee, 1995. v. 2, p. 1586-1589.

CORDES, F; STACEY, N. **Is UK industry ready for the fourth industrial revolution?**. The Boston Consulting Group, 2017. 20 p.

CUGURULLO, Federico. Urban Artificial Intelligence: from automation to autonomy in the smart city. **Frontiers In Sustainable Cities**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 1-14, 30 jul. 2020. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/frsc.2020.00038>.

DANIELS, S.; FOCANT, N.. **Dynamic Speed Limits**. 2019. The H2020 project SafetyCube. Disponível em: https://www.roadsafety-dss.eu/assets/data/pdf/synopses/Dynamic_speed_limits_30062017.pdf. Acesso em: 28 set. 2022.

DOMINGUES, P; CARREIRA, P; VIEIRA, R; KASTNER, W. Building automation systems: concepts and technology review. **Computer Standards & Interfaces**, [S.L.], v. 45, p. 1-12, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2015.11.005>.

DOMINGUES, R. G. **A domótica como tendência na habitação**: Aplicação em habitações de interesse social com suporte aos idosos e incapacitados. 2013. 127 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Urbana) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DON Norman on the term "UX". San Francisco: Nielsen Norman Group, 2016. (2 min.), Digital, son., color. Disponível em: <https://www.nngroup.com/videos/don-norman-term-ux/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

DORF, R. C.; KUSIAK, A. (org.). **Handbook of design, manufacturing, and automation**. 1. ed. [S.I.]: John Wiley & Sons, Inc, 1994. ISBN 9780471552185.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Department of Labour. **Federal Minimum Wage Rates Under the Fair Labor Standards Act**. 2019. Disponível em: <<https://www.dol.gov/whd/minwage/chart.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2019.

GAGGIOLI, A. **Virtual Personal Assistants: an emerging trend in artificial intelligence**. Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, Mary Ann Liebert, Inc, Milão, v. 21, n. 12, p. 803 – 804, 12 2018. ISSN 2152-2715. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/cyber.2018.29133.csi>. Acesso em: 14 out. 2019.

GUERRERO-IBANEZ, J. A; ZEADALLY, S; CONTRERAS-CASTILLO, J. Integration challenges of intelligent transportation systems with connected vehicle, cloud computing, and internet of things technologies. **Ieee Wireless**

Communications, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 122-128, dez. 2015. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mwc.2015.7368833>.

GOOGLE. **Google Assistant**. 2019a. Disponível em: <https://assistant.google.com/>. Acesso em: 05 out. 2019.

GOOGLE. **Google Assistant Overview**. 2019b. Disponível em: <https://developers.google.com/assistant/smarthome/overview>. Acesso em: 05 out. 2019.

GOOGLE. **Google Assistant**. 2019c. Disponível em: <https://assistant.google.com/explore/c/19/?hl=pt-BR>. Acesso em: 24 nov. 2019

GOOGLE. **Lista de disponibilidade de dispositivos por país**. Disponível em: <https://support.google.com/store/answer/2462844?hl=pt-BR>. Acesso em: 08 out. 2019.

GREENWOOD, J. **The third industrial revolution: Technology, productivity, and income inequality**. American Enterprise Institute, 1997.

GROOVER, M.P. **Fundamentals of modern manufacturing: Materials, Processes and Systems**. 5a ed. New Jersey. John Wiley & Sons Inc. 2012. ISBN 978-1-118-231463.

GUNGE, Vaishnavi S.; YALAGI, Pratibha S. Smart home automation: a literature review. **International Journal of Computer Applications**, v. 975, n. 8887-8891, 2016.

HANCKE T., **Sample application of the human-centered design philosophy in a CIM system**, *IEE Colloquium on Human Factor in CIM*, 1990, pp. 4/1-4/2.

HARPER, R. (ed.). **Inside the Smart Home**. 1. ed. Londres: Springer, 2003. v. 1. ISBN 1-85233-688-9.

HILLMAN, M. M. **Middleware para Conectividade e interoperabilidade em Ecossistemas IoT**. Caxias do Sul, 2018 Monografia (Tecnologias Digitais) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018.

IBGE. **PANORAMA MUNICIPAL**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Acesso em: 22 jan. 2023.

ICAEE, 5., 2019, Dhaka. **A review of IoT Application in a Smart Traffic Management System**. Dhaka: IEEE, 2019.

IMPÉRIO DO JAPÃO. Império do Japão. Ministério da Saúde Trabalho e Bem-estar social. **地域別最低賃金の全国一覧 (Lista nacional de Salário Mínimo por Prefeitura)**. 20108. Disponível em: https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/minimumichiran/index.html. Acesso em: 25 out. 2019.

IOVINE, John. **PIC Microcontroller Project Book**: a true beginner's guide to the popular PIC microcontroller. New York: Tab Books, 2000.

ISO. **ISO 8373**: Robots and robotics devices - Vocabulary. Genebra, 2012.

KIM, Younsun; OH, Hyunggoy; KANG, Sungho. Proof of Concept of Home IoT Connected Vehicles. **Sensors**, Seul, v. 17, n. 6, p. 1289, 5 jun. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s17061289>.

LANKE, N; KOUL, S. Smart Traffic Management System. **International Journal Of Computer Applications**, [S.L.], v. 75, n. 7, p. 19-22, 23 ago. 2013. Foundation of Computer Science. <http://dx.doi.org/10.5120/13123-0473>.

LIMA, M. P. S. **Do campo às cidades industriais**. Rio de Janeiro. 2011. Resumo de aula de ateliê de urbanismo II. Universidade Estácio de Sá.

LIMA, F.G. **Entrevista sobre automação residencial** Concedida à Marcos Paulo Souza Lima. Entrevista direta presencial. Novembro de 2019.

LINEBACK, R. (Arizona). Ic Insights (Comp.). **MCUs Sales to Reach record-high Annual Revenues Through 2022**. 2018. Disponível em: <<http://www.icinsights.com/news/bulletins/MCUs-Sales-To-Reach-RecordHigh-Annual-Revenues-Through-2022/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

JANICKE, M; JACOB, K. A third industrial revolution. **Long-term governance for social-ecological change**, p. 47-71, 2013.

MANVILLE, C; COCHRANE, R.; CAVE, J.; MILLARD, J; PDERSON, J. K.; THAARUP, R. K.; LIEBE, A.; WISSNER, M.; MASSINK, R.; KOTTERINK, B. Parlamento Europeu. **Mapping Smart Cities in the EU**. Bruxelas: EU, 2014.

MARTINS, G. M. **Princípios de Automação Industrial**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

MATAS, B. (Arizona). Ic Insights (Comp.). **MCUs market on migration path to 32-bit and ARM-based devices**. 2018. Disponível em: <<http://www.icinsights.com/news/bulletins/MCU-Market-On-Migration-Path-To-32bit-And-ARMbased-Devices/>>. Acesso em: 25 out. 2019.

MELL, P.; GRANCE, T. **The NIST Definition of cloud computing**: Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. NIST Special Publication 800-145. Gaithersburg: NIST, 2011.

MOKYR, J.; STROTZ, R. H. The second industrial revolution, 1870-1914. **Storia dell'economia Mondiale**, v. 21945, n. 1, 1998.

MORÓN, C; PAYÁN, A; GARCÍA, A; BOSQUET, F. Domotics Project Housing Block. **Sensors**, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 741, 23 maio 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s16050741>.

MORRAR, R; ARMAN, H; MOUSA, S. **The fourth industrial revolution (industry 4.0): a social innovation perspective**. Technology Innovation

Management Review. [S.l.]. V.7, n 11, p.12-20. 27 nov. 2017. Carleton University.

NAM, T.; PARDO, T. A. The changing face of a city government: a case study of philly311. **Government Information Quarterly**. [S.l.], p. 1-9. jun. 2014.

NORMAN, D. A.; NIELSEN, J. **The Definition of User Experience (UX)**. 1998. Elaborada por Nielsen Norman Group. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/definition-user-experience/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

NORMAN, D. A.; VERGANTI, R. Incremental and Radical Innovation: design research vs. technology and meaning change. **Design Issues**, Massachusetts, v. 30, n. 1, p. 78-96, jan. 2014. MIT Press - Journals. http://dx.doi.org/10.1162/desi_a_00250.

OXFORD. **The Oxford English Dictionary**. 2017. Verbete: “automation”. Disponível em: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/automation>. Acesso em: 13 jul. 2019.

PANINI, L.; CUCCHIARA, R.. A machine learning approach for human posture detection in domotics applications. In: 12th International Conference on Image Analysis and Processing, 12., 2003, Mantova. **Proceedings [...]**. [S. L.]: Ieee, 2003. p. 103-108.

PATRICIO, T. S.; TEIXEIRA, M.; MAGNONI, M. da G. M.; BELDA, F. R. INTERNET DAS COISAS (IOT): as consequências da computação ubíqua na sociedade. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v. 15, n. 1, p. 83-93, 29 jan. 2018. Associação Prudentina de Educação e Cultura (APEC). <http://dx.doi.org/10.5747/ch.2018.v15.n1.h352>.

PLIHAL, J; NEDOMA, P; SESTAK, V; HERDA, Z; AKSJONOV, A. Transport Automation in Urban Mobility: a case study of an autonomous parking system. **Vehicles**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 326-343, 5 abr. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/vehicles4020020>.

PRUDENTE, F. **Automação predial e residencial**: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 211 p. ISBN 978-85-216-0617-8.

QUEIROZ, J. F. D. L. **Automação na arquitetura e na construção civil e sua contribuição para o desenvolvimento urbano sustentável**. 2016. 108 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Urbana) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

REINO UNIDO. GOVERNO DO REINO UNIDO. **National Minimum Wage and National Living Wage rates**. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.uk/national-minimum-wage-rates>>. Acesso em: 25 out. 2019.

REPÚBLICA FEDERATIVA DA ALEMANHA. COMISSÃO DE SALÁRIO MÍNIMO. **Beschluss der Mindestlohnkommission nach**. 2018. Disponível em: <https://www.mindestlohn-kommission.de/DE/Bericht/pdf/Beschluss2018.pdf?__blob=publicationFile&v=11>. Acesso em: 25 out. 2019.

REPÚBLICA PORTUGUESA. Presidência do Conselho de Ministros. Trabalho Solidarietà e Segurança Social. **Decreto-Lei**.

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

ROSARIO, Joao Mauricio. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009.

SANTOS, V. M. F. **Robótica Industrial**. Aveiro: Karel Capek, 2004. Acesso em: 12 set. 2019.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. 1. ed. Bauru: Edipro, 2016. 160 p. ISBN 978-85-7283-978-5.

SEAL TELECOM. **Entenda como a internet das coisas (IoT) pode ajudar na eficiência energética das empresas**. 07 Fev. 2020. Disponível em: <<https://digital.futurecom.com.br/transformacao-digital/entenda-como-internet-das-coisas-iot-pode-ajudar-na-eficiencia-energetica-das>>. Acesso em: 21 mar 2023.

SHLADOVER, S. E. Opportunities, Challenges, and Uncertainties in Urban Road Transport Automation. **Sustainability**, Berkeley, v. 14, n. 3, p. 1853, 6 fev. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su14031853>.

SICILIANO, B; KHATIB, O. **Springer handbook of robotics**. 2ª ed. Springer. 2016. ISBN: 978-3-319-32550-7.

SOUSA, Antonio Roniel Marques de; SANTOS, Paulo Rodrigues dos; FONSECA, Wellington da Silva; MANITO, Allan Rodrigo Arrifano; ARAÚJO, Ramon Cristian Fernandes. Automação residencial e eficiência energética: um estudo de caso. **Brazilianjournal Of Development**, Curitiba, v. 8, n. 5, p. 13086-13101, ago. 2019.

STEARNS, P. **The Industrial Revolution in World History**. 4. ed. Colorado: Westview Press, 2013.

STEWART, Tom. User experience. **Behaviour & Information Technology**, [S.L.], v. 34, n. 10, p. 949-951, 6 ago. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/0144929x.2015.1077578>.

VICENTINO, Cláudio; DORIGO, Gianpaolo. **História Geral e do Brasil Volume 2**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2013.

WALLACE, R. S.; STENTZ, A; THORPE, C. E.; MORAVEC, H. P.; WHITTAKER, W.; KANADE, T. First Results in Robot Road-Following. In: **IJCAI**. 1985. p. 1089-1095.

WILKINSON, Paul et al. Energy, energy efficiency, and the built environment. **The Lancet**, Londres, v. 370, n. 9593, p. 1175-1187, set. 2007. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(07\)61255-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(07)61255-0).

WOLLMAN, D. **Google acquires Nest's line of home automation products for \$3.2 billion, pledges continued support for iOS.** 2014. Disponível em: <https://engt.co/2BPkuVz> Acesso em: 08 out. 2019.

ZAMRI, M. A.; HAMZAH, N. The Implementation of Intelligent Traffic Management System in Solving Traffic Congestion: a survey of federal route 3214. **Journal Of Physics: Conference Series**, [S.L.], v. 2319, n. 1, p. 012032, 01 ago. 2022. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2319/1/012032>.

ZELINSKY, A. **Field and service robots.** In: Springer handbook of robotics. 2^a ed. Springer. 2016. ISBN: 978-3-319-32550-7.

ANEXOS

ANEXO I - *Google Assistant*

O *Google Assistant* é o VPA da *Google*. Lançado em 2016, este é baseado em IA, NLP e uma voz humanizada, assim como a SIRI da Apple, não sendo mais tão robotizada (AMADEO, 2016).

Google Assistant tem uma série de aplicações. Ele vem nativo em *Smartphones* com o Sistema Operacional (SO) Android, do próprio *Google* e em vários outros dispositivos como aparelhos de televisão, carros, *tablets*, computadores, acessórios, além de câmeras inteligentes, autofalantes inteligentes (*Google Home*) e *displays* inteligentes (*Google Nest* e HUB) (GOOGLE, 2019a).

Em relação aos dispositivos físicos com *Google Assistant* nativo, são denominados *Google Home* e *Nest*.

Google Home são os dispositivos autofalantes inteligentes que interagem com o VPA *Google Assistant* de forma nativa, sendo estes autofalantes próprios do *Google*.

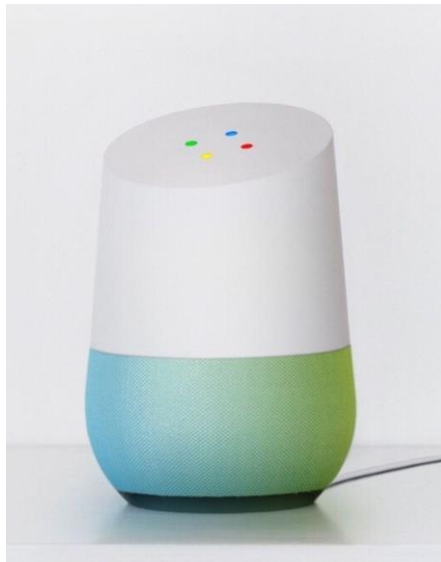
Como exemplo tem-se o *Google Home Mini*, o *Google Home* e o *Google Home Max*, além de dispositivos da empresa *Nest*, uma subsidiária da *google*, como o *Nest Home* e *Nest Home Max*. Também existem dispositivos de segurança e de controle de temperatura da própria subsidiária. Alguns destes dispositivos são apresentados nas figuras 29 a 33 (WOLLMAN, 2014).

Figura 29 – *Google Home mini*.



Fonte: <https://bit.ly/2PxYLtv>

Figura 30 – *Google Home*.



Fonte: <https://bit.ly/2pZZbhk>

Figura 31 – *Google Home Max*



Fonte: <https://bit.ly/2JpoBvN>

Figura 32 – *Nest HUB*.



Fonte: <https://bit.ly/31QefeB>

Figura 33 – Nest HUB Max.



Fonte: <https://bit.ly/2PrpA2h>

Com isso, tem-se o conceito de *Smart Home* aplicado através dos dispositivos, aplicativos e VPA da Google, que já se encontram em mais de 1 bilhão de dispositivos pelo mundo (GOOGLE, 2019b).

É possível verificar os dispositivos da própria *Google* em sua loja virtual estado-unidense, além de vários outros dispositivos possíveis, como lâmpadas, tomadas e eletrodomésticos inteligentes, e tantos outros.

De acordo com o site do assistente da Google (2019c), existem no mercado uma gama de aplicativos e empresas parceiras que interagem com o *Google Assistant* e com os dispositivos *Google home* e *Nest*.

Estas empresas e aplicativos entram na gama da Internet das Coisas (IoT), pois vão desde apagar e desligar luzes até automação de climatização, além de segurança contra incêndio e segurança patrimonial.

ANEXO II - Amazon Alexa

Alexa é um VPA baseado em nuvem desenvolvida pela empresa *Amazon*, lançada no ano de 2014, para interatividade com dispositivos *Eccho* da *Amazon* e com dispositivos parceiros (AMAZON, 2019).

Alexa tem um leque de conectividade com vários tipos de dispositivos IoT, o que permite controlá-los via smartphones, tablets e via voz por usar sistema de NLP e *Machine Learning*, o que gera maior interação entre o usuário e a casa.

Os tipos de dispositivos que se conectam ao sistema são variados. Alguns exemplos são controle de iluminação, sistema de segurança patrimonial, segurança contra incêndio, climatização, entretenimento, e até dispositivos para cozinha, entre outros existentes no mercado que se conectam com o VPA Alexa.

Em relação aos dispositivos com *Amazon Alexa* nativo, são chamados pela empresa de *Amazon Echo*.

De acordo com o site da Amazon (2019a), o dispositivo *Amazon Echo* é um autofalante inteligente controlado por voz que utiliza o VPA Alexa e interage com o usuário.

Atualmente no Brasil, os que são vendidos diretamente pelo site da *Amazon Brasil* são os dispositivos *Amazon Echo 3ª Geração*, *EchoDot* e o *Echo Show 5*. As figuras 34 a 36 ilustram estes dispositivos.

Figura 34 – *Amazon Echo 3a Geração*.



Fonte: <https://amzn.to/34hjsyh>

Figura 35 – *Amazon Echo Dot 3a* Geração.



<https://amzn.to/34hjsyh>

Figura 36 – *Amazon Echo Show 5*.



<https://amzn.to/34hjsyh>

Os dispositivos de automação residencial compatíveis com os dispositivos *Amazon Echo* estão disponíveis no próprio site da *Amazon*, principalmente do site estado-unidense.