

ESTEVAN ANDRE BRAVO FIGUEROA

**Estudo de utilização de IOT para minimizar o desperdício de  
alimentos nas residências**

São Paulo  
2022

ESTEVAN ANDRE BRAVO FIGUEROA

**Estudo de utilização de IOT para minimizar o desperdício de  
alimentos nas residências**

Monografia apresentada ao PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a conclusão do curso de MBA em *Internet of Things*.

Orientador: Dra. Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho

São Paulo  
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

#### Catalogação-na-publicação

Bravo Figueroa, Estevan Andre

Estudo de utilização de IOT para minimizar o desperdício de alimentos nas residências / E. A. Bravo Figueroa -- São Paulo, 2022.

68 p.

Monografia (MBA em Internet of Things (IoT)) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Internet das Coisas 2.Sustentabilidade 3.Cadeia de Alimentos  
4.Desperdício de Alimentos I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.  
PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

Nome: BRAVO FIGUEROA, Estevan Andre

Título: Estudo de utilização de IOT para minimizar o desperdício de alimentos nas residências

Monografia apresentada ao PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a conclusão do curso de MBA em *Internet of Things*.

Aprovado em: **09/02/2022**

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho 

Instituição: Escola Politécnica - USP

Julgamento: Aprovado

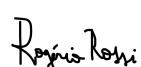


Prof(a). Dr(a). Carlos Eduardo Cugnasca

Instituição: Escola Politécnica - USP

Julgamento: Aprovado

Prof(a). Dr(a). Rogério Rossi



Instituição: USP-PECE

Julgamento: Aprovado

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho à minha esposa  
Daniela, ao meu filho Samuel, e a  
Teobaldo e Josefina, meus pais*

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de tudo agradeço a Deus que permitiu que tivesse a oportunidade de chegar, onde estou hoje.

A todos os Professores do PECE, Programa de Educação Continuada em Engenharia, que muito se empenharam para manter a qualidade de ensino em uma época tão desafiadora como esta que estamos vivendo.

A professora Tereza pelo seu tempo e dedicação por orientar e auxiliar no desenvolvimento deste trabalho.

À minha esposa Daniela pelo seu tempo, pelo incentivo, pela paciência, por me apoiar e por me amar como sempre o faz. Ao meu filho Samuel, que chegou no final deste curso, e trouxe alegria aos meus dias, além de uma imensa vontade de lutar por um mundo melhor para ele.

Aos meus pais, Teobaldo e Josefina, que estiveram sempre presentes me apoiando e sendo compreensivos. Sem eles nada disso seria possível. Terão sempre minha eterna gratidão e amor.

Aos meus sogros Izaias e Clara pelo incentivo, auxílio e como sempre um bom cafezinho.

## **RESUMO**

BRAVO FIGUEROA, E. A.. **Estudo de utilização de IOT para minimizar o desperdício de alimentos nas residências.** 2021. 46 páginas. Monografia (MBA em *Internet of Things*). Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2021.

Este trabalho tem como finalidade propor uma solução para um dilema de sustentabilidade que se enfrenta na atualidade. Com uma população crescente e com uma limitação de recursos naturais entende-se a necessidade do aumento de eficiência, tanto na produção quanto no consumo dos alimentos. Como o ciclo de vida do alimento possui várias etapas com diferentes requisitos, este trabalho focou na última etapa do ciclo, ou seja, o consumo. Por meio da utilização de um sistema inteligente propõem-se a realização da gestão de alimentos em uma residência, utilizando tecnologias de Internet das Coisas tais como, RFID, sensores, soluções na nuvem e outros. A partir de pesquisa bibliográfica e artigos científicos, publicações diversas e dados públicos sobre conceitos e soluções baseadas em IoT, visualiza-se uma solução tecnológica com a finalidade de auxiliar o gerenciamento dos alimentos em uma residência, evitando com que estes sejam perdidos pela falta de utilização dentro do prazo de validade. No caso específico deste trabalho, foi detalhado o estudo de caso de controle de alimentos de uma despensa residencial. Para esse estudo de caso, foram especificados os requisitos funcionais e não funcionais e proposta uma solução baseada em plataforma de IoT. Além do gerenciamento da despensa, também é possível adquirir dados de comportamento do morador a partir da interface com o usuário, por meio de um aplicativo desenvolvido para esta solução, trazendo dados, que quando tratados podem gerar informações que conduzirão a uma maior eficiência na cadeia de distribuição.

Palavras-chave: Internet das Coisas. Sustentabilidade. Cadeia de Alimentos. Desperdício de Alimentos.

## ABSTRACT

BRAVO FIGUEROA, E. A.. **Estudo de utilização de IOT para minimizar o desperdício de alimentos nas residências.** 2021. 46 páginas. Monografia (MBA em *Internet of Things*). Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2021.

This work aims to propose a solution to a sustainability dilemma that we face today. With a growing population and limited natural resources, there is a need for increased efficiency in both food production and consumption. As the food life cycle has several stages with different requirements, this work focused on the last stage of the cycle, that is, the consumption. Through the use of an intelligent system, it is proposed to manage food in a residence, using Internet of Things technologies such as RFID, sensors, cloud solutions and others. Based on bibliographic research and scientific articles, various publications and public data on concepts and solutions based on IoT, a technological solution is visualized with the purpose of helping the management of food in a residence, preventing them from being lost due to the lack of use within the expiration date. In the specific case of this work, the case study of food control in a residential pantry was detailed. For this case study, functional and non-functional requirements were specified, and an architecture based on an IoT platform was proposed. Besides managing the pantry, it is also possible to acquire data on the resident's behavior from the user interface, through an application that can be developed for this solution, thus bringing data, which when processed can generate information that will lead to greater efficiency in the distribution chain.

Keywords: Internet of Things, Sustainability, Food Chain, Food Waste

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

FIGURA 1 - PIRÂMIDE ALIMENTAR POPULAÇÃO BRASILEIRA.....	21
FIGURA 2 - 17 OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	22
FIGURA 3 - VOLUME DE PRODUÇÃO POR REGIÃO (MILHÕES DE TONELADAS) .....	23
FIGURA 4 - DESPERDÍCIO DE COMIDA <i>PER CAPITA</i> (KG/ANO).....	24
FIGURA 5 - DESPERDÍCIO EM DIFERENTES FASES.....	24
FIGURA 6 - ELEMENTOS ESSENCIAIS RFID.....	27
FIGURA 7 - ETIQUETA PASSIVO .....	27
FIGURA 8 - FUNCIONALIDADE SISTEMA RFID PASSIVO.....	28
FIGURA 9 - ETIQUETA ATIVO .....	28
FIGURA 10 - FUNCIONALIDADE RFID ATIVO .....	29
FIGURA 11 - FUNCIONALIDADE SISTEMA RFID SEMI-ATIVO .....	29
FIGURA 12 - APRENDIZADO SUPERVISIONADO KNN .....	32
FIGURA 13 - EXEMPLO DE APRENDIZADO NÃO SUPERVISIONADO .....	32
FIGURA 14 – EXEMPLO DE APRENDIZADO POR REFORÇO.....	33
FIGURA 15 - VARIÁVEIS MEDIDAS POR SENsoRES IoT .....	34
FIGURA 16 - GELADEIRA INTELIGENTE .....	38
FIGURA 17 - ETIQUETAS INTELIGENTES RFID.....	39
FIGURA 18 - RFID COM SENsoRES .....	39
FIGURA 19 - DESPENSA EM UMA RESIDÊNCIA.....	42
FIGURA 20 - PRODUTO VENCIDO 26/08/2021 .....	42
FIGURA 21 - PRODUTO VENCIDO EM 21/08/2020.....	43
FIGURA 22 - PROPOSTA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS.....	49

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - ESTIMATIVA DE PERDAS, EM PORCENTAGEM ..... 21

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM	Aprendizado de Máquina
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
IA	Inteligência Artificial
IIOT	<i>Industrial Internet of Things</i>
IOT	<i>Internet of Things</i>
KNN	<i>K Nearest Neighbor</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
MHz	Megahertz
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
WIFI	<i>Wireless Fidelety</i>

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1.	Motivações.....	14
1.2.	Objetivo.....	17
1.3.	Justificativas .....	17
1.4.	Método de Pesquisa .....	18
1.5.	Estrutura do Trabalho .....	18
<b>2.</b>	<b>DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS NA CADEIA ALIMENTAR .....</b>	<b>20</b>
2.1.	Desperdício de Alimento.....	20
2.2.	Análise do desperdício por região .....	23
2.3.	Considerações Finais do Capítulo .....	25
<b>3.</b>	<b>TECNOLOGIAS IOT .....</b>	<b>26</b>
3.1.	RFID .....	26
3.1.2.	Sistema RFID Ativo .....	28
3.1.3.	Sistema RFID Semi-Ativo / Semi-Passivo .....	29
3.2.	Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina .....	30
3.2.1.	Inteligência Artificial .....	30
3.2.2.	Aprendizado de Máquina.....	31
3.3.	Sensores.....	33
3.4.	Considerações Finais do Capítulo .....	35
<b>4.</b>	<b>TRABALHOS CORRELATOS .....</b>	<b>36</b>
4.1.	Geladeiras Inteligentes .....	36
4.2.	RFID na indústria de alimentos.....	38
4.3.	Considerações Finais do Capítulo .....	40
<b>5.</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E REQUISITOS .....</b>	<b>41</b>
5.1.	Descrição do problema .....	41
5.2.	Especificação de Requisitos do Sistema .....	43
5.2.1.	Requisitos Funcionais.....	43
5.2.2.	Requisitos Não Funcionais .....	45
5.3.	Considerações Finais do Capítulo .....	47
<b>6.</b>	<b>DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO .....</b>	<b>48</b>
6.1.	Especificação da Arquitetura .....	49

6.1.1.	Monitoramento .....	49
6.1.2.	Ambiente de Nuvem .....	50
6.1.3.	Controle .....	51
6.2.	Considerações Finais do Capítulo .....	51
<b>7.</b>	<b>ANÁLISE DA PROPOSTA.....</b>	<b>52</b>
7.1.	Atendimento dos Requisitos Funcionais .....	52
7.2.	Atendimento dos Requisitos Não Funcionais .....	53
7.3.	Comparação com trabalhos correlatos .....	54
7.4.	Considerações Finais do Capítulo .....	56
<b>8.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>
8.1.	Avaliação do trabalho .....	57
8.2.	Contribuições do Trabalho.....	58
8.3.	Trabalhos Futuros.....	58
<b>REFERÊNCIAS.....</b>		<b>60</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Ocorre cada vez mais a utilização da Internet das Coisas (IoT) vinculadas ao nosso dia a dia, realizando parte de um grande número de tarefas tanto nas residências como em âmbito profissional. Nas casas modernas já pode-se presenciar a utilização de equipamentos que são capazes de conversar entre si, seja por meio de redes sem fio ou conectada por meio de redes cabeadas. Estes equipamentos são capazes de integrar dados coletados no mundo físico ao mundo virtual.

Quando se pensa em equipamentos residenciais sempre tem-se em mente produtos da linha branca por exemplo, fogão, geladeira, máquina de lavar roupa e outros. Estes equipamentos tinham suas funções sendo realizadas sem o uso de qualquer tipo de análise de dados ou inteligência embarcada. Na atualidade, praticamente todos estes equipamentos sofreram algum tipo de *upgrade* fazendo, assim, com que sejam capazes de adquirir e informar dados de interesse de seus usuários, mas pouco percebido. É necessário observar que estas aquisições de dados devem seguir a lei de proteção de dados de cada país, ou seja, os usuários destes equipamentos devem estar cientes dos dados que são coletados por meio de seus equipamentos.

Novos dispositivos são desenvolvidos cada vez mais utilizando os conceitos de IoT para auxiliar as pessoas em otimizar recursos trazendo, assim, benefícios para seus usuários e a sociedade. Diversos destes dispositivos serão estudados nesta pesquisa, tendo foco naqueles utilizados para minimizar o desperdício de alimentos em uma residência e, com isso, trazer uma utilização mais sustentável de nossos recursos.

### 1.1. Motivações

No passado as residências possuíam pequenas hortas e a criação de animais, geralmente aves e suínos, que eram cultivados e criados por seus moradores com o intuito de produzir grande parte dos insumos para a alimentação de sua família. Com

isto, somente aqueles alimentos que seriam utilizados para as devidas refeições eram colhidos para sua pronta utilização. A quantidade de alimentos desperdiçados era bem reduzida e quando havia sobras, muitas das vezes eram utilizadas para alimentar os animais que eram criados.

Os avanços tecnológicos trouxeram o conforto e a possibilidade de um melhor armazenamento dos alimentos nas residências das pessoas, seja pela utilização do alimento enlatado ou pela utilização dos refrigeradores para uso doméstico, que foram criados na década de 1910 (HARFORD, 2017).

Essas mudanças, na forma de armazenamento dos alimentos, trouxeram uma grande revolução no modo como a população vive e se alimenta. Um exemplo dessas mudanças foram as residências que não necessitam mais de grandes dimensões visto que, com a possibilidade do armazenamento de diversos tipos de alimentos, não se faz mais necessário o cultivo das pequenas hortas caseiras.

Esta mesma evolução no modo de armazenamento trouxe outro diferencial: grande parte dos produtores se distanciaram cada vez mais dos centros urbanos visto que com os avanços tecnológicos era possível manter a qualidade dos alimentos por mais tempo, gerando, desta maneira, uma importância maior do sistema de escoamento de alimentos, desde o produtor até o centro consumidor.

Com estas facilidades parte da população começou a ter uma maior variedade de ofertas de alimentos disponíveis em seus mercados.

Toda esta facilidade trouxe consigo o problema de aumento no desperdício de alimentos. Este problema já é tratado em escala global, visto que se estima que um terço de todo o alimento produzido no mundo para consumo humano é desperdiçado (MOZOS; BADURDEEN; DOSSOU, 2020).

Este desperdício ocorre em toda a cadeia de suprimento, e cerca de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos são perdidos anualmente. Estima-se que 54% dos desperdícios ocorrem no início da cadeia, e os demais 46% ocorrem no

processamento, distribuição e consumo (BARROZO *et al.*, 2019), havendo variação de país para país nestas porcentagens.

Após a apresentação destes números de desperdícios, faz-se também necessária a análise da quantidade de alimentos que serão necessários produzir para que assim seja possível atender a toda a população mundial. Estimasse que para o atendimento de uma população de 9 bilhões de pessoas, projeção para 2050, será necessário um aumento de 60% da produção de alimentos mundial (NASCIMENTO, 2018).

Um ponto interessante a ser analisado é que, a população atual é de 7,7 bilhões de pessoas, ou seja, para o aumento de 17% na população mundial será necessário, como informado, o aumento de 60% na produção de alimentos. Isso se deve ao fato, que existe uma porcentagem da população que vive em situação de extrema pobreza e são subnutridos. No Brasil, a população em extrema pobreza é da ordem de 14 milhões (CAVALLINI, 2021).

Este aumento na demanda de produção traz consigo grandes incertezas, por exemplo, a possibilidade de atender essa necessidade, visto que os recursos naturais não são infinitos. Analisando os recursos naturais não se pode deixar de lado os impactos ambientais que os sistemas produtivos atuais promoveram por exemplo, desmatamento, erosão do solo, desregulação hídrica e redução da biodiversidade (NASCIMENTO, 2018).

A partir da análise dos pontos apresentados, identificou-se a motivação para a utilização de IoT como uma ferramenta para a redução do desperdício de alimentos na última etapa do ciclo do alimento, ou seja, o consumo. Esta ferramenta busca: a análise dos alimentos armazenados; a interoperabilidade entre os sistemas de diferentes equipamentos, visando o envio de informação ao usuário sobre os estados de conservação dos alimentos armazenados em sua residência; e a implementação do uso dos recursos de uma maneira mais sustentável, tanto para a natureza quanto para a sociedade.

## **1.2. Objetivo**

O objetivo deste trabalho é apresentar soluções tecnológicas baseadas na utilização de conceitos de IoT como ferramenta para auxiliar na análise da qualidade e formas de utilização dos alimentos armazenados, e propor uma solução para redução do desperdício de alimentos na etapa do consumo nas residências.

## **1.3. Justificativas**

O grande aumento da população global traz a necessidade de um aumento dos alimentos produzidos, como informado nas motivações deste trabalho, na ordem de 60%. Apesar dos grandes esforços e dos grandes avanços nas técnicas de cultivo de alimentos, o número de pessoas com uma alimentação deficiente, ou sem alimentação, vem aumentando (SBMT, 2019).

Ao mesmo tempo que existem muitas pessoas com deficiência de alimentação, encontra-se grande quantidade de alimentos sendo desperdiçados por não atenderem certos padrões de exigências de alguns consumidores ou por atingirem a data de vencimento.

Com o avanço da tecnologia é possível a implementação de soluções com o intuito de auxiliar na redução do desperdício de alimentos. As tecnologias de IIoT, IA e a IoT podem ser tecnologias com uma abordagem mais adequada para este problema (VALENZUELA, 2019).

As tecnologias mencionadas são ferramentas importantes com a possibilidade de monitorar, coletar dados e inclusive tomar decisões com o intuito de diminuir ou até mesmo evitar o desperdício (VALENZUELA, 2019). Um dos pontos importantes é que todas estas tecnologias, além de possibilitarem a realização da coleta e do processamento dos dados, também possibilitam a comunicação da informação em tempo real, podendo auxiliar na tomada de decisão do consumidor sobre a utilização do alimento analisado (VALENZUELA, 2019).

Nos estudos realizados foram identificadas soluções abordando tecnologias embarcadas em eletrodomésticos, por exemplo geladeira, e soluções para o monitoramento de alimentos refrigerados, visto que estes alimentos possuem uma maior fragilidade para sua conservação.

Foi identificada uma lacuna no que se refere a soluções para o gerenciamento de alimentos embalados e enlatados, que ainda que possuam um tempo maior de validade e uma baixa fragilidade, e muitas vezes são desperdiçados pela falha no gerenciamento de seu prazo de vencimento.

Diante do exposto, este estudo justifica-se na utilização da IoT que poderá permitir uma redução do desperdício dos alimentos, além de possibilitar a experiência da utilização dos alimentos com um grau maior de consciência pela população, visto que este trabalho tem como foco a última etapa do consumo, que são as residências.

#### **1.4. Método de Pesquisa**

O método de pesquisa utilizado neste trabalho baseou-se no levantamento de referências, incluindo: artigos científicos, livros e artigos da internet. A partir desta pesquisa foi realizado um estudo sobre um problema real, o desperdício de alimentos.

Esse estudo abrangeu a produção de alimentos e os desperdícios gerados na própria cadeia alimentar ocorrendo desde a produção e chegando até a etapa do consumo.

Finalmente, foi realizada uma pesquisa sobre as soluções e os conceitos de IoT empregados para, assim, gerar a proposta de uma solução para o problema real de desperdício de alimentos nas residências.

#### **1.5. Estrutura do Trabalho**

O Capítulo 1, Introdução apresenta as motivações, o objetivo, as justificativas, o método de pesquisa e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2, Revisão da Literatura, apresenta uma explanação mais detalhada do problema abordado neste trabalho. Desenvolve uma visão da problemática em uma escala global, identificando-se as características que personalizam o desperdício conforme o continente e a condição econômica.

O Capítulo 3, Tecnologias IoT, apresenta uma descrição das tecnologias encontradas na literatura que são usadas ou podem ser implementadas visando a solução da problemática.

O Capítulo 4, Trabalhos Correlatos, apresenta uma visão geral das soluções implementadas por empresas fabricantes de eletrodomésticos e algumas startups.

O Capítulo 5 Proposta de Solução, apresenta uma proposta para solução do desafio de redução do desperdício de alimentos.

O Capítulo 6 Considerações Finais, apresenta uma conclusão do que foi possível estudar neste trabalho e traz ideias de novas aplicações.

REFERÊNCIAS apresenta uma relação de todas as publicações utilizadas na elaboração deste trabalho

## 2. DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS NA CADEIA ALIMENTAR

Este capítulo apresenta um estudo sobre o problema do desperdício de alimento, realizando uma abordagem em nível global e trazendo um comparativo entre os continentes.

### 2.1. Desperdício de Alimento

O desperdício de alimentos ocorre durante toda a cadeia alimentar, incluindo a produção, o manuseio, o processamento, a distribuição e o consumo. As razões para a perda desse alimento podem ser várias, por exemplo, a degradação do alimento durante o transporte ou a estocagem, a queda ou o derramamento do alimento entre outras causas. (OSTOJIC *et al.*, 2017).

Conforme apresentado por OSTOJIC *et al.* (2017) existem cinco etapas diferentes no ciclo do alimento, nas quais ocorre o desperdício, que incluem:

- Produção: as perdas que ocorrem nesta etapa são, na parte agrícola, devido a danos mecânicos (ruptura, impacto e compressão) na hora da colheita, e no caso de criação de animais, devido à morte prematura do animal.
- Manuseio: as perdas ocorridas nesta etapa referem-se às falhas na hora de manusear ou armazenar, ocasionando, assim, a degradação dos produtos vegetais e, no caso animal, refere-se à falha no manejo ou no transporte para o abate.
- Processamento: tanto para produtos vegetais quanto para animais esta perda é ocasionada por derramamento e degradação do alimento no processamento industrial.
- Distribuição: são perdas ocorridas no transporte dos alimentos dos centros de produção até os pontos de revenda e nos próprios pontos de revenda, incluindo mercados, supermercados, atacadistas e varejistas. Nos pontos de revenda, pode ocorrer falhas no armazenamento, que podem danificar o próprio alimento ou apenas seu aspecto visual (por exemplo, embalagem amassada). Algumas vezes os alimentos, por não estarem dentro de padrões visuais de alimentos próprios para consumo (pequenas falhas no alimento), são descartados.
- Consumo: são perdas ocorridas durante o consumo nas residências.

Como apresentado por Nascimento (2018), em 2011 a FAO publicou uma estimativa de perdas ao longo da cadeia produtiva do alimento para os principais grupos de alimentos (cereais, raízes e tubérculos, oleaginosas e leguminosas, frutas e vegetais, carnes, pescados e leite). Os dados para a América Latina podem ser apreciados na Tabela 1.

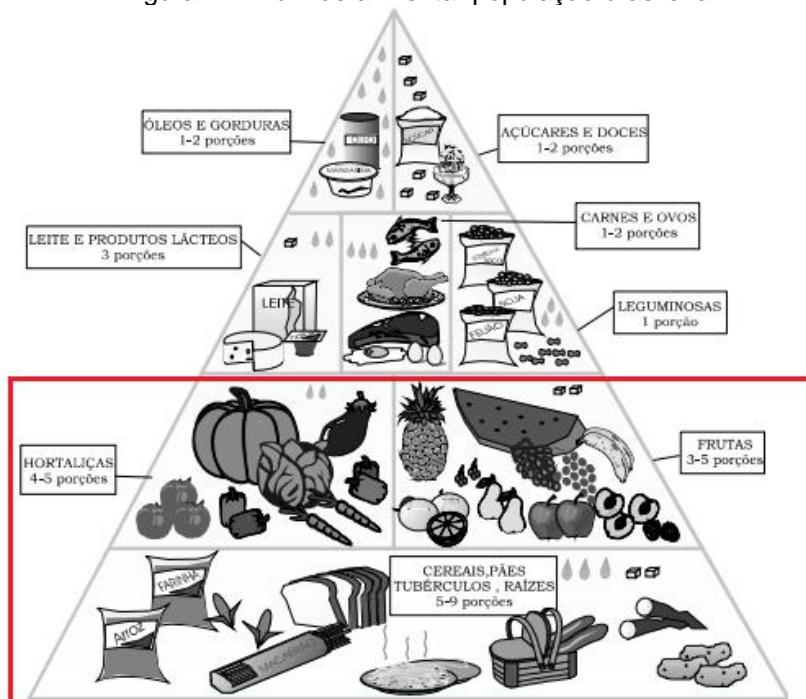
Tabela 1 - Estimativa de perdas, em porcentagem.

	Produção agropecuária	Pós colheita e armazenamento	Processamento e embalagem	Distribuição	Consumo doméstico
Cereais	6,0	4,0	2,0 a 7,0	4,0	10,0
Raízes e tubérculos	14,0	14,0	12,0	3,0	4,0
Oleaginosas e leguminosas	6,0	3,0	8,0	2,0	2,0
Frutas e vegetais	20,0	10,0	20,0	12,0	10,0
Carnes	5,3	1,1	5,0	5,0	6,0
Pescados	5,7	5,0	9,0	10,0	4,0
Leites	3,5	6,0	2,0	8,0	4,0

Fonte: extraído de (NASCIMENTO, 2018).

Por meio da Tabela 1 pode-se verificar que há uma grande perda de frutas e vegetais assim como de raízes e tubérculos em toda a cadeia de alimentos. Este dado é bastante alarmante, visto que, conforme Philippi (1999), estes dois grupos de alimentos devem fazer parte da base alimentar da população brasileira, conforme mostrado na Figura 1.

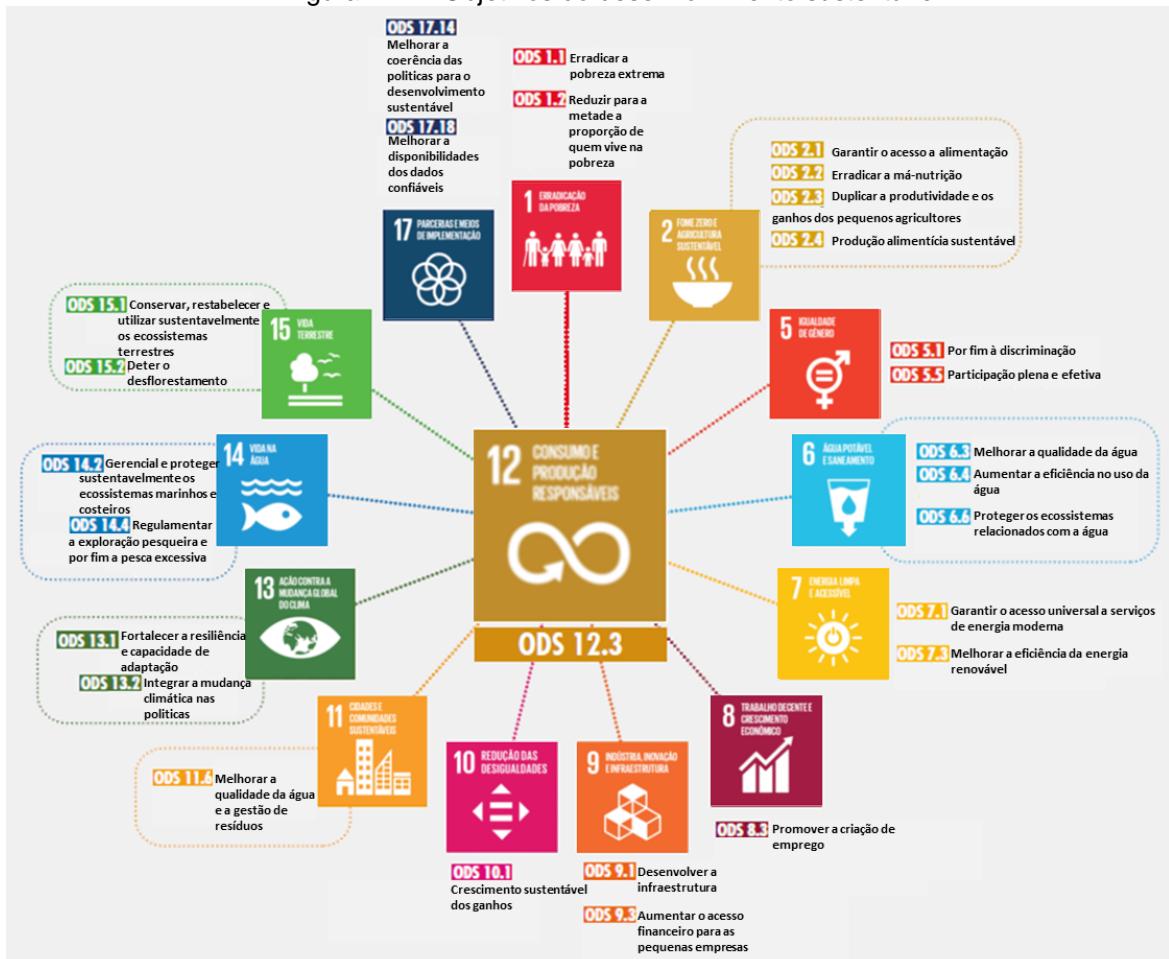
Figura 1 - Pirâmide alimentar população brasileira



Fonte: extraído de (PHILIPPI, 1999).

O tema do desperdício de alimentos é de tamanha importância que é tratado como um problema de alcance global. Está incluído nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU (Organização das nações unidas para a alimentação e a agricultura, 2019). Como mostrado na Figura 2, são 17 objetivos com diversas metas.

Figura 2 - 17 Objetivos do desenvolvimento sustentável



Fonte: extraído de (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA, 2019).

O objetivo 12 trata da produção e consumo responsáveis e tem como uma das metas a redução pela metade dos desperdícios de alimentos *per capita* mundial até 2030. Como mostrado pela Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAO – Food And Agriculture Organization) (2019), além deste objetivo, que tem uma ligação direta com o desperdício, existem outros que também são afetados:

- Objetivo 2, que trata da erradicação da fome;
- Objetivo 6, que trata da gestão sustentável da água;

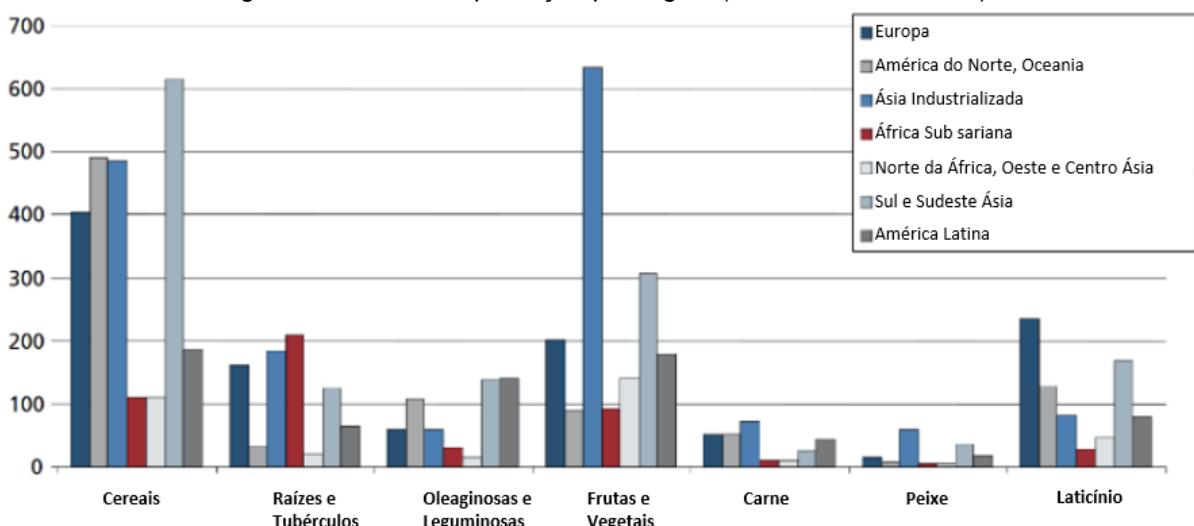
- Objetivo 11, que trata das cidades e comunidades sustentáveis;
- Objetivo 13, que trata das mudanças climáticas;
- Objetivo 14, que trata dos recursos marinhos;
- Objetivo 15, que trata dos ecossistemas terrestres.

## 2.2. Análise do desperdício por região

Como apresentado na seção anterior, o problema do desperdício de alimentos é de escala global, porém, não é um problema equalizado em todas as áreas do mundo. Cada região possui uma particularidade que pode ser verificada e analisada por meio dos gráficos que serão apresentados.

Conforme OSTOJIC *et al.* (2017), faz-se necessário entender que cada continente tem seu nível de produção de alimentos. Estes níveis estão relacionados diretamente com as condições naturais e, também, com os investimentos realizados pelos grandes produtores. Na Figura 3 o gráfico apresenta a produção de alimentos de todos os grupos (cereais; raízes e tubérculo; oleaginosas e leguminosas; frutas e vegetais; carnes; peixes; lácteos) separados por regiões.

Figura 3 - Volume de produção por região (milhões de toneladas)

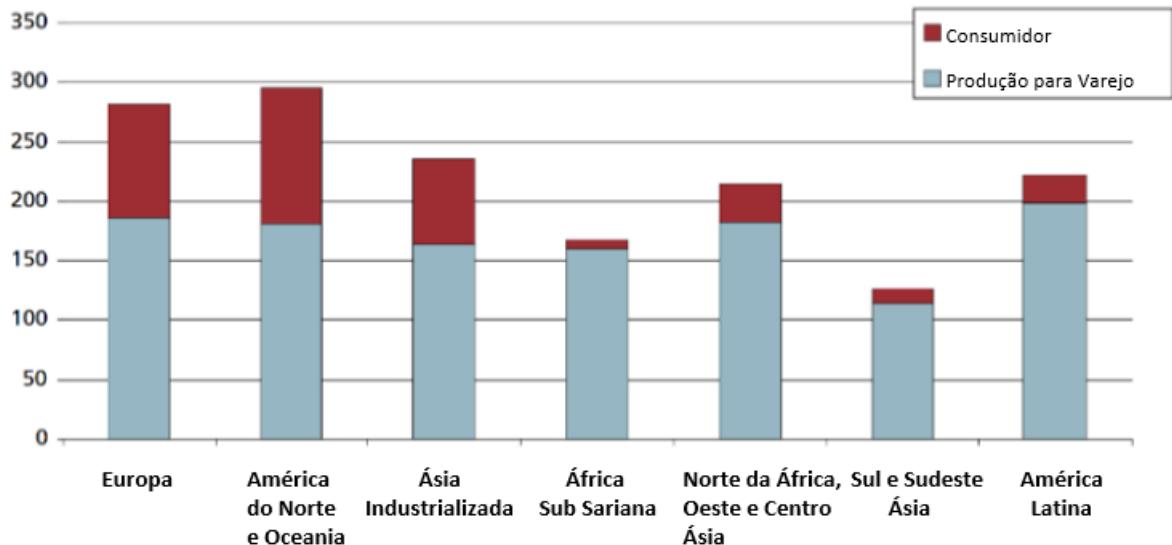


Fonte: extraído de (OSTOJIC *et al.*, 2017).

É possível verificar que as regiões consideradas mais desenvolvidas possuem uma produção maior de alimentos quando comparados com os países não tão desenvolvidos.

No gráfico da Figura 4 é possível verificar o desperdício de alimento, no estágio de consumo e pré-consumo, *per capita*, separados por regiões.

Figura 4 - Desperdício de comida *per capita* (kg/ano)

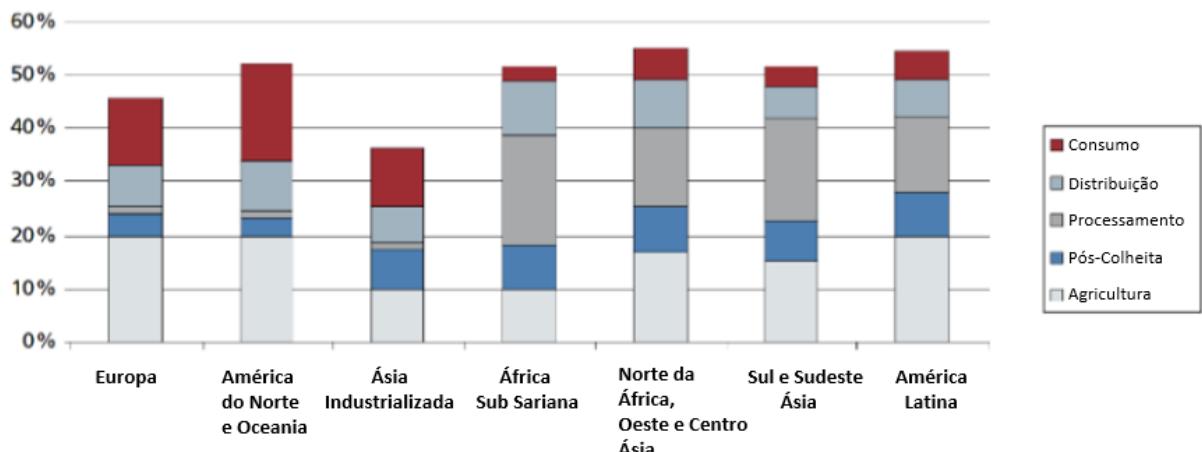


Fonte: extraído de (OSTOJIC *et al.*, 2017).

A partir da Figura 4 pode-se constatar que há um grande desperdício de alimentos nos estágios de consumo nas regiões desenvolvidas do mundo. Isto se deve a um excesso de oferta no mercado consumidor; essas perdas podem ser ocasionadas por deterioração ou expiração da validade dos alimentos (NASCIMENTO, 2018).

Na Figura 5 são apresentados, em porcentagem, os desperdícios separados por região e etapa da cadeia de produção.

Figura 5 - Desperdício em diferentes fases



Fonte: extraído de (OSTOJIC *et al.*, 2017).

No gráfico da Figura 5 é possível verificar que nas regiões com maior renda, países desenvolvidos, as perdas na etapa de consumo são maiores. Em contrapartida, nas regiões em desenvolvimento, o maior desperdício se concentra no pós-colheita e distribuição, e isto se deve à limitação de investimentos em infraestrutura de armazenamento e transporte (OSTOJIC *et al.*, 2017).

Pode-se concluir que o desperdício de alimentos deve ser analisado considerando as particularidades regionais, pois impacta diferentemente cada uma das etapas da cadeia de alimentos.

### **2.3. Considerações Finais do Capítulo**

Este capítulo apresentou dados importantes referentes ao problema do desperdício de alimento, mostrando que este ocorre em toda a cadeia, gerando um grande impacto para a sociedade.

Estes dados embasam a necessidade do desenvolvimento de uma solução para a redução do desperdício na última cadeia do ciclo do alimento, que é o consumo.

As informações apresentadas direcionam a busca de uma solução com a utilização de IoT.

### 3. TECNOLOGIAS IOT

Neste capítulo são apresentados os fundamentos de alguns dispositivos ou sistemas, utilizados em soluções de IoT, visando atender à necessidade de auxiliar na redução do desperdício de alimentos.

#### 3.1. RFID

A identificação por rádio frequência, mais conhecida como RFID (*Radio Frequency IDentification*), foi criada na Segunda Guerra Mundial, mas apenas em 1973, Mario Cardullo registra a patente de uma etiqueta ativa de RFID. Somente na década de 1980 começou a existir interesse no seu uso em aplicações industriais e no controle de tráfego, sendo desenvolvido em 1987 a tecnologia para cobranças de pedágios (MELARA, 2011).

A utilização do RFID trouxe uma grande revolução para a área de suprimentos das indústrias, e isto ocorre devido à grande capacidade de monitorar com grande agilidade os processos de envio e recebimento de produtos (MORENO, 2016).

O RFID pode ser utilizado nas seguintes aplicações dentro da cadeia de logística:

- Controle de estoque.
- Identificação de produto ou carga.
- Monitoramento e rastreabilidade.

Pode-se verificar que há diversos objetivos para a utilização do RFID, mas o intuito principal sempre é auxiliar no sistema de informação.

Um sistema de RFID é composto basicamente de três elementos essenciais:

- Etiqueta: é o elemento acessado pelo leitor. Possui as informações referentes ao objeto que deve ser identificado.
- Leitor: é o elemento responsável por realizar a leitura da Etiqueta.
- Receptor: é o elemento responsável pelo processamento de dados.

A Figura 6 apresenta os elementos descritos.

Figura 6 - Elementos essenciais RFID



Fonte: extraído de (MELARA, 2011).

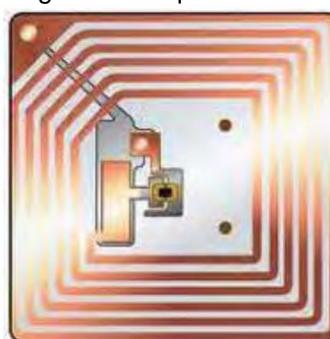
Como apresentado por Moreno (2016), há três classes de características operacionais do sistema RFID. Em seguida são apresentadas estas classes.

### 3.1.1. Sistema RFID Passivo

Nesta classe, a etiqueta não possui bateria ou qualquer tipo de fonte de energia para seu funcionamento, e por isso, está na maior parte do tempo inoperante. A energia necessária para alimentação deste tipo de etiqueta vem do sinal enviado pela antena do leitor.

Este sistema possui uma grande vantagem quanto à vida útil, já que não necessita de bateria, a etiqueta é livre de manutenção, além de possuir um tamanho reduzido. A desvantagem deste tipo de sistema é que o raio de cobertura é menor comparado a outras classes. A Figura 7 mostra uma Etiqueta Passiva.

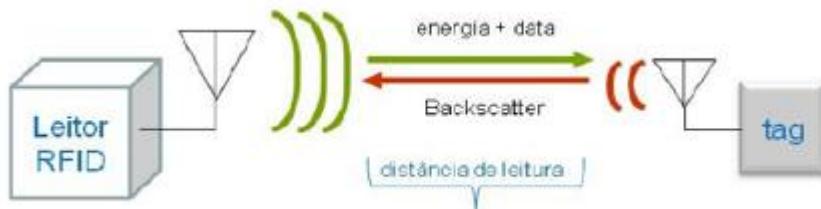
Figura 7 - Etiqueta Passiva



Fonte: extraído de (MELARA, 2011).

Na Figura 8 é possível verificar um sistema de RFID Passivo. A antena leitora envia um sinal com uma determinada potência, a qual é utilizada pela Etiqueta para alimentar o seu circuito e retornar uma resposta à antena leitora. Sem o envio do sinal da antena leitora a etiqueta passiva não é capaz de enviar sua identificação.

Figura 8 - Funcionalidade Sistema RFID Passivo



Fonte: extraído de (MORENO, 2016).

### 3.1.2. Sistema RFID Ativo

Nesta classe, a etiqueta difere do sistema passivo basicamente pelo fato de que este sistema possui uma bateria incorporada. Esta bateria possibilita a transmissão dos dados para a antena leitora.

A grande vantagem deste tipo de sistema é o grande alcance, que pode chegar a 100 metros, além de ser mais tolerante a ruídos e perdas de sinal. A desvantagem deste sistema é que como utiliza uma bateria se faz necessário algum tipo de manutenção, gerando assim um custo maior. A Figura 9 mostra uma Etiqueta Ativa.

Figura 9 - Etiqueta Ativa



Fonte: extraído de (MELARA, 2011).

Na Figura 10 é possível verificar um sistema de RFID Ativo. A etiqueta recebe um sinal de ativação proveniente do leitor, com isto preserva a vida da bateria. Como

a Etiqueta possui uma bateria, ela é capaz de enviar a mensagem a uma longa distância, tendo assim um alcance de sinal superior ao sistema passivo.

Figura 10 - Funcionalidade RFID Ativo



Fonte: extraído de (MORENO, 2016).

### 3.1.3. Sistema RFID Semi-Ativo / Semi-Passivo

Na literatura pesquisada (MORENO, 2016), esta classe foi chamada de Semi-Passiva mas também pode ser encontrada nomeada de Semi-Ativa. Esta classe caracteriza-se por ser um híbrido entre os sistemas Ativo e Passivo, ou seja, a etiqueta empregada neste sistema também possui uma bateria, mas, ela utiliza a energia enviada pela antena leitora para alimentar seu circuito, a bateria é utilizada para melhorar o desempenho de resposta do sinal.

A Figura 11 mostra um sistema de RFID Semi-Passiva. Como explicado anteriormente, a etiqueta fica em um estado de hibernação esperando pelo recebimento de um sinal de ativação proveniente de uma antena leitora. Uma vez recebido este sinal, a etiqueta se ativa e com a alimentação de uma bateria responde ao sinal da antena leitora.

Figura 11 - Funcionalidade Sistema RFID Semi-Ativo



Fonte: extraído de (MORENO, 2016).

### **3.2. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina**

Esta é uma área de conhecimento com grande crescimento nos últimos anos, que vem sendo utilizada, cada vez mais, nas mais diversas aplicações, desde tradutores, reconhecedores de imagens e até na direção de automóveis.

A origem de sistemas de IA tem suas raízes nos anos 1950, com ensaios realizados para especular o poder dos computadores, realizados por Alan Turing. A IA, como é conhecida, foi o resultado da reunião de dez cientistas que ocorreu em Dartmouth College em New Hampshire, em 1956 (COSTA, 1991).

Para o desenvolvimento da IA é necessário que o computador seja programado para a função que se espera que ele realize. Mas não se pode programar o computador para ser bom em jogos, como já demonstrado por meio de competições máquina versus humano (LUDERMIR, 2021).

O computador aprende por meio das técnicas de Aprendizado de Máquina (AM). Estas técnicas permitem que o computador aprenda por meio de exemplos, que são apresentados a partir dos dados coletados.

Como apresentado por Ludermir (2021), não existem algoritmos desenvolvidos para a solução dos problemas nos quais são justificáveis a utilização da IA. Em contrapartida existem muitos dados (informações) para esses problemas. Esta fartura de dados possibilita o treinamento de algoritmos.

#### **3.2.1. Inteligência Artificial**

Pode-se classificar a IA em três tipos: Focada, Generalizada e Superinteligente.

A IA Focada consiste em algoritmos que são focados em resolver problemas de determinada área ou resolver um problema específico. Para este sistema há uma grande quantidade de dados e ele é capaz de desenvolver trabalhos complexos, mas, sempre focado no objetivo para o qual foi desenvolvido. Como exemplos, podem ser citados: Sistemas Especialistas e Sistema de Recomendação (LUDERMIR, 2021).

A IA Generalizada consiste em algoritmos que são capazes de realizar tarefas com um alto grau de semelhança com os humanos. Utiliza Aprendizado de Máquina como ferramenta. Como exemplo, pode se citar a Visão Computacional (LUDERMIR, 2021).

A IA Superinteligente está relacionada a algoritmos, que são mais capazes que os humanos em todas as tarefas. Este tipo de IA não existe e não se sabe se chegarão a desenvolver tal capacidade (LUDERMIR, 2021).

### **3.2.2. Aprendizado de Máquina**

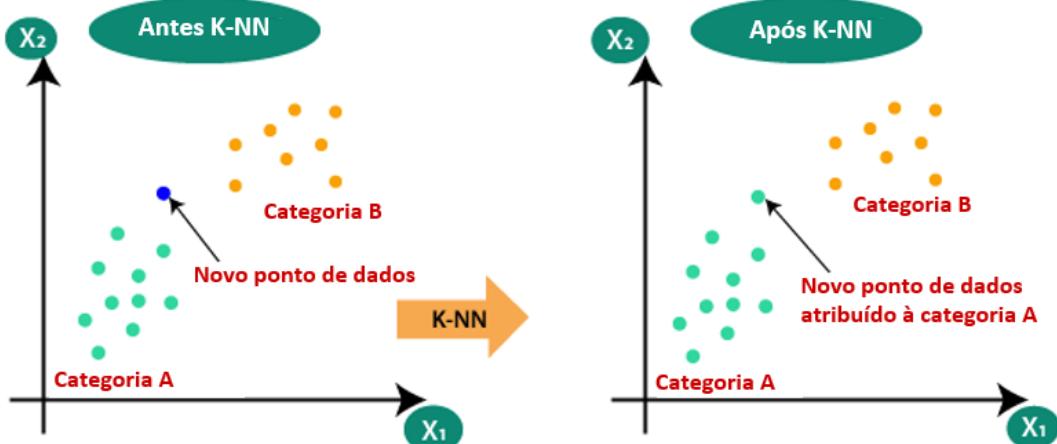
Assim como a IA, o Aprendizado de Máquina também possui três tipos diferentes: Supervisionada, Não Supervisionada e por Reforço. Em seguida é apresentada uma explicação mais detalhada de cada tipo.

Aprendizado Supervisionado: neste tipo de aprendizado são apresentados ao algoritmo exemplos, e para cada um deles há uma resposta desejada. Dessa maneira o algoritmo é capaz de criar uma classificação e, assim, quando são apresentados novos dados o algoritmo classificará em um dos exemplos já apresentados a ele. Este tipo de aprendizado é o mais utilizado (LUDERMIR, 2021). Os algoritmos mais utilizados para o aprendizado supervisionado são Regressão Linear, Árvores de Decisão, KNN (*K Nearest Neighbor*), SVM (*Support Vector Machine*), Redes Neurais e Naive Bayes.

Como exemplo de Aprendizado Supervisionado, pode se citar o caso KNN, que por meio de um conjunto de instâncias rotuladas em treinamento, o algoritmo calcula a distância ou métrica de similaridade com o objeto a ser classificado. A instância é classificada de acordo com a maior ocorrência de classes dos K vizinhos (KOTSIANTIS, 2007).

Na Figura 12 segue um exemplo do Aprendizado Supervisionado KNN.

Figura 12 - Aprendizado supervisionado KNN

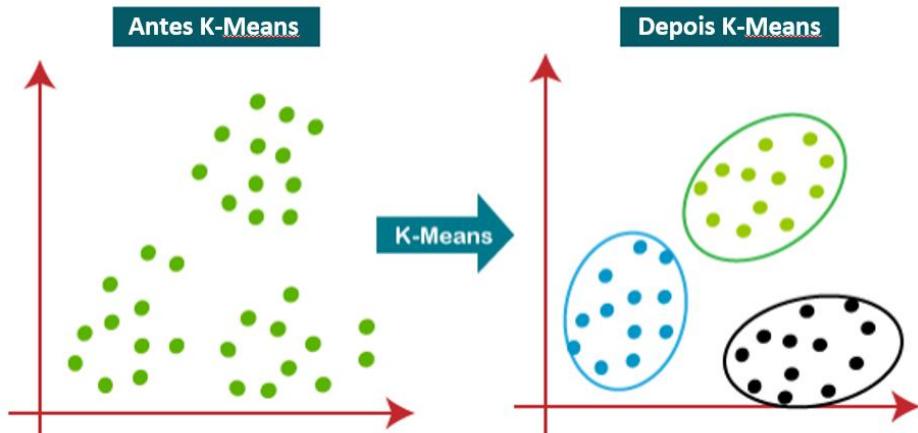


Fonte: extraído de (CHRISTOPHER, 2021a).

No caso de Aprendizado Não Supervisionado, ao contrário do anterior, os exemplos não são fornecidos com respostas. O algoritmo agrupa os exemplos similares, e assim, quando for apresentado um novo dado, o algoritmo agrupará este no mais similar (LUDERMIR, 2021).

Como exemplo é apresentado o algoritmo de Aprendizado Não Supervisionado, K-Means. Este algoritmo agrupa os dados não rotulados em *clusters*. Na Figura 13, pode-se verificar a entrada de dados não rotulados, gráfico com todos os pontos na cor verde. O algoritmo rotula os dados conforme uma determinada quantidade de K *clusters*, no caso deste exemplo a quantidade de *clusters* é igual a 3 (CHRISTOPHER, 2021b).

Figura 13 - Exemplo de Aprendizado Não Supervisionado

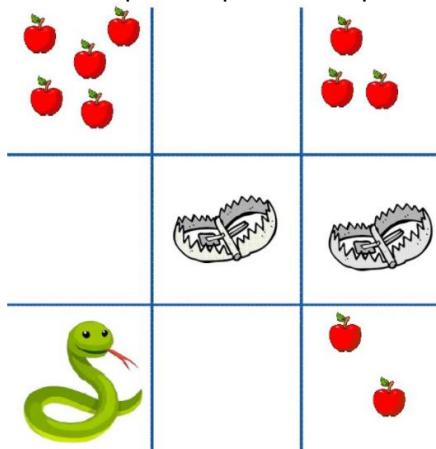


Fonte: extraído de (CHRISTOPHER, 2021b).

No Aprendizado por Reforço, o algoritmo não recebe a resposta, assim como o não supervisionado, porém recebe uma recompensa ou punição, como sinal de reforço. Este tipo de aprendizado é o mais utilizado para jogos e robótica (LUDERMIR, 2021).

Na Figura 14 pode-se verificar um exemplo de aprendizado por reforço. O algoritmo, representado pela cobra, irá explorar o campo de nove quadrados. Toda vez que encontrar um conjunto de maçãs recebe uma recompensa equivalente a quantidade de maçãs encontradas. Caso encontre espaços vazios recebe uma recompensa baixa, ou nula, e caso encontre a armadilha recebe uma punição, a derrota do jogo (NEVES, 2020). Neste exemplo, o algoritmo aprende o melhor caminho por meio das quantidades de recompensas que recebe.

Figura 14 – Exemplo de Aprendizado por Reforço



Fonte: extraído de (NEVES, 2020).

### 3.3. Sensores

A utilização de sensores sempre esteve presente no âmbito industrial, e nos últimos tempos vem sendo cada vez mais utilizados fora deste setor.

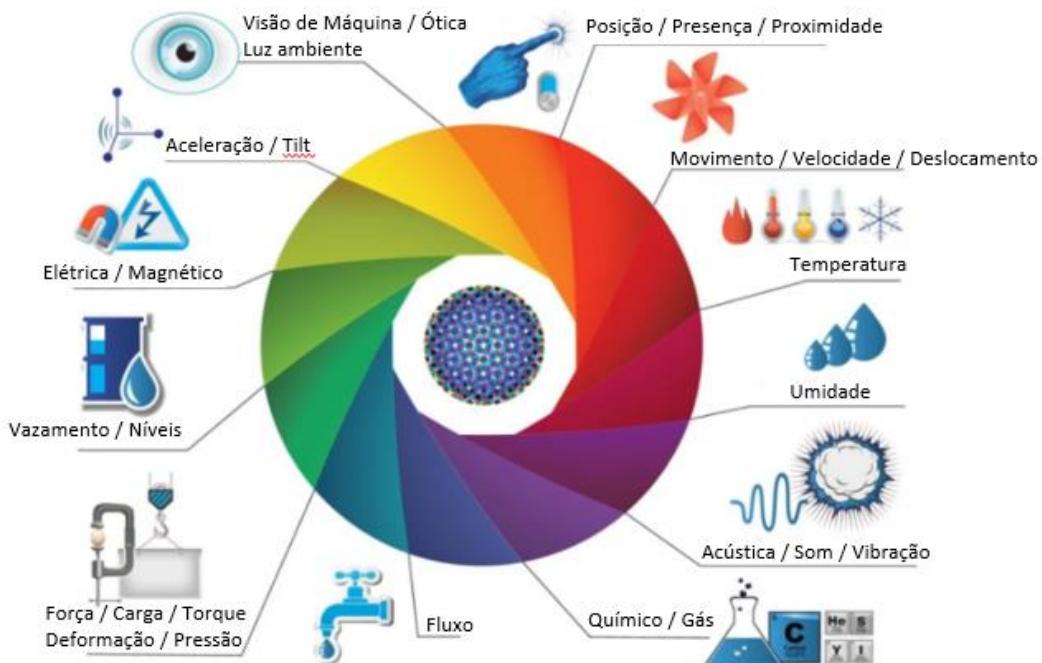
Com o avanço da utilização do IoT cada vez mais podem-se encontrar sensores espalhados pelos mais diversos dispositivos. Estes são utilizados como porta para a entrada de dados que, futuramente, são analisados e com isto gerados *insights*. (PINTO, 2021).

Os sensores são dispositivos que tem como função detectar e responder a alguma entrada proveniente de um ambiente físico (SILVEIRA, 2016). Com isto pode-se entender que, os sensores são responsáveis por traduzir o mundo real para o mundo digital, fazendo com que as variáveis do mundo real possam ser entendidas e processadas por sistemas microprocessados.

Existe uma grande variedade de sensores para as mais diversas aplicações, e quando utilizados combinados geram um sistema complexo de aquisição de dados.

Na Figura 15 são mostradas as diferentes variáveis que podem ser medidas por meio da utilização de sensores. Para cada uma das variáveis é necessária a utilização de um sensor específico e, portanto, há uma grande quantidade de sensores disponíveis.

Figura 15 - Variáveis medidas por Sensores IoT



Fonte: extraído de (PINTO, 2021).

Os sensores são associados a unidades de processamento e canais de comunicação. A Unidade de Processamento é composta de uma memória interna utilizada para o armazenamento de dados e programas, um microcontrolador e um conversor analógico-digital, que é responsável por receber os sinais dos sensores.

Estas unidades têm como características desejadas tamanhos reduzidos e baixo consumo de energia (SANTOS, 2016).

O canal de comunicação pode ser com ou sem fio. Quando utilizada a opção de sem fio, prioriza-se plataformas de rádio de baixo custo e baixa potência (SANTOS, 2016).

### **3.4. Considerações Finais do Capítulo**

As seções deste capítulo apresentaram os conceitos dos diversos componentes e ferramentas que são utilizados na implementação do sistema de IoT. Alguns destes componentes são amplamente utilizados em soluções de sistemas industriais e com o avanço das soluções em sistemas em IoT foram sendo incorporados a este tipo de solução.

A partir dos conceitos apresentados é possível ter um entendimento mais técnico sobre as soluções que foram desenvolvidas e que são mostradas no próximo capítulo.

Este capítulo contribuiu para uma melhor análise das diversas ferramentas e componentes disponíveis em IoT para o desenvolvimento da solução para o problema apresentado neste trabalho.

## 4. TRABALHOS CORRELATOS

Este capítulo apresenta algumas soluções em IoT que foram implementadas e relatadas na literatura. Tais soluções têm foco em RFID, Sensores e IA utilizados no contexto semelhante ao deste trabalho.

### 4.1. Geladeiras Inteligentes

A geladeira sempre foi um item de desejo de grande parte das famílias brasileiras. Sendo o Brasil um país de clima tropical, ou seja, com temperaturas elevadas praticamente o ano todo, a geladeira tornou-se um item de necessidade para a conservação dos alimentos.

No passado as características que mais direcionavam os consumidores deste eletrodoméstico eram tamanho, cor e praticidade (LIEGEARD; MANNING, 2019).

Com a evolução da tecnologia, hoje, já são oferecidas novas características para estes tipos de eletrodomésticos. Como exemplos, podem-se citar a eficiência energética e a inteligência, característica incorporada, graças aos avanços da IoT.

Como apresentado por Liegeard e Manning (2019), as Geladeiras Inteligentes têm a possibilidade de ter as seguintes funcionalidades:

- Monitorar condições ambientais internas: são capazes de medir as condições internas e informar ao usuário por meio de uma interface.
- Regular as condições internas, visando a otimização de armazenamento: por meio de um sistema inteligente adaptar as condições internas para maximizar a qualidade do armazenamento dos alimentos.
- Gerenciar a lista de compras: por meio de aplicativos interligados a sensores na geladeira cria uma lista de produtos e na ausência de algum produto, pode sugerir a sua compra.
- Detectar e monitorar produtos internos: por meio de câmeras detecta os produtos internos à geladeira e monitora as suas embalagens.

- Alertar sobre data de validade dos produtos: por meio do monitoramento das embalagens identifica quando um produto está com a data de validade próxima a expirar.

Com as funcionalidades acima apresentadas é possível entender que estas geladeiras são capazes de fornecer aos consumidores o estado detalhado de todos os produtos nelas contidos, trazendo, como benefício, a minimização do desperdício de alimentos.

Estas geladeiras podem ser equipadas com sistema de leitura de RFID e câmeras internas e, por meio da análise dos dados coletados, são capazes de orientar o usuário a utilizar produtos que estejam no fim da data de validade, podendo sugerir inclusive receitas empregando tais produtos. Além de auxiliar no gerenciamento dos produtos internos da geladeira, os dados coletados também podem ser utilizados para identificar padrões de consumo (LIEGEARD; MANNING, 2019).

Como apresentado por Liegeard e Manning (2019), a geladeira inteligente é composta pelos seguintes componentes, no contexto de IoT:

- Endereço IP, que permite que a geladeira se conecte à rede Internet e com isso receba e envie informações.
- Unidade de processamento, utilizada no gerenciamento das funções da geladeira.
- Sensores, utilizados para a medição de variáveis como temperatura e umidade.
- Dispositivo de comunicação, utilizado para o envio e o recebimento de informações, por meio de uma rede com fio ou sem fio. Podem ser utilizadas as tecnologias de Bluetooth e WiFi, no caso de solução sem fio.

Outro componente que também foi incorporado à geladeira, com o intuito de apresentar informações ao usuário, foi a tela de LCD.

Figura 16 - Geladeira Inteligente



Fonte: extraído de (MIDRACK, 2021).

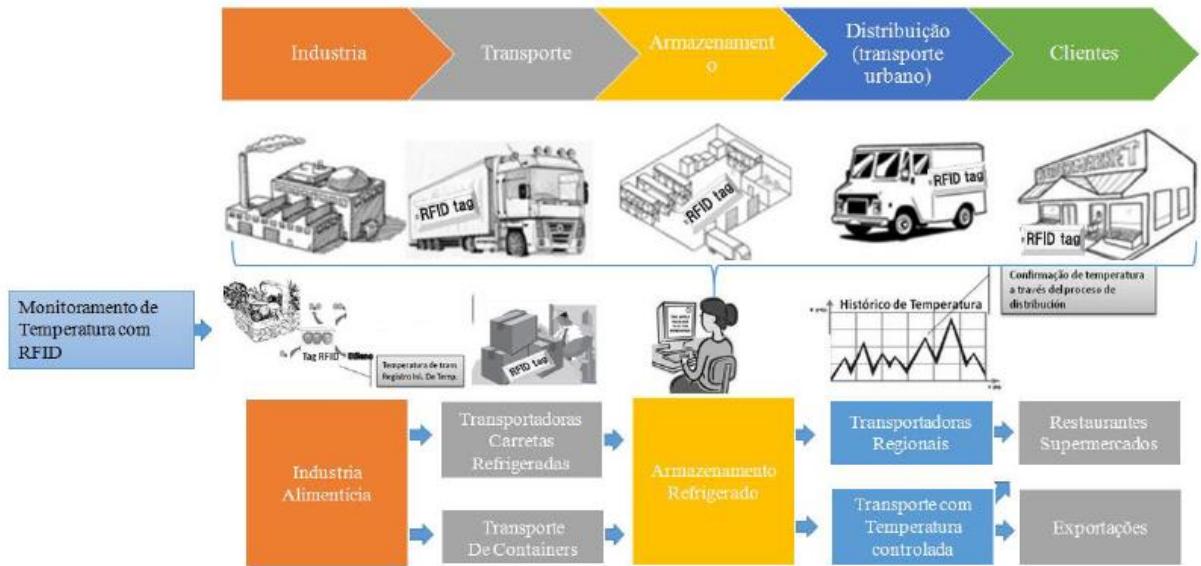
#### 4.2. RFID na indústria de alimentos

A Tecnologia RFID é usada em diversos setores, sempre com intuito de gerenciar, rastrear e monitorar determinados componentes, materiais ou produtos.

Para a utilização no setor de alimentos faz-se necessária a flexibilização das etiquetas, utilizadas pelo sistema RFID, incorporando sensores físicos e químicos que coletarão dados os quais gerarão a informação sobre o estado do alimento. Esta demanda deve-se à exigência pelo aumento da segurança em cima das inspeções dos produtos alimentícios (MORENO, 2016).

Como apresentado neste trabalho, os desperdícios de alimentos ocorrem na cadeia toda, desde a produção até o consumo. O RFID vem de encontro à necessidade de rastreamento, sendo considerada o mais importante recurso para identificação e rastreabilidade (MORENO, 2016).

Figura 17 - Etiquetas inteligentes RFID

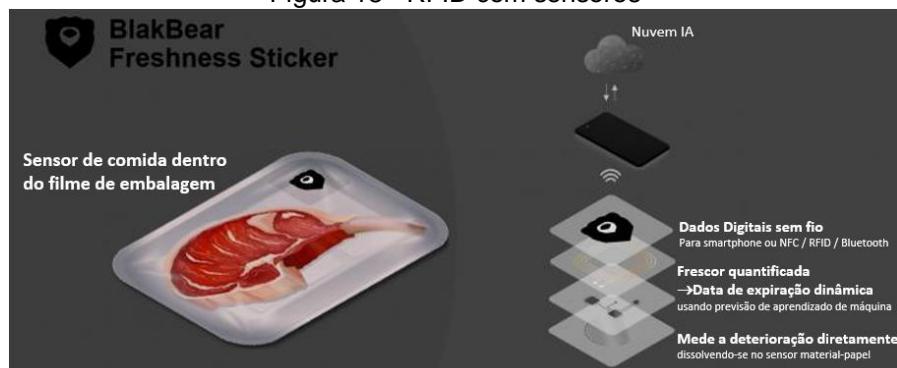


Fonte: extraído de (MORENO, 2016).

Segundo Moreno (2016), foram desenvolvidos recentemente *hardwares* RFID, os quais já possuem sensores de temperatura, umidade, vibração e choque, e luz. Com estes sensores é possível monitorar se os produtos estão armazenados e/ou sendo transportados de maneira adequada.

Outra funcionalidade das etiquetas de RFID, equipadas com sensores, é a visualização da data de validade dos alimentos em tempo real. No caso estudado, o alimento em questão é a carne. Segundo a Equipe Beefpoint (2020), este método é altamente preciso, visto que quando a carne está se deteriorando, os micróbios presentes emitem gases amônia que são detectados por meio do sensor presente na etiqueta que está na embalagem. Estes dados podem ser lidos em tempo real por meio de um aplicativo de *smartphone*.

Figura 18 - RFID com sensores



Fonte: extraído de (EQUIPE BEEFPOINT, 2020).

A partir dos dados gerados pelos sensores, e da utilização de sistemas de IA presentes na nuvem, é possível que o usuário tenha a informação de uma data de consumo mais confiável do produto.

#### **4.3. Considerações Finais do Capítulo**

Neste capítulo apresentaram-se algumas soluções que foram desenvolvidas, utilizando sistemas IoT, com o intuito de auxiliar o consumidor no monitoramento da conservação e do gerenciamento de reposição dos alimentos.

O desenvolvimento destes recursos traz um aumento na segurança da utilização dos alimentos, visto que assim direciona os usuários para uma utilização mais consciente, principalmente no que se refere a qualidade, se estão aptos ou não para o consumo.

Por meio deste capítulo foi possível averiguar soluções já implementadas para o auxílio no gerenciamento de alimentos. Desta forma contribuindo com exemplos que direcionam para alcançar o objetivo deste trabalho.

## 5. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E REQUISITOS

O objetivo deste capítulo é o de apresentar as necessidades, as expectativas e os desafios para o desenvolvimento da proposta de solução visando a problemática abordada por este trabalho, o desperdício de alimentos.

### 5.1. Descrição do problema

Como abordado no capítulo 2, os desperdícios de alimentos ocorrem em todas as etapas da cadeia alimentar, desde a produção até o consumo. Para cada etapa faz-se necessário o desenvolvimento de uma solução considerando os requisitos, e particularidades, pertinentes àquele ciclo. Neste trabalho, propõe-se uma solução consistindo no monitoramento dos alimentos a partir da implementação de dispositivos IoT instalados na área de estoque, também conhecido como despensa, dentro de uma residência. Desta maneira, o desenvolvimento deste trabalho será na última etapa da cadeia alimentar que é o consumo.

Como apresentado na seção 2.2, uma das maneiras de ocorrência do desperdício é quando o alimento chega ao seu tempo final de validade ou se torna impróprio para consumo e o usuário não faz uso do produto. Este é um tipo muito comum de ocorrência visto que, no Brasil, devido a um passado de hiperinflação algumas famílias têm o hábito de estocar alimentos, o que torna difícil o gerenciamento da validade de todos os alimentos.

Além do histórico de hiperinflação vivida no passado da população brasileira também se faz necessário considerar os efeitos recentes trazidos com a pandemia de covid 19.

No intuito de reduzir a taxa de transmissão da doença, e dessa maneira não sobrecarregar o sistema de saúde, muitos governos ao redor do mundo optaram pela implementação do *Lockdown*. Dessa maneira, muitas famílias tiveram as saídas de suas residências reduzidas somente ao necessário. Com essa limitação de deslocamento, foi verificado no comércio que houve um aumento na aquisição de

produtos com o intuito de armazenamento nas residências, evitando dessa maneira a necessidade de saídas por parte da população.

Na Figura 19, encontra-se um exemplo de despensa, muito comum nas casas das famílias brasileiras.

Figura 19 - Despensa em uma residência



Fonte: o autor.

Na mesma despensa fotografada, na Figura 19, foi realizada uma pesquisa por produtos que estivessem com sua data de validade expirada e foram encontrados os seguintes exemplos:

Figura 20 - Produto vencido 26/08/2021



Fonte: o autor.

Figura 21 - Produto vencido em 21/08/2020



Fonte: o autor.

Assim, muitos produtos acabam sendo armazenados e passam desapercebidos pelos seus próprios usuários ao longo do tempo, acabando por serem descartados.

O cenário da proposta deste estudo é trabalhar em uma despensa com as seguintes características:

- Despensa com formato de um pequeno quarto.
- Armazena alimentos não perecíveis, como por exemplo, arroz, farinha, feijão e outros.
- Não armazena produtos perecíveis, tais como, frutas, verduras, legumes e outros.
- Utiliza estante no armazenamento.
- Possui disponibilidade de energia para alimentação do sistema a ser implementado.

## 5.2. Especificação de Requisitos do Sistema

Para atender a demanda do cenário descrito anteriormente, são apresentados os requisitos funcionais e não funcionais mapeados para a solução a ser desenvolvida.

### 5.2.1. Requisitos Funcionais

Esta seção apresenta os requisitos funcionais:

- RF1 – Coleta dos dados

Descrição: o sistema deve ser capaz de coletar os dados que estão armazenados nas embalagens dos produtos acondicionados na despensa.

Justificativa: os produtos terão seus dados armazenados nas embalagens e é necessário um meio para coletar esses dados de maneira rápida e segura.

- RF2 - Gerenciamento dos dados

Descrição: o sistema coletará, por meio do RFID, os dados dos produtos armazenados na despensa da residência.

Justificativa: os dados lidos dos produtos que estão na despensa, serão armazenados e analisados, com a utilização de recursos que estão na nuvem. Uma vez terminado o ciclo, que pode ser de um ano, de utilização dos dados, eles deverão ser descartados.

- RF3 - Processamento dos dados

Descrição: por meio da análise de dados, com utilização da IA e AM, é realizada classificação dos alimentos, gerando informações sobre os produtos armazenados além de hábitos de consumo dos usuários. Para isto podem ser utilizados algoritmos de aprendizado supervisionado, por exemplo KNN.

Justificativa: a informação gerada na análise dos dados auxiliará a tomada de decisão, por parte do usuário, quanto à utilização dos alimentos que estejam no final do prazo de validade. Além da funcionalidade descrita é possível realizar estudos estatísticos da utilização dos alimentos. Esta análise de dados pode inclusive, direcionar a busca na internet para sugerir como utilizar os alimentos que estão estocados.

- RF4 - Envio de informação

Descrição: as informações geradas no processamento dos dados devem ser enviadas ao usuário.

Justificativa: para que o usuário possa visualizar a informação gerada no sistema é necessário que esta seja enviada a um aplicativo de *smartphone* ou *tablet*.

- RF5 - Dados Abertos

Descrição: o sistema em questão deve ser capaz de compartilhar os dados coletados das leituras realizadas na despensa.

Justificativa: como a casa pode possuir outros sistemas inteligentes, pode ser necessário a interação entre esses sistemas, realizando-se a troca de dados.

- RF6 - Gerenciamento de Identidade

Descrição: será utilizado um sistema para autenticação e autorização de usuário para acesso a determinadas funções.

Justificativa: como o sistema possui pontos por meio dos quais o usuário pode ter acesso a configurações, faz-se necessário o gerenciamento de identidade dos usuários do sistema.

- RF7 – Compatibilidade

Descrição: a solução deve possuir a capacidade de interagir com diferentes sistemas.

Justificativa: ultimamente vem se aumentando o conceito de casas inteligentes no qual existem diversos sistemas. Para que estes sistemas possam interagir é necessário que exista uma compatibilidade das soluções já existentes por exemplo: geladeira inteligente e assistente virtual.

- RF8 – Configurabilidade

Descrição: a solução deve possuir parâmetros configuráveis. Por exemplo: o usuário poderá alterar o parâmetro de tempo vinculado ao aviso do fim do prazo de validade.

Justificativa: devido as diferentes necessidades de cada usuário, faz-se necessário que o sistema possua a possibilidade de ser configurável, para assim atender da melhor maneira os diferentes tipos de usuários.

### **5.2.2. Requisitos Não Funcionais**

Esta seção apresenta os requisitos não funcionais:

- RNF1 – Escalabilidade

Descrição: a solução deve estar apta ao aumento de dados que são processados.

Justificativa: uma vez que a tendência é o crescimento de sistemas inteligentes nas residências, se faz necessário que a área de processamento na nuvem seja capaz de comportar tal aumento.

- RNF2 – Usabilidade da Interface do Usuário

Descrição: a solução deve ser de fácil manuseio para qualquer tipo de usuário, possuindo uma interface intuitiva.

Justificativa: trazer uma boa experiência de utilização do sistema para os usuários.

- RNF3 – Segurança e Privacidade

Descrição: a solução pode ter interação com outros equipamentos e com a rede de Internet, com isso, deve possuir sistemas de proteção de dados.

Justificativa: devido a possibilidade de invasão e roubo de dados, o sistema deve possuir recursos para proteção, para assim cumprir os requisitos de segurança que são solicitados pelas novas leis de proteção de dados.

- RNF4 – Desempenho

Descrição: a solução deve possuir *hardware* compatível com o processamento de dados coletados em um determinado ciclo.

Justificativa: são coletados dados dos produtos e estes devem ser armazenados e processados, para isso é necessária uma boa qualidade de *hardware* para assim, disponibilizar respostas em um tempo adequado ao usuário.

### **5.3. Considerações Finais do Capítulo**

Neste capítulo apresentou-se o problema do desperdício gerado nas residências, devido à falta de gerenciamento dos alimentos armazenados nas despensas.

Foi possível verificar que o problema da falta de gerenciamento dos alimentos armazenados traz um grande desperdício, como apresentado na seção 5.1 em uma simples procura foram encontrados dois alimentos com data de validade expirada, sendo uma delas acima de um ano.

Além da apresentação do problema, também foram apresentados os requisitos funcionais e não funcionais, que serão utilizados para direcionar a solução de problema apresentado.

## 6. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

Para a solução do problema descrito no capítulo anterior sugere-se a utilização de um sistema RFID, que atende aos requisitos RF1. O RFID é muito utilizado em sistemas de gerenciamento de estoque, devido à grande precisão e rapidez na coleta dos dados.

Este sistema de RFID será instalado na área da despensa, ou depósito de alimentos, das residências. Além disso, pressupõe-se a padronização das etiquetas RFID nos produtos alimentícios comercializados, no lugar de código de barras.

A proposta de utilização da tecnologia do RFID vem de encontro com a ideia da embalagem inteligente, que como apresentado por Liegeard e Manning (2019) trata-se de uma embalagem capaz de rastrear, detectar e comunicar, ou seja, uma embalagem capaz de monitorar as condições dos alimentos durante seu ciclo de vida.

O sistema RFID coleta e transmite os dados provenientes das etiquetas instaladas nos produtos. Estas etiquetas virão com dados como: produtor, produto, data de validade e, em alguns casos, poderão informar o estado de conservação do alimento, por meio de sensores vinculados à etiqueta, conforme apresentado na seção 4.2.

Estes dados são coletados e transmitidos para uma central que encaminhará para processamento na nuvem. A informação gerada por meio do processamento destes dados poderá auxiliar na tomada de decisão do usuário quanto à utilização do alimento ou envio para doação. O sistema poderá inclusive recomendar algum tipo de receita utilizando os produtos que estão em processo de final de validade.

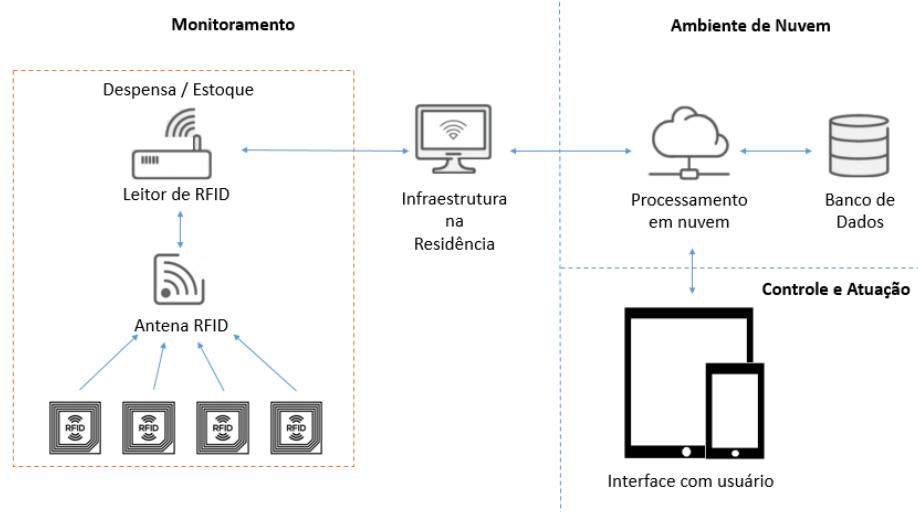
A informação gerada, além de auxiliar o usuário do sistema, poderá gerar *insights* para o setor de distribuição de alimentos, podendo tornar o setor mais eficiente.

A utilização do RFID para gerenciar o estoque de alimentos de uma residência é uma proposta que pode gerar um grande impacto na redução do desperdício de alimentos, uma vez que o desperdício que ocorre nos níveis do processamento, distribuição e consumo é de 46% (OSTOJIC *et al.*, 2017).

### 6.1. Especificação da Solução

A solução proposta adotada segue as estruturas básicas utilizadas em projetos de IoT, ou seja, está estruturada em três camadas: Monitoramento, Ambiente de nuvem e Controle.

Figura 22 - Proposta redução de desperdício de alimentos



Fonte: Adaptado de (JC LOGÍSTICA, 2021).

Na Figura 22, é possível verificar as três camadas mencionadas na solução proposta por este trabalho. Nas seções seguintes são apresentadas as camadas com mais riqueza de detalhe.

#### 6.1.1. Monitoramento

A camada de monitoramento representa todo o sistema de RFID instalado no ambiente de estocagem dos alimentos. Este é responsável pela aquisição dos dados dos produtos, presentes no interior desta área e pela transmissão destes dados.

O sistema a ser instalado é composto de uma antena e leitor de RFID de UHF. Este tipo de sistema trabalha com frequências entre 860 e 960 MHz, trabalhando com

um alcance de leitura de até aproximadamente 9 metros. O tipo de etiquetas de RFID propostas neste estudo são as de sistema passivo, ou seja, não possuem fonte de alimentação e com isso são soluções mais econômicas.

Como a utilização dos produtos alimentícios são realizados em horários determinados, café da manhã, almoço e jantar, não se faz necessária a aquisição constante de dados. Isso economiza espaço no banco de dados e poder de processamento.

#### **6.1.2. Ambiente de Nuvem**

A camada de ambiente de Nuvem é a responsável pelo processamento dos dados enviados pela camada de monitoramento. Os dados são armazenados em um banco de dados, com o propósito de serem disponibilizados para processamentos futuros. Como estes dados são variáveis bem definidas (Produto, Fabricante, Data de validade) propõem-se a utilização de dados estruturados.

Os dados coletados são processados, e com isso, são verificadas as condições dos produtos. Caso algum produto esteja chegando ao final de sua validade, o ambiente de nuvem pode enviar um aviso à interface do usuário, *smartphone* ou *tablet*, por meio de um aplicativo. Este aviso pode auxiliar o usuário apresentando alternativas para a utilização do produto. Pode-se por meio de cruzamento de base de dados, encontrar receitas nas quais possa ser utilizado o produto em questão ou conforme apresentado em Santino (2018), o aplicativo pode rastrear ONGs próximas a residência do usuário para realizar doação desse alimento, inclusive gerar uma interface direta para o aplicativo da ONG como por exemplo o Comida Invisível ou *Connecting Food*.

Além do processamento também é realizado o cruzamento com informações vindas de outros sistemas inteligentes, por exemplo, Geladeiras Inteligentes, como apresentado na seção 4.1.

Os dados coletados podem, não só auxiliar o usuário a evitar o desperdício nas residências, mas também direcionar o abastecimento dos setores de distribuição, trazendo maior eficiência e menor desperdício.

### **6.1.3. Controle**

A camada de controle é a interface utilizada para a comunicação dos alarmes e acompanhamento do levantamento de informação dos insumos estocados. Por meio desta camada, também são apresentadas as informações para a melhor tomada de decisão quanto aos alimentos que devem ser preparados ou doados. Esta camada também é uma forma de adquirir dados, visto que ao interagir com o sistema, a camada da nuvem é capaz de criar um perfil de consumo do usuário.

## **6.2. Considerações Finais do Capítulo**

Nas seções deste capítulo foi apresentado a proposição de solução para o problema do desperdício de alimentos que ocorre pelo vencimento do prazo de validade dos alimentos que são estocados nas despensas nas residências.

A utilização de IoT traz além da facilidade do gerenciamento dos alimentos, a possibilidade do envio de sugestões para a tomada de decisão por parte do usuário, que pode decidir por utilizar o alimento em uma receita ou encaminhar o alimento a alguma ONG.

Neste capítulo também é exibida uma solução que mostra como é prevista a utilização de todos os recursos que foram apresentados até o momento, dessa maneira auxiliando para alcançar o objetivo do trabalho, a redução do desperdício.

## 7. ANALISE DA PROPOSTA

Este capítulo apresenta como foram atendidos os requisitos apresentados no capítulo cinco, assim como também é realizado um comparativo das soluções apresentadas no capítulo trabalhos correlatos e a solução desenvolvida neste trabalho.

### 7.1. Atendimento dos Requisitos Funcionais

Esta seção apresenta como foram atendidos os requisitos especificados como funcionais.

- RF1 – Coleta dos dados

Atendimento: Para a coleta dados optou-se pela utilização da tecnologia RFID, uma vez que é um sistema de rápida e confiável aquisição de dados. Além de que, a etiqueta colada nos produtos não necessitar de um recurso de energia.

- RF2 – Gerenciamento dos dados

Atendimento: Para o gerenciamento dos dados adquiridos por meio dos leitores de RFID, instalados na despensa, é prevista a utilização de algumas ferramentas das plataformas de serviços de nuvem. Neste caso pode ser utilizada uma ferramenta da AWS para o gerenciamento de dados relacionais.

- RF3 – Processamento dos dados

Atendimento: Este processamento é realizado em ambiente de nuvem. Assim como o requisito anterior, podem ser utilizados ferramentas da AWS para o processamento dos dados.

- RF4 – Envio de informação

Atendimento: Por meio da análise realizada dos dados adquiridos, é montado um relatório que será encaminhado ao usuário por meio de uma API instalada em seu dispositivo.

- RF5 – Dados Abertos  
Atendimento: Para o atendimento a este requisito faz-se necessário o desenvolvimento de um estudo de todos os dispositivos que podem ter interação com o sistema e suas respectivas plataformas de armazenamento de dados. Uma vez feito esse estudo, será verificada a possibilidade de troca de dados, entre as diferentes plataformas de armazenamento de dados.
- RF6 – Gerenciamento de Identidade  
Atendimento: Haverá uma API associada a uma ferramenta de autenticação de identidade para poder habilitar, ou negar, alguns acessos, principalmente a informação e configurações do sistema.
- RF7 – Compatibilidade  
Atendimento: Assim como no requisito funcional número 4, será necessário o estudo dos demais equipamentos presentes na residência para confirmação de compatibilidade de comunicação. Uma vez verificado informações poderão, após permissão, ser enviadas de um dispositivo a outro.
- RF8 – Configurabilidade  
Atendimento: Por meio da API instalada em um dispositivo, o usuário tem acesso aos tópicos de configuração, dando assim a possibilidade do usuário realizar algumas mudanças no sistema.

## 7.2. Atendimento dos Requisitos Não Funcionais

Esta seção apresenta como foram atendidos os requisitos especificados como não funcionais.

- RNF1 – Escalabilidade  
Atendimento: O sistema será desenvolvido para o atendimento das necessidades atuais e também prevendo já um aumento na quantidade de dados que poderão ser processados. Como é previsto que o processamento seja realizado no ambiente de nuvem, este requisito está sendo atendido.

- RNF2 – Usabilidade da Interface do Usuário

Atendimento: A interface será desenvolvida considerando a utilização e a experiência que é proporcionada ao usuário. Serão desenvolvidas interfaces para utilização de pessoas com e sem deficiência.

- RNF3 – Segurança e Privacidade

Atendimento: Serão desenvolvidas junto ao sistema ferramentas de segurança que garantam a privacidade e a segurança das informações geradas e analisadas. Estas ferramentas são acessadas via API do sistema.

- RNF4 – Desempenho

Atendimento: Será solicitado um sistema suficientemente capaz para a realização de processamento que este trabalho requisitará assim como poder de armazenamento uma vez que, propõem-se armazenar os dados por aproximadamente um ano.

### **7.3. Comparação com trabalhos correlatos**

Nesta seção é realizada uma análise comparando a solução desenvolvida neste trabalho com os trabalhos correlatos apresentados.

Geladeira Inteligente: Como apresentado, as geladeiras inteligentes possuem a possibilidade de, por meio de sensores, se autorregular gerando assim economia e preservando da melhor maneira os alimentos armazenados nela. Além desta característica, as geladeiras também podem possuir câmeras e sensores RFID que auxiliam na verificação da quantidade do produto no seu recipiente como também na verificação da data de validade dos produtos. Outra função das câmeras internas às geladeiras é a de monitorar a qualidade dos alimentos frescos, como apresentado por Shweta (2017). As câmeras captam a imagem dos alimentos, logo essas imagens são processadas e analisadas por meio da utilização de Inteligência Artificial, realizando comparações com imagens capturadas e armazenadas no processo de aprendizado de máquina.

A solução apresentada neste trabalho tem como foco os alimentos armazenados em despensas, ou seja, que não necessitam de um ambiente refrigerado. Trata-se de alimentos enlatados (conservas) e armazenados em embalagens plásticas (arroz, feijão, macarrão, etc.).

A solução desenvolvida prevê a utilização somente de sistema RFID, uma vez que, despensas geralmente são áreas que possuem muitos pontos nos quais câmeras não terão uma boa visão das embalagens, não sendo possível a identificação de data de validade dos produtos. Além disso, não se faz necessária a utilização de câmeras para verificação da qualidade de alimentos frescos uma vez que, geralmente, não são armazenados estes tipos de produtos nas despensas.

Também foi previsto o desenvolvimento de recursos de inteligência artificial para o reconhecimento das características de utilização dos alimentos, realizando assim pesquisas em base de dados sobre preferencias de receitas.

Como apresentado, as duas soluções possuem algumas características semelhantes, tendo destaque a que se refere à identificação dos produtos por meio da utilização do RFID. Além da diferença da utilização do tipo de alimento, refrigerado e não refrigerado, outra grande diferença entre as duas soluções é a possibilidade de identificação da quantidade de um determinado produto e a identificação da qualidade de um alimento fresco, que ocorre na geladeira, devido à utilização de câmeras no interior da mesma.

RFID na indústria de alimentos: Como visto, a tecnologia do RFID pode ser utilizada para auxiliar no gerenciamento dos alimentos, sendo possível a verificação, rapidamente, de informações referentes aos diversos produtos armazenados em um determinado local. Além desta característica, também foi verificado que existe uma funcionalidade que pode sinalizar que um determinado alimento está perdendo sua qualidade devido ao aumento das bactérias na embalagem, gerando assim, mais confiança do usuário sobre a qualidade dos alimentos.

A solução apresentada, vem de encontro à utilização da tecnologia de RFID justamente para auxiliar o usuário doméstico quanto aos produtos que estão

armazenados em sua despensa. Muitas vezes este usuário, não tem uma ideia exata dos produtos estocados, gerando assim o desperdício.

#### **7.4. Considerações Finais do Capítulo**

Este capítulo discutiu como os requisitos funcionais e não funcionais são atendidos pela solução proposta. Além disso, foi feita uma comparação da solução desenvolvida neste trabalho com soluções já existentes no mercado, por exemplo, soluções de geladeiras inteligentes.

Foi possível verificar que algumas características são similares entre as soluções, devido a necessidade da coleta de determinadas informações, como por exemplo, data de validade dos alimentos para o correto gerenciamento dos alimentos. Quaisquer soluções também pressupõem a troca de informações com o usuário para emissão de alerta de alimentos com validade próxima, para envio de sugestão de receitas ou mesmo de sugestões de ONGs para as quais o alimento pode ser doado.

Além do apresentado acima, este trabalho contribui com uma visão realista de como pode ser implementada a solução para a redução do desperdício de alimentos em residências. O comparativo com as soluções existentes mostra que existem várias maneiras para aquisição de dados, assim como expõe sobre novos dados que podem ser adquiridos por meio da etiqueta RFID.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta avaliação do trabalho, suas principais contribuições e sugestões de trabalhos futuros que poderão ser desenvolvidos a partir deste trabalho.

### 8.1. Avaliação do trabalho

Por meio da literatura estudada para a realização deste trabalho, foi possível entender a dimensão do problema do desperdício de alimentos. Tal desafio demanda que as soluções sejam cada vez mais onipresentes, fazendo parte do cotidiano da população.

A tecnologia pode ser um grande aliado para a solução do desperdício, que, como apresentado neste trabalho, é de grande importância uma vez que os recursos naturais são limitados e cada vez mais escassos, ao mesmo tempo que existe uma população que ainda está em crescimento e em parte não nutrida de modo adequado.

Considerando esse contexto, este trabalho apresentou uma solução para o problema do desperdício de alimentos, com a aplicação de conhecimentos da área de IoT.

Os sistemas IoT têm como uma de suas características a possibilidade de aquisição de dados e comunicação entre os objetos. Estas características foram consideradas para a elaboração deste estudo, visto que, para poder realizar um gerenciamento efetivo de um estoque de alimentos, em uma residência, se faz necessária a entrada dos dados dos produtos a serem gerenciados. Para que esta aquisição seja feita de uma maneira mais eficiente propõe-se a utilização de um sistema RFID. Já para a comunicação, assim como para o armazenamento e para o processamento, propõe-se a utilização de uma solução, baseada em nuvem, com a utilização de aplicativos para a interface com o usuário.

Uma das principais vantagens decorrentes da utilização de uma solução baseada na nuvem é a possibilidade de escalabilidade do sistema.

Para o sistema RFID prevê-se a necessidade de desenvolvimento de uma prova de conceito utilizando a plataforma Arduino na elaboração da antena leitora. Com esta plataforma também podem ser estudados diferentes modos de energização prevendo a utilização do mesmo em locais com difícil acesso à energia.

A utilização de sistemas de IoT será de grande ajuda, não somente executando o gerenciamento dos produtos, como tratado neste trabalho, mas também o processo de levantamento de dados para gerar trabalhos mais eficientes, considerando o processo todo do alimento desde a colheita até o consumo.

Como exposto nos capítulos anteriores, os requisitos funcionais e não funcionais foram atendidos. Foram apresentadas diversas tecnologias para o gerenciamento e monitoramento dos alimentos, inclusive mostrando descrição de uma solução, utilizando IoT, para monitoramento em despensa, alcançando assim o objetivo deste trabalho.

## **8.2. Contribuições do Trabalho**

As principais contribuições deste trabalho foram:

- Revisão da literatura, relacionando internet das coisas, cadeia de alimentos e sustentabilidade.
- Proposta de uma solução para o problema apresentado baseadas na adoção das tecnologias de IoT e Computação em Nuvem aplicada para o controle de alimentos de uma despensa doméstica.

## **8.3. Trabalhos Futuros**

Como este é um tema muito presente e que deve perdurar em virtude da recorrência do problema de desperdício de alimentos, poderão ser desenvolvidos trabalhos futuros associados às diversas partes da cadeia de alimento.

Um trabalho futuro poderá ser a implementação de um sistema com a solução descrita neste trabalho, funcionando como um projeto piloto. Podem ser exploradas, também, as demais etapas da cadeia do alimento, incluindo o desenvolvimento de soluções para as etapas de produção, colheita, processamento e outros.

## REFERÊNCIAS

ALVES, P. Geladeira smart que avisa quando comida está acabando é destaque na CES 2020. *In:* TechTudo. [S.I.], 11 jan. 2020. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2020/01/geladeira-smart-que-avisa-quando-comida-esta-acabando-e-destaque-na-ces-2020-ces2020.ghtml>. Acesso em: 20 ago. 2021

ARRIETA, A. A.; AMÍN, O. C. F.; MUÑOZ, A. F. J. Sistema portátil de sensores inteligentes (lengua electrónica) para el análisis de alimentos. **Investigaciones Aplicadas**, v.8, n.1, p.30-36, 2014. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5001670>. Acesso em: 03 jan. 2022

BACCI, C. Para alimentar o mundo, é preciso trazer inovação para a agricultura. *In:* Agrosmart. [S.I.], 20 set. 2016. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/alimentar-o-mundo-trazer-inovacao-para-agricultura/>. Acesso em: 05 set. 2021

BARROZO, V. P.; SOUSA, H. A.; SANTOS, M. A. O.; ALMEIDA, L. C. P.; WEISS, C. DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS: O PESO DAS PERDAS PARA OS RECURSOS NATURAIS. **Revista Agroecossistemas**, Belém, v.11, n.1, p. 75-96, 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v11i1.6551>. Disponível em: 12 ago. 2021 <https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/6551>. Acesso em: 05 set 2021

BERTONCELLO, S. D. Artigo: IoT – Sensores que facilitam a vida. *In:* NOVUS, Canoas, 17 ago. 2020. Disponível em: <https://www.novus.com.br/blog/artigo-iot-sensores-que-facilitam-a-vida/>. Acesso em: 05 set. 2021

CAVALLINI, M. Mais de 14 milhões de famílias vivem na extrema pobreza, maior número desde 2014. *In:* G1. [S.I.], 06 jan. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/01/06/mais-de-14-milhoes-de-familias-vivem-na-extrema-pobreza-maior-numero-desde-2014.ghtml>. Acesso em: 01 nov. 2021

CHRISTOPHER, A. K-Nearest Neighbor. *In:* Medium. [S. I.], 02 fev. 2021. Disponível em: <https://medium.com/swlh/k-nearest-neighbor-ca2593d7a3c4>. Acesso em: 18 set. 2021

CHRISTOPHER, A. K-Means Clustering. *In:* Medium. [S. I.], 04 fev. 2021. Disponível em: <https://medium.datadriveninvestor.com/k-means-clustering-c92463d5fa0e>. Acesso em: 18 set. 2021

COSTA, M. A. B. Uma abordagem sobre Inteligência Artificial e simulação com uma aplicação na pecuária de corte nacional. **Production**, Rio de Janeiro, v. 2, n.1, p.51-59, 1991. DOI <https://doi.org/10.1590/S0103-65131992000100004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/8YgdM5V9jtrWNWHhMkKJnkm/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 09 jul. 2021

CROPLIFE. Desperdício de alimentos no mundo: o problema também é nosso. *In:* CropLife, São Paulo, 19 mar. 2021. Disponível em: <http://croplifebrasil.org/noticias/desperdicio-de-alimentos-no-mundo-o-problema-tambem-e-nosso/>. Acesso em: 23 jun. 2021

EQUIPE BEEFPOINT. Etiqueta de RFID Substitui data de validade impressa em embalagens. *In:* Beefpoint. [S. I.], 16 set. 2020. Disponível em: <https://www.beefpoint.com.br/etiqueta-de-rfid-substitui-data-de-validade-impressa-em-embalagens/>. Acesso em: 09 set. 2021

FAO NO BRASIL. ONU: 17% de todos os alimentos disponíveis para consumo são desperdiçados. *In:* FAO, Roma, 05 mar. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1379033/>. Acesso em: 17 set. 2021

GOMES, H. S. Samsung lança geladeira conectada que envia foto de alimentos em falta. *In:* G1, [S.I.], 05 jan. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/tecnologia/ces/2016/noticia/2016/01/samsung-lanca-geladeira-conectada-que-envia-foto-de-alimentos-em-falta.html>. Acesso em: 17 set. 2021

HANSON, M.; KAY, J. Using the IoT to reduce food waste. *In:* Facilitate, Londres, 12 ago. 2016. Disponível em: <https://www.facilitatemagazine.com/good-practice-legal/explainer/2016/08/12/using-iot-reduce-food-waste>. Acesso em: 17 jul. 2021

HARFORD, T. Como a invenção da geladeira mudou a história – e a forma como fazemos comércio. *In:* BBC News Brasil, São Paulo, 25 nov. 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-42074161>. Acesso em: 17 set. 2021

HENZ, G. P.; PORPINO, G. Food losses and waste: how Brazil is facing this global challenge? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.35, p. 472-482, 2017. DOI <https://doi.org/10.1590/S0102-053620170402>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/hb/a/pX6NNvPG8FsQkWfrvmCmBDf/?lang=en>. Acesso em: 23 jul. 2021

HONG, I.; PARK, S.; LEE, B.; LEE, J.; JEONG, D.; PARK, S. IoT-Based Smart Garbage System for Efficient Food Waste Management. **The Scientific World Journal**, Londres, v.2014, 28 agosto 2014. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/646953/> Acesso em: 18 ago. 2021

HUB I4.0. Internet das Coisas pode reduzir desperdício em supermercados. *In:* hubi4.0, Manaus, 14 ago. 2018. Disponível em: <https://www.hubi4.0.com.br/a-internet-das-coisas-e-o-futuro-da-alimentacao/>. Acesso em: 18 ago. 2021

JC LOGÍSTICA: Como funciona a radiofrequência, Porto Alegre, Jornal do Comércio, 2021. Disponível em: [https://www.jornaldocomercio.com/conteudo/2017/12/cadernos/jc\\_logistica/599976-como-funciona-a-radiofrequencia.html](https://www.jornaldocomercio.com/conteudo/2017/12/cadernos/jc_logistica/599976-como-funciona-a-radiofrequencia.html). Acesso em: 27 set. 2021

JOSHI, N. Controlling food wastage with AI and IoT *In:* BLOG Allerin, Nova Bombaim, 4 ago. 2019. Disponível em: <https://www.allerin.com/blog/controlling-food-wastage-with-ai-and-iot> Acesso em: 13 set. 2021

KAY, J. How IoT, smart supply chains can avert global food crisis. *In:* internet of business, Needham, Disponivel em: <https://internetofbusiness.com/iot-digitisation-can-help-avert-global-food-crisis/>. Acesso em: 15 set. 2021

KOTSIANTIS, S. Supervised Machine Learning: A Review of Classification Techniques. **Informatica**, v.31, n.3, p. 249-268, Jul. 2007. Disponível em: <https://informatica.si/index.php/informatica/article/viewFile/148/140>. Acesso em: 01 nov. 2021

KWON, T.; PARK, E.; CHANG, H. Smart refrigerator for healthcare using food image classification. In: **Proceedings of the 7th ACM International Conference on Bioinformatics, Computational Biology, and Health Informatics**. 2016. p. 483-484. Disponível em: [https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2975167.2985644?casa\\_token=JGdSEpR0OsoA4AAA:aU1l9eoYASpieMxI9BKOJg1YVCbcvD6zN2MWmF4bY2YJqUyhNUexPs1ul4zH8zm7LZ4huXdoJ4-4I3w](https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2975167.2985644?casa_token=JGdSEpR0OsoA4AAA:aU1l9eoYASpieMxI9BKOJg1YVCbcvD6zN2MWmF4bY2YJqUyhNUexPs1ul4zH8zm7LZ4huXdoJ4-4I3w). Acesso em: 03 jan. 2022

LIEGEARD, J.; MANNING, L. Use of inteligente applications to reduce household food waste. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. Amherst, v. 60, n. 6, p. 1048-

1061, Jan. 2019. DOI <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1556580>. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/288197028.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021

LUDERMIR, T. B. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 35, n.101, p.85-94, 2021. DOI <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35101.007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/wXBdv8yHBV9xHz8qG5RCgZd/#>. Acesso em: 25 jun. 2021

MANJUNATH, P.; SHAH, P. G. IoT Based Food Wastage Management System. In: 2019 THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON I-SMAC (IOT IN SOCIAL, MOBILE, ANALYTICS AND CLOUD) (I-SMAC), 2019, Palladam, **Proceedings** [...]. Palladam, IEEE pp. 93-96, Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9032553> Acesso em: 20 ago. 2021

MELARA, E. P. **Estudo da Tecnologia RFID e sua Aplicação na Gestão de Estoques**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/119930>. Acesso em: 20 ago. 2021

MIDRACK, R. L. What is a Smart Refrigerator? In: Lifewire. [S. I.], 24 jun. 2021. Disponível em: <https://www.lifewire.com/smart-refrigerator-4158327>. Acesso em: 20 Ago. 2021

MOREIRA, A. B.; ROLDO, E. F.; LOPES, R. **Gestor Inteligente de Restaurantes Industrias: proposta de solução**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Engenharia Indústrial 4.0) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/70264>. Acesso em: 03 jan. 2022

MORENO, G. N. M. **Avaliação e Aplicação da Tecnologia RFID na Gestão da Cadeia do Frio de Frutas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2016. Disponível em: <https://1library.org/document/y49n785z-avaliacao-aplicacao-tecnologia-rfid-gestao-cadeia-frio-frutas.html>. Acesso em: 20 Ago. 2021

MOZOS, E. A.; BADURDEEN, F.; DOSSOU, P. E. Sustainable Consumption by Reducing Food Waste: A Review of the Current State and Directions for Future Research. **Procedia Manufacturing**, v. 51, p 1791-1798, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920321272> Acesso em: 27 jul. 2021

NARAYANAN, S. AI in Image Analytics. **International Journal of Computational Intelligence Research**, Delhi, v. 15, n.2, p.81-95, 2019. DOI [10.13140/RG.2.2.32265.60002](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32265.60002). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/337474415\\_AI\\_In\\_Image\\_Analytics](https://www.researchgate.net/publication/337474415_AI_In_Image_Analytics). Acesso em: 17 jun. 2021

NASCIMENTO, S. P. Desperdício de alimentos: fator de insegurança alimentar e nutricional. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.25, n.1, p. 85-91, 2018. DOI <https://doi.org/10.20396/san.v25i1.8649917>. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8649917>. Acesso em: 20 jun. 2021

NEVES, E.C. Aprendizado por Reforço #1 – Introdução. In: Medium. [S. I.], 23 fev. 2020. Disponível em: <https://medium.com/turing-talks/aprendizado-por-refor%C3%A7o-1-introdu%C3%A7%C3%A3o-7382ebb641ab>. Acesso em: 01 nov. 2021

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. **El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación: Progreso en la Lucha Contra la Perdida y el Desperdicio de Alimentos**. Roma: FAO, 2019. 198 p.

OSTHEIMER, J. **Internet of Things (IoT) Literature Review of Investigating applications of IoT for food waste minimization**. Literature Review. Växjö: Linnaeus University, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/332632695\\_Internet\\_of\\_Things\\_IoT\\_Literature\\_Review\\_of\\_investigating\\_applications\\_of\\_IoT\\_for\\_food\\_waste\\_minimization](https://www.researchgate.net/publication/332632695_Internet_of_Things_IoT_Literature_Review_of_investigating_applications_of_IoT_for_food_waste_minimization). Acesso em: 17 jul. 2021

OSTOJIC, G.; STANKOVSKI, S.; TEGELTIJA, S.; ĐUKIC, N.; TEJIC, B. Implementation of IoT for food wastage minimisation, In: XVII International Scientific Conference on Industrial Systems, 2017, Novi Sad. **Anais** [...]. Novi Sad: University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, 2017. Disponível em: <https://www.iim.ftn.uns.ac.rs/is17/papers/21.pdf>, Acessado em: 09 set. 2021.

PESAVENTO, D. Internet das coisas: um aliado na luta contra as perdas de insumos. In: Sensorweb, Florianópolis, 02 set. 2016. Disponível em: <https://sensorweb.com.br/internet-das-coisas-um-aliado-na-luta-contra-as-perdas-de-insumos/>. Acesso em: 25 jun. 2021

PHILIPPI, S. T.; LATTERZA, A. R.; CRUZ, A. T. R.; RIBEIRO, L. C. Pirâmide Alimentar Adaptada: Guia para Escolha dos Alimentos. **Revista Nutrição**, Campinas, v.12, n.1, p. 65-80, 1999. DOI <https://doi.org/10.1590/S1415-52731999000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/hvvYpQQRf9zb3ytTpsrVTQh/?lang=pt#>. Acesso em: 27 jun .2021

PINTO, G. Como Funcionam os Sensores inteligentes em soluções de IoT *In:* v2com, São Paulo, 04 out. 2021. Disponível em: <https://v2com.com/2021/10/04/iot-sensores-inteligentes/>. Acesso em: 17 set. 2021

REDAÇÃO GS1 BRASIL. Startup lança solução IoT que automatiza compras de mercado. *In:* GS1 Brasil, São Paulo, 12 nov. 2019. Disponível em: <https://noticias.gs1br.org/startup-lanca-solucao-iot-que-automatiza-compras-de-mercado/>. Acesso em: 15 mai. 2021

REDAÇÃO SA VAREJO. Internet das Coisas pode reduzir desperdício em supermercados. *In:* SA.Varejo. [S. I.], 14 ago. 2018. Disponível em: <https://www.savarejo.com.br/detalhe/reportagens/internet-das-coisas-pode-reduzir-desperdicio-em-supermercados>. Acesso em: 13 jul. 2021

RIBEIRO, P. C. C.; PÊGO, L. S.; SILVA, A. L. Uso de RFID no varejo de alimentos brasileiro. *In:* X SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS (SIMPOI2007) 2007, Rio de Janeiro, **Proceedings** [...]. Rio de Janeiro, FGV, Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/265378336 USO DE RFID NO VAREJO DE ALIMENTOS BRASILEIRO](https://www.researchgate.net/publication/265378336_USO_DE_RFID_NO_VAREJO_DE_ALIMENTOS_BRASILEIRO). Acesso em: 12 ago. 2021

ROSA, N. Geladeira inteligente da Samsung permite monitorar alimentos pelo smartphone. *In:* Canaltech. [S. I.], 18 set. 2019. Disponível em: <https://canaltech.com.br/produtos/geladeira-inteligente-da-samsung-permite-monitorar-alimentos-pelo-smartphone-149961/>. Acesso em: 21 ago. 2021

SAMSUNG NEWSROOM. Samsung anuncia geladeira Family Hub no Brasil e traz inovação para a cozinha. *In:* Samsung Newsroom Brasil. [S. I.], 21 ago. 2019. Disponível em: <https://news.samsung.com/br/samsung-anuncia-geladeira-family-hub-no-brasil-e-traz-inovacao-para-a-cozinha>. Acesso em: 21 ago. 2021

SANTINO, R. Como a tecnologia ajuda no combate ao desperdício de comida. *In:* Olhar Digital. [S.I.], 02 jun. 2018. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2018/06/01/videos/como-a-tecnologia-ajuda-no-combate-ao-desperdicio-de-comida/>. Acesso em: 21 jun. 2021

SANTOS, B. P. et al. **Internet das coisas: da teoria à prática**. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2021

SANTOS, K. L.; PANIZZON, J.; CENCI, M. M.; GRABOWSKI, G.; JAHNO, V. D. Perdas e desperdícios de alimentos: reflexões sobre o atual cenário brasileiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 23, p.1-12, 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/1981-6723.13419>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/yhXZXHzvzPTqRWJpLcVt9Bx/?lang=pt>. Acesso em: 27 jul. 2021

SBMT. Fome no mundo em ascensão: seca e conflitos são ameaças constantes. *In:* SBMT Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Brasília, 06 nov. 2019. Disponível em: <https://www.sbm.org.br/portal/fome-no-mundo-em-ascenso-seca-e-conflitos-sao-ameacas-constantes/>. Acesso em: 01 nov. 2021

SHWETA, A. S. Intelligent refrigerator using ARTIFICIAL INTELLIGENCE. *In: 2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*. IEEE, p.464-468, 2017. Disponível em: [https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7856036?casa\\_token=Fsw7x6NAFJYA AAAA:kJYYI2hV5rxRIml9pvLcZnrcVjbMcRAkxxA14U0W639gptt6zt28jUBdn0kUaWS dq7vwPo6HVsE](https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7856036?casa_token=Fsw7x6NAFJYA AAAA:kJYYI2hV5rxRIml9pvLcZnrcVjbMcRAkxxA14U0W639gptt6zt28jUBdn0kUaWS dq7vwPo6HVsE). Acesso em: 03 jan. 2022

SILVA FILHO, O. J.; GOMES JÚNIOR, N. N. O amanhã vai à mesa: abastecimento alimentar e COVID-19. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, p. e00095220, 2020. Disponível em: <https://www.scielosp.org/article/csp/2020.v36n5/e00095220/>. Acesso em: 03 jan. 2022

SILVEIRA, C. B. Sensor: Você sabe o que é quais os tipo? *In:* Citisystems, Sorocaba, 12 jul. 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/sensor-voce-sabe-que-quais-tipos/>. Acesso em: 01 nov. 2021

SCHNEIDER, S. et al. Os efeitos da pandemia da Covid-19 sobre o agronegócio e a alimentação. **Estudos Avançados**, v. 34, p. 167-188, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/kQdC7V3FxM8WXzvmY5rR3SP/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03 jan. 2022

VALENZUELA, H. Com a IIoT – IA – IoT contra a pobreza e a fome. *In:* Minapim Magazine, Joinville, 13 set. 2019. Disponível em: <https://minapim.com/com-a-iiot-ia-iot-contra-a-pobreza-e-a-fome/>. Acesso em: 05 jun. 2021