

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO ONLINE
ESPECIALIZAÇÃO EM BIG DATA, DATA SCIENCE E DATA ANALYTICS

Silvia Milene Silva de Almeida da Costa

COMBINANDO IOT E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O
DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ PARA RESTAURANTES

São Leopoldo

2019

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO ONLINE
ESPECIALIZAÇÃO EM BIG DATA, DATA SCIENCE E DATA ANALYTICS

Silvia Milene Silva de Almeida da Costa

COMBINANDO IOT E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O
DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ PARA RESTAURANTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em *Big Data, Data Science e Data Analytics*, pelo curso de Pós-Graduação Lato Sensu em *Big Data, Data Science e Data Analytics* da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi

São Leopoldo

2019

Combinando IoT e Inteligência Artificial para o Desenvolvimento de um robô para restaurantes

Silvia Milene Silva de Almeida da Costa¹

¹Unidade Acadêmica de Educação Online
Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS
Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei, São Leopoldo - RS, 93020-190 - Brazil

silvia@fillinformatica.com.br

Abstract. *This article aims to present the development of a restaurant robot. The purpose of the project is to combine concepts of Internet of Things, Artificial Intelligence (AI) and Raspberry and Arduino family boards and sensors. The survey of related works also identified the need to use mechanical structure with attractive and functional design. As Disruptive Innovation pervades several sectors, there is a gap in the issue of automation solutions that address the market for smaller enterprises or micro enterprises. Thus, this article shows details of how the robot was modeled and enabling technologies for its development. Also, pathway tests and evaluation of robot sensors are encouraging and show the technical feasibility of the work developed.*

Resumo. *O presente artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um robô para restaurantes. A proposta do projeto é de combinar conceitos de Internet das Coisas, Inteligência Artificial (IA) e placas e sensores da família Raspberry e Arduino. Pelo levantamento de trabalhos relacionados foi identificada também a necessidade de uso de estrutura mecânica com design atrativo e funcional. No momento em que a Inovação Disruptiva penetra diversos setores, observa-se uma lacuna na questão de soluções de automação que atendam o mercado de empreendimentos de menor escala ou micro empresas. Assim, esse artigo mostra detalhes de como o robô foi modelado e tecnologias habilitadoras para o seu desenvolvimento. Ainda, testes de percorrimento de caminho e avaliação dos sensores do robô são encorajadores e mostram a viabilidade técnica do trabalho desenvolvido.*

1. Introdução

Segundo Barbosa (2016), Inovação Disruptiva teve origem em tecnologias que, na maioria das vezes, chegam com uma proposição de valor diferente. Apresentam desempenho no início inferior frente àquele dos produtos estabelecidos. No geral trazem menor custo para os consumidores, mais simplicidade, menor tamanho e maior conveniência. Ocorrendo um processo pelo qual um produto ou serviço começa por aplicações simples à margem de um mercado e, progressivamente, se destaca abolindo concorrentes. Conforme Carvalho (2018) a indústria 4.0 impactará no estilo de vida das

peças e no âmbito operacional das empresas com destaque para o sistema social de pessoas e talentos, legislação, big data, design thinking, lean manufacturing, análise de riscos, governança organizacional, práticas ágeis em gestão de projetos, marketing digital, internet das coisas (IoT), manufatura aditiva e avançada, inteligência artificial, robótica avançada, realidade virtual e aumentada, manipulação genética, veículos autônomos, entre outros.

Cada período da história é marcado por uma organização social, política, econômica, cultural e educacional própria (FAVA, 2018). Em pouco tempo, a automação nas atividades administrativas e de serviços serão realizadas por agentes inteligentes e de sistemas robóticos através de interação de alto nível com seres humanos utilizando nanotecnologia, machine learning e redes neurais. De acordo com Uwajeh (2018), um número crescente de empreendedores em todo o mundo prospera desbravando negócios de grande sucesso usando a internet e a tecnologia de Mídias Digitais, criando novas oportunidades de emprego em iniciativas emergentes que não estão necessariamente instaladas em grandes centros. Paralelamente o mercado de serviços está cada vez mais em busca da automação com inteligência artificial para solucionar as demandas de operações logísticas em diversos níveis como de alimentos, de produção agrícola, de recursos humanos, a fim de cumprir prazos, atender requisitos de segurança, prever ações, entre outros benefícios organizacionais.

Apesar de ser crescente a evolução da automação Industrial, sendo desenvolvida desde a década de 70, a esfera ainda carece de técnicas de Inteligência Artificial, bem como de práticas da Indústria 4.0 e todas as suas metodologias. Com um mercado pouco explorado, uma sociedade resistente às mudanças de paradigma, leis trabalhistas defasadas, longa curva de aprendizagem, difícil acesso à matéria prima, enfim, com toda essa complexidade econômica, países subdesenvolvidos ficam atrasados no âmbito tecnológico. Arbix (2018), explica que as perspectivas abertas para países emergentes são imensas. O Brasil não está obrigado a seguir os mesmos passos de outras nações, nem a realizar as mudanças em linha do tempo igual, pois a flexibilidade dessas tecnologias permite-nos pular etapas e contornar obstáculos que anteriormente paralisaram até mesmo países avançados. Esse caminho evidentemente óbvio está sendo ignorado nos dias que correm. É urgente alcançar um novo nível, para enfim sacudir nossas empresas e universidades, que precisam se abrir para o mundo e para a sociedade do futuro.

No modelo Quadrante de Pasteur, mencionado por Stokes (1996), conforme citado por Matos (2017), há uma relação de ciência básica x ciência aplicada. Uma proporção de pesquisadores, foca apenas na busca de conhecimento, sem considerações evidentes sobre seu uso. Em outra porção, há apenas uma preocupação predominante com o uso do conhecimento adquirido. Na proporção seguinte, não há uma motivação clara para a busca de novos conhecimentos e nem de seu uso. Na porção a seguir, há um trabalho inspirado pela inovação e desenvolvimento de um conhecimento aplicado às necessidades da vida cotidiana. No momento em que a Inovação Disruptiva penetra diversos setores, observa-se uma lacuna na questão de soluções de automação que atendam o mercado de empreendimentos de menor escala ou micro empresas. Nesse contexto, o artigo a seguir sugere um modelo de protótipo que venha de encontro com as necessidades do setor e toda a cadeia de serviços que envolvem a coleta, estocagem, armazenamento, transporte, logística e entrega.

De acordo com a Mercadoeconsumo (2019), robôs podem ajudar varejistas a melhorar seus lucros e oferecer experiência distinta para os clientes. É o que dizem os palestrantes Nick Bertram, presidente da Giant Food Stores; Steven Keith Platt, diretor e pesquisador do Retail Analytics Council, e Tim Rowland, CEO da Badger Technologies debateram o tema: “Por que tem um robô na minha loja?”. Bertram relata sobre como os clientes recebem o atendimento feito por robô: “Os clientes o amam, especialmente as crianças. Eles tiram milhares de selfies com ele”, contou. Para isso, destaca-se a necessidade observada em atendimento de restaurantes, que embora ainda seja um cenário analógico, é sabido que é de grande importância ocorrer uma mudança disruptiva nessa área tão primordial.

Com essa premissa, constatou-se através de pesquisa que o setor de serviços de atendimento direto ao cliente final é carente de ferramentas que inovam. E é nesse viés, que a proposta apresentada é de um modelo de protótipo de transporte para facilitar a logística de trabalho em restaurantes, para o deslocamento de utensílios domésticos e de alimentos, sem a necessidade de interação humana. O projeto tem como objetivo, apresentar o desenvolvimento de um robô para restaurantes que envolva Internet das Coisas e Inteligência Artificial, para automatizar o transporte para uso em restaurantes. A pesquisa exploratória é importante para o estudante obter um panorama da situação atual para iniciar o desenvolvimento do tema proposto. Para a condução do delineamento da investigação é utilizado o método de pesquisa aplicada, com enfoque qualitativo.

A técnica de coleta de dados é baseada em descrições e observações, sem medições numéricas. Considerando o todo, sem o estudo de suas partes. Os resultados são apresentados através de narrativas, fotografias, mapas e diagramas. Neste momento fazem-se necessárias observações e levantamentos aleatórios, a fim de nortear os processos e etapas específicas. O pesquisador observa as etapas de um processo, as ferramentas utilizadas, as dificuldades que surgem, os resultados do trabalho e os aplica no decorrer do desenvolvimento do projeto. Todos os itens propostos no trabalho deverão ser simulados a fim de viabilizar a proposta. Para a pesquisa experimental, os artefatos serão montados em laboratório e condicionados em todas as possibilidades propostas. Finalmente, todos os cenários são considerados em campo a fim de ser testado e homologado o projeto final que será apresentado pelo acadêmico.

O artigo está estruturado da seguinte forma: primeiramente é exposto na fundamentação teórica o panorama atual da robótica. Na sequência, utilizando uma tabela comparativa, é detalhado o levantamento de trabalhos relacionados e os possíveis concorrentes. Após, é explanado o modelo desenvolvido, através das decisões de projeto, arquitetura e funcionamento. Na metodologia de avaliação, além de testes e validações, é descrito o protótipo em fotos com detalhes técnicos. Logo adiante, surgem os resultados dos testes de percurso com objetivos atingidos, prós e contras. Na conclusão, com as contribuições para a sociedade, boas práticas, limitações de equipamentos, bem como, trabalhos futuros. E por fim, as referências bibliográficas em que lista os artigos atuais da área de estudo deste trabalho apresentado.

2. Fundamentação Teórica

À medida que as tecnologias de automação, engenharia, armazenamento de energia, inteligência artificial e aprendizado de máquina avançam, a revolução da robótica segue

o mesmo ritmo. A capacidade dos robôs em assumir tarefas antes executadas por seres humanos tem um crescimento progressivo. As tendências sugerem que a quantidade global de robôs se multiplicará ainda mais, chegando a 20 milhões em 2030, com 14 milhões somente na China. Os resultados são colossais e os desafios para governos e sociedade são desafiadores. Em contrapartida, a robotização possibilitará o aumento da produtividade e o crescimento econômico, gerando novas oportunidades de emprego a uma taxa comparável ao ritmo de destruição de empregos. Estima-se que um aumento de 1% no estoque de robôs por trabalhador no setor de manufatura leve a um aumento de 0,1% na produção por trabalhador em toda a força de trabalho. (Oxford Economics, 2019).

De acordo com Carvalho (2018), devido ao surgimento de novos processos, novos produtos e novos modelos de negócios, os sistemas convencionais de produção tornam-se gradualmente obsoletos. Como fatores responsáveis pela transformação tecnológica tem-se a conexão entre tecnologias, informações e ser humano. A mudança ocorre no aspecto de interação na gestão de empresas, onde o gerenciamento integra processos, pessoas e metodologias na busca de resultados. As tecnologias físicas e digitais entre e com a sociedade, pessoas e estratégias organizacionais são o elo com a Indústria 4.0. As transformações que irão impactar no potencial produtivo das empresas e na sociedade ainda não foram definidas. Além disso é desconhecido quais intervenções realmente importam para cada empresa ao optarem por novas tecnologias.

A ascensão dos robôs aumentará a produtividade e o crescimento econômico. Com as inovações em engenharia e aprendizado de máquina a adoção acelerada de robôs nas ocupações do setor de serviços tende a crescer. Isso levará também à criação de novos empregos em indústrias ainda existentes, em um processo de "destruição criativa". Mas os modelos de negócios existentes em muitos setores serão seriamente afetados. E dezenas de milhões de empregos existentes serão perdidos, com trabalhadores humanos deslocados por robôs a uma taxa crescente à medida que os robôs se tornam cada vez mais sofisticados. Tanto para as pessoas quanto para as empresas, os efeitos dessas perdas de emprego variam muito entre países e regiões, com um custo desproporcional para os trabalhadores menos qualificados. (Oxford Economics, 2019)

As mudanças na taxa de instalação de robôs industriais podem afetar a economia global, os robôs tem um impacto positivo no crescimento de curto e médio prazo. Os robôs estão constantemente ganhando força em segmentos específicos da economia de serviços, desde o manuseio de bagagem nos aeroportos até o carregamento de estoque nos armazéns, saúde, varejo, hotelaria, transporte, construção e agricultura. Os "cobots" - robô colaborativo, máquinas pequenas, altamente móveis e hábeis que podem colaborar com os seres humanos - estão entrando nas áreas de manufatura e logística e podem ser facilmente "educadas" para otimizar a produtividade. Esses robôs podem ser fixos ou móveis e responsivos ao ambiente. Até recentemente, os robôs eram pesados e perigosos e, portanto, afastavam os trabalhadores para sua própria segurança. A tecnologia dos cobots é diferente, foi projetada para trabalhar com pessoas, o que oferecerá novas oportunidades aos trabalhadores menos qualificados. (Forbes, 2019).

O conceito de robótica pode ser resumido com a seguinte frase: "Virtualmente qualquer coisa que opera com algum grau de autonomia, usualmente sobre controle computacional, em algum momento pode ser chamado de robô", ou também: "Um Robô

é um manipulador multifuncional reprogramável, designado para mover objetos, partes, ferramentas, ou, dispositivos especializados através de movimentos programáveis para executar uma variedade de tarefas” (Bastos, 2012). A robótica pode ser definida como a ciência de conceber, construir e programar robôs, veículos e outra infinidade de produtos. O campo se divide em robótica industrial, voltada para fábricas, e robótica móvel, com aplicações que vão da limpeza à medicina, passando por áreas como logística e entretenimento. A Robótica pode ser catalogada também pela engenharia mecânica, elétrica e engenharia da computação.

3. Trabalhos Relacionados

Com o objetivo de analisar o mercado pertinente ao tema proposto neste artigo foi realizado um levantamento de trabalhos anteriores onde foram identificados diversos tópicos. O nível de investigação abrangeu desde trabalhos de cursos de graduação à dissertação de mestrado, nas áreas de computação à engenharia elétrica e eletrônica. Para isso a verificação compreendeu documentos desde 1998 até 2018, onde se constatou que a maioria aborda questões bem específicas. As localidades estão bem distribuídas entre várias partes do mundo, entre Brasil, Japão, EUA e Coreia do Sul. No âmbito dessa análise acadêmico-científica, diversas são as possibilidades de ampliar uma averiguação sobre Robótica, Veículos Autônomos, Inteligência Artificial, Visão Computacional, Aprendizado de Máquina, Deep Learning, Redes Neurais Artificiais entre outros.

Em Borges (1998), o autor focou no reconhecimento de guia de trajetória e também apresentou uma proposta de controlador de trajetória para um veículo protótipo (figura 1). Todos os elementos deste sistema foram avaliados em uma plataforma de testes por simulação em computador ou em experimentos com o veículo protótipo. Resultados experimentais com demonstraram o funcionamento satisfatório do sistema proposto. Utiliza uma Estrutura das Redes Neurais, citando ajustes e treinamento, com destaque aos controladores de velocidade. Keywords pesquisadas: Veículos Autônomos; Trajetórias; Redes Neural.

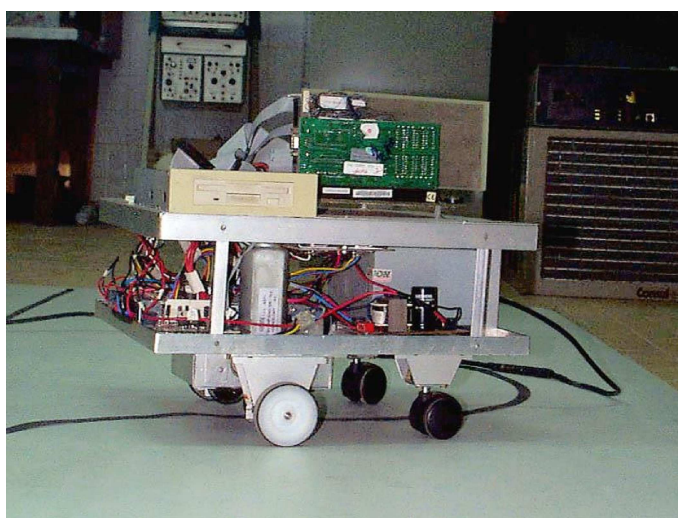


Figura 1

Com origem no Japão, o estudo de Hasegawa (1999), apresentou o Stereo Vision System, para medição e reconhecimento de posição em um sistema robótico autônomo para transporte de bandejas de alimentos (Ilustração 2). Propôs o uso do experimento

em ambiente hospitalar. O sistema do robô com visão deve posicionar-se, reconhecer mesas e manipular bandejas de pratos. Utiliza técnicas de detecção de bordas para a medição dos objetos alvo. O Stereo Vision System realiza a correlação de imagens. Nos testes de entrega e coleta em um ambiente simulado, mostrou que o modelo oferece precisão suficiente para manipular as bandejas em vários níveis de brilho. Emprega imagens de vídeo de câmeras estéreo instaladas na garra do manipulador. Publicado em: Anais da Conferência IEEE SMC'99. 1999 Conferência Internacional IEEE sobre Sistemas, Homem e Cibernética (Cat. No.99CH37028). Keywords pesquisadas: Visão estéreo; Medição de posição; Sistemas de visão robótica; Detecção de borda da imagem; Visão de máquina; Detecção de objetos; Cor.

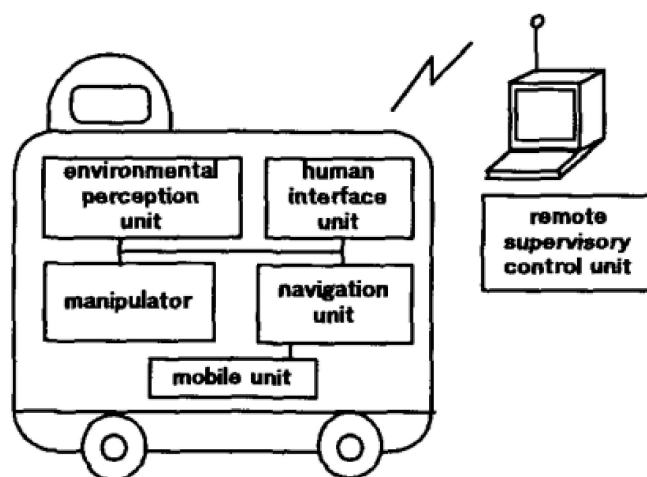


Figura 2

Silva (1999) oferece uma proposta de controle neural adaptativo para a navegação de veículos autônomos. Descreve uma metodologia de controle neural adaptativo para guiar um veículo móvel até o seu destino em ambientes contendo obstáculos fixos ou móveis. Diferente das abordagens tradicionais, não existe a necessidade de um treinamento prévio da rede. Em linguagem C, a rede neural artificial escolhida promove uma contínua adaptação do sistema enquanto atua. Neste processo, são utilizados sensores que fornecem subsídios para que a rede possa gerar soluções parciais que façam com que o veículo autônomo se aproxime cada vez mais do seu objetivo, até, finalmente, atingi-lo. O projeto fornece algumas especificações técnicas do hardware do robô móvel Nomad 200 (figura 3), adquirido recentemente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Keywords pesquisadas: Redes neurais; Robótica móvel inteligente; Controle de navegação; Veículos autônomos.



Figura 3

Bianchi (2003) descreve um sistema de navegação de robôs móveis autônomos para o transporte de documentos. O objetivo principal é o desenvolvimento de um software em C++ para navegação de um robô móvel. Ser capaz de transportar documentos de forma autônoma entre locais distantes, sem que sejam necessárias modificações de qualquer tipo no ambiente. O software deve ser capaz de estimar a posição do robô sem o uso de marcas artificiais. Criar e manter mapas do ambiente. Desviar de obstáculos estáticos e dinâmicos. Calcula a trajetória entre os pontos em que o robô deverá receber e entregar documentos. Utiliza os métodos probabilísticos de mapeamento Occupancy Grid com localização Monte Carlo. Diversos experimentos foram realizados para demonstrar sua adequação à tarefa de entrega de documentos. Esses métodos foram testados em um ambiente real do ICMC-USP, utilizando-se o robô móvel Pioneer 1 (figura 4). Keywords pesquisadas: Robôs móveis autônomos; Navegação de robôs; Mapeamento; Planejamento de trajetória.



Figura 4

Na dissertação de mestrado em Engenharia Elétrica de Raffo (2005) propõe o estudo de algoritmos utilizando o método de CPBM (Controle Preditivo Baseado em Modelo) para o seguimento de trajetórias de veículos autônomos. O trabalho considera tanto a dinâmica como a cinemática do veículo. Usa a simplicidade e objetiva a otimização de tempos de cálculo de modo a facilitar a implementação em tempo real em uma plataforma embarcada. O veículo autônomo utilizado é o Mini-Baja (figura 5) fornecido pela Unisinos, previamente desenvolvido para estes tipos de testes. Keywords pesquisadas: Veículos autônomos; Controle preditivo; Seguimento de trajetórias.



Figura 5: Veículo Autônomo Mini-Baja, Raffo (2005).

Na proposta de Franklin (2007), é de um robô garçom usando Perseus e o Animate Agent Architecture. Atua em ambientes de restaurante com reconhecimento de gestos, em conjunto com a percepção e ação. O garçom robô (figura 6) é capaz de executar a identificação visual de gestos. Interpreta o pedido ou a oferta de um objeto. Rastreia visualmente uma pessoa e localiza seus pés. Navega com segurança até uma pessoa, entrega e recebe objetos. Na conclusão, os autores destacam a expectativa de que as tarefas futuras possam ser implementadas com a mesma facilidade, utilizando as ferramentas que já desenvolveram. Publicado em: Proceedings of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition. Keywords pesquisadas: Reconhecimento de imagens; Garçom robô; Robôs autônomos.



Figura 6: garçom robô, Franklin (2007).

Na proposta de Trindade (2018), a ideia de “Detecção de obstáculos para carros autônomos utilizando aprendizado profundo” foi enfatizada pelo uso de ferramentas de alto nível voltados para o aprendizado de máquina, como o Tensorflow e Keras em ambiente de linguagem Python. Apesar de não oferecer um modelo de protótipo físico, o estudo propõe a execução de uma metodologia de otimização que busca a implementação de um modelo de rede neural convolucional. Teve como foco a segmentação de imagens visando aplicação em veículos autônomos. Com o desenvolvimento de modelos na detecção de objetos em meio ao ambiente de tráfego. Com destaque para a acurácia, velocidade de inferência, complexidade de detecção e número de parâmetros treináveis. Documento hospedado em: Repositório Institucional da UFSC. Keywords pesquisadas: Aprendizado profundo; Carros autônomos; Redes neurais; Convolutional Neural Network.

A seguir é apresentada uma tabela comparativa (tabela 1) a fim de entendermos a contribuição que cada documento oferece de embasamento científico. Contudo, observa-se uma carência de projetos na íntegra, que pontue todas as questões que envolvem o contexto completo. Que proporcione ao público alvo uma discussão rica em detalhes e apresente um destaque de importância para o cenário acadêmico em questão. É identificado uma falta de clareza nos testes, validação e análises técnicas. Entretanto é presumível que na maioria dos casos tenha sido alcançado o suficiente e quando gerado o esperado o estudante se desprenda do projeto. Inclusive a falta de detalhes é passível de ser por receio de plágio. É um prejuízo, já que é notório que a pesquisa é a força motriz para a maior parte da produção e maturação das descobertas científicas e criação de novos produtos. Atualmente é observada uma carência de trabalhos acadêmicos equivalentes a este tema proposto.

Tabela 1

Documento	Apresenta Protótipo	Uso Comercial	Design Arrojado	Segue Linha	Trajatória autônoma	Machine Learning	Deep Learning	Software/ Método	Reconhecimento de imagens	Análise de dados
Borges (1998)	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	C	Não	Sim
Hasegawa (1999)	Sim	Sim	Sim	-	-	Sim	Não	Stereo Vision System	Sim	-
Silva (1999)	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	C	Sim	Sim
Bianchi (2003)	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	C++	Não	Sim
Raffo (2005)	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	CPBM	-	Não	-
Franklin (2007)	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	RAP/CRL	Sim	-
Pscheidt (2007)	Sim	Sim	Não	Sim	-	Sim	Não	C	Não	-
Souza (2010)	Não	Não	Não	-	-	Sim	Sim	OpenCV C/C++	Sim	Sim
Rocha (2011)	Sim	Sim	-	-	-	Sim	Sim	Matlab	Não	Sim
Klaser (2014)	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	-	ROS C++, Python	Sim	Sim
Santos (2015)	Sim	Não	Não	-	-	-	-	C e C++	-	-
Boden (2017)	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Python	Sim	Sim
Oh (2017)	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Matlab	Sim	Sim
Trindade (2018)	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Python	Sim	Sim

Em contrapartida aos trabalhos acadêmicos pesquisados, foi realizado também uma pesquisa com foco mais comercial. Na história da automação para restaurantes, em 1902 Joe Horn e Frank Hardart inauguram o Automat na 818 Chestnut St., na Filadélfia (Figura 7). O que seria o primeiro operado por moedas da América. A empresa também projetou seu próprio equipamento automático aprimorado. O serviço oferecia café, sobremesas, pratos de macarrão, frango, entre diversas outras opções (Figura 8). Com mais de 85 locais na Filadélfia e Nova York, tornou a primeira cadeia de fast-food dos Estados Unidos. O declínio da rede iniciou em 1991, fechando a última cafeteria em 2005. A expansão de fast-food como McDonald's e Burger King, além da infinidade de pizzarias de Nova York e Filadélfia motivaram a queda do negócio (Wired, 2010).



Figura 7: Automat na 818 Chestnut St., na Filadélfia. (Fonte: Wired, 2010)

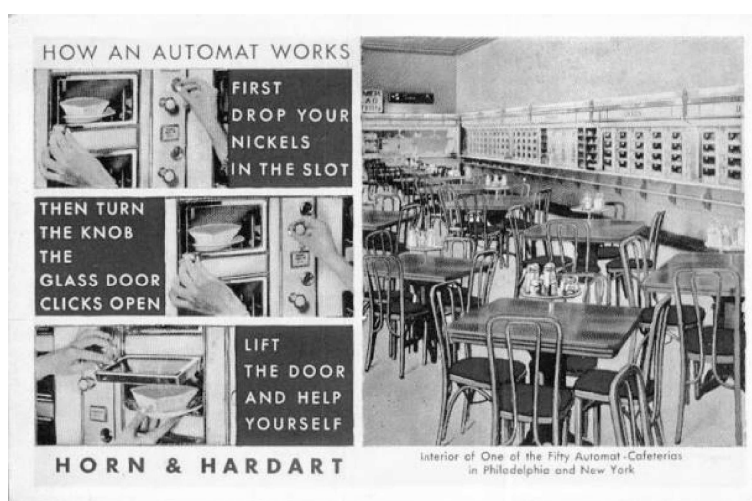


Figura 8: O serviço oferecia café, sobremesas, pratos de macarrão, frango, entre diversas outras opções. (Fonte: Wired, 2010)

Em Exame (2016), está publicado um conceito de pizza robótica, a Zume Pizza, uma startup de Mountain View, na Califórnia, é conhecida por usar uma equipe de

humanos e robôs na cozinha para acelerar o processo de fabricação de pizza (Figura 9). Com a capacidade para produzir quase 300 pizzas por hora, tem como meta um tempo de entrega de 15 minutos. Quatro robôs fazem o trabalho repetitivo: colocar o molho de tomate na massa, espalhar e colocar a pizza no forno para que seja pré-assada. A conclusão do cozimento é finalizado por uma combinação de cozinhas móveis sob medida que funcionam dentro de caminhões de alimentos e veículos de entrega, combinadas com sistemas de IA projetados para entender e responder melhor à demanda dos clientes, com base na localização, padrões de tráfego e similares.

No mercado americano é possível encontrar um assistente de cozinha robótico autônomo que utiliza um braço mecânico de seis eixos. A empresa Miso Robotics que desenvolve e comercializa o Flippy (Figura 10), garante que o equipamento aprende com a experiência e adquire novas habilidades no decorrer do tempo. Atua em colaboração com a equipe da cozinha, podendo ser usado em qualquer cozinha comercial. Reconhece e monitora itens, processando até dois mil hambúrgueres por dia e doze ao mesmo tempo. O processo de virar a carne é realizado por escâneres térmicos de detecção de calor e identifica os ingredientes, como queijo, hambúrguer, frango e pão, através de visão computacional e programas de inteligência artificial. A empresa também oferece uma versão do robô para fritar batatas e asinhas de frango. Outra máquina semelhante pertence a startup Creator (Figura 11), que executa todo o processo de fabricação de hambúrgueres, desde cortar o pão, passar manteiga e aquecê-lo, até moer a carne. (Folha, 2018). Outro destaque é a cozinha completa robotizada da Spyce (Figura 12), idealizado por três engenheiros formados pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) e recebeu apoio do consagrado chef francês Daniel Boulud. (Exame, 2018)



Figura 9: Robô da Zume Pizzas. (Fonte: Exame, 2016)



Figura 10: Flippy, assistente de cozinha robótico autônomo que utiliza um braço mecânico de seis eixos. (Fonte: Folha, 2018)



Figura 11: maquinário completo, desenvolvido e comercializado pela Creator (Fonte: Folha, 2018)

Como resultado, a pesquisa de trabalhos relacionados é de extrema importância para o estudante obter um panorama de como está o ambiente em que pretende investigar. Aproveitando os materiais como embasamento de aprendizagem, correlacionando métodos, carências e acertos no enfoque de diversos aspectos no segmento de estudo. É interessante salientar a evolução das propostas ao longo de 20 anos. A conclusão é de que em anos anteriores a dificuldade de acesso aos métodos era o principal limitador, incluindo a falta de recursos de processamento de máquina e aquisição de peças. A disponibilidade de materiais de estudo ainda é em sua maioria em língua estrangeira.

Em vista desses exemplares, o valor deste trabalho será o de detalhar as fases consideradas importantes no processo de criação do projeto. Com a exposição das dificuldades e avanços de resultados. Fornecendo plenamente uma descrição de pontos factíveis e de maior atenção. Descrevendo aspectos técnicos de maneira que o leitor

tenha uma real visão das particularidades do conteúdo proposto. Para tanto, será fornecido imagens e relatórios de características pertinentes à apresentação dos resultados gerados. Além de relatos dos testes de validação transcritos de maneira clara e objetiva. Em um ambiente que seja possível transparecer a receptividade do modelo de protótipo. E por fim, narrar possibilidades de aplicação no aspecto comercial e de registro de patente.

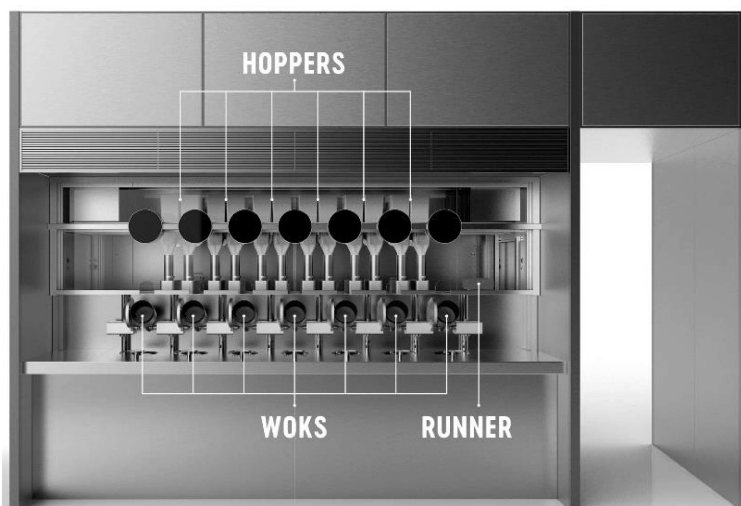


Figura 12: Cozinha completa robotizada da Spyce. (Fonte: Exame, 2018)

4. Modelo

Protótipo é um modelo desenvolvido com o objetivo de avaliar um serviço, sistema ou produto. Um protótipo comumente é construído na fase de testes de um projeto. A finalidade de um protótipo é o exercício e a avaliação do conhecimento. Ainda na construção, não se sabe se terá êxito ou não, resultados positivos não são garantidos. O teste de funcionalidades do modelo empregará toda a conjuntura desenvolvida. O projeto proposto terá embasamento em diversos campos de estudo: engenharia eletrônica, engenharia mecânica, ciência da computação, economia, matemática, estatística, dentre outros. Com a utilização de diversos dispositivos os quais precisam ser programados a fim de desenvolver o robô: sensores, atuadores e controladores.

Fundamentos que são importantes considerar: dinâmica da cinemática, planejamento de movimentos, visão computacional e controle. A fonte de energia a ser empregada será a elétrica via bateria. São pontos a serem avaliados: velocidade, planejamento de caminho e geração de trajetória, controle de força, controle baseado na visão. Distribuição de peso, cálculos de resistência de material, peso potência do motor para carregar o equivalente e tamanho de rodas para sustentar a capacidade de carga. Pelo levantamento de trabalhos relacionados foi identificada a necessidade de uso de estrutura mecânica com design atrativo e funcional, que atenda todas as demandas relacionadas ao atendimento das mesas até a cozinha. Para motivar o interesse do público que interagir com o modelo, o protótipo será chamado de F2020.

4.1 Decisões de Projeto

As diversas leituras realizadas tangem a uma necessidade de ampliar o assunto e a escolher o projeto de desenvolvimento de um robô garçom móvel. O objetivo é acatar uma demanda em que se identifica um vácuo de inovações disruptivas para atender o

mundo real, em frente a um cenário carente de tecnologias de automação de serviços. A meta é motivar as pequenas e médias empresas a começarem a usar esse tipo de tecnologia. A relevância desse tema é a estratégia para o empoderamento do projeto. Ao estabelecer restaurantes como público alvo e potenciais clientes, a afinidade e o interesse de diversos usuários atingirá uma maior proporção se considerarmos o ambiente mais diversificado e de livre acesso de pessoas. Proporcionando conhecimento e aplicabilidade para futuros tipos de empreendimentos.

Um dos critérios a impulsionar a escolha do projeto foi a disponibilidade de conteúdo sobre o assunto na internet. Considerando a viabilidade do protótipo e o sucesso do estudo, será analisada a possibilidade de comercialização como produto. Gerando uma ferramenta que promova e impulse a solução de alguma necessidade de mercado até então não satisfeita. Soma-se a isso, a notoriedade do pesquisador como candidato a futuros incentivos em projetos de pesquisas, tanto no setor privado quanto no acadêmico. Ao conhecer, compreender, analisar, explorar, aplicar e desenvolver os vários pontos que norteiam o trabalho, o estudante torna-se hábil para enfrentar novos desafios que lhe sejam oferecidos em qualquer outro contexto semelhante ao proposto.

O referido objeto de estudo será apresentado em formato de protótipo de um robô garçom capaz de locomover-se em ambiente de restaurantes de maneira autônoma a fim de automatizar o transporte de pratos, alimentos e utensílios. Para isso, terá a capacidade de reconhecer pratos brancos, posição de mesas e cozinha. Ao encontrar um obstáculo, terá a função de desviá-lo. Os testes de percurso serão realizados dentro de um refeitório universitário, em ambiente interno e controlado. A finalidade é introduzir um produto a nível experimental de fácil acesso e funcional, simulando a mão de obra para executar diversas tarefas.

4.2 Detalhes de Comunicação e Hardware

De acordo com Arruda (2012), cada concepção de robô é muito específica. Não podemos fornecer uma única solução de hardware e software. Portanto, é imprescindível uma avaliação para cada métrica e parâmetro. Entender as principais interações que o mecanismo fará no contexto que será aplicado é primordial.

- **Internet das Coisas (IoT):** são os objetos físicos, e sensores dentro ou acoplados a esses objetos, conectados à Internet.
- **Sistema de Sensoriamento e Percepção:** faz a leitura e medição de peso, velocidade, rotação do motor, distância, posição, utilizando sensores e câmeras.
 - **Câmera:** capazes de filmar o ambiente, no espectro visível e infravermelho, por meio de processamento de imagens cria posição de obstáculos, distâncias e reconhecimento de padrões.
 - **Sensor Ultrassom:** utiliza o som como instrumento medidor, permitindo ao robô processar informações relativas a obstáculos pequenos, paredes, desvios, localização e mapeamento de rota. O Sensor ultrassônico HC-SR04 é capaz de medir distâncias de dois centímetros a quatro metros com ótima precisão, com um ângulo de efeito de 15°/30°.
 - **Sensor infravermelho:** detector de proximidade com sensor infravermelho, que possui um circuito transmissor e um receptor. Quando há impedimento da passagem da luz é acionado um led e um sinal digital é enviado ao Arduino.

- **Servo Motor:** diferente dos motores DC ou motores de passo que podem girar indefinidamente, o eixo de um servo possui a liberdade de apenas 180°, útil apenas para efetuar movimentos específicos. Muito utilizado para controle de posição de câmeras e sensores.
- **Sistema de Processamento:** recebe e processa os dados fornecidos pelos sensores e demais itens.
 - **Mini PC:** equipado com processador de 1.4GHz, 1GB de memória, conexão wireless. Usada em projetos como videogames, servidores de arquivos, câmeras de monitoramento e projetos embarcados.
 - **ATmega2560:** equipada com conjuntos de pinos de entrada/saída digitais e analógicos que podem ser conectados a várias placas de expansão e outros circuitos.
- **Sistema de Aceleração:** altera a velocidade.
 - **Motor DC (Corrente Contínua):** oferece potência e velocidade aos eixos.
- **Sistema de Direção:** permite que seja escolhida a trajetória pela qual o robô irá percorrer, permitindo o sentido da direita e esquerda, ré e manobras de conversão.
 - **Sensor IMU (Inertial Measurement Unit):** combinam um giroscópio de 3 eixos e um acelerômetro de 3 eixos na mesma matriz de silício, junto com um Processador Digital de Movimento integrado, que processa complexos algoritmos de 6 eixos.
- **Sistema de Movimentação:** permite ao robô se deslocar, a trajetória será de um ponto ao outro sem intervenção humana.
- **Sistema de Parada:** será realizado através do freio motor, travando as rodas.
- **Sistema de Comunicação:** é um processo mediante o qual uma mensagem é enviada por um emissor, através de um determinado canal, e entendida por um receptor.
 - **Buzzer:** composto por 2 camadas de metal e uma terceira camada interna de cristal piezoelétrico, é utilizado para emitir sinalização sonora.
 - **Led (Light Emitting Diode) RGB:** o Diodo Emissor de Luz é um componente eletrônico que, quando ocorre passagem de corrente elétrica, emite luz. Composto por três LEDs de cores diferentes, vermelho (Red), verde (Green) e azul (Blue).
- **Sistema de Análise de Dados:** os dados coletados do ambiente por meio de sensores poderão ser estudados instantaneamente e posteriormente gerar relatórios e gráficos analíticos.
- **Sistemas de programação**
 - **Arduino IDE:** os programas para o Arduino são implementados tendo como referência a linguagem C++.
 - **Python:** desde a primeira versão em 1990, o Python ganhou apoio público na academia e nos negócios, sendo amplamente empregado em inteligência artificial e aprendizado de máquina. Muito usada entre cientistas de dados.
- **Inteligência Artificial:** é a habilidade de executar tarefas que normalmente requerem inteligência humana.

- **Aprendizado de máquina (Machine Learning – ML):** utiliza técnicas estatísticas com o propósito de reconhecer padrões e progressivamente aprender a realizar uma tarefa.
 - **Aprendizado Profundo (Deep Learning – DL):** os algoritmos de Deep Learning são capazes de realizar classificação de imagens, detecção de objetos, reconhecimento de ações humanas, textos e muito mais.
 - **Redes Neurais Artificiais:** representadas por um modelo matemático, são métodos computacionais inspirados na estrutura neural de organismos inteligentes.
 - **Visão Computacional:** é a capacidade de reconhecer imagens utilizando software e hardware, replicando da visão humana.
- **Bibliotecas de programação:**
 - **Keras:** é uma das principais bibliotecas em Python. Desenvolvida para ser intuitiva, modular e sem a necessidade de entender ML e DL.
 - **OpenCV (Open Source Computer Vision Library):** é uma biblioteca de software de visão computacional e aprendizado de máquina de código aberto.
 - **Rede Neural Convolutiva (Convolutional Neural Network – CNN):** é um algoritmo de DL que pode captar uma imagem de entrada, atribuir importância a vários aspectos e ser capaz de diferenciar um do outro.

Com materiais leves, a proposta de um robô garçom será uma mesa de 65 cm de altura (Figura 15). Em armação com estrutura de fibra de vidro e chapa em inox, contendo os seguintes componentes de hardware (figuras 13 e 14):

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| • 1x Bateria 12v Moura | • 8x Sensores ultrassônicos |
| • 2x Reguladores de Tensão | • 1x IMU MPU-6050 |
| • 1x Placa Arduino Mega 2560 | • 2x Motores DC |
| • 1x MiniPC Raspberry | • 2x Pontes H |
| • 1x Câmera LED night-vision | • 2x Correias de transmissão |
| • 1x Servo Motor | • 2x Engrenagens |
| • 1x Sensor infravermelho | • 4x Rodas de borracha |
| • 1x Buzzer | • 1x Tampo em inox |

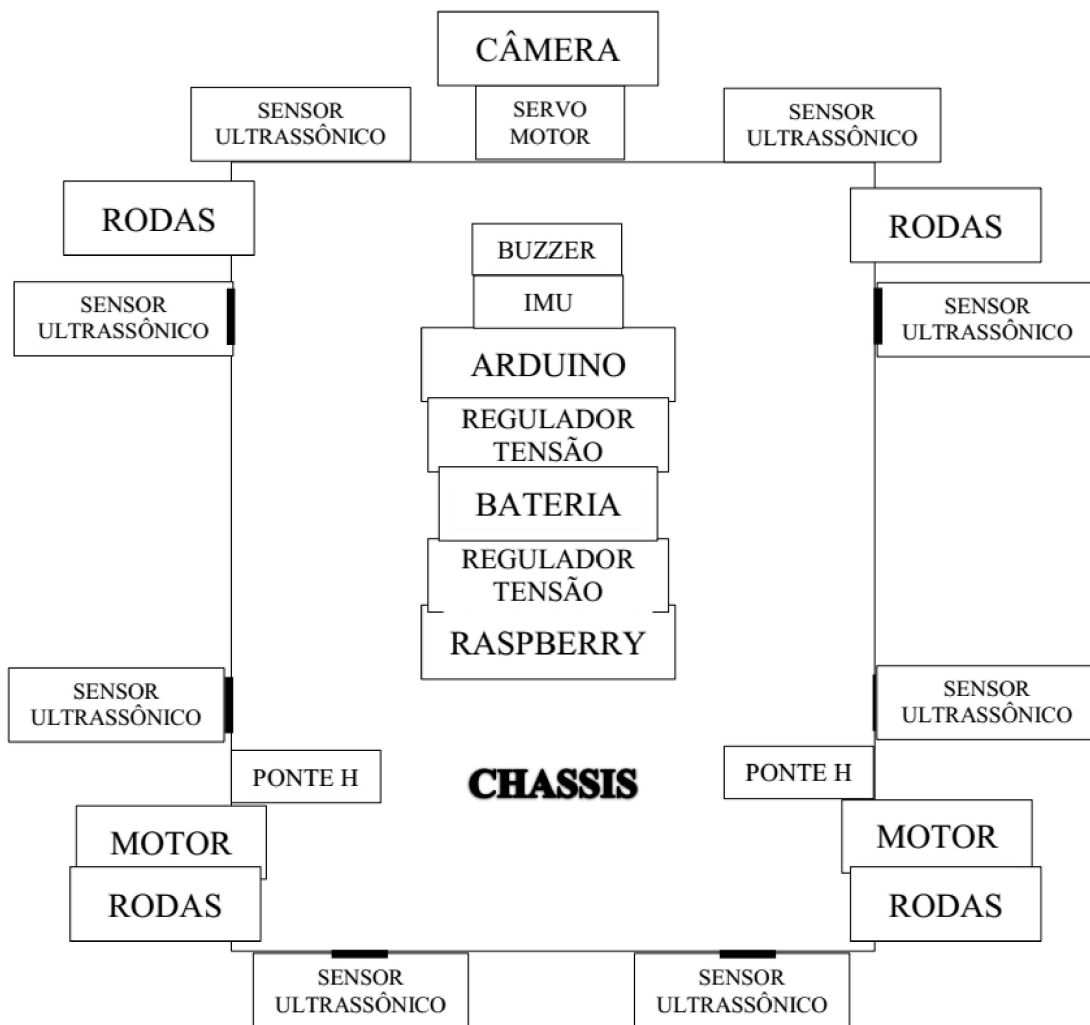


Figura 13: Esquema de hardware de modelo

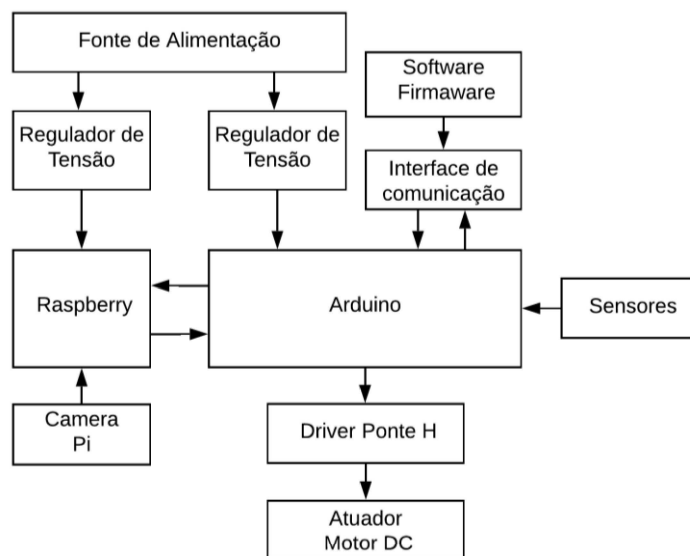


Figura 14: Diagrama de comunicação do modelo

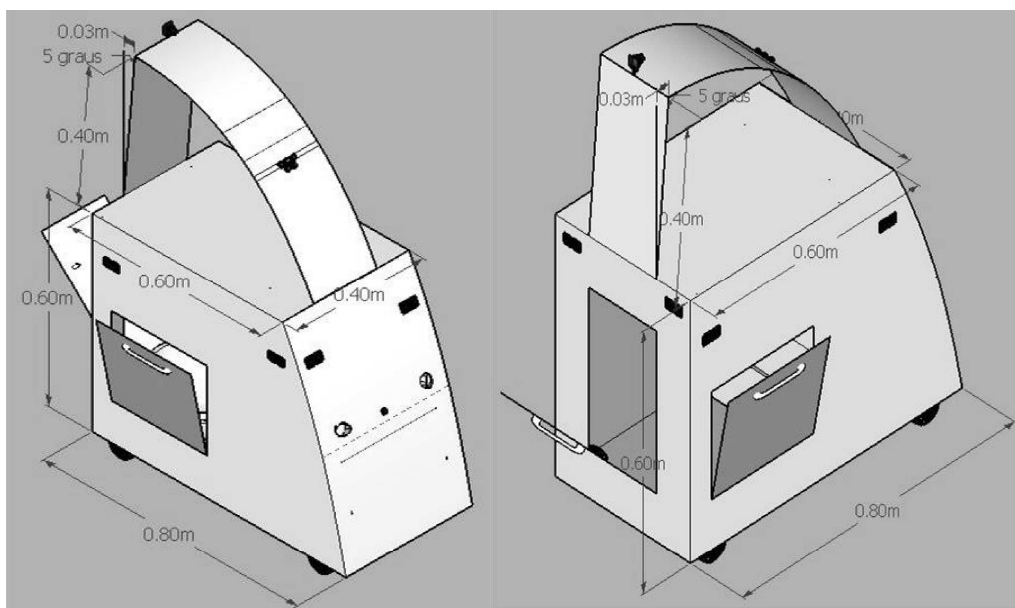


Figura 15: Vista isométrica frontal e traseira do modelo

4.3 Funcionamento

O funcionamento do modelo de protótipo utilizou a seguinte combinação (Figura 8): Uma Bateria 12v para alimentar os equipamentos eletrônicos. Dois reguladores de tensão a fim de moderar a energia da bateria que chegam aos controladores. Uma placa Arduino Mega 2560 para o gerenciamento entre os sensores e atuadores (motores). Um mini PC Raspberry Pi B+ responsável por processar os dados recebidos e retornar ao Arduino via comunicação serial universal (USB). Uma câmera Raspberry Pi com LED night-vision, que utiliza luz infravermelha com o propósito de captar as imagens com maior precisão, independente da iluminação do ambiente. Um Servo Motor com o intuito de posicionar a câmera, assim, se requerido pelo Arduino. Um sensor infravermelho de proximidade E18-D80NK, que quando acionado fará o robô parar ou desviar. Dois módulos de sensor infravermelho reflexivo de limite que operam na base do protótipo, com a finalidade de identificar o contorno preestabelecido no percurso. Oito sensores ultrassônicos, responsáveis por detectar uma barreira, e através de tarefas programadas, os atuadores serão acionados ou desligados, o que determinará o desvio do obstáculo.

Um sensor IMU MPU-6050, que captura os canais X, Y e Z ao mesmo tempo, detectando a posição exata em que se encontra o robô, o que possibilita o realinhamento ao auxiliar os atuadores a efetuar a estabilização da rota. Um buzzer para emitir um apito quando requisitado. Dois motores DC de 12v, com redução de 90 rpm e torque para 30kgf.cm, permitindo travar as rodas quando necessário. Duas pontes H utilizadas para gerenciar a rotação das rodas para ambos os lados, o que possibilita selecionar velocidades variadas em movimentos controlados. Duas correias de transmissão com engrenagens, que conduz a força do motor para as rodas. Quatro rodas de borracha, sendo duas usadas como rodízio giratório (mais conhecida como roda boba) apenas para apoio. Um tampo em inox, para acomodar os itens a serem transportados. Diagrama de funcionamento (Figura 16): **Captar** os dados do ambiente através de sensores de distância, câmeras e IMU. **Processar** as informações a fim de detectar os obstáculos e prever colisões, além do reconhecimento de padrões. Ao **reconhecer** a situação, será

determinado o comportamento a ser efetuado e na sequência é **executada** a ação de direção, aceleração ou frenagem.

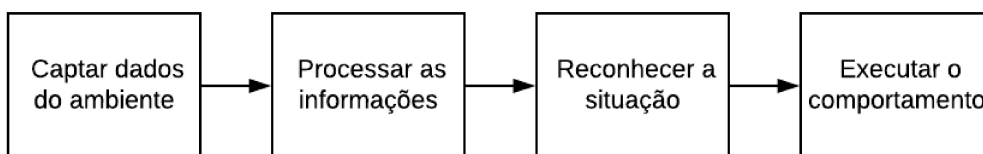


Figura 16: diagrama de funcionamento do robô

Diagrama de funcionamento da visão computacional (Figura 17):

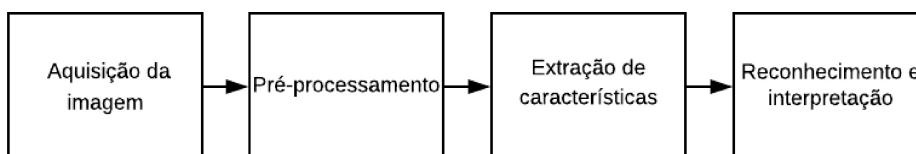


Figura 17: Diagrama em blocos do sistema de visão computacional

Para o reconhecimento de imagens dos objetos, foi utilizado os algoritmos de visão computacional desenvolvido por Rosebrock (2018). O esquema abaixo representa o funcionamento do desvio do contorno de limite no piso do terreno, preestabelecido no percurso (figura 18).

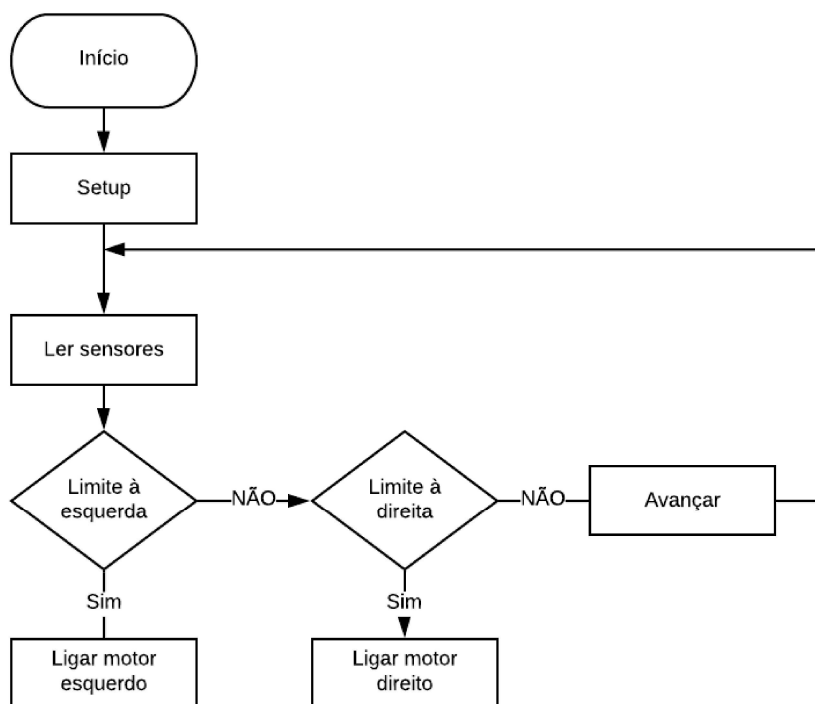


Figura 18: funcionamento do desvio do contorno

Na sequência, o diagrama apresenta o funcionamento para o obstáculo de parede (Figura 19). A tabela a seguir simula o funcionamento dos motores (tabela 02).

Tabela 02

	Ré	Esquerda	Direita	Motor Esquerdo	Motor Direito
Robô parado	0	0	0	Parado	Parado
Para frente	0	1	1	Para frente	Para frente
Para trás	1	1	1	Para trás	Para trás
Esquerda	0	0	1	Parado	Para frente
Direita	0	1	0	Para frente	Parado
Giro no sentido horário	1	0	1	Parado	Para trás
Giro no sentido anti-horário	1	1	0	Para trás	Parado

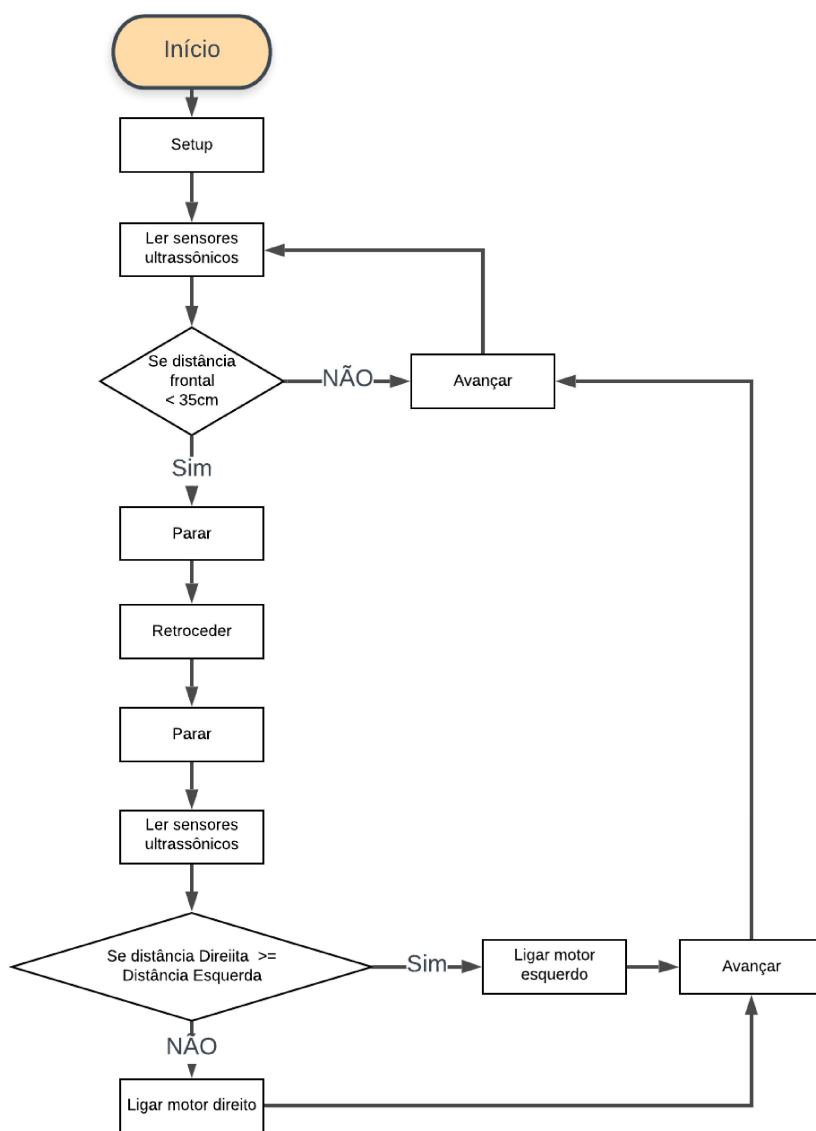


Figura 19: funcionamento para o obstáculo de parede

5. Metodologia de Avaliação

A navegação é o mais complexo na locomoção de robôs móveis. Como descrito em ENCITA (2006), é muito discutido sobre qual caminho o robô irá seguir de forma a atingir os seus objetivos. Este dilema é conhecido como o Problema do Caixeiro Viajante. Empresas de entregas também precisam projetar as rotas de entrega em uma cidade. Da entrega de pacotes de dados na Internet, entrega dos Correios, engarrafamentos nas cidades, socorro de pessoas em escombros, pulverização na agricultura, NASA em Marte, distribuição de remédios, aspiradores de chão, inspeções em tubulações. A escolha de uma rota adequada pode minimizar o custo de operação ou no contrário gerar prejuízos. Grandes supercomputadores podem ficar ocupados por dias tentando achar a solução para um número relativamente pequeno. Descobriu-se que vários animais encontram a solução para o problema sem precisar de supercomputadores. Essa questão reflete em se encontrar de que maneira se pode levar um elemento a partir de uma configuração (posição e direção) inicial até uma configuração final.

Segundo Ottoni (2003), na maioria das vezes, os robôs em indústrias são manipuladores, atuam em um espaço limitado e não podem locomover-se. O planejamento de trajetórias é realizado utilizando-se o método de divisão em células. Este grafo é denominado grafo de conectividade. O resultado da busca efetuada é uma sequência de células denominada canal. O fato é que não existe um algoritmo eficiente para resolver o problema.

5.1 Protótipo

Pesando aproximadamente 18 kilogramas, as figuras 20 e 21 apresentam o modelo de protótipo em testes.



Figura 20: teste do modelo de protótipo

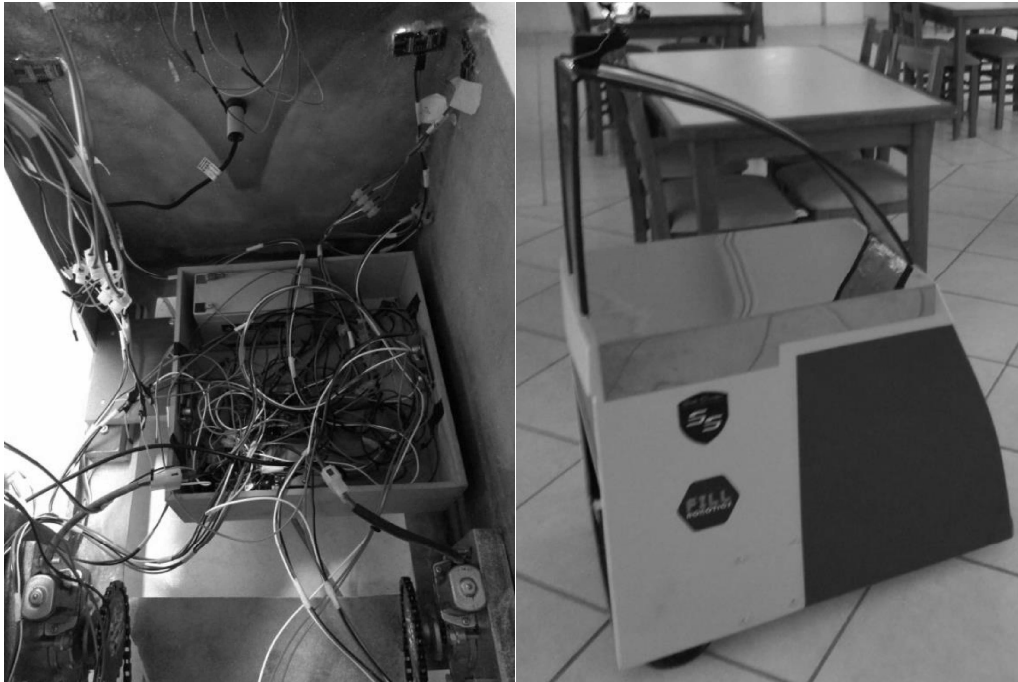


Figura 21: detalhes do robô F2020

5.2 Ambiente de avaliação

Para a realização dos testes, foi escolhido um restaurante universitário, por ser um local amplo e com disponibilidade de espaço. O F2020 terá a capacidade de locomover-se de maneira autônoma a fim de automatizar o transporte de pratos, alimentos e utensílios. Para isso, terá a capacidade de reconhecer pratos brancos, posição de mesas e cozinha. Ao encontrar um obstáculo, terá a função de desviá-lo. Com o F2020 posicionado próximo a entrada da porta da cozinha, o botão de energia é acionado e logo em seguida o robô garçom inicia o percurso, realizando repetidamente a leitura dos sensores para que evite colidir com os obstáculos do ambiente. Para evitar colisões, foi fixado trilhos no chão utilizando fitas adesivas, com o propósito de limitar o caminho percorrido. Para validar os testes, o propósito é realizar paradas quando identificada as imagens de pratos brancos sobre a mesa, permitindo ao usuário assentar os itens sobre o robô garçom. Ao final do trajeto, o F2020 terá a capacidade de retornar à porta da cozinha, assim o operador poderá retirar os objetos recolhidos pelo caminho. (Figura 21 e 22)

Nos experimentos realizados, a posição inicial foi fornecida em X e Y. Previamente são catalogadas as imagens das mesas e da cozinha. A partir de uma fita adesiva fixada no piso, o robô identifica como limite e não deverá ultrapassá-lo. O F2020 detecta o valor de X, Y e Z do sensor IMU. Ao mesmo tempo, registra a posição exata em que se encontra. O registro possibilita o realinhamento ao orientar os atuadores a efetuar a estabilização da rota, iniciando o trajeto. No decorrer do percurso, a câmera escaneia o perímetro em busca das imagens cadastradas. Para isso é necessário ocorrer paradas a cada metro, pois assim a visão computacional faz o rastreamento com atenção. Os testes contemplam o reconhecimento de imagens de pratos, mesas e cozinha. Repetiu-se o experimento por dez vezes, realizando a volta completa no percurso em todos os registros. O cálculo de velocidade é de 0,05 m / s. (Figura 22, 23 e 24).

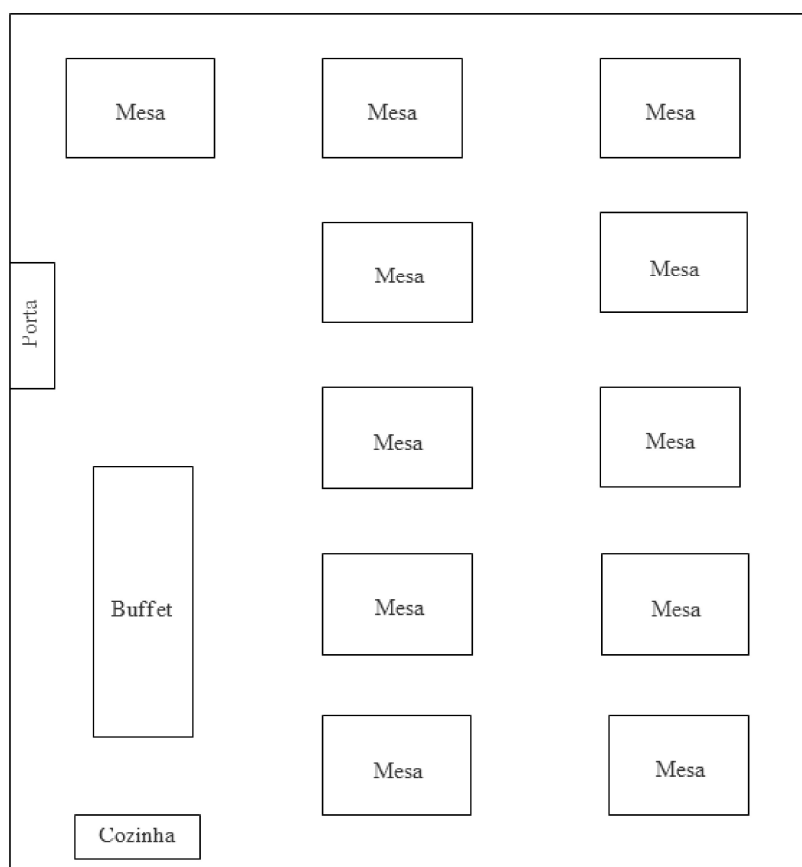


Figura 22: Ambiente de avaliação



Figura 23: Robô F2020 em ambiente de teste



Figura 24: ambiente de teste

6 Resultados

A proposta para a avaliação foi relativamente simples, pois em um primeiro momento a programação se ateve em criar uma funcionalidade que contemplasse todas as fases de comunicação que ocorre na robótica entre controladores, sensores, periféricos e programação. Focando em uma trajetória que possibilitasse comprovar a viabilidade do modelo, e que em um primeiro momento tivesse como finalidade apenas o trajeto de ida e vinda com os objetos comuns a um restaurante. O que se observou também foi a necessidade de identificar as mesas, pois para o que se propôs, o trajeto de ida e vinda aleatório, o esperado foi atingido. Porém, nota-se que para uma maior eficiência do robô garçom F2020, é importante ter a habilidade de distinguir os pedidos feitos pelos clientes individualmente. Também é necessário distribuir mais sensores entre as faces do modelo, pois dependendo da posição o obstáculo não é percebido. Em algumas circunstâncias as rodinhas utilizando correntes, travaram. Portanto é necessário substituir as correntes por correia dentada.

7 Conclusão

Os resultados obtidos com o trabalho servem para nortear o pesquisador a manter os estudos com o foco na melhoria constante, tanto no âmbito acadêmico como no profissional. É certo que as expectativas nem sempre são alcançadas em sua totalidade. Mas o objetivo principal com certeza é o conhecimento adquirido ao longo do processo de desenvolvimento do projeto. Os resultados são apenas uma evidencia do que foi investigado. O tema proposto é de uma enorme contribuição para a sociedade. Pois é notório que no Brasil os avanços na área de tecnologia ainda são lentos se comparado ao ritmo acelerado de outras nações. Os efeitos do progresso na área são amplos, podendo começar desde o mérito ao indivíduo até o reconhecimento de um país como autoridade mundial, a exemplos do Japão e Coréia do Sul. Em nível de mercado, é possível movimentar toda uma região, podendo citar as cidades universitárias ou até o Vale do Silício, na Califórnia/EUA. Os âmbitos beneficiados pelo crescimento também reflete aos mais variados setores, como na geração de empregos, na saúde, no bem-estar da população, no turismo e todo o setor produtivo de uma comunidade. Os reflexos são amplos, mas precisam ser medidos em longo prazo, pois os resultados são obtidos com muita sutileza, e dependem inclusive de investimento governamental além da dedicação e paciência do estudante para entender que seu esforço não será em vão.

No levantamento de trabalhos relacionados, foi observada a carência de projetos equivalentes a este tema proposto. É verídico que o pesquisador de computação e afins

enfoca na maioria das vezes em assuntos vinculados a software e análise de dados, evitando assim a aplicação de robótica, e conseqüentemente abdicando do aprendizado que é inerente. Quer seja por falta de informação sobre seu desenvolvimento, ou até por acreditar na dificuldade de acesso aos materiais de pesquisa. É importante para o acadêmico se atrever a desmistificar essa ideia, pois há muito a ser investigado e divulgado ao mercado. Em suma, pode-se dizer que, apesar de os resultados serem satisfatórios, ainda faz-se necessário a aplicação de melhores equipamentos tecnológicos. Câmeras, sensores e processamento de maiores configurações técnicas. O requisito é fundamental para uma boa leitura do ambiente em diversas circunstâncias de luz e posicionamento. Apesar da dificuldade de acesso nas regiões locais para adquirir itens indispensáveis, os componentes são fáceis de serem encontrados na internet. Inclusive com entregas por empresas de outros estados e até mesmo da China. Para os trabalhos futuros é sugerida uma leitura das mesas e do ambiente através de Qr Code. Seu uso possibilitará ao robô identificar as mesas e os pedidos individualmente. Também é possível implementar o reconhecimento de faces. Essa tecnologia permite que os operadores tenham uma melhor afinidade com o robô.

Referências

- Arbix, G. (2018) “Ciência e tecnologia: mudar de rumo para não perder o futuro”. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=194659>. Acessado em: 10 de Abr. 2019.
- Arruda, T. A. (2012) “Arquitetura de hardware e software para supervisão e controle de um carro autônomo” Dissertação de Mestrado de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais/MG. 101p.
- Barbosa J., A. R. (2016) “Fatores determinantes da inovação disruptiva”, Belo Horizonte – MG. 211p.
- Bastos, A. V., (2012) “Modelos Matemáticos e Classificação de Robôs”. Disponível em: http://www.decom.ufop.br/alex/arquivos/rob_ECA/modelos_matematicos_robos. Acessado em: 10 de Abr. 2019.
- Bianchi, R. E. (2003) “Sistema de navegação de robôs móveis autônomos para o transporte de documentos”. Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC/USP, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências de Computação e Matemática Computacional. São Carlos/SP. 70p.
- Boden, L. H. S. (2017) “Arquiteturas Deep Learning aplicadas em veículos autônomos”, Monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Ciência da Computação. Niterói/RJ : 44p.
- Borges, G. A. (1998) “Um Sistema Óptico de Reconhecimento de Trajetórias para Veículos Automáticos”. Dissertação de Mestrado submetida a Coordenação dos Cursos de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba. 162p.
- Carvalho, A. R. S. (2018) “Abordagem sociotécnica da indústria 4.0”. Associação Educacional Dom Bosco. SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. FAAP E DCTA. Resende/RJ.

- ENCITA. (2006) “Implementação de uma técnica de roteamento para robôs móveis autônomos” Anais do 12º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XII ENCITA / 2006 Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil, Outubro, 16 a 19, 2006.
- Exame (2016) “Esta pizza foi feita por um robô do Vale do Silício; assista”. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/pme/pizza-feita-por-robo-vale-do-silicio-assista/>. Acessado em: 23 de out. 2019.
- Exame (2018) “A cozinha deste restaurante é operada por chefs robôs”. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/estilo-de-vida/a-cozinha-deste-restaurante-e-operada-por-chefs-robos/> Acessado em: 23 de out. 2019.
- Fava, R. (2018) “Trabalho, Educação e Inteligência Artificial: A Era do Indivíduo Versátil”. Penso Editora – Porto Alegre/RS. 232p.
- Folha (2018) “Robô faz pizza, hambúrguer e café nos EUA: Inteligência artificial chega a restaurantes na Califórnia sem roubar empregos. Indústria 4.0. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/12/robo-faz-pizza-hamburguer-e-cafe-nos-eua.shtml>. Acessado em: 23 de out. 2019.
- Forbes (2019) “Robots As Job Creators? Upskilling, Cobots And AI May Prove Job Loss Doomsayers Wrong”. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/jimvinoski/2019/10/22/robots-as-job-creators-upskilling-cobots-and-ai-may-prove-job-loss-doomsayers-wrong>. Acessado em: 23 de out. 2019.
- Franklin, D., Kahn, R. E., Swain M. J., Firby, R. J. (2007) “Creating a Robot Waiter Using Perseus and the Animate Agent Architecture”. Department of Computer Science University of Chicago. EUA. 6p.
- Hasegawa, F., Hashima, M., Kanda, S., Maruyama, T. (1999) “A Stereo Vision System for Position Measurement and Recognition in an Autonomous Robotic System for Carrying Food Trays”. Fujitsu Laboratories Ltd. - Yaskawa Electric Corporation. Kawasaki/Japan. 8p.
- Joseph, L. (2017) “ROS Robotics Projects”. Make your robots see, sense, and interact with cool and engaging projects with Robotic Operating System. packtpub.com. Birmingham – Mumbai. 447p.
- Klaser, R. L. (2014) “Navegação de veículos autônomos em ambientes externos não estruturados baseada em visão computacional”. Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, para obtenção do título de Mestre em Ciências - Universidade de São Paulo - USP Ciências de Computação e Matemática Computacional. São Carlos/SP. 105p.
- Matos, H. J. (2017) “O quadrante de Pasteur e a pesquisa clínica: por um mundo melhor”. Revista Pan-Amazônica de Saúde.
- Mercadoeconsumo (2019) “Robôs podem ajudar varejistas a evitar prejuízos e oferecer experiência diferenciada para os clientes”. Disponível em: <https://www.mercadoeconsumo.com.br/2019/01/16/robos-podem-ajudar-varejistas-a-evitar-prejuizos-e-oferecer-experiencia-diferenciada-para-os-clientes>. Acessado em: 30 de Out. 2019.

- Oh, Y., Son, S., Sim, G. (2017) “Sushi Dish Object detection and classification from real images”. Seoul National University. Seul/Coreia do Sul. 6p
- Otoni, G. L., Lages, W.F. (2003) “Navegação de robôs móveis em ambientes desconhecidos utilizando sonares de ultra-som”. Sba Controle & Automação vol.14 no.4 Campinas.
- Oxford Economics, (2019) “How robots change the world: what automation really means for jobs and productivity”. Disponível em: <https://www.oxfordeconomics.com/recent-releases/how-robots-change-the-world>. Acessado em: 28 de out. 2019.
- Pscheidt, E. R. (2007) “Robô autônomo – modelo chão de fábrica”. Monografia apresentada à disciplina de Projeto Final como requisito parcial à conclusão do Curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário Positivo, Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas da Engenharia da Computação, orientada pelo Prof. Alessandro Zimmer. UNICENP/NCET. Curitiba/PR. 58p.
- Raffo, G. V. (2005) “Algoritmos de controle preditivo para seguimento de trajetórias de veículos autônomos”. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica. Florianópolis/SC. 169p.
- Rocha, J. C., Matos, F. D., Frei, F., (2011) “Utilização de redes neurais artificiais para a determinação do número de refeições diárias de um restaurante universitário”. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Letras, Curso de Engenharia Biotecnológica, Departamento de Ciências Biológicas. Assis/SP. 8p
- Rosebrock, A. (2018) Keras e redes neurais convolucionais (CNNs). Disponível em: <https://www.pyimagesearch.com>. Acessado em: 28 de out. 2019.
- Santos, P. H. M. (2015) “Desenvolvimento de um robô móvel autônomo de alta velocidade”. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos/SP. 65p.
- Silva, J. C. (1999) “Uma proposta de controle neural adaptativo para a navegação de veículos autônomos”. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação. Orientador: Engel, Paulo Martins. Porto Alegre/RS. 101p.
- Souza, L. R. (2010) “Algoritmo para reconhecimento e Acompanhamento de trajetória de padrões em imagens móveis”. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro da Computação. Juazeiro/BA. 53p.
- Trindade, L. L. (2018) “Detecção de obstáculos para carros autônomos utilizando aprendizado profundo”. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis/SC. 87 p.

Uwajeh, A. N. (2018) “Guia Rápido de Robótica e Inteligência Artificial: Sobreviver à Revolução da Automação”. Babelcube Inc. Vendido por: Amazon Serviços de Varejo do Brasil Ltda.

Wired (2010) “June 9, 1902: Put a Nickel In, Take Your Food Out”. Disponível em: <https://www.wired.com/2010/06/0609first-automat-opens-philadelphia/>. Acessado em: 23 de out. 2019.