

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

NATALY PAULA DO NASCIMENTO ARAÚJO

**AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE COMPRAS APLICADA À
SUPERMERCADOS**

**CARATINGA
2018**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

NATALY PAULA DO NASCIMENTO ARAÚJO

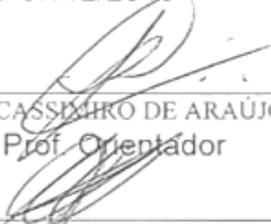
**AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE COMPRAS APLICADA À
SUPERMERCADOS**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica das Faculdades Doctum de
Caratinga, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica.**

**Área de Concentração: Processamento
de Imagens.**

**Orientador: Prof. Guilherme Cassimiro
de Araújo Borges.**

**CARATINGA
2018**

	FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA	FORMULÁRIO 9
	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TERMO DE APROVAÇÃO		
TERMO DE APROVAÇÃO		
<p>O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE COMPRAS APLICADA À SUPERMERCADOS, elaborado pelo(s) aluno(s) NATALY PAULA DO NASCIMENTO ARAÚJO foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA ELÉTRICA das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de</p>		
<p style="text-align: center;">BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.</p>		
<p style="text-align: center;">Caratinga 07/12/2018</p>		
<p style="text-align: center;">  <hr/> GUILHERME CASSIMIRO DE ARAÚJO BORGES Prof. Orientador </p>		
<p style="text-align: center;"> <hr/> RICARDO BOTELHO CAMPOS Prof. Avaliador 1 </p>		
<p style="text-align: center;">  <hr/> ROBSON DA SILVA Prof. Examinador 2 </p>		

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e iluminou meu caminho durante esta jornada.

Sou grata à Universidade e a todos os professores que contribuíram com minha trajetória acadêmica, especialmente ao Guilherme Borges, responsável pela orientação do meu projeto, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Ao meu namorado Lucas Rafael da Silva, que de forma especial me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldade e não medindo esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“O futuro está sempre nas mãos daqueles que sabem antecipá-lo”. (Enzo Ferrari)

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAS – Associação Brasileira de Supermercados

ADI – Análise Digital de Imagens

ALU – Unidade de aritmética e lógica, do inglês *Arithmetic and Logic Unit*

API – Interface de Programação de Aplicativos, do inglês *Application Programming Interface*

BSD – Berkeley Software Distribution

CPU – Unidade Central de Processamento, do inglês *Central Processing Unit*

GPU – Unidade de Processamento Gráfico

ECF – Emissor de Cupom Fiscal

IA – Inteligência Artificial

IoT – Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things*

PDI – Processamento Digital de Imagens

PADI – Processamento e Análise Digital de Imagens

RBF – Redes de Funções de Base Radial

RNA – Redes Neurais Artificiais

SI – Sistema de Informação

TEF – Transferência Eletrônica de Fundos

TI – Tecnologia da Informação

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema de Visão na Indústria.....	17
Figura 2: Sequência padrão de PADI.....	18
Figura 3: Modelo do Neurônio Artificial.....	22
Figura 4: Arquitetura básica de uma rede com Percepção Multicamadas.....	24
Figura 5: Estrutura do QR Code.....	26
Figura 6: Estrutura de uma fila.....	28
Figura 7: Um processo de filas típico.....	30
Figura 8: Câmera e lente para aquisição de imagens.....	33
Figura 9: Câmera a ser utilizada para aquisição de imagens.....	34
Figura 10: Raspberry pi 3 Modelo B+.....	35
Figura 11: Horários de coleta de dados.....	40
Figura 12: Intervalos Médios Entre Chegadas e Tempos Médios de Serviço.....	41
Figura 13: Parâmetros de análise.....	42

Resumo

A globalização criou um novo contexto empresarial e através da tecnologia da informação agilizou a disseminação e transferência das informações, sendo impulsionada pela internet das coisas, possibilitando a automatização de processos cada vez mais sofisticados, sendo buscada pelos administradores do setor varejista por diversos motivos, dentre eles a agilidade de processos. Neste trabalho serão abordadas técnicas de visão computacional, análise e processamento de dados, aprendizado de máquina e várias outras disciplinas para apresentação de um modelo de automatização de processos no segmento supermercadista. Este modelo de automação será focado no carrinho, onde será exposto o *hardware* que irá equipar este carrinho, como criar o *software* para fazer funcionar a estrutura proposta, sendo o resultado previsto final a redução do tempo de espera dos consumidores na fila, melhorando a satisfação e aumentando a clientela do supermercado. Os resultados serão apresentados utilizando a teoria de filas para provar a eficácia do modelo proposto.

Palavras-chave: Informatização. Varejo. Processamento.

Abstract

A globalization created a new context and through information technology, it accelerated a dissemination and transfer of information, being driven by the internet of things, enabling an automation of increasingly sophisticated processes, being sought by the entrepreneurs of the type for several reasons, among they agility of processes. This monograph presents themes such as conventional techniques to computer vision, analysis and processing of data, machine learning and several other disciplines for presentation of the model of automatization of process in sector supermarket. This automation model will be focused in the shop cart, where will be exposed the hardware that will equip the cart, as well as the premises for creating the software software for a proposed new version, reaching the final expected result of reduction of the waiting time of users in the queue, improves satisfaction and increasing the clientele of the supermarket. The results will be applied from the queuing theory to the evaluation of the proposed model.

Keywords: Computerization. Retail. Processing

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO INTRODUTÓRIO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Supermercado.....	13
2.2 Tecnologia da Informação.....	13
2.3 Internet das Coisas.....	14
2.4 Computador.....	15
2.4.1 Software.....	16
2.5 Processamento de Imagens.....	17
2.5.1 Aquisição da Imagem.....	18
2.5.1.1 <i>Imagem Digital</i>	19
2.5.2 Pré-Processamento.....	19
2.5.3 Segmentação.....	19
2.5.4 Pós-Processamento	20
2.5.5 Extração de Atributos.....	20
2.5.6 Reconhecimento de Padrões e Classificação	20
2.6 Redes Neurais Artificiais	21
2.6.1 Modelagem do Neurônio Artificial.....	21
2.6.2 Redes de Função de Base Radial - RBF.....	22
2.6.3 Arquitetura de Rede	23
2.7 Inteligência Artificial.....	24
2.8 Código QR.....	26
2.9 Teoria das Filas.....	27
2.9.1 Componentes de um Sistema de Filas	28
2.9.1.1 <i>Fonte de Clientes</i>	28
2.9.1.2 <i>Modelos de Chegada</i>	28
2.9.1.3 <i>Disciplina da Fila</i>	29
2.9.2 Notação de Kendall.....	29
3 AUTOMATIZAÇÃO.....	32
3.1 Carrinho de Supermercado Inteligente	32
3.1.1 Estrutura do Carrinho	32
3.1.1.1 <i>Câmera</i>	33
3.1.1.2 <i>Raspberry Pi</i>	34

3.1.1.3 <i>Produção do Software</i>	35
3.1.2 Funcionamento Geral.....	38
3.1.3 Aplicação da Teoria de Filas.....	40
3.1.3.1 <i>Cálculos Utilizando-se da Automação no Supermercado</i>	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
5.1 Trabalhos Futuros	49
REFERÊNCIAS	50

1 CAPÍTULO INTRODUTÓRIO

A automatização de tarefas utilizando máquinas visa melhorar os resultados anteriormente obtidos pelo trabalho braçal. A maioria das atividades que um ser humano desempenha hoje pode ser agilizada pelas máquinas. Esta forma de lidar com o trabalho iniciou-se na Revolução Industrial no Século XVIII, motivando-se pelo interesse do comércio existente, sendo uma inédita substituição do método de produção na época. Desde então, o homem vem utilizando de tecnologias para substituição de suas atividades, sendo principalmente substituídas atividades que causem risco ao seu executor ou, ainda, atividades que obtivessem um ganho de resultados com a automatização, a partir da inserção do maquinário. O ser humano passa, então, a ter novos papéis, alimentando, vigiando, mantendo e reparando a máquina. O maquinário industrial e residencial desde então passou a evoluir.

No contexto apontado, surgiram os computadores, que são máquinas capazes de realizar cálculos de forma mais eficiente e rápida quando comparado aos seres humanos. Estes computadores evoluíram, como qualquer maquinário, e tornaram-se ferramentas indispensáveis nos dias de hoje, simulando o comportamento humano com desempenho elevado (GONZALEZ e WOODS, 2000).

A utilização da Tecnologia da Informação (TI) no setor supermercadista vem aumentando e se tornando cada dia mais indispensável para gerir negócios. Isto se deve à vários motivos, destacando-se entre esses a busca pela maior eficiência no desempenho operacional, a redução de custos, a necessidade de integração com a cadeia logística, as crescentes exigências legais, fiscais, tributárias e o ambiente de grande competitividade do setor. Assim, é necessário enfatizar que não basta ao supermercadista adquirir a TI, é necessário que esta seja englobada em todos os setores da empresa e de maneira adequada, para que realmente possa contribuir para as decisões gerenciais e estratégicas da empresa, bem como alcançar os níveis vislumbrados de satisfação dos clientes acelerando os processos dentro do supermercado.

A TI é composta de muitas ferramentas, o que denomina-se de infraestrutura de TI, onde tem-se o *hardware*, que são os equipamentos usados em todas as atividades de um Sistema de Informação (SI), o *software*, que é a parte lógica, a Tecnologia de Armazenagem, composta de meios físicos para a guarda dos dados, as tecnologias de comunicações, compostas também por meios físicos (*hardware*) e *softwares* que são responsáveis pela interligação dos diversos equipamentos de

computação, através de redes, capazes de transmitir, além de dados, voz, imagens, som e vídeo.

Dentro da área de estudos da TI está o reconhecimento de padrões, que se utiliza de diversas outras áreas, como Inteligência Artificial, Processamento de Imagens, Computação Gráfica e ramificações das mesmas. Esta monografia trata da automatização do processo de compras em supermercados, utilizando-se de todas estas áreas para tornar supermercados “inteligentes” e diminuindo o tempo em que o consumidor gasta em filas para realizar suas compras. O trabalho está organizado de forma a explicar primeiramente todo o conteúdo ligado à monografia, expondo no referencial teórico um conjunto de ideias de autores diversos para fundamentar e justificar a tese apresentada, seguido do desenvolvimento onde diversos tópicos e subtópicos foram inseridos para melhor exibir e poder apresentar ao leitor a ideia real proposta, concluindo com os resultados obtidos e considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Supermercado

As lojas que comercializam alimentos podem ser classificadas em tradicionais e autosserviço. As lojas de autosserviço se caracterizam por comercializarem alimentos, expondo a maioria dos produtos de maneira acessível, permitindo aos compradores se servirem, disponibilizarem aos clientes carrinhos e cestas, e se caracterizam principalmente por possuírem o *check-out*, isto é, um balcão com um equipamento que permita a soma e conferência das compras. As lojas tradicionais são aquelas nas quais a presença de um vendedor é indispensável (ROJO, 1998).

A Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) estabeleceu uma classificação das lojas levando em consideração a área de vendas que compreende o espaço entre o início dos caixas até o último produto exposto, número médio de itens disponíveis, porcentagem de vendas de produtos não alimentares, número de caixas por seções. Um supermercado convencional tem sua área de vendas entre 700 e 2500 m², número médio de itens igual a 9000, porcentagem de vendas de produtos não alimentícios de 7 a 20%, tendo seções de mercearia, hortifrúti, bazar, carnes e aves, peixaria, padaria, frios e laticínios.

Um atendimento de qualidade é fundamental para a satisfação dos clientes, assim como o tempo de espera, assim como mostra na tabela a seguir.

TABELA 1: Quanto tempo o cliente tolera a fila

Até 3m	O cliente não percebe a fila
3 a 7 m	Ele acha razoável a espera
7 a 15 m	O cliente se incomoda coma fila
Acima de 15m	Acha inaceitável

Fonte: McKinsey, 2015

Segundo Carvalho e Galeale, 2006, inúmeras transformações vêm ocorrendo no setor supermercadista, trazendo uma competitividade onde há a necessidade da utilização da Tecnologia da Informação.

2.2 Tecnologia da Informação

A adoção da Tecnologia da Informação pelos supermercados iniciou-se primeiramente com o intuito de organização interna da empresa, como em

departamento financeiro, recursos humanos, na retaguarda, posteriormente, nas frentes de loja, onde ocorreu a utilização de Emissor de Cupom Fiscal (ECF), dos leitores de códigos de barras, scanners e inúmeras outras tecnologias que focam em aumentar a produtividade dos caixas (WERNER; SEGRE, 2002). Em um mundo digital, a integração via Internet é compreendida como a fundação da Era da Informação, isto ocorre pela Internet das Coisas, base para a criação dos supermercados automatizados (CASTELLS, 1999).

2.3 Internet das Coisas

A Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* – IoT) é um paradigma que prescreve um mundo de objetos físicos agregados com sensores e atuadores, conectados por redes sem fio e que se comunicam usando a Internet, moldando uma rede de objetos inteligentes capazes de realizar variados processamentos, capturar variáveis ambientais e reagir a estímulos externos. Esses objetos interconectam-se entre si e com outros recursos (físicos ou virtuais) e podem ser controlados através da Internet, permitindo o surgimento de infinitas aplicações (ATZORI, IERA e MORABITO, 2010).

Neste sentido, afirmam Celes, Santos, Silva, *et al* (2015):

A proliferação de objetos inteligentes com capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação tem aumentado nos últimos anos. Neste cenário, a Internet das Coisas (Internet of Things (IoT)) conecta estes objetos à Internet e promove a comunicação entre usuários e dispositivos. A IoT possibilita uma grande quantidade de novas aplicações, as quais tanto a academia quanto a indústria podem se beneficiar, tais como cidades inteligentes, saúde e automação de ambientes.

Ao analisar a aplicação da IoT nos negócios, Ferreira, Martinho, Domingos, *et al* (2012), explicam que a gestão da cadeia de suprimentos é a principal área que pode se beneficiar com a IoT. Para estes autores, ao se conectar sensores aos objetos eles se tornam objetos inteligentes, que podem capturar e fornecer informações que possibilitam adaptações e decisões em tempo real (Inteligência Artificial), além de permitirem a execução de processos de negócio. Domingos, Martins e Cândido, (2013) têm uma visão que corrobora com os autores já citados, explicando que a IoT pode ser entendida como uma vantagem competitiva uma vez que as informações de contexto podem ser utilizadas para permitir e otimizar a adaptação em tempo real às alterações do ambiente.

De acordo com dados da *International Data Corporation*, ou Corporação Internacional de Dados, (2015), em 2015 havia no mundo em torno de 13 bilhões de dispositivos conectados na Internet. Segundo também esta fonte, até 2020 projeta-se uma quantidade de 30 bilhões de dispositivos conectados. Somados, estes dispositivos produzem quantidades massivas de informações que podem ser exploradas para gerar valor para as pessoas e negócios.

2.4 Computador

Um computador é capaz de realizar cálculos e tomar decisões lógicas de forma excepcionalmente mais rápida do que seres humanos. Os computadores processam dados sob controle de um conjunto de instruções que se chamam programas de computador. Os programas orientam o computador utilizando-se grupos ordenados de ações definidas por pessoas chamadas programadores de computador (DEITEL, 2010).

Ainda segundo Deitel, 2010, um computador pode ser organizado da seguinte forma apresentada a seguir.

- a) Unidade de entrada: seção de recebimento de informações de dispositivos de entrada, onde se coloca estas informações à disposição de outras unidades para serem processadas. As informações podem ser inseridas em computadores por diversas formas, como exemplo pode-se citar o teclado, unidade de CD ou USB, via Internet, etc;
- b) Unidade de saída: seção de entrega de informações, que pega as informações que o computador processou e as coloca em vários dispositivos de saída, para que essas informações possam estar disponíveis para uso fora do computador. Esta entrega de informações pode se dar por impressoras em papel, telas, ou gravação em unidades por exemplo;
- c) Unidade de memória: seção de armazenamento de acesso rápido e de baixa capacidade, onde se retém as informações que foram inseridas por unidades de entrada, possibilitando que imediatamente estas informações possam estar disponíveis para processamento quando necessário;

- d) Unidade de aritmética e lógica (*Arithmetic and Logic Unit - ALU*): seção de produção que realiza cálculos, como adição, subtração, multiplicação e divisão. A seção contém mecanismos de decisão que permitem, por exemplo, ao computador comparar itens da memória para definir se são ou não iguais;
- e) Unidade central de processamento (*Central Processing Unit - CPU*): seção administrativa que coordena e supervisiona a operação das outras seções. Pode ser composto por um ou vários núcleos (*multi-core*), quanto maior a quantidade de núcleos mais rápido é seu processamento de dados;
- f) Unidade de armazenamento secundária: seção de armazenamento de longo prazo e alta capacidade. Utilizada por programas ou dados que não são utilizados ativamente pelas outras unidades, sendo guardados nesta memória secundária até que se necessite de utilização.

Deitel afirma que um computador é composto por vários dispositivos chamados de *hardware*, (ex: teclado, mouse, discos, memória, unidades de DVD, unidades de CD-ROM e de processamento), e por programas chamados de *softwares*.

2.4.1 Software

Um *software* pode ser definido com um programa de computador, algo que automatize tarefas repetitivas que antes eram feitas manualmente, instruções pré-definidas que quando executadas são capazes de realizar algum procedimento desejado em um computador. Também pode ser definido como uma estrutura de dados que é manipulada por um programa a fim de gerar informações ou até mesmo como manuais que descrevem os procedimentos para que um programa execute. O *software* é algo abstrato e intangível, não é limitado pelas leis da física ou processos de manufatura, por isso podem se tornar algo complexo em um piscar de olhos. Existem vários tipos de *software*, sistemas para uso pessoal, comercial, de alcance local ou até mesmo mundial. Atualmente ele está por toda parte, seja em equipamentos eletrônicos ou serviços do governo, sempre haverá um por trás dos mesmos para controlá-los (SOMMERVILLE, 2011).

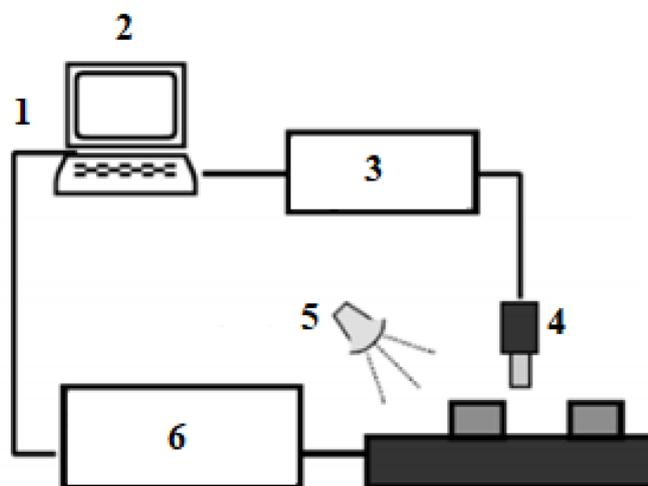
Sommerville (2011) afirma que os *softwares* são separados em duas categorias, os genéricos e os fabricados por encomenda. Os genéricos são construídos para atender a maioria dos usuários, por exemplo, um editor de texto onde vários usuários conseguirão utilizá-lo sem maiores necessidades de funções avançadas. Já os fabricados por encomenda são construídos para atender necessidades específicas de um grupo de usuários, como por exemplo, um *software* que gerencie as finanças de uma determinada empresa.

2.5 Processamento de Imagens

A área de processamento de imagens está em constante evolução, sendo que dentro desta são estudadas redes neurais, morfologia matemática, processamento de imagens coloridas, reconhecimento de imagens e sistemas de análise de imagens baseados em conhecimento, compreensão de imagens, dentre outros (GONZALEZ e WOODS, 2002).

Os sistemas de visão utilizados por tecnologias envolvendo processamento de imagens possibilitam soluções inovadoras com alta aplicabilidade na área industrial, sendo um exemplo de aplicação neste setor a inspeção visual e controle de qualidade (MALAMAS, PETRAKISA, ZERVAKISA, et al, 2003). Na figura a seguir há a ilustração de um sistema simplificado de aquisição e processamento de imagens para diversos fins.

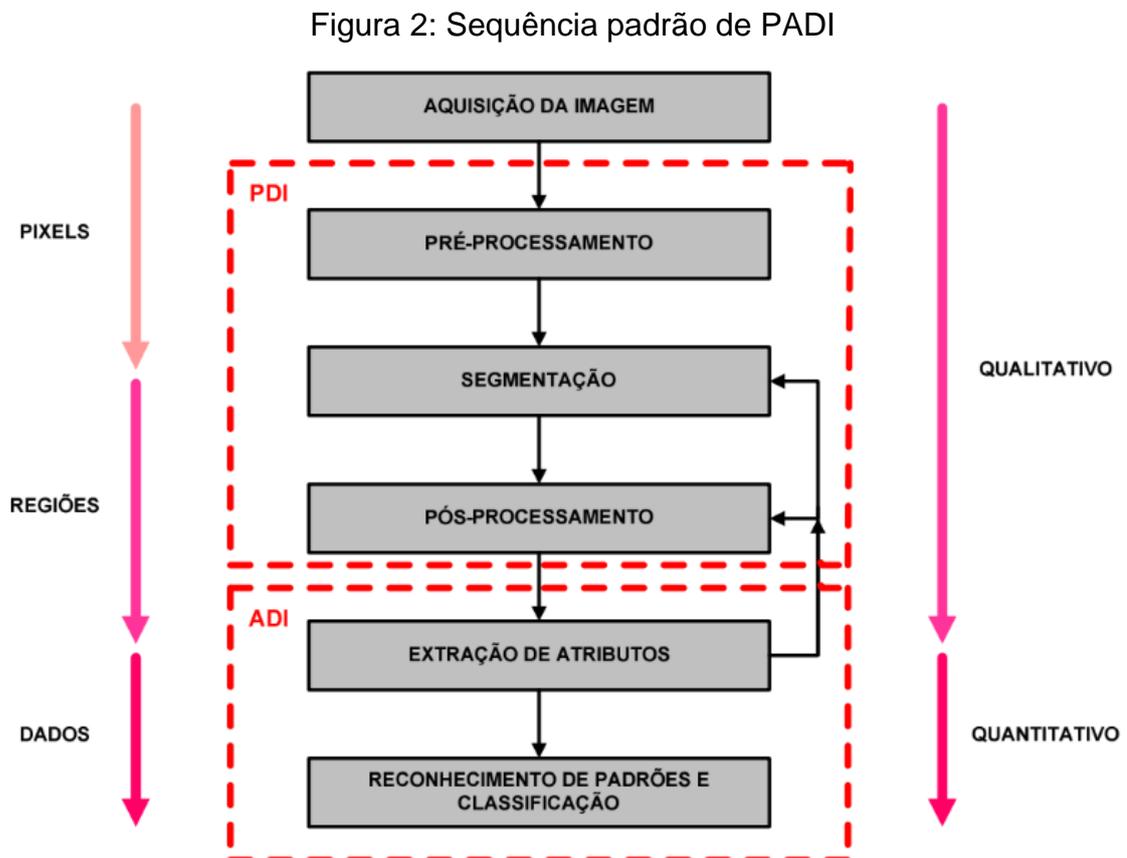
Figura 1: Sistema de Visão na Indústria



Fonte: Malamas, Petrakisa, Zervakisa, et al (2003)

Na figura mostrada o número 1 é a interface de rede, 2 é o processador principal ou computador com software de processamento de imagem, 3 é o *hardware* de processamento de imagem, 4 é a câmera (ou câmeras), 5 é a iluminação e 6 a manufatura de sistemas de controle de processo robótico, PLC, etc.

Segundo Gomes, 2001, o processamento de imagens pode ser entendido como o conjunto de duas técnicas, Processamento Digital de Imagens (PDI) e Análise Digital de Imagens (ADI). O PDI consiste no preparo da imagem para posteriores análises, utilizando-se de operações matemáticas que alteram os valores dos pixels, já o ADI compreende a análise quantitativa do processo a partir da qual as regiões, partículas e objetos identificados na imagem são medidos. A seguir, é exibido um fluxograma padrão de Processamento e Análise Digital de Imagens (PADI).



Fonte: Gomes (2001).

2.5.1 Aquisição da Imagem

Este primeiro bloco tem como objetivo a obtenção de uma imagem digital, para que essa imagem seja adquirida é necessário um instrumento formador de imagem, um dispositivo físico sensível a uma faixa do espectro eletromagnético capaz de

produzir um sinal elétrico proporcional ao nível de energia percebida, e um digitalizador para converter a saída elétrica do dispositivo de sensoriamento físico para a forma digital (GONZALEZ e WOODS, 2002).

2.5.1.1 Imagem Digital

Uma imagem digital pode ser entendida como um conjunto de valores digitais em um arranjo bidimensional, uma matriz, onde linhas e colunas identificam pontos nesta imagem. Cada coordenada, ou pixel, composta pela identificação de linha e coluna, é um elemento da matriz e possui o valor correspondente ao nível de cinza, ou à cor, naquele ponto da imagem. O histograma pode ser utilizado para se apresentar a distribuição de intensidade de pixels em uma imagem digital (GONZALEZ e WOODS, 2002). Embora a descrição feita por este histograma nada diga a respeito do conteúdo da imagem, a informação fornecida é extremamente útil para seu processamento (GOMES, 2001).

2.5.2 Pré-Processamento

Segundo Gomes, 2001, o pré-processamento objetiva melhorar a imagem, corrigindo algum defeito que tenha sido provido de sua aquisição, realçando ou não detalhes importantes para análise. A partir da aquisição de imagens, a maioria das funções realizadas em cada etapa do PADI pode ser implementada em softwares, sendo expressa na forma de algoritmos (GONZALEZ e WOOD, 2002).

Esta etapa é caracterizada por soluções específicas, dependendo da natureza do problema. São exemplos de procedimentos utilizados nesta etapa a melhoria no brilho e no contraste, correção de iluminação irregular, redução de ruído, realce de bordas, entre outros (GOMES, 2001).

2.5.3 Segmentação

É a etapa onde se obtém a imagem da qual alguma informação importante para o processo será extraída, logo, sendo uma etapa crítica do fluxograma de PADI. A imagem que sai do processo de segmentação é binária, sendo os pixels pretos representantes do fundo ou objetos que não são de interesse na imagem, e os pixels brancos são partes do objeto de interesse (GOMES, 2001).

Os algoritmos de segmentação são baseados, no geral, em duas propriedades base de valores de níveis de cinza, similaridade e descontinuidade. A similaridade

baseia-se nos métodos de limiarização, crescimento de regiões e divisão e fusão de regiões, em contrapartida, a descontinuidade faz a detecção de pontos isolados e detecção de linhas e bordas na imagem (GONZALEZ e WOOD, 2002).

2.5.4 Pós-Processamento

Quando o resultado da segmentação não é adequado para que a imagem possa prosseguir às próximas etapas do processo, é feito um novo processamento na imagem para correção dos defeitos residuais. Este processamento pode proceder com a separação de objetos que se tocam, a eliminação de objetos de que não se deseja extrair dados, agrupamento de objetos para formação de objetos mais complexos, dentre outros (GOMES, 2001).

Há operações lógicas e morfológicas para esta etapa, onde as operações lógicas dizem respeito a operações pontuais, pixel a pixel, gerando uma imagem com pixels preservados ou invertidos em relação a imagem de entrada, e as operações morfológicas, que são realizadas localmente, onde um pixel da imagem de saída é função do valor dos pixels em uma vizinhança da imagem de entrada (PACIORNIK, 2010).

2.5.5 Extração de Atributos

Nesta etapa são realizadas mensurações na imagem segmentada ou pós-processada, onde se inicia a etapa de análise de imagem propriamente dita. Pode ser dividida, no geral, em medidas de campo e medidas de região. Medidas de campo se referem ao campo como um todo, a área total dos objetos é uma fração de área, gerando um valor como medida. Medidas de região referem-se aos objetos individuais, onde é extraído um parâmetro de cada objeto na imagem (GOMES, 2001).

2.5.6 Reconhecimento de Padrões e Classificação

Um padrão é uma descrição quantitativa ou estrutural de um objeto ou qualquer outra região de interesse em uma imagem, sendo, no geral, feita por um ou mais descritores. Uma classe de padrões é um grupo de padrões que compartilham algumas propriedades em comum. O reconhecimento de padrões, então, envolve a atribuição dos padrões as suas respectivas classes automaticamente (GONZALEZ e WOOD, 2002).

Para o processamento e análise digital de imagens, esta técnica pode ser usada para classificação de objetos de uma imagem, ou, ainda, toda a região de uma imagem. Utilizando-se dos atributos dos objetos, constrói-se um espaço de atributos, ou características, neste espaço cada objeto é representado por um vetor, sendo que cada vetor é um ponto neste espaço. Classifica-se estes de acordo com o posicionamento dos vetores no espaço de características, onde são identificados grupos que são formados por pontos de características similares (GOMES, 2001).

Há duas categorias de reconhecimento de padrões, supervisionada e não-supervisionada. Na classificação supervisionada, de acordo com a proximidade no espaço de características dos grupos de padrão determinados primordialmente por um analista, são definidas as classes. Já na classificação não-supervisionada, não se define as características previamente de classes, assim, agrupando, por si só, os pontos próximos identificados (GOMES, 2001).

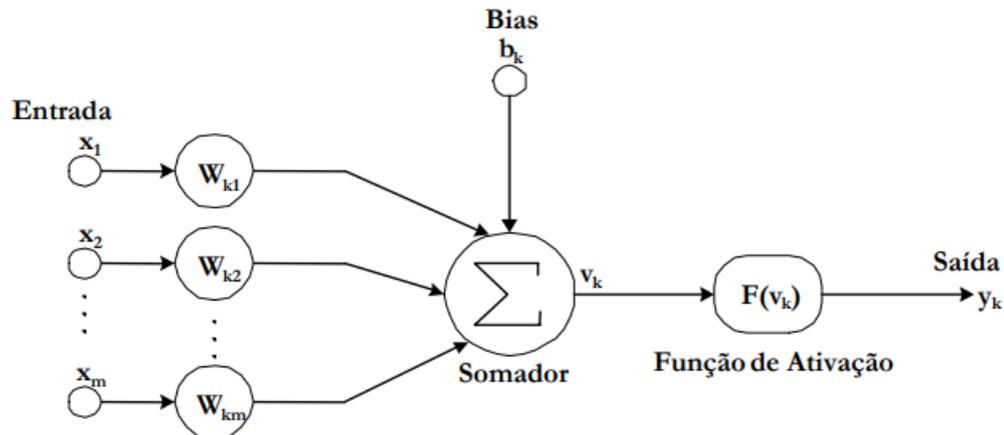
2.6 Redes Neurais Artificiais

As redes neurais artificiais (RNA) procuram imitar o funcionamento do cérebro humano, sendo sua principal característica a capacidade de extrair conhecimento experimental e disponibilizar este conhecimento para uso prático. Este conhecimento é adquirido através de um processo de aprendizado, a informação é armazenada em densidades de conexão conhecidos como Pesos Sinápticos. O processo para aprendizado de uma rede se dá através de um algoritmo que deve ser capaz de ajustar iterativamente os pesos de modo que se atinja o objetivo proposto. A rede neural aprende, então, o ambiente através de um processo iterativo de modificação dos pesos de interligação, a partir de estímulos fornecidos pelo ambiente. O forma de aprendizado é determinada pelo modo com que se promove a adaptação dos parâmetros, e isso pode ser feito pelo aprendizado supervisionado, que se utiliza de pares de entradas e saídas previamente conhecidos, ou não supervisionado, não se usa um conjunto de exemplos já conhecidos (BEALE e JACKSON, 1991).

2.6.1 Modelagem do Neurônio Artificial

O modelo do neurônio artificial é mostrado na figura a seguir.

Figura 3: Modelo do Neurônio Artificial



Fonte: Haykin (1999).

Pode-se observar que contém o conjunto de receptores de x_1, x_2, \dots, x_m que serão responsáveis por monitorar o ambiente (domínio do problema) ou receber os sinais de saída de outros neurônios, para o caso de uma Rede Neural Artificial. Estes receptores de sinais são ampliados ou reduzidos através dos pesos $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}$, que indicam o quão forte é a conexão sináptica x_i . Estes valores de entrada, multiplicados pelos seus pesos são então somados. Em seguida, a função de ativação $F(v_k)$ exibe o sinal de saída. No somatório pode-se notar a presença da componente b_k , que representa o bias. Sua função é realizar uma transformação afim no somatório de modo que, quando a função de ativação for maior que zero, o neurônio produz uma saída. Caso contrário permanece desativado (BEALE e JACKSON, 1991).

Um neurônio pode ser descrito matematicamente como:

$$y_k = F(v_k + b_k) \quad (1)$$

Sendo:

$$v_k = \sum_{j=1}^m W_{kj} \cdot x_j \quad (2)$$

2.6.2 Redes de Função de Base Radial - RBF

São um conjunto de funções não-lineares, que se baseiam em alguma forma de distância para um dado centro:

$$h(\|x-y\|) \quad (3)$$

Onde

$$h \text{ é } \mathfrak{R}_n \rightarrow \mathfrak{R} \quad (4)$$

y é denominado centro e $\| \dots \|$ representa uma distância, normalmente é Euclidiana. Uma RBF tem seu valor proporcional à distância do vetor x de entrada para o centro y . A seguir se exhibe as RBF que mais se destacam (HAYKIN, 1999).

Gaussiana:

$$e^{-(\varepsilon r)^2} \quad (5)$$

Multiquadrática:

$$\sqrt{1 + (\varepsilon r)^2} \quad (6)$$

Quadrática inversa:

$$\frac{1}{1 + (\varepsilon r)^2} \quad (7)$$

Multiquadrática inversa:

$$\frac{1}{\sqrt{1 + (\varepsilon r)^2}} \quad (8)$$

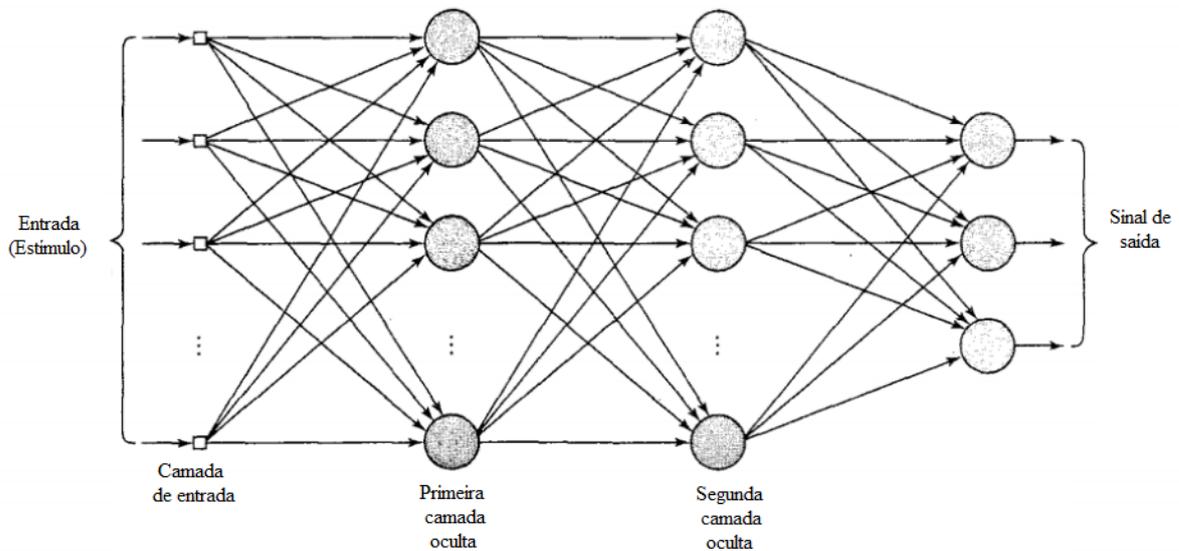
Funções de Base Radial podem ser utilizadas como funções de ativação nas redes neurais artificiais.

2.6.3 Arquitetura de Rede

Existem diversos tipos de arquitetura de redes neurais, a mais destacada dentre elas é a Percepção Multicamadas, este tipo de rede comumente é composta por uma camada de entrada, sensoriamento, uma ou mais camadas escondidas,

responsáveis pela computação, e uma camada de saída. Na figura a seguir se observa a camada de entrada, duas camadas escondidas e a camada de saída, com três nós. Observa-se também a característica *feedforward* (alimentar para frente) da rede, onde os dados são processados camada por camada, unidirecionalmente, da camada de entrada para a camada de saída (HAYKI, 1999).

Figura 4: Arquitetura básica de uma rede com Percepção Multicamadas



Fonte: Kayki (1999)

2.7 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial - IA é uma área de estudos da computação que se interessa no estudo e criação de sistemas que possam exibir um comportamento inteligente e realizar tarefas complexas com um nível de competência que é equivalente ou superior ao de um especialista humano (NIKOLOPOULOS, 1997).

Em seguida à década de 90, os diversos pensadores em IA têm estudado formas de estabelecer comportamentos “inteligentes” nas máquinas. Portanto, o grande desafio das pesquisas em IA, desde a sua criação, pode ser sintetizado com a indagação feita por MINSKY (1968) em seu livro “*Semantic Information Processing*”: “Como fazer as máquinas compreenderem as coisas?”. Embora a área de IA seja estudada academicamente desde os anos 50, só recentemente tem gerado um interesse crescente por causa do surgimento de aplicações comerciais práticas (SILVA, 2004).

Ainda segundo Silva, 2004, os fatores decisivos para o sucesso desta transição da academia para a indústria são os enormes avanços tecnológicos dos equipamentos computacionais ocorridos nas últimas duas décadas. Um sistema IA não é capaz somente de armazenamento e manipulação de dados, mas também da aquisição, representação e manipulação de conhecimento. Esta manipulação inclui a capacidade de deduzir ou inferir novos conhecimentos – novas relações sobre fatos e conceitos – a partir do conhecimento existente e utilizar métodos de representação e manipulação para resolver problemas complexos que são frequentemente não-quantitativos por natureza. Uma das ideias mais úteis que emergiram das pesquisas em IA, é que fatos e regras (conhecimento declarativo) podem ser representados separadamente dos algoritmos de decisão (conhecimento procedimental). Isto teve um efeito profundo tanto na maneira dos cientistas abordarem os problemas, quanto nas técnicas de engenharia utilizadas para produzir sistemas inteligentes.

Adotando um procedimento particular, o desenvolvimento de um sistema IA faz a obtenção e codificação de regras e fatos que sejam suficientes para um determinado domínio do problema. Este processo de codificação é chamado de engenharia do conhecimento. Sendo, então, as questões principais a serem contornadas pelo projetista de um sistema IA a aquisição, representação e manipulação de conhecimento e, geralmente, uma estratégia de controle ou máquina de inferência que determina os itens de conhecimento a serem acessados, as deduções a serem feitas, e a ordem dos passos a serem usados (PASSOS, 1989).

As pesquisas em IA estão relacionadas com áreas de aplicação que envolve o raciocínio humano, tentando imitá-lo e realizando inferências. Estas áreas de aplicação que geralmente são citadas nas definições de IA incluem sistemas especialistas ou sistemas baseados em conhecimento, sistemas inteligentes/aprendizagem, compreensão/tradução de linguagem natural, compreensão/geração de voz, análise de imagem e cena em tempo real e programação automática. Portanto, pode-se afirmar que o campo de IA tem como objetivo, o contínuo aumento da “inteligência” do computador, pesquisando, para isto, também os fenômenos da inteligência natural. Para este fim, IA é definida aqui como sendo uma coleção de técnicas suportadas por computador emulando algumas capacidades dos seres humanos, ou seja, resolução de problemas, compreensão de linguagem natural, visão e robótica, sistemas especialistas e aquisição de conhecimento e metodologias de representação de conhecimento (SILVA, 2004).

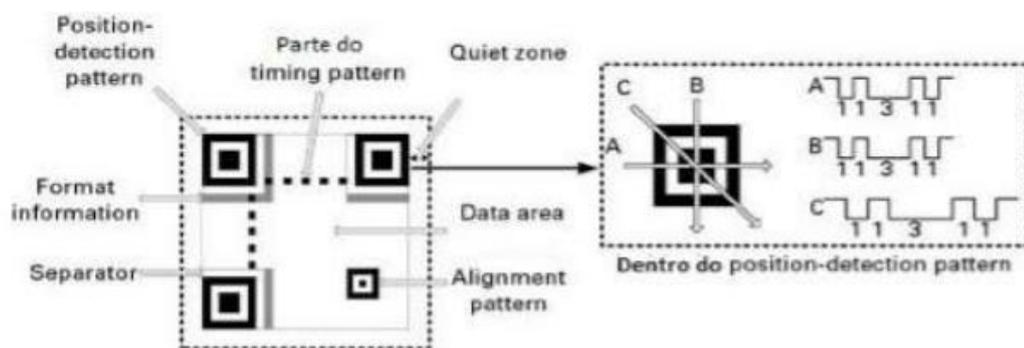
A partir das necessidades de criação de novos conhecimentos, resolução de determinados problemas técnicos e formalização de novos produtos, foram desenvolvidas atividades para alavancar novas tecnologias na área computacional, de informação e comunicação. A esperança de grandes descobertas futuras em IA depende de vários fatores, tal como o crescimento do número de cientistas envolvidos nas pesquisas e avanços principalmente nas áreas da ciência da computação (incluindo processamento paralelo) e da ciência cognitiva (TURBAN, 2003).

2.8 Código QR

O desenvolvimento de novas tecnologias no mundo atual é imprescindível para o avanço da sociedade, a partir do momento em que os códigos de barra ficaram mundialmente conhecidos por armazenar informações de forma gráfica unidimensional, aos poucos a demanda foi crescendo e necessitando de um código que fosse capaz de armazenar maior quantidade de dados, que ocupasse menos espaço de impressão e que fosse de rápida leitura, surgindo então o código QR (VANZ, 2012).

Criado pela empresa japonesa Denso Wave em 1994, o código QR (do inglês *Quick Response*, código de resposta rápida em português) é um código bidimensional, podendo levar até várias centenas de vezes a quantidade de dados carregados por um código de barras comum (DENSO WAVE, 2010).

Figura 5: Estrutura do QR Code



Fonte: Denso-Wave (2016)

Tomando por base a figura anterior é possível compreender como é composto um código QR. Segundo Soon (2008), o código QR é um código do tipo matricial com uma estrutura de células dispostas em um quadrado, e consiste em padrões de

funcionalidade para fazer a leitura de maneira fácil da área de dados onde estes são armazenados. Estas células são módulos pretos e brancos que contém informação binária, sendo o módulo branco correspondente ao '0' e o preto correspondente ao '1'. Soon acrescenta ainda que um QR Code é composto primordialmente de *Finder Pattern* (Padrão do Localizador), *Alignment Pattern* (padrão de alinhamento), o *Timing Pattern* (Padrão de Temporização) e da *Quiet Zone* (Zona Quieta), explanados abaixo.

Padrão do Localizador: são os três quadrados grande nos cantos, o diferencial em relação a qualquer outro código bidimensional. Eles possibilitam a leitura do código em qualquer ângulo. Segundo Soon (2008), estes marcadores de orientação detectam a posição, tamanho e o ângulo do código a ser lido.

Padrão de Temporização: são linhas pontilhadas que ligam os padrões de localização tanto na horizontal quanto na vertical. Segundo Soon (2008), os padrões de temporização são padrões para a identificação da coordenada central de cada módulo no QR Code, sendo possível a correção do código quando há distorção ou erro na disposição dos módulos.

Padrão de Alinhamento: permite a correção de distorções locais.

Zona Quieta: são as margens de folga presentes nos quatro lados do código QR, auxilia no reconhecimento rápido e preciso da imagem.

Format Information (Informação de Formato): indica a versão do código, o nível de correção de erro. Um mesmo código pode conter áreas de dados de outros códigos, onde os mesmos dados podem ser obtidos tanto a partir do código QR superior, quanto juntando-se a informação dos quatro códigos inferiores.

Separator information (Informação Separadora): separa as informações contidas no código QR.

2.9 Teoria das Filas

Teoria das filas, ou teoria de filas, é uma modelagem analítica de processos, ou sistemas, que resultam em espera e tem por objetivo a determinação e avaliação de quantidades, são estas denominadas medidas de desempenho, que expressam a produtividade/operacionalidade de produtos e de posse destas informações pode-se buscar meios para minimizar os impactos das esperas nos processos (FOGLIATTI, 2007).

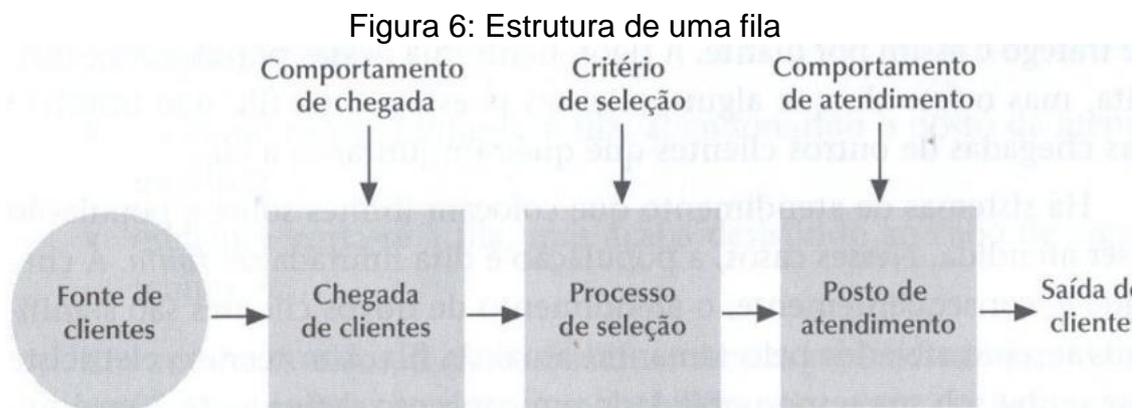
A teoria das filas é um setor da Pesquisa Operacional. Conforme Taha, 2008, a teoria das filas não pode ser caracterizada como uma ferramenta de otimização,

pois a mesma é utilizada para determinar a situação da fila atual, segundo medidas de desempenho, oferecendo ao administrador base para tomadas de decisão com o objetivo de buscar melhorias para ofertar ao cliente um serviço satisfatório.

O estudo da teoria das filas é realizado utilizando fórmulas matemáticas, para facilitar a verificação do comportamento de sistemas reais em diversas situações. Assim, é possível mensurar a capacidade de atendimento ao cliente, garantindo satisfação ao se combinar custo do serviço, qualidade oferecida e investimentos nos gargalos (SABBADINI, GONÇALVES E OLIVEIRA, 2006). O comportamento de um sistema de filas é basicamente mensurado por cinco variáveis de desempenho: comprimento da fila, número de clientes no sistema, tempo de espera na fila, tempo total no sistema e a utilização da instalação do serviço (KRAJEWSKI, RITZMAN, MALHOTRA, 2009).

2.9.1 Componentes de um Sistema de Filas

Existem muitos tipos diferenciados de modelos de filas e segundo Moreira (2007), as filas são estruturadas de acordo com a figura a seguir:



Fonte: Moreira (2007)

2.9.1.1 Fonte de Clientes

Pertencendo os clientes a uma população maior, onde todos são clientes potenciais, as fontes de clientes podem ser finitas ou infinitas. As fontes infinitas são aquelas em que a probabilidade de chegada não é afetada pelo fato de alguns clientes já estarem aguardando na fila, ocorrendo o contrário para as fontes finitas.

2.9.1.2 Modelos de Chegada

Se for conhecido o número de chegadas de clientes, conhecendo também os instantes de tempo em que elas acontecem, o modelo de chegada é determinístico. Caso não for possível ter tais dados, obtêm-se um comportamento aleatório, onde há uma distribuição de probabilidade, para esta é necessário que se tenha um parâmetro chamado taxa de chegadas.

Andrade, (2009), explica diversos modelos de Sistemas de Filas, dentre eles, as características para o modelo do sistema de uma fila e diversos canais são:

- a) As chegadas se processam segundo a distribuição de Poisson, com média de λ chegadas/unidades de tempo;
- b) Os tempos de atendimento, por canal, seguem a distribuição exponencial negativa, com média de $1/\mu$;
- c) O atendimento é feito por ordem de chegada;
- d) O número de canais de serviço no sistema é S ;
- e) O número de clientes é suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita;
- f) O ritmo de serviço é $\mu \cdot S$;
- g) A condição de estabilidade do sistema é $\lambda < \mu \cdot S$.

2.9.1.3 Disciplina da Fila

O modo como se atende os usuários define a disciplina da fila. Podendo ser:

- a) FIFO: primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido;
- b) LIFO: último a chegar é o primeiro a ser atendido;
- c) SIRO: atendimento aleatório;
- d) PRI: com prioridades;
- e) GD: outra ordem.

2.9.2 Notação de Kendall

David George Kendall criou em 1953 uma notação para sistemas de filas, atualmente muito utilizada (TEIXEIRA, 2004). Descrita da seguinte forma $A/B/c/K/m/Z$, sendo:

A = distribuição dos intervalos entre chegadas (Processo de Chegadas);

B = distribuição do tempo de serviço;

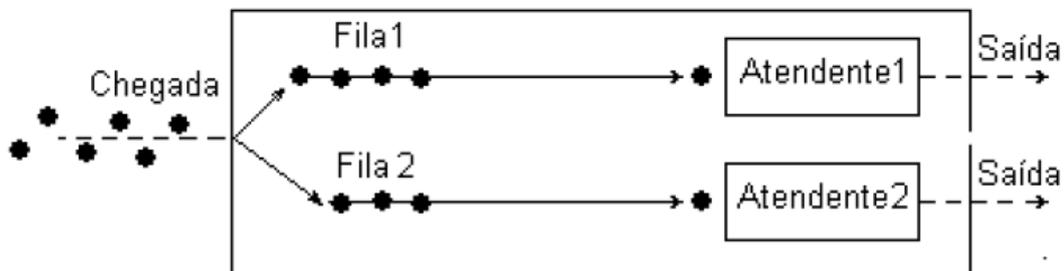
c = quantidade de atendentes;

K = capacidade máxima do sistema (Tamanho da Fila);

m = tamanho da população que fornece clientes;
 Z = disciplina da fila.

Sendo que, b e k são considerados infinitos, caso não sejam especificados, e o tipo de disciplina de serviço é definido como *fifo* (TEIXEIRA, 2004). Em um processo de Poisson a anotação usada para a e b é m (Marcoviana). Assim, um modelo de fila em que a distribuição das chegadas segue a Poisson, a distribuição da duração do serviço segue a exponencial, tamanho da população infinito, tamanho para a fila infinito, fila única com seleção e com 1 estação de serviço, teria a notação $m/m/1$ (SANTOS, 2003). O modelo $m/m/1$ é um dos vários modelos existentes na teoria das filas e diz respeito ao modelo de filas onde tanto as chegadas quanto o atendimento são Marcovianas (o que é o mesmo que dizer que seguem a distribuição de Poisson ou a exponencial negativa) e que temos um único atendente. Tem-se a seguir uma representação deste modelo de fila $m/m/1$:

Figura 7: Sistema de filas $m/m/1$



Fonte: Próprio Autor, *apud* Prado (2006)

$m/m/1$ por se tratar de um modelo de filas Marcovianas, que possuem chegadas e atendimentos seguindo as distribuições de Poisson, é possível utilizar equações para o modelo, utilizando a modelagem proposta por Prado (2006).

Tendo-se a Taxa de Chegada (λ) e a Taxa de Atendimento (μ), é possível calcular a Probabilidade de ociosidade do sistema, equação a seguir.

$$P(0) = \frac{1}{\sum_{j=0}^{s-1} \frac{\rho^j}{j!} + \frac{\rho^s}{(s-1)!(s-\rho)}} \quad (9)$$

S é o Número de serviços (atendentes), ρ é o Fator de utilização calculado por meio da equação a seguir.

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (10)$$

- a) Se $\rho < 1$ então não há congestionamento;
- b) Se $\rho = 1$ então o sistema está em equilíbrio;
- c) Se $\rho > 1$ então há congestionamento.

A Probabilidade de que todos os canais estejam ocupados é calculada utilizando a equação 11.

$$P_{\text{ocup. total}} = (P(n \geq S) \frac{\rho^S}{(S-1)!(S-\rho)}) \cdot P(0) \quad (11)$$

Pode-se determinar o número de clientes na fila (NF) a partir da equação 12.

$$NF = \frac{\rho}{(S-\rho)} \cdot P_{\text{ocup. total}} \quad (12)$$

Para o cálculo do tempo médio de espera na fila (TF), utiliza-se a equação a seguir.

$$TF = NF \frac{1}{\lambda} \quad (13)$$

Se calcula o número médio de clientes no sistema (NS) pela equação 14.

$$NS = NF + \rho \quad (14)$$

Enfim, determina-se o tempo médio gasto no sistema (TS) utilizando a equação

$$15. TS = NS \frac{1}{\lambda} \quad (15)$$

3 AUTOMATIZAÇÃO

As filas em supermercados são um problema antigo, fazendo com que o desafio de melhorar o atendimento seja também voltado a reduzi-las. No ano de 1996 os motivos principalmente apontados em pesquisa de queixas de clientes em supermercados referiam-se à filas para pagamento (56%), falta de empacotador (35%), supermercado lotado (41%) e produtos sem preço (25%) de acordo com a consultora Nielsen (BNDES, 1996), a maioria destes afetam o tempo de permanência do consumidor na fila, sendo este, então, o motivo mais relevante de queixa.

Para os comerciantes nem sempre as ações normalmente executadas são suficientes para que haja uma diminuição deste tempo de espera, principalmente quando o movimento está acima do comumente previsto. Existem estratégias inovadoras e tecnológicas para que o tempo de espera dos compradores reduza quando da finalização da compra, acelerando o andamento das filas. Será exibido a seguir uma dessas estratégias.

3.1 Carrinho de Supermercado Inteligente

A diminuição do tempo de espera em filas de supermercados pode ser buscada a partir da automatização focada em seus carrinhos, estes, equipados com dispositivos de aquisição de imagens, fazem a leitura do que é escolhido pelo comprador utilizando-se inteligência artificial, o *software* vinculado a um processador trabalhará para identificar o que está sendo inserido no carrinho e, ao localizar o objeto, este somará ao carrinho de compras virtual do cliente.

O *software* trabalha com bancos de dados pré-definidos, será nutrido previamente com todos os produtos disponibilizados pelo supermercado para que sejam identificados nas compras dos clientes. O *software* mencionado também será utilizado para identificação de cliente em uma roleta a ser inserida na entrada, para que se possa controlar o fluxo de clientes, identificá-los e elevar a segurança na entrada para controle de furtos, além de promover a finalização da compra do cliente no caixa. No caixa, para conferência de peso, haverá uma balança onde o software irá fazer a verificação se o peso dos produtos condiz com o valor final a ser pago por este cliente, liberando ou não a saída do mesmo.

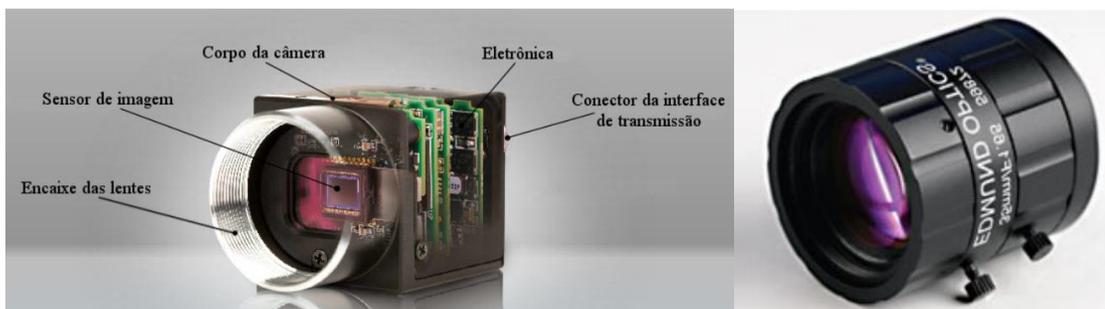
3.1.1 Estrutura do Carrinho

Será instalado no carrinho um sistema para leitura dos produtos, composto por uma câmera e uma placa Raspberry PI, o celular será utilizado como visor e identificador do cliente. O carrinho poderá ser de um modelo comum, utilizado em qualquer supermercado, pois o que irá influenciar no projeto é a tecnologia inserida no mesmo pela câmera, Raspberry PI e *software*.

3.1.1.1 Câmera

Parte importante do conjunto, sendo responsável por fornecer a imagem ao sistema.

Figura 8: Câmera e lente para aquisição de imagens



Fonte: EDMUND OPTICS, 2009.

Em um processo de aquisição de imagem, as lentes tem o papel de focar a luz vinda da direção do objeto no sensor de imagem. Entende-se que as lentes são responsáveis por formar a imagem sobre o sensor, sendo este sensor de imagem a parte responsável por converter o sinal de luz, refletido do objeto, em sinal elétrico, o qual podemos processar, armazenar e mostrar em um visor. A parte final é a transmissão da imagem para fora da câmera, até o *hardware* de processamento e visualização, a qual é feita através de uma interface padronizada de transmissão de dados (STEGER, WIEDEMANN, ULRICH, 2008).

Para o modelo proposto é importante utilizar-se uma câmera de maior resolução, pois irá diminuir as tratativas que o *software* irá necessitar fazer para que haja um reconhecimento do objeto inserido no carrinho. Porém, não há necessidade de câmeras de última geração, sendo considerando também o custo/benefício nessa aquisição dos componentes.

A seguir é exibida uma câmera a ser utilizada no modelo.

Figura 9: Câmera a ser utilizada para aquisição de imagens



Fonte: Rakuten, 2018.

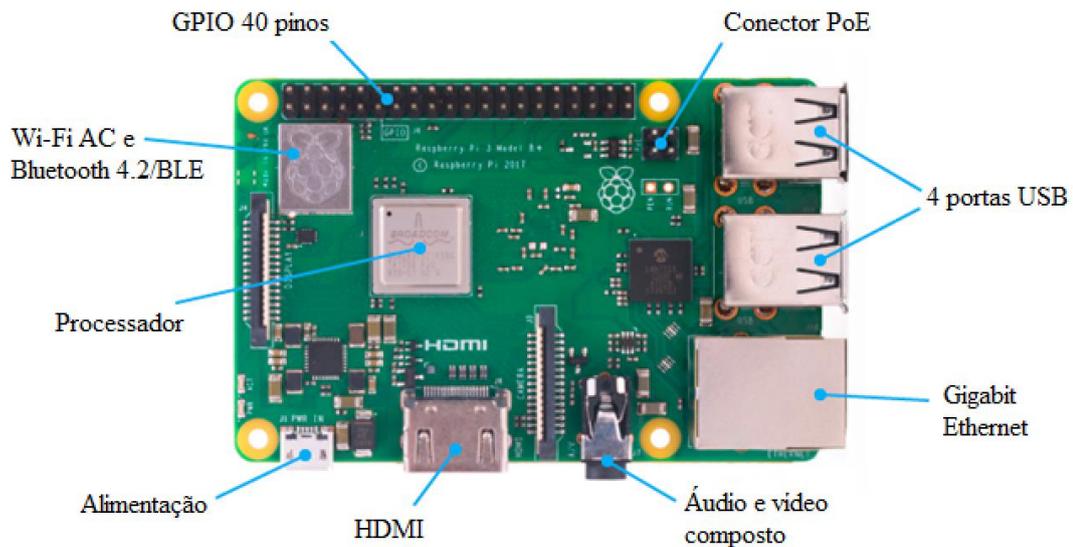
Especificações:

- a) Sensor de imagem: Sensor de imagem CMOS de 1 / 2.5";
- b) Resolução de tela (máximo): 2592 × 1944 (5 milhões de pixels);
- c) Resolução de armazenamento (máximo): 2592 × 1944;
- d) Vídeo: 1280 × 960 (120 milhões de pixels);
- e) Formato de arquivo recorte: BMP / JPG PNG / PDF;
- f) Formatos de arquivo gravação de vídeo: AVI;
- g) Máxima taxa de quadros: 30 fps (resolução de 640 × 480 display), 10fps (resolução 2592 × 1944);
- h) Memória principal: 1 GB ou mais;
- i) Capacidade do disco rígido: 20 GB;
- j) Dimensões: 50 mm × 50 milímetros × 41 milímetros;
- k) Peso: 192g.

3.1.1.2 Raspberry PI

A placa foi desenvolvida no Reino Unido pela *Raspberry PI Fondation* e trata-se de um mini computador criado com o intuito de estimular o estudo na área da computação.

Figura 10: Raspberry pi 3 Modelo B+



Fonte: Raspberry PI, 2018.

O mercado oferece diversas arquiteturas, com diferentes linguagens de programação a serem utilizadas, o Raspberry PI faz parte deste grupo. A plaquinha é competitiva devido aos seus componentes terem sido muito bem selecionados, sendo a mesma de baixo custo. A figura anterior exibe um Raspberry PI 3 modelo B+, lançado em 2018, que possui um processador de 1.4 GHz, 1G de memória RAM, suporte nativo para redes Wi-Fi 802.11 e Bluetooth 4.2, conector Ethernet, 4 portas USB 2.0, suporte para cartão SD, HDMI, GPIO 40 pinos que podem ser ligados em sensores, motores, relés e, para este trabalho, será ligado à uma câmera via porta USB e à central de processamento via Wi-fi já integrado na placa. Por possuir um código aberto, tem uma enorme liberdade de personalização de máquina e de suas funções por meio da linguagem de programação Python (RASPBerry PI, 2018).

3.1.1.3 Produção do Software

Será utilizado para o modelo de automação desta monografia o OpenCV (*Open source Computer Vision*, do português Visão Computacional de Código Aberto), que é uma biblioteca de *software* (que significa que possui uma coleção de subprogramas utilizados para o desenvolvimento de software, código e dados auxiliares, que provém serviços a programas independentes, o que permite o compartilhamento e a alteração de códigos e dados de forma modular) de visão computacional e aprendizado de

máquina, sendo esta, em código aberto licenciado pela *Berkeley Software Distribution* (BSD), de fácil utilização e modificação do código pelas empresas.

Existem inúmeros sistemas de processamento de imagens disponíveis no mercado, eles se distinguem pela forma de distribuição, por sua área de aplicação, e pelas plataformas em que estão disponíveis para utilização. Buscando otimizar a escolha das diversas técnicas pertencentes a cada subdivisão que compõe o processamento e análise digital de imagens, existem bibliotecas específicas que possuem implementação de várias delas, sendo uma destas bibliotecas pertencente ao programa OpenCV (BRADSKI & KAEHLER, 2008).

O OpenCV é gratuito para uso acadêmico e comercial. O programa possui interfaces C ++, Python e Java, podendo ser utilizado em Windows, Linux, Mac OS, iOS e Android. Ele foi projetado para eficiência computacional e com um forte foco em aplicativos em tempo real. Escrito em C / C ++ otimizado, a biblioteca pode aproveitar o processamento de vários núcleos. Habilitado com o OpenCL, ele pode aproveitar a aceleração de hardware da plataforma de computação heterogênea subjacente (OPENCV, 2018).

Esta biblioteca possui mais de 2500 algoritmos otimizados, podendo estes serem utilizados para reconhecimento de rostos, classificação ações humanas em vídeos, rastreamento de movimentos de câmera, produção de nuvens de pontos 3D a partir de câmeras, rastreamento de objetos em movimento, unificação de imagens para produzir alta resolução de uma cena, localização de imagens semelhantes de um banco de dados de imagens, identificação de objetos estáticos e móveis, e inúmeras outras possibilidades (OPENCV, 2018).

O aprendizado de máquina transforma dados em informações, extraindo regras ou padrões a partir destes dados (Bradski, 2008). Esta técnica vai ser utilizada no projeto para a leitura dos produtos, pois não há como prever de que lado o cliente irá inserir o produto no carrinho, mesmo tendo uma base de dados cadastrados pode ocorrer de algum ângulo visualizado pela câmera não ter o reconhecimento definitivo do produto, tendo uma porcentagem baixa ou nula de identificação. Com o aprendizado de a máquina irá ser treinada a identificar aquele produto de forma correta, aumentando a porcentagem de identificação a medida que se for fazendo mais leituras do mesmo.

A Visão computacional é o estudo da extração de informação de uma imagem, mais especificamente é a construção de descrições explícitas e claras dos objetos em

uma imagem (BALLARD e BROWN, 1982). O processamento digital de imagens é capaz de fazer a preparação da imagem para facilitar a aplicação de métodos da visão computacional, que vão fazer a análise e interpretação do conteúdo da imagem e obter informações relevantes. Dessa forma, o processamento é uma das etapas do funcionamento de um sistema de visão computacional.

O OpenCV possui algoritmos de visão computacional e processamento de imagens, sendo utilizado pelo *framework* Tesorflow com sua *Application Programming Interface* (API) (do português, Interface de Programação de Aplicativos) de detecção de objetos é possível agilizar as tarefas executadas. A linguagem de programação utilizada é a Python 3.

Segundo Willemann e Ibarra, 2007, p. 41, *framework* pode ser definido como:

Um *framework* ou arcabouço é uma estrutura de suporte definida em que outro projeto de software pode ser organizado e desenvolvido, quando se analisa o conceito no âmbito do desenvolvimento de software. Um *framework* pode incluir programas de suporte, bibliotecas de código, linguagens de script e outros softwares para ajudar a desenvolver e juntar diferentes componentes de um projeto de software.

Para que um projeto de *software* possa ser considerado *framework* tem que obedecer à algumas características, deve ser reutilizável, facilitar o desenvolvimento de sistemas, possuir boa documentação, atender com exatidão o que foi proposto em sua documentação e ser eficiente no auxílio a criação de aplicações com a linguagem de programação (WILLEMANN E IBARRA, 2007).

O Tensorflow possui uma API chamada *object_detection*, esta pertence aos modelos “pesquisa” disponibilizados pelos desenvolvedores do *framework*, que, após ser importado no repositório de modelos do *software* no formato *TFRecord* (binário), as imagens serão utilizadas para a visão computacional onde produtos de supermercado serão identificados em vídeo. Um arquivo *TFRecord* armazena seus dados como uma sequência de sequências binárias, onde é preciso especificar a estrutura de seus dados antes de gravá-los no disco. O Tensorflow fornece dois componentes para essa finalidade: *tf.train.Example* e *tf.train.SequenceExample*, é necessário armazenar cada amostra de dados em uma dessas estruturas, depois serializá-la e usar um *tf.python_io.TFRecordWriter* para gravá-la no disco. Após ser gravado no disco, um arquivo *TFRecord* poderá ser lido usando *tf.TFRecordReader*, são definidos os recursos que se espera no *TFRecord* usando

tf.FixedLenFeature e *tf.VarLenFeature*, dependendo do que foi concluído durante a definição de *tf.train.Example* (GAMAUF, 2018).

A medida que forem feitas leituras de produtos pelo *object_detection* em conjunto as demais aplicações, a máquina irá ser treinada. No OpenCV pode ser deferida a aprendizagem de máquina de diversas formas, a que será usada para esta monografia são as redes neurais do tipo convolucionais, que tem aprendizado profundo deferido pelo modelo *Inception V3*, essas redes são o núcleo da maioria das soluções de visão computacional de última geração para uma ampla variedade de tarefas. (SZEGEDY, VANHOUCKE, IOFFE, SHLENS, et al, 2015)

3.1.2 Funcionamento Geral

O *software* do dispositivo fará todo o raciocínio lógico para que se possa ter o funcionamento pretendido do modelo, identificando o cliente, inserindo seus produtos na lista de compras e promovendo a finalização da compra. Para tanto, se disponibilizará a primórdio um aplicativo para dispositivos móveis, onde o cliente fará seu cadastro fidelidade para identificação nesse aplicativo e, para entrar no supermercado, será necessário que se identifique com um código QR, assim, a catraca inserida na porta do supermercado identificará aquele cliente e será liberada a passagem. Dentro do supermercado o aplicativo do dispositivo móvel do cliente se integrará com o Raspberry PI do carrinho, permitindo-se identificar quem está utilizando aquele carrinho em específico.

Para que o celular possa se comunicar com o Raspberry PI, também será utilizado o código QR gerado pelo mesmo, onde o cliente irá exibir este código para a câmera do carrinho, possibilitando o reconhecimento de identidade. As informações do cliente e de produtos serão lidas pela câmera e encaminhadas à central pelo transmissor Wi-Fi, esta central irá encaminhar atualizações do carrinho virtual de compras também via Wi-fi para que o aplicativo do celular seja atualizado em tempo real, possibilitando que, ao chegar no caixa, o carrinho virtual esteja pronto para pagamento.

A central de processamento se utilizará de um computador industrial, devido a sua flexibilidade de uso. A maioria dos computadores industriais são projetados para não serem desligados quase nunca, contendo fontes redundantes e peças que podem ser substituídas sem a necessidade de desligamento. Além das tarefas de visão de

máquina, estes sistemas podem realizar funções de supervisão e controle, utilizados em conjunto com uma Unidade de Processamento Gráfico (GPU), pode-se obter maior desempenho. A maioria dos computadores industriais é composta dos mesmos elementos utilizados em computadores pessoais, como processadores *multi-core* (vários núcleos), porém com uma construção e componentes mais robustos (LIPPINCOTT, 2008).

O caixa do supermercado será automatizado para que se faça a comparação de valores identificados para pagamento com o peso medido, assim, nele constará uma balança e uma máquina de cartão com um visor e câmera frontal. O código QR gerado pelo celular será utilizado para identificação do cliente e seus valores neste caixa.

Cada produto tem seu peso e valor, a seguir há uma tabela de somatório de produtos para exemplificar o informado.

TABELA 2: Exemplo de produtos adicionados ao carrinho virtual de compras

Produto	Peso (g)	Valor (R\$)
A	100	25,00
B	150	10,00
C	2000	45,00
TOTAL	2250	80,00

Fonte: Próprio Autor, 2018

No exemplo anterior, após serem identificados os produtos, será cobrado no caixa o pagamento do cliente no valor de R\$80,00 para o peso 2250g, caso a balança não identifique este peso (precisão aceita de até 0,001g, comum em balanças de pequeno porte encontradas no mercado) significa que os produtos que foram colocados na balança não correspondem aos presentes no carrinho virtual de compras. Existirá uma segunda função no caixa para englobar estes problemas, a de passar os produtos separadamente, caso o peso identificado seja diferente do identificado pelo total a pagar, o cliente utilizará a câmera frontal do visor do caixa e da balança pra ir passando um a um os produtos para fazer o somatório final e, após, realizar o pagamento do valor correto dos produtos do carrinho. Somente após esse pagamento a catraca será liberada para que o cliente saia do supermercado.

3.1.3 Aplicação da Teoria de Filas

Para que se possa aplicar a teoria de filas é necessário ter em mãos vários dados, estes dados são definidos por supermercado, devido à cada um ter diferentes tipos de atendimento ao cliente, com números diferentes de caixas e voltado à diferentes classes de clientes, dentre outras diferenciações que impactam diretamente neste estudo.

O levantamento de dados para se ter parâmetros de comparação foi feito tendo como base a monografia de Doile, 2010, Teoria de Filas - Analisando o Fluxo de Atendimento e o Número de Atendentes em um Supermercado, apresentada à banca da faculdade de administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, devido aos dados colhidos pelo autor condizerem com a realidade da maioria dos supermercados brasileiros e com o foco da monografia aqui apresentada.

Doile fez observações *in loco* no Supermercado Bevilaqua Ltda, situada em Faxinal do Soturno (RS) e possui em torno de 50 anos de mercado, não possui caixa rápido devido à características dos cliente atendidos. Este supermercado é modernizado, com ferramentas comuns de utilização por este modelo de empreendimento nos dias de hoje (consultores de preço eletrônicos, caixas computadorizados com leitores de código de barras, emissor de cupom fiscal, etc.).

As coletas de amostras por Doile se deram em horários diferentes, para se tentar mensurar melhor quais os horários de maior e menor fluxo. Os dados foram coletados na Terça-Feira (dia de menor fluxo no supermercado), Sexta-Feira e Sábado (dias de maior fluxo). Os horários da coleta de dados são exibidos na figura a seguir.

Figura 11: Horários de coleta de dados

	<i>Dia 14.09.2010</i> <i>Terça-Feira</i>	<i>Dia 17.09.2010</i> <i>Sexta-Feira</i>	<i>Dia 18.09.2010</i> <i>Sábado</i>
Período de coleta de dados	08h às 10h	8h30min às 10h	8h às 9h30min
	11h às 12h	11h às 12h	11h às 12h
	13h30min às 15h	13h30min às 15h30min	13h30min às 14h30min
	17h às 18h	17h às 18h30min	17h às 18h10min.

Fonte: Doile (2010)

Para cada caixa do supermercado estudado foram coletados os instantes de chegadas dos consumidores na fila, início e término de serviço. A figura a seguir mostra os intervalos médios entre as chegadas e os tempos médios de serviço prestados aos consumidores por caixa.

Figura 12: Intervalos Médios Entre Chegadas e Tempos Médios de Serviço

<i>Caixa</i>	<i>Intervalo Médio Entre as Chegadas (min)</i>	<i>Tempo Médio de Serviços (min)</i>	<i>Tempo Médio de Espera (min)</i>
01	3,8	3,0	11,25
02	4,8	3,7	12,96
03	4,1	3,1	9,37
04	5,1	3,9	12,82
05	4,7	3,4	9,05
Média	4,67	3,53	11,05
Desvio Padrão	0,42	0,35	2,13

Fonte: Doile (2010)

A média geral dos intervalos médios entre chegadas nos caixas é 4,67m, ou 0,21 chegadas/minuto em cada caixa. A média geral dos tempos médios de serviço nos caixas é 3,53 minutos, ou 0,28 atendimentos/minuto em cada caixa. Ressalta-se que os caixas 4 e 5 só entram em operação quando as filas dos demais caixas estão com tamanho superior a 4 clientes, logo, os indicadores destes caixas são extraídos nos horários de maior movimento. Como o supermercado trabalha com o sistema de caixas operando em paralelo (m/m/1), com estes dados foram obtidos por Doile os parâmetros de análise da fila, figura a seguir.

Figura 13: Parâmetros de análise

<i>Parâmetros</i>	<i>Caixa 01</i>	<i>Caixa 02</i>	<i>Caixa 03</i>	<i>Caixa 04</i>	<i>Caixa 05</i>	<i>Unidades</i>
λ	0,26	0,21	0,24	0,20	0,21	Clientes/min.
μ	0,33	0,27	0,32	0,26	0,29	Clientes/min.
Taxa de utilização (%)	78,79	77,78	75,00	76,92	72,41	%
Tamanho médio da fila	2,92	2,72	2,25	2,56	1,90	Clientes
Tempo médio de espera na fila	11,22	12,96	9,38	12,82	9,05	Minutos
Número médio de clientes no sistema	3,71	3,5	3,00	3,33	2,62	Clientes
Tempo médio no sistema	14,28	16,67	12,5	16,67	12,5	Minutos

Fonte: Doile (2010)

Como exposto por Doile, a capacidade efetiva de um sistema é o limite da produção real, o qual pode ser considerado como sendo a produção máxima possível de um processo. Para um serviço, o máximo que um gestor pode exigir é que o servidor esteja sempre ocupado com os afazeres de sua função.

O supermercado em estudo possui um total de 5 caixas, segundo Doile, cada caixa contratado para trabalhar 8 horas por dia, sendo então 40 horas diárias totais para atender ao público. Para obter o número máximo de atendimentos que cada caixa pode ter em um intervalo de tempo foram utilizados os dados coletados em horários de pico, em especial Sábado entre 10h e 12h. Neste período os caixas atenderam uma média de 1 cliente a cada 3 minutos. O número máximo de clientes que poderão ser atendidos pelo sistema é de 800 clientes/dia ou 100 clientes/hora com os 5 caixas operando com o máximo de sua capacidade de serviço. Os números obtidos podem ser variáveis dependendo de fatores externos. Os dados levantados são uma média de todos os atendimentos registrados no período da coleta.

No estudo de Doile foi levado como parâmetro de eficiência o índice de utilização dos caixas respeitando este limite máximo de clientes que podem ser atendidos. Mantendo-se a capacidade de atendimento de cada caixa, quanto maior for a taxa de utilização dos servidores, maior será a eficiência do serviço desde que as filas não se tornem grandes demais e tragam descontentamento dos clientes. A partir da tabela da figura anterior pode-se obter uma média de taxa de utilização dos caixas de 74,60% (desvio padrão de 1,88). O desvio padrão mostra que a variação de caixa pra caixa é pequena. Para o índice de eficiência foi utilizado a média, os caixas

permanecem 74,6% do seu tempo ocupados, sendo atendidos aproximadamente 600 clientes por dia, ficando com ociosidade de 200 atendimentos diários.

3.1.3.1 Cálculos Utilizando a Automação no Supermercado

A partir dos dados coletados por Doile, 2010, foi feita a análise dos mesmos dados considerando que o supermercado tenha a automação proposta aplicada à seus carrinhos.

Irá ser exposta primeiramente a taxa de chegada (λ), que não varia, sendo a mesma do sistema anterior, média de 0,21 chegadas/minuto em cada caixa.

Para calcular μ (taxa de atendimento), utiliza-se a média geral dos tempos médios de atendimento, obtida na figura 12, TA = 3,53 minutos, ou $\mu = 1/(3,53) = 0,28$ atendimentos por minuto. Segundo o diretor da Sam's Clube Rodrigo Novelli em entrevista para a Gazeta Online publicada em 19/07/2018, rede que implantou em seus supermercados em Junho de 2018 um modelo parecido de automação com a exposta, a automação diminui em torno de 40% do tempo gasto pelos consumidores sendo atendidos no caixa do supermercado (Gazeta Online, 2018). Tomando como base o valor apontado pelo diretor da Sam's Clube e os dados do estudo de Dirole, o tempo médio de atendimento será diminuído em 40%, sendo então 60% de 3,53 minutos, sendo o resultado TA = 2,12 minutos, $1/(2,12) = 0,47$ atendimentos por minuto (μ).

Para se calcular o fator de utilização ρ será usada a Equação 10, $\rho = \lambda / \mu$, então $\rho = 0,21/0,47$, logo, $\rho = 0,4468$ ou 44,68%. Utilizando a Equação 9, considerando a quantidade de caixas como 5 (S), é possível calcular a probabilidade ociosa P(0) do sistema, que é $P(0) = 0,1029$.

Após achar P(0), se calcula a probabilidade de que todos os canais estejam ocupados pela equação 11, que dá $P_{\text{ocup.total}} = 0,1678$, ou 16,78%. Com estes dados é possível se determinar o número médio de clientes na fila (NF) com a equação 12, $NF = (0,4468 \times 0,1678) / (5 - 0,4468)$, o resultado é 0,01646 clientes.

Calculando o tempo médio de espera na fila (TF) pela equação 13, tem-se $TF = 0,01646/0,21$, logo, $TF = 0,003456$. Pode-se encontrar agora o número médio de clientes no sistema (NS) pela Equação 14, $NS = 0,01646 + 0,4468$, então, $NS = 0,46326$ clientes. Por fim, após a aquisição de todos os dados anteriores, é finalizado o cálculo encontrando o tempo médio gasto no sistema (TS) pela Equação 15, $TS = 0,46326 / 0,21$, que tem o resultado de $TS = 2,206$ minutos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Utilizou-se do método de pesquisa qualitativo para avaliar dados de trabalhos já existentes publicados e as tecnologias, bem como suas teorias de funcionamento, aplicadas à supermercados já instalados pelo Brasil e no mundo, visando agregar conteúdo à pesquisa e justificar o modelo proposto de automatização do processo de compras. Através do levantamento do referencial teórico, foram buscadas formas de expor os pontos fortes da pesquisa.

O estudo de cálculos para avaliar a formação de filas no comércio supermercadista também agregou valor à pesquisa, assim como a influência da Internet das Coisas, associada a Tecnologia da Informação, deu suporte a seu desenvolvimento. Tecnologias mais acessíveis foram utilizadas como meios de exposição do objeto proposto para solucionar o problema de filas em supermercados.

Foram estudadas técnicas que estão por trás do funcionamento de um supermercado automatizado, explanando o tema e propondo uma ideia que empreendedores podem utilizar para montagem de suas empresas. Poderá ocorrer, também, modificação de conceitos existentes por parte destes. Devido a tanto, a pesquisa pode ser classificada como exploratória.

No que se refere aos conceitos de automatização de processos, a área de processamento de imagens consta intimamente ligada, por este meio, foram utilizados como composição do modelo proposto de automatização dispositivos sensores em conjunto com um software para identificação das imagens necessárias a leitura do ambiente pretendido, com tais imagens os processadores poderão trabalhar para que a informação final possa ser repassada ao consumidor. Os instrumentos utilizados para coleta de dados foram livros, artigos acadêmicos, sites de tecnologia, normas que regem a categoria, todos relacionados ao tema exposto.

Não foram realizadas técnicas de amostragem devido à natureza da pesquisa, logo, não sendo necessário tal método para levantamento de dados.

O trabalho se deu início a partir da coleta dos dados da forma descrita anteriormente, após, foram processados para que fosse redigido e formatado o documento necessário a ser apresentado à banca avaliadora. A todo momento da pesquisa foi feita revisão da bibliografia de embasamento, sendo acrescentados trabalhos conforme necessidade. Não foi utilizado um único trabalho como base primordial de referencial devido à escassez de documentação postada nos meios

possíveis de pesquisa disponíveis, onde não foi encontrado um trabalho que resuma o pretendido por meio deste estudo.

A partir dos dados colhidos no estudo de Doile, 2010, e após os mesmos serem recalculados utilizando informações colhidos no site Gazeta Online com a entrevista ao diretor da rede de supermercados automatizados no Brasil Sam's Clube, formulou-se a tabela a seguir.

TABELA 2: Exibição de Dados Médios para Análise de Comparação

	Doile (2010)	Após Automação	Unidades
Taxa de chegada (λ)	0,21	0,21	Clientes/min
Taxa de atendimento (μ)	0,28	0,47	Clientes/min
Taxa de utilização (ρ)	74,60	44,68	%
Tamanho médio da fila (NF)	2,47	0,016	Clientes
Tempo médio de espera na fila (TF)	11,09	0,003456	Minutos
Nº médio de clientes no sistema (NS)	3,23	0,46	Clientes
Tempo médio no sistema	14,54	2,206	Minutos

Fonte: Próprio Autor, 2018

Perante os dados expostos pode-se observar que, ao diminuir o tempo gasto no atendimento do caixa em 40%, houve um impacto direto na formação de filas e nos demais dados. Apesar da taxa de chegada de clientes λ ser a mesma devido ao supermercado já ter definido seu nicho de clientes, foi reduzida de 74,6% para 44,68% a taxa de utilização média dos caixas e aumentado de 0,28 para 0,47 a quantidade de clientes atendidos por minuto μ , ou seja, em todo o tempo que estes caixas estejam aptos à atendimento, com a automação eles estarão ocupados com clientes apenas 44,68% deste tempo e conseguirão liberar quase o dobro de clientes em um determinado período, sendo que o número médio de clientes no sistema diminuiu de 3,23 clientes para 0,46.

O tamanho médio da fila, que obtinha uma média de 2,47 clientes, foi reduzida à 0,016 clientes, ou seja, não há mais filas devido a este número ser muito pequeno. Este fato também pode ser observado quando se verifica a diminuição do tempo médio de espera na fila de 11,09 para 0,003456 minutos.

O tempo total que este cliente ficará no sistema, ou seja, no caixa ou em filas, após a utilização da automação é diminuído de 14,54 minutos para 2,206 minutos, ou seja, o cliente gastará quase 100% de seu tempo no sistema já utilizando o caixa para pagamento.

Segundo pesquisa recente desenvolvida pela GS1 Brasil (Associação Brasileira de Automação), 40% dos brasileiros buscam no celular informações sobre os produtos que querem comprar, competir com um universo desse é um desafio diário para definir o futuro das redes varejistas, daí uma justificativa para se utilizar o modelo proposto, dando foco ao celular para que o cliente possa integrar-se com todo o conjunto de sistemas que engloba a automação em supermercados.

Supermercados que tem caixas automatizados para que o cliente possa passar seus produtos por si só (*self checkout*), como na Mperks e Walmart nos EUA, Olé China e Savegnago no Brasil, apesar de diminuïrem o tempo gasto pelos seus clientes em filas, não tem uma grande porcentagem de diminuição pois ainda sim os produtos teriam que ser passados um a um em todos os caixas, não sendo o melhor modelo a ser utilizado de automação, apesar de ser implantado por muitos supermercados no mundo.

A automação em supermercados voltada a seus carrinhos, porém, utilizando leitores de código de barras para identificar os produtos, é uma forma mais retrógrada de se utilizar tecnologia. Hoje, com as tecnologias de processamento de imagens e as demais que podem ser utilizadas para compor um modelo e dar mais conforto aos usuários, elas podem ser utilizadas a favor dos donos de empreendimentos, que obtêm o fator inovação e ainda mais agilidade nos processos. Este modelo é utilizado pelo Sam's Clube no Brasil, Stop&Shop nos EUA e na Continente em Portugal.

O novo supermercado da Amazon Go em Seattle nos EUA, inaugurado ao público em Janeiro de 2018, é o mais rápido e inovador supermercado encontrado pelo mundo, com inteligência integrada em todo seu ambiente onde o consumidor pode entrar se identificando com um código QR na catraca da entrada, pegar seus produtos que serão acrescentados no carrinho de compras virtual devido à reconhecimento facial e processamento de imagens dos produtos e quando sair, serão cobrados os produtos no cartão cadastrado no aplicativo do celular automaticamente. O mesmo não foi utilizado como base para montagem desta monografia devido à muitas falhas já apresentadas por usuários. Dentre essas falhas se inclui produtos que não são cobrados, quando há mais de 20 pessoas no

supermercado os computadores ficam confusos, se alguém mover um produto de lugar este é reconhecido como sendo o produto a qual está ocupando a prateleira e quando são realizados movimentos muito rápidos pelas pessoas não há um bom reconhecimento de suas ações.

Catracas foram utilizadas na entrada do modelo apresentado nesta monografia, e não portas, devido à serem limitadas à uma pessoa por vez, as portas podem permitir a passagem de aglomerados de pessoas, possibilitando a entrada e saída de pessoas que não estão utilizando o aplicativo, dificultando o funcionamento e gerando mais transtornos para os supermercadistas.

O monitoramento de supermercados automatizados é feito por câmeras, assim como em supermercados comuns, caso o cliente venha a furtar algum produto a equipe de segurança fará as devidas tratativas perante o ocorrido, não necessitando ter mais gastos neste quesito.

Há supermercados que utilizam a tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*, do português Identificação por Radiofrequência) para identificação de produtos inseridos no carrinho de compras de forma automatizada, como na Lawson no Japão. Essa tecnologia depende de microchips acoplados em cada produto vendido, sendo então um dinheiro gasto tanto com o produto quanto com o chip, não valendo a pena a utilização em supermercados devido à este modelo de empreendimento disponibilizar uma grande gama de produtos com baixo custo, quando somados ao custo do microchip fica inviável a venda. É aceitável em lojas de roupas, eletrodomésticos, ou outros que comercializem produtos de maior valor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram estudados diversos tipos de automatização de processos em supermercados distribuídos pelo mundo para a montagem do modelo proposto. Com a finalidade de comparar os sistemas de filas dos caixas padrão de supermercado (com atendentes) e dos caixas automatizados, utilizou-se dados levantados por outro pesquisador em sua monografia, após foram refeitos os cálculos da teoria de filas utilizando a automação para comprovar possíveis ganhos, tendo-se também com embasamento o percentual de diminuição no tempo de atendimento no caixa exposto por um diretor de supermercado já automatizado com um modelo parecido com o proposto neste trabalho.

A partir dos trabalhos levantados acerca do tema da Teoria das Filas foi possível observar a importância de analisar o sistema de filas em todos os estabelecimentos independente do ramo de atuação da empresa, visando sempre manter o nível de satisfação do cliente alto e sem sobrecarga dos canais de atendimento. Com o estudo da ferramenta, pode-se identificar as falhas e buscar melhorias.

Os supermercadistas veem a automação como a melhor forma de melhorar e otimizar os processos de loja. Em um mercado cada vez mais competitivo e dinâmico, as empresas estão ganhando destaque pela qualidade dos processos internos apresentados. Algumas atividades antigamente eram realizadas manualmente e demandavam esforços contínuos dos envolvidos, hoje em dia essas mesmas tarefas são feitas rapidamente e de forma mais eficiente, com a ajuda de ferramentas automatizadas.

As vantagens do uso da automação são muitas, como o fato de não ser necessário ficar procurando o preço de cada produto, pode-se consultar o preço total dos produtos já colocados no carrinho a qualquer momento, há o quesito inovação que pode atrair uma porcentagem maior de consumidores, rapidez nas compras e diversos outros.

Após exposição de todos os resultados, conclui-se que a automação é uma ferramenta que pode ser utilizada para a redução do tempo de espera em filas de supermercado, podendo o consumidor gastar o tempo ganho em outras atividades, tendo resultados mais que satisfatórios no tratamento do problema apontado.

O Brasil está ainda caminhando para a era dos supermercados automatizados, tendo uma porcentagem muito baixa de implementações deste modelo em todo seu

território. Com mais estudos referentes às novas tecnologias surgindo, estas ficarão mais populares e os supermercadistas poderão ter em mãos mais ferramentas para análise de ganho para o empreendimento e implementar para ver de perto os benefícios.

5.1 Trabalhos Futuros

Como direção para possíveis futuros trabalhos, tem-se a implementação de campanhas personalizadas para o aplicativo do celular, com comunicação de ofertas exclusivas e da preferência de cada usuário, tendo sua lista de compras sugerida com base na recorrência e nos hábitos de consumo dos associados guiados pelas redes neurais e inteligência artificial.

Também poderá ser feita a implementação de um carrinho de compras motorizado, onde, além de todas as funcionalidades apresentadas nesta monografia, o consumidor não precisará empurrá-lo e ele também poderá guiá-lo aos produtos desejados pelos corredores do supermercado, utilizando-se da localização do dispositivo ativada na rede.

Alunos de cursos voltados à área da computação poderão desenvolver o software mencionado para o modelo, utilizando-se as tecnologias apresentadas para o compor.

Poderá ser feito um novo estudo vislumbrando a redução de custos com a automação, utilizando-se deste trabalho para propor uma nova ideia com corte de alguns gastos, favorecendo a implementação por microempreendedores.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. L. *Problemas de Congestionamento das Filas*. Ed. 4. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Cap. 6, p. 104-120.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. *The Internet of Things: A survey, 2010*. *Computer Networks* 54, 2010. p. 2787–2805. Disponível em: <http://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0010/187831/The-Internet-ofThings.pdf> Acesso em: 09/10/2018.
- BALLARD, D.H.; BROWN, C. M. *Computer Vision*. New Jersey: Prentice Hall, 1982. 539p.
- BRADSKI, G.; KAEHLER, A. *Learning OpenCV*. Sebastopol: O'Reilly, 2008. 571p.
- BEALE, R.; JACKSON, T. *Neural Computing: An Introduction*. Adam Hilge. Department of Computer Science, New York University. New York, 1991.
- CÂNDIDO, C.; DOMINGOS, D.; MARTINS, F. *Internet of Things Aware WS-BPEL Business Process*. Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS), 2013. Disponível em: <<http://www.scitepress.org/Papers/2013/44499/44499.pdf>>. Acesso em: 10/10/2018.
- CARVALHO, A.; N. V. Galeale. *Tecnologia da Informação no setor supermercadista: Um estudo exploratório no interior de São Paulo*. 2006. 12p. XIII SIMPEP. Bauru, 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/52.pdf>. Acesso em: 12/09/2018.
- CASTELLS, M. *A sociedade em Rede*. 2. Ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999. V.1, 455p. Disponível em: <ftp://ftp.ige.unicamp.br/pub/aulas_prof_a_leda/Castells,M.%20A%20sociedade%20em%20rede.%20Cap%206.pdf>. Acesso em: 12/09/2018.
- CELES, C. S. F. S.; SANTOS, B. P. S.; SILVA, L. A. M. *Internet das Coisas: da Teoria à Prática*. XXXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC). Salvador, 2016.
- DEITEL, P. *Java Como Programar*. Tradução. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

DENSO-WAVE. *About 2D Code*. 2016. Disponível em: <<http://www.densowave.com/qrcode/aboutqr-e.html>>. Acesso em: 25/09/2018.

DIVALTE, G.F. *História*. São Paulo: Editora Ática, 2000. 440p.

DOILE, L. F. P. *Teoria de Filas - Analisando o Fluxo de atendimento e o Número de Atendentes em um Supermercado*. 2010. 49p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/29741>>. Acesso em: 06/11/2018.

EDMUND OPTICS. *Application Notes on Electronics*, 2009. Disponível em: <<https://www.edmundoptics.com>>. Acesso em: 12/09/2018.

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. *Teoria de Filas*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2007.

GAMAUF, T. *Registros Tensorflow? Como usá-los*, 2018. Disponível em: <<https://medium.com/mostly-ai/tensorflow-records-what-they-are-and-how-to-use-them-c46bc4bbb564> >. Acesso em: 28/10/2018.

GOMES, O. F. M. *Automação de Análise de Mutagênese em Tradescantia*. Proceedings Of V Regional Congress On Radiation Protection And Safety. Recife, 2001.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. *Processamento de imagens digitais*. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

HAYKIN, S. *Neural Networks: A comprehensive foudation*. Pearson Education, 2 ed., 1999.

IBARRA, G. B.; WILLEMANN, D. P. *Framework de apoio ao desenvolvimento de aplicações web com banco de dados, utilizando Struts, Tiles e Hibernate*. 2007. 13p. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. *Administração de Produção e Operações*. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

LIPPINCOTT, D. *Thinking inside the box: Boosting the effectiveness of air cooling. Military*. Embedded Systems, 2008.

MALAMAS, E.N., PETRAKISA, E.G.M., ZERVAKISA, M., et al. *A survey on industrial vision systems, applications and tools*. Image and Vision Computing, 2003. 21, pp. 171–188.

MCKINSEY. *Reduza as Filas no Supermercado*, 2015. Disponível em: <http://www.terraviva.com.br/site/index.php?option=com_k2&view=item&id=3478:reduza-as-filas-no-supermercado&Itemid=163>. Acesso em: 31/10/2018.

MINSKY, M. *Semantic Information Processing*. Cambridge: MIT Press, 1968.

MOREIRA, D. A. *Pesquisa operacional: curso introdutório*. São Paulo: Thomson, 2007.

NIKOLOPOULOS, C. *Expert Systems – Introduction to First and Second Generation and Hybrid Knowledge Based Systems*. Taylor & Francis Group. Marcel Dekker Inc. Press. 1997. 331p.

OLIVEIRA, W. P.; SILVA, I. S; SPRITZER, I. M. P. A. A Importância da Inteligência Artificial e dos Sistemas Especialistas. *Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia*. 2004, Maracanã. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/15/artigos/09_158.pdf>. Acesso em: 12/09/2018.

OPENCV. *About OpenCV*, 2018. Disponível em: <<https://opencv.org/>>. Acesso em: 09/10/2018.

PACIORNIK, S. *Introdução ao Processamento Digital de Imagens*. Rio de Janeiro, 2001.

PASSOS, E. P. *Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas ao Alcance de todos*, 1. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 1989.

PRADO, D. S. *Teoria das Filas e da Simulação*. Nova Lima: INDG, 2006.

RAKUTEN. *Câmera USB L-835 Hozan*. 2018. Disponível em: <<https://global.rakuten.com/ko/store/mutsuura/item/10334465/>>. Acesso em: 09/10/2018.

RASPBERRY PI. *RaspBerry Pi 3 Model B*, 2018. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>>. Acesso em: 09/10/2018.

ROJO, F. J. G. *Supermercados no Brasil*. São Paulo: Atlas, 1998.

SABBADINI, F.; GONÇALVES, A. A.; OLIVEIRA, M. J. F.; *Gestão da Capacidade de Atendimento e Simulação Computacional para a Melhoria na Alocação de Recursos e no Nível de Serviço em Hospitais*. III SEGET - Simpósio de Excelência em Gestão E Tecnologia, 2006.

SANTOS, A. M. M. M.; GIMENEZ, L. C. P. Reestruturação do comércio varejista e de supermercados. In: *BNDES: Banco Nacional de Desenvolvimento*. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set903.pdf>>. Acesso em: 20/09/2018.

SANTOS, M. *Apostila de Pesquisa Operacional*. 2003. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SOMMERVILLER, I. *Engenharia de Software*. 9ª edição. Tradução. Ivan Bosnic e Kalinka G. de O. Gonçalves. Pearson, 2011.

SOON, T. J. *The Synthesis Journal: Section three - The QR Code*. iTSC Information Technology Standard Comitee, Singapore, pp. 59–78, 2008.

STEGER, C.; WIEDEMANN, C.; ULRICH, M. *Machine Vision Algorithms and Applications*. S.I.: Wiley-VCH, 2008. 370p.

SZEGEDY, C.; VANHOUCHE, V.; IOFFE, S.; SHLENS, J.;WOJNA, Z. *Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision*, 2015. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1512.00567>>. Acesso em: 28/10/2018.

TAHA, H. A. *Pesquisa Operacional*. 8.ed. São Paulo: Pearson, 2008

TEIXEIRA, M. M. *Introdução à Teoria das Filas*, 2004. Disponível em: <www.ceset.unicamp.br/~marlih/ST565/intro-filas.pdf> Acesso em: 30/10/2018.

TENSORFLOW. *About Tensorflow*. Disponível em: <<https://www.tensorflow.org>>. Acesso em: 15/10/2018.

TURBAN, E. *Administração da Tecnologia da Informação*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003. 598p.

VANZ, N. M.; FIGUEIREDO, J. A. *Um estudo sobre a evolução do código de barras linear até o QR Code e sua aplicação em um estudo de caso*. 2016. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia em Sistemas Para Internet, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Riograndense - Ifsul, Passo Fundo, 2012. Disponível em: < <http://eventos.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/5/2014/08/ESTUDO-SOBRE-A-TECNICA-DE-CODIGOS-DE-BARRAS-BIDIMENSIONAL-QR-CODE.pdf> >. Acesso em: 30/08/2018.

WERNER, A.; SEGRE, L. M. *Uma Análise do segmento de Supermercados: Estratégias, tecnologias e emprego*. Boletim técnico do Senac, Rio de Janeiro, v. 28 n. 1, jan. – abr., 2002.