



Plataforma Online de Consulta de Aditivos Alimentares

Bernardo Artur Fernandes Lopes

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e de Gestão de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Informação.

Trabalho orientado por:

Rui Pedro Lopes

Isabel C.F.R. Ferreira

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri.

Bragança

Outubro 2019



Plataforma Online de Consulta de Aditivos Alimentares

Bernardo Artur Fernandes Lopes

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e de Gestão de Bragança para
obtenção do Grau de Mestre em Sistemas de Informação.

Trabalho orientado por:

Rui Pedro Lopes

Isabel C.F.R. Ferreira

Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri.

Bragança

Outubro 2019

Para a minha mãe, que sempre me apoiou e me ajudou a alcançar os meus objetivos.

Resumo

Desde sempre que o ser humano procurou formas de melhorar a produção e o tratamento dos alimentos que consome. A utilização de aditivos alimentares é uma forma de tornar mais eficientes estes processos, mas também de fornecer aos produtos características que os tornem mais apetecíveis para os consumidores. Não obstante, existe uma desinformação generalizada que leva a controvérsias relacionadas com a segurança dos aditivos artificiais para a saúde humana. É importante o desenvolvimento de soluções que permitam educar a população sobre a adição destas substâncias aos produtos alimentares e consciencializar para os potenciais riscos associados. Têm existido esforços neste sentido, com a construção de várias plataformas que agregam a informação mais relevante. Contudo, nenhuma delas se revela completa o suficiente e suportada por fontes fidedignas.

O objetivo deste trabalho consistiu no desenvolvimento de uma solução que incorpore a informação que consta na legislação europeia e ofereça alternativas naturais aos aditivos sintéticos. O trabalho foi realizado ao abrigo do projeto DeCodE e decorreu em colaboração com o Centro de Investigação de Montanha, pelo que a maioria dos requisitos já se encontravam definidos à partida. Com isto em mente, adotou-se uma arquitetura orientada a serviços, seguindo o modelo cliente-servidor. Da implementação do sistema resultou uma base de dados com informação normalizada e um servidor que disponibiliza uma API RESTful, assim como uma aplicação *web* moderna e ferramentas de *data scraping*.

Palavras-chave: Aditivos alimentares, aditivos naturais, plataforma web, arquitetura orientada a serviços

Abstract

Humans have always been looking for ways to improve the production and treatment of the food they eat. The use of food additives is a way to make these processes more efficient, but also to provide products with features that make them more attractive to consumers. Nevertheless, there is a generalized misinformation that leads to controversies regarding the safety of artificial additives for human health. It is important to develop solutions to educate the population about the substances added to food and to raise awareness of the potential associated risks. Efforts have been made in this regard, with several platforms that aggregate the most relevant information about food additives. However, none of them is complete enough and supported by reliable sources.

The goal of this work was to develop a solution that incorporates the information contained in European legislation and offers natural alternatives to synthetic additives. The work was done under the scope of the DeCodeE project and was carried out in collaboration with the Mountain Research Center (CIMO), so most of the requirements were already defined at the outset. With this in mind, a service-oriented architecture was adopted, following the client-server model. The implementation of the system resulted in a database with standardized information and a server that provides a RESTful API, as well as a modern web application and data scraping tools.

Keywords: Food additives, natural additives, web application, service oriented architecture

Agradecimentos

Agradeço à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) e ao FEDER no âmbito do programa PT2020 pelo apoio financeiro ao CIMO (UID/AGR/00690/2019). Este trabalho foi financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do Programa Operacional Regional Norte 2020, no âmbito do Projeto NORTE-01-0145-FEDER-023289 (DeCodE) e projeto Mobilizador Norte-01-0247- FEDER-024479: ValorNatural.

Quero também agradecer ao Centro de Investigação de Montanha pela possibilidade de participar neste projeto, bem como por todo o apoio prestado ao longo do desenvolvimento da solução e da escrita desta dissertação. Um especial obrigado à Prof.^a Isabel Ferreira, à Dr.^a Lillian Barros e ao Dr. Márcio Carochó pelo acompanhamento e ajuda dados ao longo de todo o projeto.

Desejo ainda agradecer ao Prof. Rui Pedro Lopes pela orientação prestada e o conhecimento transmitido, não só ao longo deste processo, mas sim ao longo de todos os desafios encontrados durante a Licenciatura em Engenharia Informática e o Mestrado em Sistemas de Informação.

Um enorme abraço para o meu colega e grande amigo Tiago Padrão, que trabalhou comigo neste projeto e me acompanhou ao longo de todos estes anos de estudo e aprendizagem.

Por último, um agradecimento especial à minha família, namorada e amigos que providenciaram o apoio necessário para que tudo isto fosse possível.

Conteúdo

Resumo	iv
Abstract	v
Agradecimentos	vi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Estrutura do Documento	4
2 Aditivos Alimentares	5
2.1 Classificação	6
2.2 Utilização em Alimentos	10
2.3 Controvérsia	12
2.4 Alternativas Naturais aos Aditivos Artificiais	13
2.5 Esclarecimento dos Consumidores	14
3 Análise de Requisitos	18
3.1 Requisitos Funcionais	19
3.2 Requisitos Não-Funcionais	20
3.3 Análise dos Casos de Uso	22

4	Arquitetura	26
4.1	Modelo Cliente-Servidor	26
4.2	Componentes do Servidor	28
4.3	Componentes dos Clientes	32
4.3.1	<i>Data Scraping</i>	32
4.3.2	Aplicação <i>Web</i>	33
5	Implementação e Resultados	35
5.1	Implementação do Servidor	35
5.1.1	Tecnologias e Ferramentas	35
5.1.2	Serviços RESTful	40
5.1.3	Testes	41
5.2	Implementação dos <i>Data Scrapers</i>	42
5.3	Implementação da Aplicação <i>Web</i>	42
5.3.1	Tecnologias e Ferramentas	42
5.3.2	Interfaces com o utilizador	45
6	Conclusões	53
A	Serviços <i>Web</i>	65

Lista de Figuras

2.1	Rótulo típico de um produto alimentar comercializado em Portugal, incluindo a listagem dos aditivos e dos seus números E	7
2.2	Sistema de classificação adotado, com os 6 grupos definidos	8
2.3	<i>Website</i> Aditivos Alimentarios	15
2.4	Base de dados Codex General Standard for Food Additives (GSFA)	16
2.5	Base de dados Food Additives, da Direção-Geral da Saúde e da Segurança dos Alimentos	17
3.1	Casos de uso do sistema	24
4.1	Arquitetura do sistema	27
4.2	Visão geral da arquitetura, incluindo os componentes do servidor e dos clientes	28
4.3	Diagrama de classes das entidades	30
4.4	Diagrama de classes dos DTOs	31
4.5	Objeto SearchResult, utilizado para construir resultados de pesquisa	31
5.1	Tecnologias utilizadas no sistema	36
5.2	Arquitetura da pesquisa de texto completo com o Apache Lucene	39
5.3	Esquema geral do tratamento de pedidos num <i>framework</i> orientado a componentes	44
5.4	Página inicial	46
5.5	Lista dos aditivos alimentares	47

5.6	Página de detalhes de um aditivo	48
5.7	Página de detalhes de um aditivo (continuação)	49
5.8	Resultados da pesquisa	50
5.9	Início de sessão e registo	51
5.10	Lista de recursos na área de administração	51
5.11	Edição de um recurso na área de administração	52

Acrónimos

API Application Programming Interface. 3, 4, 27, 32, 33, 36, 37, 40, 44, 45, 54

CIMO Centro de Investigação de Montanha. 2, 6, 19, 33, 42, 53, 54

CRUD Create, Read, Update and Delete. 29, 32–34, 45

CSS Cascading Style Sheets. 21, 40, 44

DAO Data Access Object. 29, 41

DDA Dose Diária Admissível. 11, 13–15, 46

DG SANTE Direção-Geral da Saúde e da Segurança dos Alimentos. 15

DOM Document Object Model. 32

DSL linguagem de domínio específico. 38

DTO Data Transfer Object. 29, 32, 41

EFSA Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos. 6, 8, 11, 12, 14, 15, 42

EUA Estados Unidos da América. 6, 8, 9, 13

FAO Organização para a Alimentação e Agricultura. 6, 14

FDA Food and Drug Administration. 6, 9, 13

FSA Food Standards Agency. 8

GRAS "geralmente reconhecido como seguro". 9

GSFA Codex General Standard for Food Additives. 14

HTML HyperText Markup Language. 14, 21, 32, 33, 40, 42–44

HTTP HyperText Transfer Protocol. 38, 41, 45

I&D Investigação e Desenvolvimento. 2

INS Sistema Internacional de Numeração de Aditivos Alimentares. 6

IPB Instituto Politécnico de Bragança. 2

JAX-RS Java API for RESTful Web Services. 36, 37

JDBC Java Database Connectivity. 38

JECFA Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 6, 11, 12

JPA Java Persistence API. 36, 37

JPQL Java Persistence Query Language. 37

JSON JavaScript Object Notation. 40, 45

JVM Java Virtual Machine. 36, 43

MVC Model–View–Controller. 43

REST REpresentational State Transfer. 20, 32, 33, 37, 38, 40, 41, 44, 45

SOA Arquitetura Orientada a Serviços. 20

SPA single-page application. 42, 45

SQL Structured Query Language. 37

UE União Europeia. 6, 8

UI User Interface. 44

URL Uniform Resource Locator. 40, 45

WHO Organização Mundial de Saúde. 6

XHTML eXtensible HyperText Markup Language. 44

XML eXtensible Markup Language. 37, 38

Capítulo 1

Introdução

Desde os tempos primordiais que o ser humano procurou formas de preservar a comida de que necessita para sobreviver. Métodos tradicionais envolvem a salga, seca, defumação ou congelamento dos alimentos, de forma a permitir o seu transporte ou armazenamento por longos períodos de tempo. Para além destes, existem substâncias, denominadas aditivos alimentares, que podem ser adicionadas aos alimentos para melhorar as condições de conserva e prolongar o seu prazo de validade. Existem também aditivos com outras aplicações, como a modificação ou potenciação de sabor, aroma, ou aparência.

A utilização de aditivos nos alimentos é um tema controverso e que levanta bastantes dúvidas à população em geral, fruto da dificuldade em obter informação credível e do sensacionalismo gerado pelos meios de comunicação. Existe também uma elevada desconfiança em relação à utilização aditivos artificiais, bem como à presença de números E nos rótulos dos alimentos [1]. Como forma de combater esta falta de conhecimento, têm sido desenvolvidos soluções, principalmente por entusiastas ou organismos estatais, que visam tornar mais acessível essa informação e dar a conhecer ao público alternativas aos aditivos artificiais. Contudo, estes sistemas possuem lacunas, apresentando dados incompletos ou até errados. Por outro lado, grande parte da informação disponível acerca dos aditivos alimentares está dispersa em páginas *web* de legitimidade duvidosa, que também contribuem ainda mais para o descrédito e desconfiança dos consumidores em relação

a estas moléculas, que efetivamente têm um propósito específico. É trabalhoso encontrar legislação fidedigna e analisá-la corretamente, por entre documentos com páginas infundáveis. Além disso, as constantes alterações na legislação tornam difícil estar sempre a par dos regulamentos mais recentes.

Esta dissertação propõe uma solução, desenvolvida em colaboração com o Centro de Investigação de Montanha (CIMO), que não só responde às questões dos consumidores, como também informa os produtores alimentares acerca dos potenciais riscos de cada aditivo e das considerações a ter na sua utilização. Além disso, permite aceder fácil e rapidamente a informação que de outra forma se encontraria dispersa, levando horas a conseguir-se consultar¹.

1.1 Enquadramento

O CIMO é uma unidade de Investigação e Desenvolvimento (I&D) multidisciplinar sediada no Instituto Politécnico de Bragança (IPB), dedicando-se à investigação e desenvolvimento de tecnologias com foco nas áreas de montanha. Procura promover uma estratégia de investigação aplicada que abrange questões que vão desde a Natureza (matérias-primas, recursos naturais, biodiversidade, agricultura e gestão florestal) aos produtos (alimentos ou materiais de origem biológica), em direção à sustentabilidade². O CIMO encontra-se organizado em dois grupos de investigação – “Sistemas Socioecológicos” e “Processos e Produtos Sustentáveis” – e conta atualmente com 77 Investigadores Doutorados Integrados, especialistas numa grande variedade de campos nas ciências naturais, sociais e de engenharia, que concentram a sua pesquisa na promoção do desenvolvimento sustentável, através do uso de recursos endógenos e da criação de cadeias de valor.

O projeto DeCodE visa consciencializar a população para os riscos dos aditivos artificiais e oferecer alternativas naturais e validadas, fazendo uso de uma estratégia de

¹Esta dissertação expande o trabalho apresentado no artigo *Descodificar os “E”: plataforma online de acesso aberto de aditivos alimentares, 2018 14º Encontro de Química dos Alimentos* [2]. Todo o contexto científico apresentado foi confirmado com o Dr. Márcio Carochó e a Prof.^a Isabel C.F.R. Ferreira, ambos investigadores do CIMO

²<http://cimo.ipb.pt>

informação aberta e investigação aplicada com base na experiência. Uma das vertentes do projeto envolve a criação de uma solução informática de utilização intuitiva que possibilite a consulta de informações úteis acerca dos aditivos e dos seus números E, com base na legislação europeia, de uma forma fácil e rápida. O trabalho de investigação e desenvolvimento resultante do projeto DeCodE servirá como complemento às atividades realizadas no âmbito do projeto Valor Natural – Valorização de Recursos Naturais através da Extração de Ingredientes de Elevado Valor Acrescentado para Aplicações na Indústria Alimentar.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho foi investigar e desenvolver uma solução que permita a consulta rápida das informações mais pertinentes de cada aditivo alimentar, bem como das suas condições de uso em determinadas categorias de alimentos. Os objetivos específicos foram:

1. Analisar o estado de arte dos aditivos alimentares, com foco na legislação existente, principais controvérsias e soluções para esclarecer os consumidores;
2. Efetuar um levantamento de todas as propriedades dos aditivos alimentares, classes, categorias alimentares e relações que existam entre eles;
3. Construir uma base de dados que suporte esta informação, assim como traduções e contas de utilizador;
4. Desenvolver uma Application Programming Interface (API) que ofereça serviços *web* para aceder e gerir os dados;
5. Programar ferramentas para extrair os dados necessários e introduzi-los na base de dados;

6. Criar uma aplicação *web* que faça uso da API para oferecer aos utilizadores uma experiência intuitiva de consulta de aditivos alimentares e informação relacionada, bem como para possibilitar a gestão dos dados por parte de administradores.

1.3 Estrutura do Documento

Este documento encontra-se dividido em mais cinco capítulos, descritos em seguida.

O Capítulo 2 explica em detalhe o que são os aditivos alimentares, referindo os diferentes tipos e as suas propriedades. Apresenta também a sua relação com as diferentes categorias alimentares existentes. Ademais, esclarece as principais questões levantadas acerca dos mesmos e oferece soluções para melhorar a qualidade da informação existente.

No Capítulo 3 são introduzidos os requisitos da solução, sendo estes de natureza funcional e não-funcional. Neste capítulo são também apresentados os casos de uso cobertos pelo sistema.

O Capítulo 4 detalha a arquitetura do sistema, explicando as decisões tomadas para suportar os requisitos apresentados no capítulo anterior.

No Capítulo 5 é abordada a implementação dos vários componentes que constituem o sistema. São introduzidas as tecnologias e ferramentas adotadas, detalhado o processo de implementação e apresentados os resultados obtidos.

Por último, o Capítulo 6 apresenta as conclusões obtidas na realização deste projeto e introduz alguns pontos a ter em consideração no trabalho futuro.

Capítulo 2

Aditivos Alimentares

Nos dias que correm, existe uma crescente necessidade de melhorar a produção alimentar, tornando-a mais barata e eficiente, como forma de satisfazer a procura gerada pelo aumento populacional. A produção de alimentos revela-se cada vez mais especializada, com os cidadãos dos países desenvolvidos a mostrarem falta de interesse em participar no processo [3]. Como consequência disto, é imprescindível assegurar o transporte de alimentos ao longo de grandes distâncias e o posterior armazenamento durante longos períodos de tempo. Torna-se então fundamental a adição de substâncias que permitam sustentar estas práticas, garantindo as condições necessárias para se alcançar um processo de produção de alimentos mais eficiente [4], [5].

Os aditivos alimentares são, como referido anteriormente, substâncias que se adicionam aos alimentos de forma a melhorar toda a logística dos processos que vão desde a produção ao consumo dos mesmos. Podem também ter a finalidade de fornecer aos alimentos características mais desejáveis, como determinadas cores, aromas ou sabores [6]. O Codex Alimentarius define um aditivo alimentar como uma substância que, normalmente, não é consumida como alimento por si só ou usada como ingrediente, quer possua ou não valor nutritivo, e que é adicionada ao alimento com um propósito tecnológico (e organolético) no seu fabrico, processamento, preparação, tratamento, embalagem, transporte ou armazenamento, para promover possíveis alterações, direta ou indiretamente, afetando características do alimento. Este termo não inclui contaminantes ou substâncias

adicionadas ao alimento com o propósito de manter ou melhorar qualidades nutricionais [7]. Esta definição foi proposta em 1995 por um painel conjunto (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)), composto pela Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) e pela Organização Mundial de Saúde (WHO), e foi revista ao longo dos anos, com a última revisão a ocorrer em 2019. Hoje em dia, o Codex Alimentarius reúne todas as informações relacionadas com as normas, códigos de conduta e diretrizes dos alimentos e do seu processamento. A nível mundial, as duas maiores entidades reguladoras dos aditivos alimentares são a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) e a Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos da América (EUA). Dado o contexto geográfico em que se insere o CIMO, o foco do projeto DeCodE prende-se principalmente com os aditivos aprovados pela EFSA.

A União Europeia (UE) estabeleceu um código identificador para cada aditivo alimentar, quer seja ou não aprovado para uso na UE [8]. Esse código é vulgarmente chamado de “número E”, dado que se inicia sempre pela letra “E” (de “Europa”) e é sucedido de um número único, seguindo a convenção estabelecida pelo Codex Alimentarius. Esta convenção, que constitui o Sistema Internacional de Numeração de Aditivos Alimentares (INS), determina que o número único deve consistir de três ou quatro dígitos e pode ser opcionalmente seguido de um sufixo alfabético para melhor caracterizar aditivos individuais. A Figura 2.1 demonstra um exemplo de utilização dos números E nos rótulos dos alimentos para identificar os aditivos presentes.

2.1 Classificação

Os mecanismos de classificação dos aditivos alimentares não são uniformes em todo o mundo. Dentro da UE, os aditivos dividem-se em 26 classes funcionais, dependendo do papel que desempenham nos produtos alimentares. Estas classes encontram-se definidas no anexo I do Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2008, relativo aos aditivos alimentares e são elas: edulcorantes, corantes, conservantes, antioxidantes, agentes de transporte, acidificantes, reguladores de



Confeiteira
Carlos Gonçalves

PALMIERS

Conservar em local fresco e seco.

4,00 €

RECEITA
ORIGINAL
DESDE 1983

Lote: 06052019 Consumir de preferência antes de: 02.12.2019

Peso Líquido: 800g e

BISCOITO FOLHADO - Ingredientes: Farinha de TRIGO, margarina vegetal (óleo vegetal de girassol, gordura vegetal de palma, água, emulsionante (E471), sal, aroma, regulador de acidez (E330), corante (E160aiii)), água, açúcar, sal, dextrose e aroma. Pode conter vestígios de SOJA, LEITE, FRUTOS DE CASCA RIJA, SEMENTES DE SÉSAMO e TREMOÇO. **Declaração Nutricional, valores médios por 100g de produto:** Energia - 2196kJ / 526kcal; Lípidos - 30g, dos quais saturados - 15,7g; Hidratos de carbono - 56,7g, dos quais açúcares - 14,8g; Fibra - 1,9g; Proteínas - 6,3g; Sal - 1,15g.

Fabricado por: CONFEITARIA CARLOS GONÇALVES LDA, Travessa Nascer do Sol nº2, Barril 2644-033 Encarnação Mafra (Portugal) www.confeitariacarlosgoncalves.pt



Figura 2.1: Rótulo típico de um produto alimentar comercializado em Portugal, incluindo a listagem dos aditivos e dos seus números E

acidez, antiaglomerantes, antiespumas, agentes de volume, emulsionantes, sais de fusão, agentes de endurecimento, intensificadores de sabor, espumantes, gelificantes, agentes de revestimento, humidificantes, amidos modificados, gases de embalagem, propulsores, levedantes químicos, sequestrantes, estabilizadores, espessantes e agentes de tratamento da farinha [9]. Entretanto, no Regulamento (UE) N.º 1129/2011 da Comissão, de 11 de novembro, que altera o anexo II do Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, a EFSA divide os aditivos alimentares em três grandes classes: corantes, edulcorantes e todos os restantes [10]. Nos EUA, o número de aditivos aprovados é maior do que na UE [11], mas estes encontram-se organizados em menos grupos: conservantes, edulcorantes, corantes, sabores e especiarias, intensificadores de sabor, substitutos de gordura, nutrientes, emulsionantes, estabilizadores e espessantes, aglutinantes, agentes de textura, agentes de controlo de pH e acidulantes, fermentos, antiaglomerantes, humidificantes, nutrientes de levedura, reforçadores e condicionadores de massa, agentes de endurecimento, preparações de enzimas e gases [12].

A Figura 2.2 apresenta o mecanismo de classificação adotado neste projeto, que divide os aditivos em 6 grupos, seguindo a distinção apresentada pela Food Standards Agency (FSA) do Reino Unido. Esta classificação simplifica a divisão em classes funcionais feita

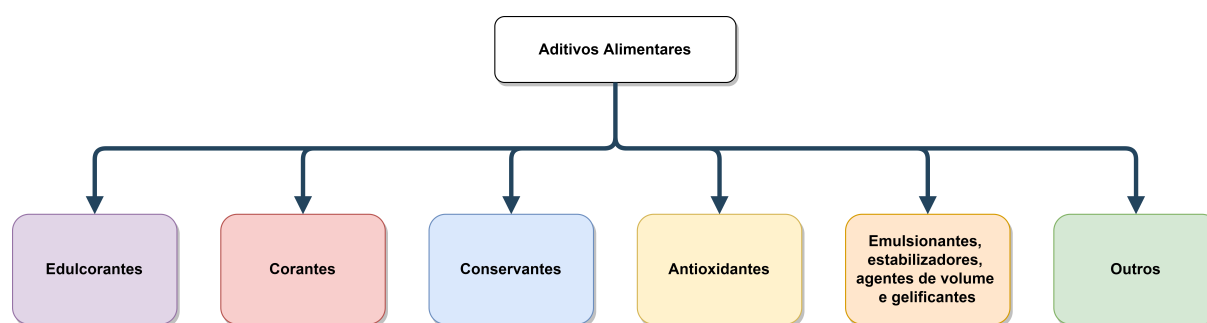


Figura 2.2: Sistema de classificação adotado, com os 6 grupos definidos

pela EFSA, com 5 grupos principais de aditivos e um grupo geral que abrange todos os restantes. Os grupos são então:

1. **Edulcorantes**

Os edulcorantes ou adoçantes são aditivos que têm como propósito fornecer aos alimentos o sabor doce e surgiram no século XIX, como forma de tentar limitar o consumo excessivo de açúcar, que tem consequências adversas para a saúde [13], [14]. Alguns dos edulcorantes mais utilizados a nível mundial são: aspartame (E951), ciclamatos (E952), acessulfame K (E950), tagatose (considerado "geralmente reconhecido como seguro" (GRAS) pela FDA dos EUA), sucralose (E955) e, mais recentemente, glicosídeos de esteviol (E960), vulgarmente conhecido como "Stevia" [15];

2. Corantes

Os corantes são substâncias que conferem ou restituem cor a um alimento. Esta é uma das características organoléticas mais importantes pois afeta diretamente as escolhas dos consumidores [16], [17]. Alguns corantes comuns incluem os caramelos (E150a-E150d), os carotenos (E160a) e o carvão vegetal (E153) [9];

3. Conservantes

Os conservantes são aditivos que prologam a durabilidade dos alimentos, protegendo-os contra a deterioração provocada por microrganismos, como bactérias, bolores e leveduras. São exemplos de conservantes comuns: ácido benzóico (E210), ácido propiónico (E280), ácido sórbico (E200), sulfitos (E220-E228), nitritos (E249-E250) e nitratos (E251-E252) [9], [18];

4. Antioxidantes

Os antioxidantes são aditivos que prolongam a durabilidade dos alimentos evitando a sua oxidação. O ácido ascórbico (E300) e os tocoferóis (E306-E309) são exemplos destas substâncias [9], [18];

5. Emulsionantes, estabilizadores, agentes de volume e gelificantes

Os emulsionantes são aditivos que permitem a mistura de duas ou mais substâncias imiscíveis em produtos alimentares (por exemplo, goma xantana (E415) e goma

arábica (E414)). Os estabilizadores tornam possível a manutenção do estado físico-químico dos alimentos e incluem aditivos como a pectina amidada (E440) e o trifosfato de sódio (E451). Os agentes de volume contribuem para dar volume aos alimentos sem contribuírem significativamente para o seu valor energético disponível e englobam substâncias como polidextrose (E1200) e amido oxidado (E1404). Por fim, os gelificantes são substâncias que dão textura aos alimentos através da formação de um gel. São exemplos de gelificantes a goma gelana (E418) e a pectina (E440) [9], [18];

6. Outros

Este grupo engloba, como referido anteriormente, as restantes classes funcionais definidas no anexo I do Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho e no Regulamento (UE) N.º 1129/2011 da Comissão.

Quanto à sua origem, os aditivos podem classificar-se em quatro grupos distintos: artificiais, que são produzidos em laboratório a partir de compostos sintéticos; naturais, provenientes de fontes orgânicas como plantas e animais; semelhantes aos naturais, ou seja, produzidos sinteticamente de forma a imitar aditivos naturais; e modificados a partir dos naturais, i.e., aditivos naturais que são posteriormente alterados quimicamente [3]. Esta não é uma classificação oficial, pois a legislação europeia não distingue os aditivos em termos da sua origem, apenas pelos efeitos que têm nos alimentos. No entanto, esta classificação é útil para os consumidores, que tendem a preferir aditivos naturais ao invés dos sintéticos, sempre que possível [3].

2.2 Utilização em Alimentos

São mais de 2500 os aditivos utilizados atualmente, sendo que muitos outros foram proibidos ao longo do tempo nalguns países ou até a nível mundial [6]. De acordo com o Regulamento (CE) N.º 1331/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2008, os aditivos alimentares têm que ser autorizados antes de poderem ser

utilizados nos alimentos [19]. Por sua vez, o Regulamento N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho estabelece que a lista de aditivos autorizados deve ser reavaliada sempre que necessário, demonstrando a sua segurança para a saúde do consumidor [9]. Como parte do Regulamento (UE) N.º 1129/2011 da Comissão, de 11 de novembro de 2011, que altera o anexo II do Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, a EFSA define também uma lista de categorias alimentares, que visa agregar todos os produtos alimentares, de acordo com as suas características. Como parte dessa lista, são definidos os aditivos permitidos para cada categoria, reunindo dados como os teores máximos permitidos, restrições aplicáveis e observações a ter em conta [10]. Quanto aos teores, o Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho determina que estes têm em conta:

1. Qualquer Dose Diária Admissível (DDA), ou avaliação equivalente, estabelecida para o aditivo alimentar, bem como o seu consumo diário provável a partir de todas as fontes;
2. No caso de o aditivo alimentar se destinar a ser utilizado em géneros alimentícios consumidos por grupos especiais de consumidores, o consumo diário possível desse aditivo para esses grupos de consumidores.

A DDA é estabelecida pelo JECFA e é a dose máxima permitida da soma de todas as fontes de um aditivo alimentar em miligramas por quilograma (mg/kg) de peso corporal por dia, i.e., o máximo que se pode consumir de um composto diariamente, considerando todas as fontes de onde esse composto possa vir [7], [20]. O Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho indica ainda que, sempre que apropriado, não é fixado qualquer teor numérico máximo para o aditivo alimentar e que este deve ser utilizado em conformidade com as boas práticas de fabrico, em quantidade não superior ao necessário para atingir o objetivo pretendido e desde que o consumidor não seja induzido em erro [9]. Nesse caso, o aditivo alimentar é utilizado em conformidade com o princípio “*quantum satis*”.

2.3 Controvérsia

Sobretudo durante a década de 90 e inícios de 2000, os aditivos alimentares eram geralmente vistos como substâncias artificiais que podiam causar efeitos nocivos para a saúde humana, como reações alérgicas ou doenças oncológicas, por exposição prolongada a estes compostos [1], [17], [21]. Embora algumas preocupações existam em relação à sua segurança [22], nem sempre os aditivos são perigosos, dependendo das doses em que são ingeridos. É necessário que o consumidor esteja informado dos riscos de cada aditivo presente nos produtos que compra, de forma a poder fazer melhores escolhas.

A forma como a legislação é divulgada leva a que seja difícil encontrar toda a informação necessária para se manter a par das condições de utilização de cada aditivo. Grande parte dos consumidores limita-se a obter o seu conhecimento do que é reportado nos meios de comunicação social ou em páginas *web* de legitimidade duvidosa, que tentam gerar sensacionalismo como forma de potenciar vendas [23]. Desta forma, é frequente serem divulgadas listas onde constam informações incorretas e que podem induzir alterações desnecessárias no comportamento dos consumidores [18]. Um exemplo é a “lista de Villejuif”, que surgiu em 1973 numa comunidade em Paris e foi, mais tarde, disseminada pela Internet. Nesta lista, o ácido cítrico (E330) é mencionado como um aditivo alimentar com elevado poder carcinogénico [24]. Este composto é um constituinte natural dos citrinos usado para aumentar a capacidade antioxidante de outros aditivos e para estabilizar a acidez de ingredientes alimentares, entre outras funções. O risco apontado não é corroborado pelos estudos de avaliação toxicológica realizados pelo JECFA e pela EFSA [25], [26].

Existem também bastantes questões colocadas sobre o uso de edulcorantes nos alimentos. Um dos aditivos que mais controvérsia gera é o aspartame (E951), que é um adoçante artificial de baixo valor energético. Foram realizados diversos estudos pela EFSA para avaliar determinadas alegações sobre os riscos da sua utilização [27], [28]. Estas mencionam efeitos como dores de cabeça, alterações de humor, depressão, reações alérgicas, desenvolvimento de doenças oncológicas, entre outras. Contudo, tanto a EFSA como a

FDA dos EUA determinam que o aspartame é seguro quando é respeitada a DDA estabelecida. Para além disso, esta dose raramente é atingida, mesmo com consumos elevados de bebidas, gelados e outros produtos que tenham adição deste adoçante [29], [30].

Outro tópico que gera controvérsia é o consumo de determinados aditivos durante a gravidez, sendo que foram realizados já diversos estudos acerca deste tema [31]–[33]. Existem também considerações especiais a ter em conta quanto à inclusão de aditivos alimentares em produtos destinados a bebés e crianças [34], [35].

O desconhecimento da legislação aplicável e dos potenciais efeitos dos aditivos alimentares na saúde, aliado à disseminação da informação através de fontes questionáveis, pode dificultar a escolha correta dos produtos alimentares por parte dos consumidores. Existe também uma desconfiança geral em relação aos aditivos artificiais e uma falta de compreensão do que significam os números E, pelo que se torna necessário construir soluções que esclareçam os consumidores acerca destas questões.

2.4 Alternativas Naturais aos Aditivos Artificiais

Como alternativa aos aditivos artificiais, existem produtos obtidos naturalmente, através de extratos vegetais, de animais, ou de outras fontes [36]. Por exemplo, a curcumina (E100) é um corante natural, que confere cor alaranjada aos alimentos e é utilizada em mostarda, iogurtes, gelados, molhos de salada, entre outros [4], [37]. Outro exemplo é o extrato de alecrim (E392) que é um extrato natural produzido por extração das folhas e caules de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.). Existem outros corantes naturais extraídos de plantas e vegetais, como por exemplo os corantes de beterraba (E162), clorofila (E140) e os tocoferóis (E306-E309). Existem também corantes extraídos de minerais, como o dióxido de titânio (E171) [18]. Por outro lado, o ácido ascórbico (E300) é um exemplo de um composto que é feito por síntese, mas a imitar a molécula natural, a Vitamina C.

Apesar de já existirem bastantes alternativas naturais, estes aditivos ainda se revelam menos eficientes e mais caros que os aditivos sintéticos, em alguns dos casos. No entanto, hoje em dia, a maior parte dos consumidores prefere aditivos naturais em detrimento

dos sintéticos, facto que é visto pela indústria alimentar como uma oportunidade para encontrar mais e melhores aditivos naturais [4].

2.5 Esclarecimento dos Consumidores

A EFSA faz um bom trabalho em termos de disponibilização dos regulamentos, incluindo traduções nos principais idiomas europeus. Contudo, devido à natureza da legislação, não existe um ponto centralizado onde se possa ver facilmente a informação pretendida. Os regulamentos encontram-se divididos em várias páginas HyperText Markup Language (HTML) ou ficheiros PDF que, por sua vez, possuem bastantes páginas com descrições técnicas e longas tabelas de dados. Considerando as principais questões levantadas pelos consumidores, é importante desenvolver formas de condensar esta informação, assim como de oferecer alternativas naturais aos aditivos artificiais. Algumas destas soluções já existem no mercado, com diferentes abordagens para divulgar a informação aos consumidores.

Uma das soluções analisadas foi o *website* espanhol Aditivos Alimentarios¹, evidenciado na Figura 2.3. Este portal apresenta uma extensa lista de aditivos, mas omite dados importantes como a DDA e as condições de uso nas categorias alimentares. Contudo, apresenta um nível de toxicidade, que é classificada em “Baixa”, “Média”, ou “Alta”. Este valor carece de qualquer referência fidedigna e correspondente avaliação quantitativa. Não existe também consistência entre a vista que lista todos os aditivos e a vista que lista os aditivos de uma determinada classe. Para além disso, dado que os aditivos são apresentados como publicações, como se de um *blog* se tratasse, e as classes são apresentadas como etiquetas, não é possível saber rapidamente a classe de um aditivo a partir da lista global.

O *website* da FAO inclui uma base de dados do Codex Alimentarius, denominada Codex General Standard for Food Additives (GSFA)², que engloba uma lista de aditivos,

¹<https://www.aditivos-alimentarios.com>

²<http://www.fao.org/gsfonline>

Figura 2.3: Website Aditivos Alimentarios

uma lista de categorias alimentares e uma lista de classes funcionais. Esta base de dados é apresentada na Figura 2.4. Para cada aditivo é possível ver alguns detalhes, que incluem descrição, número E e sinónimos. As principais vantagens desta base de dados são a possibilidade de consultar os aditivos pelas suas classes funcionais, ver as condições de utilização em categorias alimentares e a respetiva DDA. Contudo, a informação disponível sobre as propriedades e usos de cada aditivo é escassa e a experiência de utilização da plataforma deixa bastante a desejar, em parte devido à fraca compatibilidade com navegadores *web* modernos.

Por último, explorou-se a base de dados Food Additives³, desenvolvida pela Direção-Geral da Saúde e da Segurança dos Alimentos (DG SANTE). Esta contém informação fidedigna, proveniente dos regulamentos da EFSA [9], [10]. Contudo, as informações existentes sobre cada aditivo são também escassas, focando-se principalmente nas suas condições de uso em categorias alimentares. Ademais, a navegação não é intuitiva, já que a informação se encontra organizada da mesma forma que nos regulamentos, como se pode ver na Figura 2.5.

³https://webgate.ec.europa.eu/foods_system

FAO/WHO Food Standards

ENGLISH | FRANÇAIS | ESPAÑOL

CODEX alimentarius

FRANÇAIS | ESPAÑOL

GSFA Online

Updated up to the 42nd Session of the Codex Alimentarius Commission (2019)

FOOD ADDITIVE DETAILS

Acesulfame potassium (950)

Synonym(s)

- Acesulfame K

Functional Classes

- Flavour enhancer
- Sweetener

[Click here to search the FAO JECFA database for the specifications of additive\(s\) with INS No. 950](#)

[Click here to search the WHO JECFA database for evaluation of additive\(s\) with INS No. 950](#)

CSV (Tables)

GSFA Provisions for Acesulfame potassium

Number	Food Category	Max Level	Notes
14.2.7	Aromatized alcoholic beverages (e.g. beer, wine and spirituous cooler-type beverages, low alcoholic refreshers)	350 mg/kg	Note 188
01.3.2	Beverage whiteners	2,000 mg/kg	Note 188 Note 161
07.1	Bread and ordinary bakery wares	1,000 mg/kg	Note 188 Note 161
06.3	Breakfast cereals, including rolled oats	1,200 mg/kg	Note 188 Note 478
04.1.2.7	Candied fruit	500 mg/kg	Note 188 Note 161
04.1.2.4	Canned or bottled (pasteurized) fruit	350 mg/kg	Note XS319 Note 188 Note 161
04.2.2.4	Canned or bottled (pasteurized) or retort pouch vegetables (including mushrooms and fungi, roots and tubers, pulses and legumes, and aloe vera), and seaweeds	350 mg/kg	Note 188 Note 161
06.5	Cereal and starch based desserts (e.g. rice pudding, tapioca pudding)	350 mg/kg	Note 188 Note 161
01.6.5	Cheese analogues	350 mg/kg	Note 188 Note 161
05.3	Chewing gum	5,000 mg/kg	Note 188 Note 478
05.1.4	Cocoa and chocolate products	500 mg/kg	Note 188 Note 478
05.1.1	Cocoa mixes (powders) and cocoa mass/cake	350 mg/kg	Note 97 Note 188 Note XS141
05.1.2	Cocoa mixes (syrups)	350 mg/kg	Note 97 Note 188 Note 161
05.1.3	Cocoa-based spreads, including fillings	1,000 mg/kg	Note 188 Note XS86 Note 478

Figura 2.4: Base de datos Codex General Standard for Food Additives (GSFA)

The screenshot displays the 'Food Additives' database interface. At the top, there is a blue header with the title 'Food Additives' and navigation links for 'Homepage', 'Additives', 'Categories', 'Legislation', and 'Documents'. Below the header, the page is titled 'Additives - Internal Ref. No.: 00005' and 'Internal Ref. No.: 00005'.

General data

Internal Ref. No.	00005
Additive name	Curcumin
Synonym name(s)	
E No. E 100	
Group No	
Component of the group	Group III: Colours with combined maximum limit (Group III)

Note: The data shown on this screen may change during the application process.

Messages

Message: Substance is included in Group III, see also authorisation for Group III

Authorisation of the use of this additive in Food Additives

The additive is authorised to be used in the following category(ies):

- Processed cheese (1.7.6) (legislation: (EU) No 2023/2012, applicable as from 01/06/2013)

Individual restriction(s) / exception(s)

HL = 100 mg/kg, only flavoured processed cheese

Footnotes 33 Maximum individually or for the combination of E 100, E 102, E 120, E 122, E 160e and E 161b

- Fats and oils essentialy free from water (excluding anhydrous milkfat) (2.1) (legislation: (EU) No 1120/2011, applicable as from 01/06/2013)
- quantum satis, only fats
- Other fat and oil emulsions including spreads as defined by Council Regulation (EC) No 1234/2007 and liquid emulsions (2.2.1) (legislation: (EU) No 1120/2011, applicable as from 01/06/2013)
- quantum satis, excluding reduced fat butter
- Jam, jellies and marmalades and sweetened chestnut puree as defined by Directive 2001/113/EC (4.2.5.2) (legislation: (EU) No 1120/2011, applicable as from 01/06/2013)
- quantum satis, except chestnut puree

Figura 2.5: Base de dados Food Additives, da Direção-Geral da Saúde e da Segurança dos Alimentos

Tendo em conta as soluções apresentadas, pode-se concluir que não existe uma que satisfaça realmente as exigências dos consumidores, que pretendem acesso fácil a informação fidedigna e que vá ao encontro da legislação em vigor [38]. Além disso, dos vários sistemas analisados, nenhum apresenta alternativas naturais aos aditivos sintéticos. O próximo capítulo discute os requisitos fundamentais para a construção de uma nova solução que possa colmatar estas lacunas.

Capítulo 3

Análise de Requisitos

De acordo com a análise efetuada no capítulo anterior, é possível entender a necessidade de uma solução que agregue toda a informação constante da legislação europeia num único local e permita a sua consulta de uma forma fácil e rápida para os consumidores. Deste modo, foi possível identificar os requisitos essenciais a considerar na solução a desenvolver. São também ponderados os atributos que o sistema deve ter para garantir que se revela robusto e adequado às exigências do mercado.

É possível identificar à partida alguns desafios que se encontrarão na construção do sistema. Um desses desafios passa por encontrar formas de recolher a informação pretendida e de a transformar num formato normalizado, para que possa ser sujeita a operações de pesquisa, ordenação e filtragem. O formato dos regulamentos leva a que este processo não seja direto, sendo necessário ter em conta todos os casos especiais existentes a nível de condições de uso em categorias alimentares. Outro desafio, que se relaciona com este, prende-se com a necessidade de apresentar a informação em múltiplos idiomas. Todo o sistema tem de suportar internacionalização, pelo que existem cuidados especiais a ter na definição da arquitetura e ao longo do processo de implementação, desde o modelo de dados às interfaces. Posto isto, este capítulo detalha os requisitos do sistema, sejam eles de natureza funcional ou não-funcional, e enumera os casos de uso.

3.1 Requisitos Funcionais

Aquando da elaboração da proposta do projeto, o CIMO definiu os requisitos funcionais do sistema, tendo sido posteriormente analisados e melhorados ao longo da fase inicial de desenvolvimento:

1. Base de dados normalizada

A solução deverá ser suportada por um modelo de dados que permita armazenar os detalhes dos aditivos alimentares, incluindo a sua classe, alternativas naturais (no caso dos aditivos de origem sintética), categorias alimentares em que são permitidos e respetivas restrições. Esta informação não se encontra normalizada, o que leva a que seja preciso desenvolver ferramentas que possam recolher os dados e transformá-los no formato pretendido;

2. Filtragem, ordenação e pesquisa dos dados existentes

Os utilizadores devem poder filtrar os dados existentes e ordená-los de acordo com as características pretendidas, com o objetivo de tornar mais fácil a procura da informação desejada. Nestes moldes, será também essencial existir um sistema de pesquisa que consiga procurar por termos existentes nos aditivos, classes, ou categorias, independentemente do tipo de dados ou do local onde se encontram armazenados;

3. Disponibilização de publicações científicas relevantes

É importante que o utilizador possa facilmente aceder a artigos e outro tipo de publicações existentes sobre cada aditivo alimentar, através do acesso às principais bases de dados científicas. Estas incluem ScienceDirect, SpringerLink, PubMed, Google Scholar e Research Gate;

4. Informação em Português, Inglês e Espanhol

A solução será disponibilizada nos três idiomas indicados, oferecendo menus e informação localizados. Em termos práticos, significa que o sistema deverá suportar internacionalização, garantindo assim a possibilidade de adicionar mais idiomas no

futuro. O trabalho de localização terá também de ser feito, tanto para os componentes do sistema como para os próprios dados;

5. Acesso através de diferentes plataformas

Para além da plataforma web, será também possível o acesso através de dispositivos móveis, mais concretamente aplicações para Android e iOS. Deste modo, deverão ser implementados mecanismos para garantir a comunicação entre estas plataformas e a base de dados;

6. Contas de utilizadores com diferentes níveis de acesso

Criação de contas de utilizadores, com o intuito de garantir uma melhor gestão do portal e deixar em aberto a possibilidade de no futuro providenciar diferentes conteúdos a diferentes tipos de utilizadores;

7. Área de administração

O sistema deverá ter uma área dedicada onde os administradores possam gerir todos os dados existentes, como aditivos, categorias alimentares ou mesmo os utilizadores registados.

3.2 Requisitos Não-Funcionais

No que diz respeito aos requisitos não-funcionais, foram considerados fatores como documentação, performance e robustez. Abaixo são detalhados alguns pontos fulcrais a considerar na implementação do sistema:

1. Arquitetura orientada a serviços

O sistema deve comportar várias plataformas, pelo que é vantajosa a utilização de uma Arquitetura Orientada a Serviços (SOA) [39]. Assim, deverá existir uma componente fornecedora de serviços RESTful (serviços que se encontrem em conformidade com o estilo de arquitetura REpresentational State Transfer (REST)), que servirá como base de comunicação com as aplicações móveis e outras ferramentas necessárias;

2. Controle de acesso baseado em funções

O papel de cada utilizador será determinado pelos administradores, através de um sistema de controlo de acesso baseado em funções [40]. Cada utilizador terá uma função que lhe garante diferentes privilégios no sistema;

3. Performance

Um utilizador pode obter milhares de dados num só pedido, tornando necessário garantir um bom desempenho no acesso aos dados. Este pode ser alcançado através de mecanismos de paginação ou otimização das chamadas à base de dados [41];

4. Documentação

Elaboração de documentação que sirva de suporte à utilização dos serviços e das ferramentas desenvolvidas, de forma a auxiliar o trabalho futuro e servir de referência para a implementação dos clientes;

5. Conformidade com os padrões da *web* moderna

A solução deve aderir aos padrões de qualidade da *web* moderna, i.e., suportar os navegadores mais populares do mercado (Google Chrome, Mozilla Firefox, Internet Explorer e Microsoft Edge) e apresentar-se corretamente quando acedida através de dispositivos móveis, oferecendo assim uma alternativa para quem se vê impossibilitado de utilizar as aplicações nativas. Este requisito pode ser alcançado recorrendo a tecnologias como HTML5 e Cascading Style Sheets (CSS)³ [42];

6. Qualidade do *software*

A melhor forma de garantir um funcionamento correto do sistema é através de testes, de preferência automatizados [43]. Deverão ser elaborados testes para os vários componentes da solução, que serão utilizados para validar a qualidade do *software* desenvolvido;

7. Reutilização de código e componentes

Dada a estrutura da informação a apresentar, é importante ter a possibilidade de reutilizar componentes, como listas ou tabelas. Desta forma, garante-se consistência

na apresentação dos dados e uma maior reutilização do código que, por sua vez, leva a uma maior manutenibilidade do sistema [44];

8. Robustez

O sistema deverá ser robusto, na medida em que falhas no carregamento de determinados dados não deverão afetar o progresso geral, seja na introdução de dados ou na sua consulta. Um dos exemplos disto é o caso da internacionalização, em que nem sempre é possível garantir que todos os componentes do sistema se encontram devidamente localizados. Neste caso, deverá ser possível o carregamento de informação num idioma por defeito, garantindo assim que o sistema não se apresenta incompleto para o utilizador.

3.3 Análise dos Casos de Uso

De forma a melhor compreender os casos de uso do sistema, é necessário perceber qual será o público-alvo do mesmo. O objetivo da solução é fornecer informação detalhada e fidedigna sobre os aditivos alimentares ao público em geral, mas pode também servir como uma referência a consultar pelos investigadores ou empresas que pretendam trabalhar com aditivos. Deste modo, conclui-se que o sistema se destina a:

- Consumidores que pretendam consultar informação rápida sobre um determinado aditivo, tal como a sua função e os seus potenciais riscos;
- Investigadores que queiram aceder a informação pertinente como doses máximas permitidas ou artigos científicos relevantes;
- Empresas/produtores que procurem uma base de dados completa com categorias alimentares e restrições ao nível dos aditivos permitidos.

Apesar de existir esta distinção em termos de entidades que irão fazer uso do sistema, os três grupos comportam-se da mesma forma de um ponto de vista funcional, visto que a informação será toda ela de livre acesso. Deste modo, os consumidores, empresas e

investigadores podem ser considerados como um único ator, denominado de cliente. Para além disto, é imprescindível existirem processos de gestão e administração do sistema, que serão da responsabilidade de um novo ator, o administrador, que terá também acesso a todas as funcionalidades que são possíveis ao cliente.

Com isto em mente, elaborou-se um diagrama que apresenta os principais casos de uso da solução e os atores que lhes correspondem, que pode ser explorado na Figura 3.1. Podem-se identificar duas grandes áreas em que se organizam os casos de uso, nomeadamente consulta e gestão dos dados. As ações associadas a cada caso de uso são as seguintes:

1. Consultar Aditivos

A consulta dos aditivos alimentares é a funcionalidade principal do sistema, pelo que está disponível para todos os atores. Isto envolve ver a lista dos aditivos e consultar cada um em detalhe, apresentando dados como o seu número E, aplicações, cuidados a ter, entre outros;

2. Consultar Classes de Aditivos

Para além de consultar os aditivos, deverá existir uma consulta das suas classes. Deste modo, esta ação engloba os processos de listar as classes de aditivos existentes e de filtrar os aditivos pela sua classe;

3. Consultar Categorias Alimentares

O sistema terá uma lista de categorias alimentares que será acessível a todos os atores. Para cada categoria será possível ver o tipo de alimentos que engloba, bem como observações importantes sobre a mesma ou as suas subcategorias;

4. Consultar Relações entre Aditivos e Categorias Alimentares

Todos os atores poderão consultar, para cada aditivo, as categorias alimentares em que é permitido e as restrições aplicadas. O inverso também será possível – para cada categoria alimentar, deverão ser apresentados os aditivos permitidos e as respetivas restrições, se existirem;

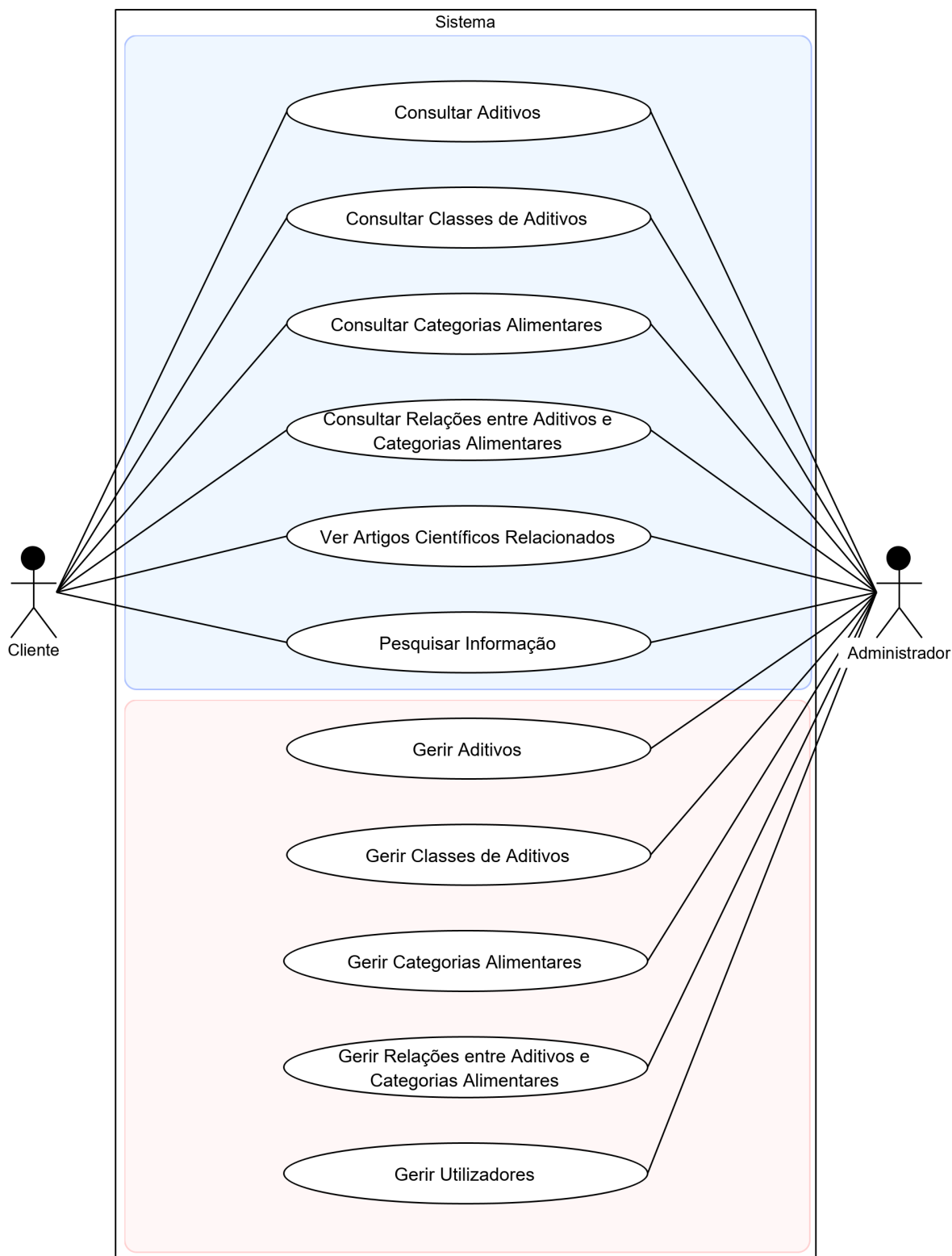


Figura 3.1: Casos de uso do sistema

5. Ver Artigos Científicos Relacionados

Para cada aditivo, os utilizadores podem ver artigos científicos relevantes provenientes das principais bases de dados científicas;

6. Pesquisar Informação

Ambos os atores podem também efetuar pesquisas de texto completo, disponíveis através de uma barra de pesquisa presente ao longo de todo o portal;

7. Gerir Aditivos

Os administradores terão a capacidade de gerir os dados relativos aos aditivos, adicionando nova informação, atualizando a existente, ou melhorando as traduções de cada aditivo;

8. Gerir Classes de Aditivos

Outra tarefa que compete aos administradores é a gestão das classes dos aditivos. Embora não devam existir mudanças frequentes neste aspeto, é necessário existir a opção de atualizar uma classe ou os aditivos que engloba;

9. Gerir Categorias Alimentares

A gestão das categorias alimentares será também um processo pouco frequente, mas é algo necessário caso existam alterações na legislação, como a definição de novos produtos alimentares ou a alteração do estatuto de certos alimentos;

10. Gerir Relações entre Aditivos e Categorias Alimentares

Esta ação engloba a adição, atualização e remoção de observações e restrições específicas a cada par de aditivo-categoria alimentar. Inclui também a gestão das doses máximas permitidas para cada caso;

11. Gerir Utilizadores

Por último, os administradores terão o poder de listar os utilizadores registados no sistema, assim como de alterar a sua função ou de eliminar a sua conta.

Capítulo 4

Arquitetura

Este capítulo descreve a arquitetura definida para o sistema e que permite suportar os casos de uso e requisitos apresentados. Como referido no capítulo anterior, esta será orientada a serviços, pelo que segue o modelo cliente-servidor.

4.1 Modelo Cliente-Servidor

A arquitetura do sistema, retratada na Figura 4.1, tem por base o modelo cliente-servidor e organiza-se em várias camadas, interligadas entre si. Isto permite uma maior separação da lógica do sistema, aumentando a manutenibilidade do código [45], [46].

A principal função dos clientes é a apresentação dos dados do sistema através de interfaces gráficas. No entanto, existem ainda clientes com outro propósito, como as ferramentas de *data scraping*, que se encarregam de recolher dados de fontes externas ao sistema e de os enviar para o servidor para armazenamento. Desta forma, podemos admitir clientes que possuem uma camada de controladores interligada com uma camada de apresentação ou com uma camada de recolha de dados. A camada de apresentação gere os componentes que constituem a interface gráfica. Por sua vez, a camada de recolha de dados encarrega-se de analisar uma fonte de informação e recolher os dados pretendidos. Contudo, ambos os tipos de cliente se servem da camada de controladores, que consome os serviços RESTful para obter os dados do servidor ou enviar os dados recolhidos.

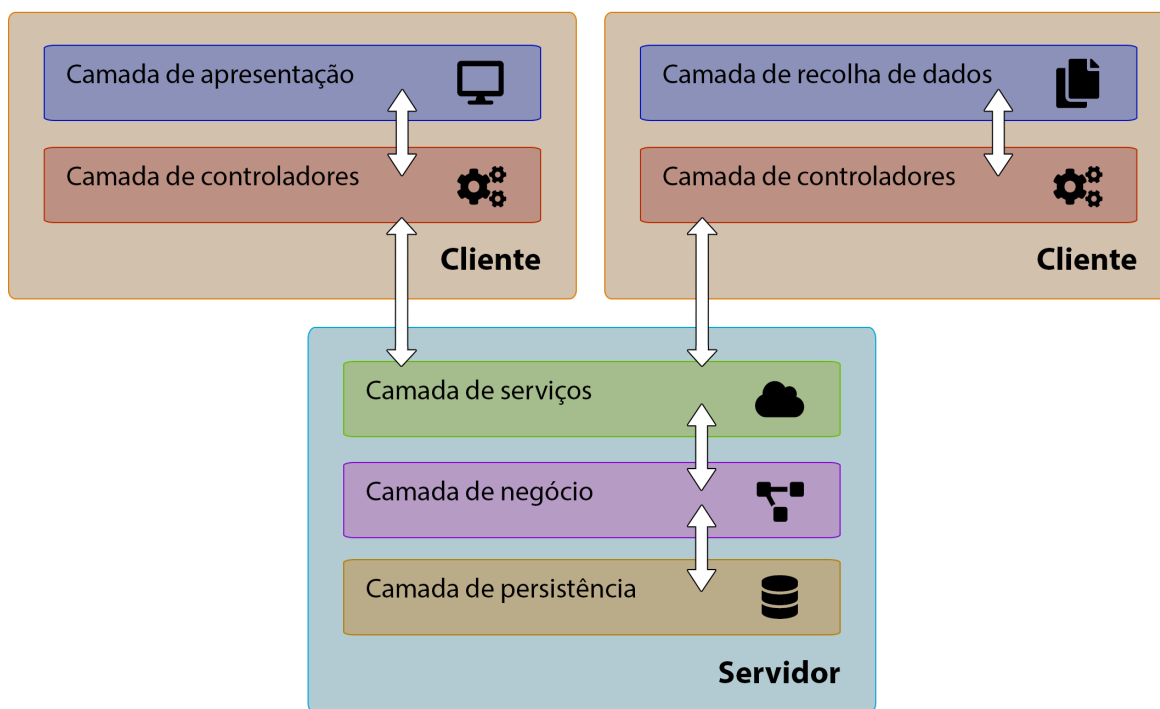


Figura 4.1: Arquitetura do sistema

O servidor engloba as camadas de serviços, negócio e persistência, constituindo assim o *backend* da solução. A camada de serviços inclui a API RESTful que fornece aos clientes acesso às funcionalidades necessárias da aplicação. A camada intermédia lida com toda a lógica de negócio do sistema, interligando assim os serviços à camada de persistência. Esta, por último, é responsável pelos acessos à base de dados, tanto para leitura como para escrita de dados.

A Figura 4.2 expõe os componentes existentes no sistema e as relações entre eles. Nas secções seguintes são descritos em mais detalhe as partes constituintes do servidor e dos clientes, abstraídas das tecnologias utilizadas para a sua implementação, onde possível. Contudo, algumas decisões técnicas tiveram que ser tomadas à partida, como a adoção de uma linguagem de programação orientada a objetos.

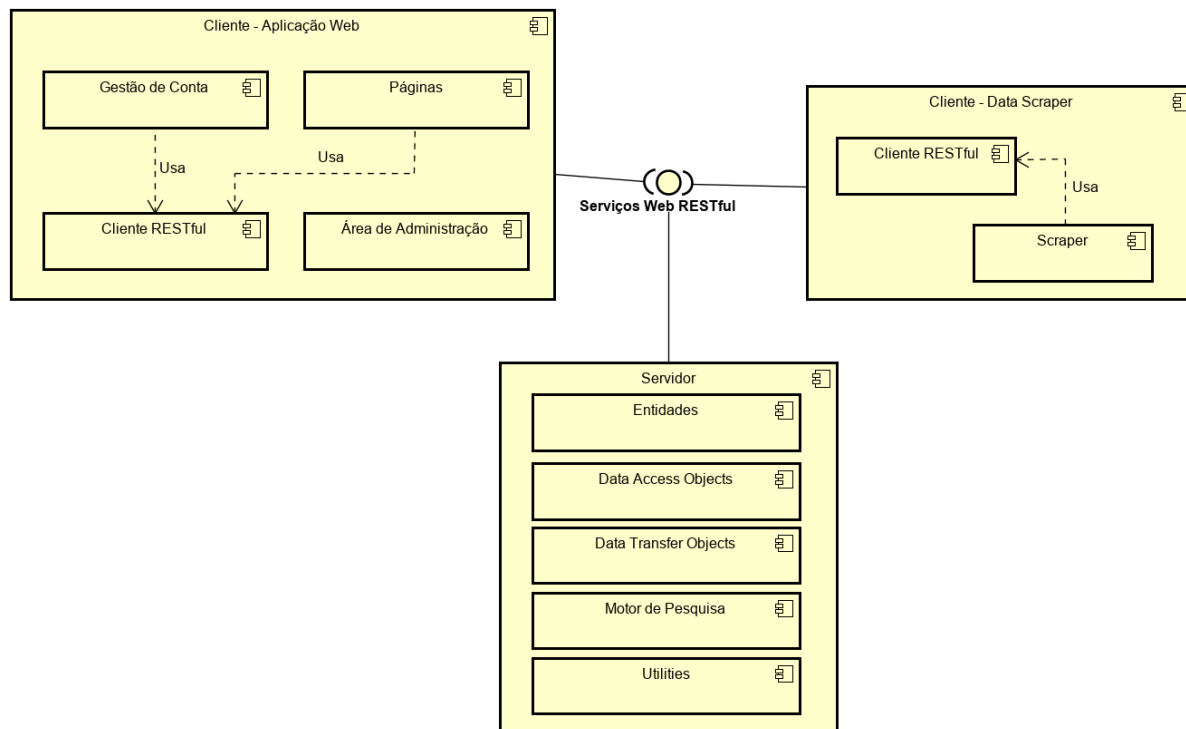


Figura 4.2: Visão geral da arquitetura, incluindo os componentes do servidor e dos clientes

4.2 Componentes do Servidor

O servidor encontra-se dividido em vários componentes, de forma a permitir a separação de conceitos e a respeitar a arquitetura por camadas, apresentada na secção anterior. Cada componente será explicado em detalhe nas secções seguintes.

Entidades

As entidades do sistema têm a função de mapear as tabelas da base de dados a objetos que podem ser utilizados e manipulados com facilidade. Consideraram-se as propriedades dos aditivos alimentares, as suas classes, as categorias alimentares e as condições de utilização dos aditivos, descritas no Capítulo 2, assim como os requisitos da solução, enumerados no Capítulo 3. Desta forma, foi necessário definir entidades para suportar internacionalização e contas de utilizadores com controlo de acesso baseado em funções. A Figura 4.3 apresenta o modelo de dados criado, incluindo as entidades e a forma como se relacionam

entre si. Definiram-se 4 entidades principais: `Additive`, `AdditiveClass`, `FoodCategory` e `AdditiveFoodCategory`. Cada uma destas entidades representa um aditivo alimentar, uma classe funcional, uma categoria alimentar e uma condição de uso de um aditivo num alimento, respetivamente. Para cada uma destas entidades definiram-se também traduções, sendo que cada entidade pode ter várias traduções. Por último, definiram-se as entidades de suporte às contas de utilizadores e ao sistema de controlo baseado em acessos. Deste modo, a entidade `User` corresponde a um utilizador, que pode possuir uma ou mais funções, representadas na enumeração `ROLE`.

Data Access Objects (DAOs)

Este componente inclui os métodos necessários para suportar operações `Create`, `Read`, `Update` and `Delete` (CRUD) sobre as entidades definidas, bem como algumas operações específicas. Assegura assim um maior nível de abstração nos acessos à base de dados.

Data Transfer Objects (DTOs)

A estrutura das entidades criada encontra-se adaptada para um armazenamento eficiente dos dados numa base de dados relacional. No entanto, para a manipulação dos objetos e a sua utilização nos serviços, não é viável essa estrutura, em função da separação de atributos entre entidade base e tradução da entidade. Com isto em mente, optou-se pela criação de objetos auxiliares (DTOs) que reúnam os atributos de ambos os tipos de entidade, oferecendo um maior nível de abstração aos clientes. Estes objetos encontram-se representados na Figura 4.4. Para as entidades relacionadas com a autenticação e autorização não é necessária qualquer transformação, podendo ser utilizadas diretamente pelos serviços.

Motor de Pesquisa

Este componente encarrega-se de lidar com os processos necessários para a pesquisa de texto completo nos dados. Engloba dois módulos: o gestor dos documentos e a pesquisa

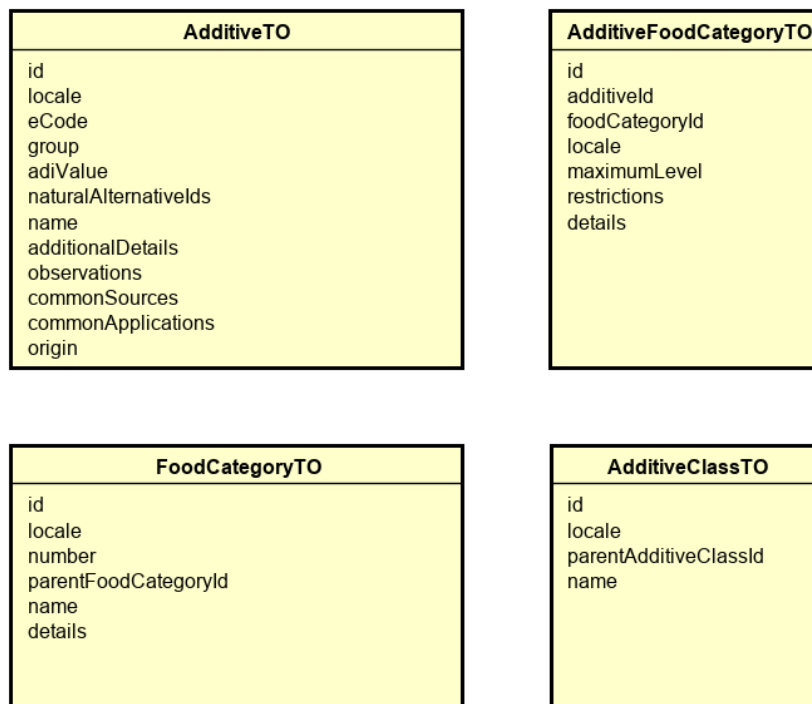


Figura 4.4: Diagrama de classes dos DTOs

nos documentos. O primeiro agrega a informação existente na base de dados e transforma-a em documentos estruturados, de forma a poderem ser efetuadas pesquisas com maior facilidade e performance. O segundo trata de aceder a esses documentos e devolver os resultados. Estes resultados deverão ser genéricos, dado que podem ser retornadas entidades distintas na mesma pesquisa. A Figura 4.5 mostra como é construído o objeto que servirá como resultado da pesquisa.

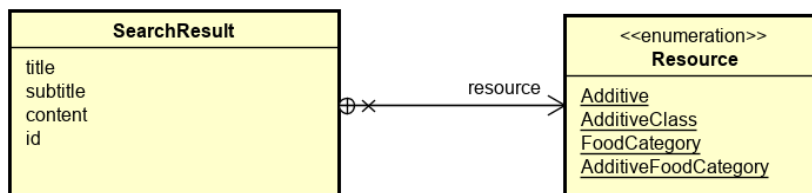


Figura 4.5: Objeto SearchResult, utilizado para construir resultados de pesquisa

Serviços RESTful

Conforme mencionado no capítulo anterior, um dos requisitos passa pela disponibilização de uma API baseada em REST. Esta possui serviços *web* que dão acesso às operações CRUD para as várias entidades ou DTOs. Para cada uma delas, é possível obter resultados ordenados, paginados, filtrados e localizados. O acesso à maioria destes recursos requer autenticação e autorização, que é implementada ao nível dos serviços.

Utilities

Este componente inclui métodos auxiliares que não se restringem a uma única camada. Engloba ferramentas relacionadas com a internacionalização do sistema, autenticação, autorização e encriptação.

4.3 Componentes dos Clientes

Como mencionado na Secção 4.1, existem dois tipos de clientes distintos a considerar: os que extraem dados de fontes externas para introdução no sistema e os que apresentam dados. Em relação ao primeiro tipo, existem duas ferramentas com o propósito de extrair informação. Em relação à apresentação dos dados, existe uma aplicação *web* que apresenta as propriedades dos aditivos alimentares, permite efetuar pesquisas e gerir o sistema.

4.3.1 *Data Scraping*

Como evidenciado no Capítulo 2, a investigação realizada ao nível dos aditivos alimentares depende bastante de recursos disponíveis na Internet, como publicações e regulamentos oficiais. Estes recursos encontram-se otimizados para leitura humana, pelo que para extrair os seus dados automaticamente é necessária a construção de ferramentas de *data scraping*. Uma ferramenta deste tipo são os *web scrapers* que, como o nome indica, têm a função de extrair informação a partir de páginas *web*, manipulando a estrutura do Document Object Model (DOM) do HTML. Contudo, estas ferramentas são geralmente

orientadas a uma página específica e não preveem alterações na sua estrutura ao longo do tempo. Desta forma, surgiu a necessidade de serem disponibilizadas APIs que permitam uma ligação uniforme e extração de dados mais robusta, por via de serviços *web* [47]. Apesar disto, ainda existem inúmeras páginas que não disponibilizam APIs para os recursos necessários à investigação ligada aos aditivos alimentares, o que torna inevitável a criação de ferramentas de *data scraping*.

A informação a recolher para introdução na base de dados depende essencialmente de dois recursos: uma página HTML, onde consta o Regulamento (UE) N.º 1129/2011 da Comissão [10]; e um documento DOCX, construído pelo CIMO com informação estruturada dos aditivos alimentares. Com isto em mente, devem existir duas ferramentas distintas para analisar e extrair esses dados. Ambas serão suportadas por um cliente RESTful que fará a ligação ao servidor, oferecendo acesso às operações CRUD fundamentais.

4.3.2 Aplicação *Web*

A aplicação *web* servirá principalmente como um cliente de apresentação de dados. Contudo, possuirá também componentes de administração que permitem aos utilizadores gerir a sua conta e aos administradores gerir o sistema. As próximas secções explicam a função de cada componente e a forma como se relacionam entre si.

Cliente RESTful

Tal como acontece nos *data scrapers*, é necessário um cliente RESTful que faça a ligação com os serviços disponibilizados pelo servidor.

Páginas

Este componente engloba todas as páginas disponíveis na aplicação, exceto as de gestão. Comporta listas para os vários tipos de dados disponíveis, como aditivos, classes de aditivos e categorias alimentares. Inclui ainda páginas de detalhes para cada um destes dados, bem como a listagem das condições de uso de cada aditivo nas diferentes categorias de

alimentos. Por fim, engloba também páginas relativas à pesquisa e secções diversas como “Sobre” e “Contactos”.

Gestão de Conta

Este componente permite as ações de gestão de conta por parte dos utilizadores. Isto inclui registo e início de sessão para os convidados, bem como possibilidade de alterar o perfil para os utilizadores. A gestão de funções não é incluída neste componente, sendo efetuada pelos administradores numa área própria.

Área de Administração

A área de administração é um componente que tem como objetivo oferecer aos administradores a possibilidade de gerir o sistema através de uma interface gráfica intuitiva. Assim, inclui as ações CRUD para as entidades existentes e providencia formas de gerir as contas dos utilizadores registados.

Capítulo 5

Implementação e Resultados

Terminado o processo de análise e de definição da arquitetura, procedeu-se à implementação da solução. Começou-se por definir as tecnologias a utilizar, considerando critérios como a compatibilidade com os requisitos do sistema, a documentação existente ou a interoperabilidade com outras ferramentas. A Figura 5.1 apresenta uma vista geral das principais tecnologias utilizadas, relacionando-as com a arquitetura definida.

5.1 Implementação do Servidor

Esta secção aborda o processo de implementação do servidor. Introduce as tecnologias e ferramentas utilizadas e procede à explicação técnica das decisões tomadas durante o processo.

5.1.1 Tecnologias e Ferramentas

A principal decisão em termos de tecnologias prendeu-se com a linguagem de programação a adotar. Esta é uma escolha que comporta grandes consequências num projeto, tanto a nível de arquitetura como a nível de ferramentas e suporte existentes. Foram estudadas algumas das opções mais populares, nomeadamente C#, Java, JavaScript, PHP e Python.

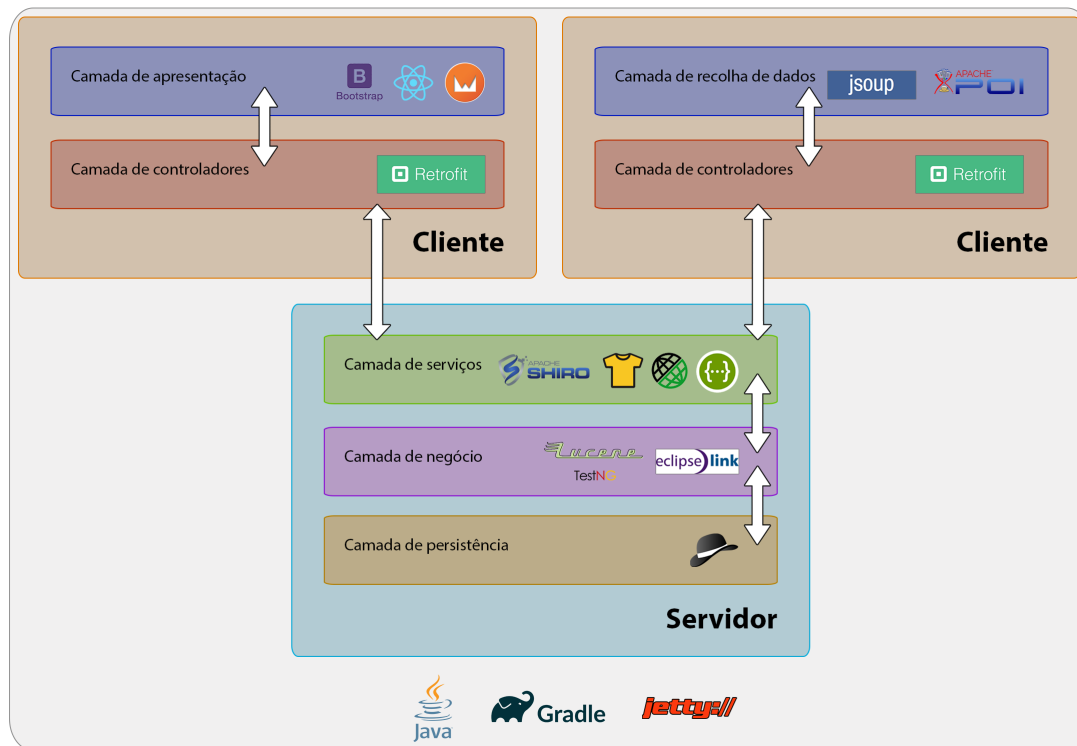


Figura 5.1: Tecnologias utilizadas no sistema

Todas estas linguagens têm os seus méritos, possuindo ecossistemas desenvolvidos, bastante suporte e uma elevada robustez para a construção de aplicações *web* [48]–[52]. Posto isto, a escolha recaiu sobre o Java, principalmente devido à familiaridade com a sintaxe da linguagem e as ferramentas existentes.

Java

O Java¹ é uma linguagem de programação de uso geral e orientada a objetos. As aplicações Java são compiladas para *bytecode* que corre dentro da Java Virtual Machine (JVM), o que possibilita um desenvolvimento rápido de programas multiplataforma. Como mencionado anteriormente, o ecossistema Java encontra-se bastante maduro, principalmente no que diz respeito a aplicações *web* de nível empresarial. Estas assentam, essencialmente, na versão Java EE (Enterprise Edition), que incorpora as APIs principais da linguagem e inclui ainda tecnologias avançadas, como servlets, Java Persistence API (JPA) e Java API

¹<https://www.java.com>

for RESTful Web Services (JAX-RS), entre outras.

JPA

O JPA é uma especificação que descreve uma forma de gerir dados relacionais em aplicações Java, com recurso a entidades de persistência. Existem várias implementações do JPA, sendo que o EclipseLink² foi a adotada neste projeto.

Define-se uma entidade de persistência como uma classe Java leve, cujo estado é normalmente persistido numa tabela de uma base de dados relacional, correspondendo cada instância dessa entidade a um registo na tabela. As entidades podem ter relacionamentos com outras entidades, expressos por via de metadados de objetos/relacionais, que podem ser especificados diretamente na classe da entidade através de anotações ou num ficheiro eXtensible Markup Language (XML) distribuído com a aplicação.

Através do Java Persistence Query Language (JPQL), é possível efetuar consultas sobre as entidades armazenadas na base de dados. Estas têm uma sintaxe semelhante à do Structured Query Language (SQL), mas operam com objetos de entidade em vez de tabelas de uma base de dados relacional. Existe uma alternativa ao JPQL, na forma da Criteria API, que permite definir consultas dinâmicas, em que a sua estrutura só é conhecida no momento da execução. Estas consultas são definidas através da instanciação de objetos Java, que representam elementos da consulta.

JAX-RS e Jersey

O JAX-RS é uma especificação que fornece suporte à criação de serviços *web* que adotem o padrão de arquitetura REST. O JAX-RS usa anotações para mapear classes Java para serviços *web* [53].

O Eclipse Jersey³ é um *framework* REST que oferece uma implementação da especificação JAX-RS. Disponibiliza uma API própria que complementa as funcionalidades do JAX-RS, de forma a simplificar o desenvolvimento de serviços RESTful.

²<https://www.eclipse.org/eclipselink>

³<https://jersey.github.io>

Gradle e Jetty

O Gradle⁴ é um sistema de automatização de compilação *open-source*. Baseia-se nos conceitos introduzidos pelo Apache Ant e Apache Maven e utiliza uma linguagem de domínio específico (DSL) baseada em Groovy para declarar a configuração do projeto, em vez do XML usado pelo Apache Maven. Suporta compilações incrementais e definição de tarefas com diferentes propósitos, como, por exemplo, a execução de testes automatizados.

O Gradle é usado no projeto como forma de gerir todas as dependências necessárias e compilar a solução. É utilizado o *plugin* Gretty⁵, que faz a integração do Gradle com o Eclipse Jetty⁶. Este, por sua vez, é um servidor HyperText Transfer Protocol (HTTP) e contentor de servlets, utilizado para servir a aplicação *web* e os serviços RESTful. O Gretty disponibiliza assim tarefas de compilação e *deployment* para aplicações e servlets que corram em Jetty e possibilita ainda a definição de configurações do servidor na DSL do Gradle.

Apache Derby

O Apache Derby⁷ é uma base de dados relacional *open-source* implementada totalmente em Java. Possui um controlador Java Database Connectivity (JDBC) embebido e um modo cliente-servidor. O Derby é relativamente leve e revela-se bastante eficiente quando utilizado em conjunto com o EclipseLink, principalmente no acesso aos dados [54]. Optou-se então por esta tecnologia, dado que estas serão claramente as operações mais frequentes do sistema.

Apache Lucene

O Apache Lucene⁸ (mais concretamente Apache Lucene Core) é um motor de pesquisa que oferece indexação, destaque de ocorrências e recursos avançados de análise de texto

⁴<https://gradle.org>

⁵<https://github.com/akhikh/gretty>

⁶<https://www.eclipse.org/jetty>

⁷<https://db.apache.org/derby>

⁸<https://lucene.apache.org>

completo. Foi utilizado para suportar a funcionalidade de pesquisa do sistema, seguindo a arquitetura apresentada na Figura 5.2.

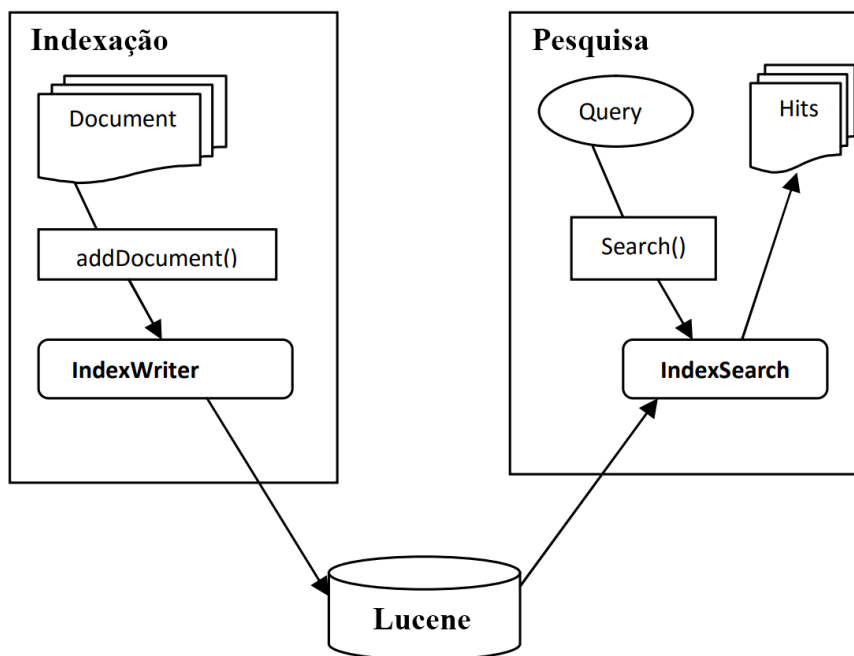


Figura 5.2: Arquitetura da pesquisa de texto completo com o Apache Lucene. **Fonte:** Adaptada da publicação *Desktop full-text searching based on Lucene: A review* [55]

Existe um processo de indexação inicial dos dados, em que são criados índices para cada tipo de entidades suportadas pelas pesquisas, i.e., aditivos alimentares, classes e categorias de alimentos. Estes são ainda divididos por idioma. Os índices são preenchidos com documentos, em que cada documento corresponde a um registo da base de dados. No entanto, a estrutura do documento não é obrigatoriamente igual à da entidade, até porque são definidos campos especiais para uma melhor apresentação dos resultados. Estes índices são mutáveis, refletindo as alterações feitas aos dados da base de dados relacional.

Com os índices construídos, é possível efetuar pesquisas sobre os mesmos. O utilizador fornece uma *query* através da barra de pesquisa, que é analisada pelo Lucene e são retornados os *hits*. Estes incluem os documentos que correspondem à frase pesquisada, ordenados pelo seu nível de relevância. Para além disto, são destacadas as ocorrências dos termos pesquisados. Os algoritmos que determinam o nível de relevância dos documentos

e a forma como são destacados os termos são personalizáveis. Contudo, verificou-se que as definições por defeito são bastante adequadas para os dados em questão.

Apache Shiro

O Apache Shiro⁹ é um *framework* de segurança em Java que proporciona autenticação, autorização, criptografia e gestão de sessões. A facilidade de integração do Shiro e o suporte de anotações para proteger serviços RESTful revelaram-se úteis para garantir que o sistema de controlo de acessos por funções foi corretamente implementado no sistema.

Swagger UI

O Swagger UI¹⁰ é uma coleção de recursos HTML, JavaScript e CSS para gerar dinamicamente documentação de serviços *web*. Oferece uma interface intuitiva para visualizar e interagir com os recursos da API, gerada a partir da especificação OpenAPI.

5.1.2 Serviços RESTful

Os serviços *web* implementados seguem o padrão de arquitetura REST e utilizam JavaScript Object Notation (JSON) para comunicar com os clientes. Os objetos Java são convertidos em JSON, e vice-versa, com recurso ao Jackson¹¹.

Definiu-se uma estrutura de Uniform Resource Locators (URLs) que permite identificar cada recurso e cada ação disponíveis. Assim sendo, cada URL inicia-se com o domínio da aplicação e é seguido do caminho “/*<versão>*”, que identifica a versão da API que se pretende utilizar. O resto do URL é construído acrescentando o caminho do recurso pretendido e, opcionalmente, os parâmetros pretendidos. A lista completa dos serviços *web* disponíveis pode ser consultada no Apêndice A.

Todos os recursos, à exceção dos “/*user*” e “/*userroles*”, permitem a especificação de um valor para o “*locale*”. Este determina o idioma em que se pretendem obter os dados e

⁹<https://shiro.apache.org>

¹⁰<https://swagger.io/tools/swagger-ui>

¹¹<https://github.com/FasterXML/jackson>

aceita códigos de idioma de duas letras. A resposta do servidor inclui sempre informação do idioma em que se encontra o conteúdo que é retornado ao cliente, através do cabeçalho HTTP “*Content-Language*”. Caso se especifique um valor inválido, o sistema utiliza o idioma por defeito (“*en*”).

Para a listagem de recursos, é suportada paginação, através dos parâmetros “*offset*” e “*limit*”. O *offset* começa em 0 para a primeira página de resultados e cada incremento corresponde a uma nova página. O *limit* determina o número de resultados por página e assume o valor por defeito de 25, se não for incluído no pedido. O número total de resultados é incluído na resposta através do cabeçalho HTTP “*X-Total-Count*”. A ordenação dos dados é alcançada através dos parâmetros “*sort*” e “*order*”. O primeiro define o campo pelo qual vão ser ordenados os resultados, enquanto o segundo define a ordem, que pode ser ascendente (“*ASC*”) ou descendente (“*DESC*”). A ordem, por defeito, é ascendente. Por fim, é possível filtrar alguns recursos, através do parâmetro “*filter*”, que recebe um campo, um operando e um valor para esse campo. Podem ser definidos múltiplos filtros separados por vírgulas e estão disponíveis os seguintes operandos: <, >, =, <=, >=, !=.

5.1.3 Testes

Como mencionado no Capítulo 3, a definição de testes era um dos requisitos não-funcionais da solução. Estes são importantes para garantir que o sistema funciona como esperado e que o *software* cumpre determinados padrões de qualidade. Utilizaram-se os *frameworks* de testes TestNG¹² e REST Assured¹³ para definir e gerir testes unitários. Foi utilizado o servidor Jetty embebido para fornecer uma base de dados temporária que pudesse ser preenchida com os dados de teste.

Foram desenvolvidos testes para os principais componentes do servidor, mais concretamente, para os DAOs, conversões entre entidades e DTOs e serviços RESTful. Estes testes permitiram assegurar uma implementação correta dos métodos do sistema, cumprindo o funcionamento esperado. São também úteis para verificar que as funcionalidades

¹²<https://testng.org>

¹³<http://rest-assured.io>

existentes continuam com o comportamento esperado em caso de alterações futuras [43].

5.2 Implementação dos *Data Scrapers*

Foram construídas ferramentas de *data scraping* que possibilitam recolher a informação relativa aos aditivos alimentares, classes de aditivos, categorias alimentares, e a relação destas últimas com os aditivos. Uma das ferramentas extrai os dados de uma página HTML disponibilizada pela EFSA, enquanto a outra tem como objetivo recolher e normalizar informação contida num ficheiro DOCX organizado pelo CIMO.

Ambas as ferramentas foram escritas em Java e seguem a mesma estrutura básica. Estão definidos métodos para abrir o documento, extrair os dados, importar dados através dos serviços e fechar o documento. O jsoup¹⁴ é utilizado para extrair os dados da página HTML, enquanto o *scraper* do documento DOCX faz uso do Apache POI¹⁵, mais concretamente da ferramenta XWPF.

5.3 Implementação da Aplicação *Web*

Esta secção aborda o processo de implementação da aplicação *web*. Introduce as tecnologias e ferramentas adotadas, explicando os detalhes de implementação relevantes. Por último, apresenta os resultados obtidos e demonstra o funcionamento da aplicação.

5.3.1 Tecnologias e Ferramentas

Como é o caso no servidor, a principal linguagem da aplicação *web* é o Java. Foi considerada a utilização de um *framework* para desenvolver single-page applications (SPAs), como o Angular¹⁶ ou o React¹⁷. Contudo, estas são aplicações complexas e com bastantes dependências no ecossistema JavaScript. Acredita-se que o sistema tradicional de

¹⁴<https://jsoup.org>

¹⁵<https://poi.apache.org>

¹⁶<https://angular.io>

¹⁷<https://facebook.github.io/react>

aplicações *web* com múltiplas páginas se adequa ao problema em questão, tendo em conta os requisitos do sistema e o número reduzido de componentes interativos [56].

Apache Wicket

O Apache Wicket¹⁸ é um *framework open-source* para aplicações *web* em Java baseado em componentes. Suporta a utilização de componentes AJAX onde necessário e internacionalização ao nível da aplicação, páginas ou componentes. Para além disto, não requer a aprendizagem de complexos ficheiros de configuração, focando-se na simplicidade de desenvolvimento.

Os *frameworks* Model–View–Controller (MVC) tradicionais funcionam em termos de pedidos e páginas, em que, em cada ciclo, um pedido é mapeado para um método de um controlador, que devolve a resposta por inteiro, geralmente obtendo dados de um modelo para preencher uma *view*, definida num *template* de *markup* especializado. Isto mantém o fluxo de controlo da aplicação simples e claro, mas pode dificultar a reutilização de código nos controladores. Estas páginas são geradas em cada pedido, fazendo chamadas a uma classe de suporte. Deste modo, a classe de suporte consiste normalmente de uma série de métodos de escuta, dependendo totalmente do *template* da página, que apenas deveria definir o posicionamento dos componentes.

Por outro lado, os *frameworks* orientados a componentes constroem um modelo das páginas pedidas no lado do servidor e o HTML enviado ao cliente é gerado de acordo com este modelo. A Figura 5.3 apresenta uma vista geral deste processo. Com este tipo de *framework*, as páginas *web* e os seus componentes HTML (formulários, controlos, hiperligações, entre outros) são instâncias de classes. Desta forma, existem dentro da *heap* da JVM e podem ser tratadas como qualquer outra classe Java.

O desenvolvimento em Wicket é feito em termos de componentes que armazenam estado. Em vez de se criar um controlador, é criada uma página, colocados os componentes que a constituem e definido como cada componente reage às ações do utilizador. Adicionar mais uma funcionalidade é simplesmente uma questão de adicionar mais um

¹⁸<https://wicket.apache.org>

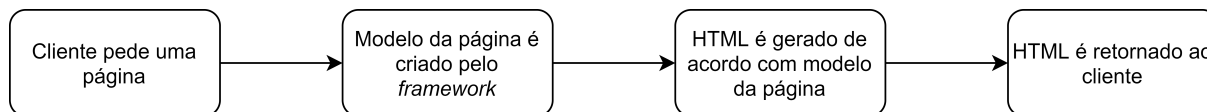


Figura 5.3: Esquema geral do tratamento de pedidos num *framework* orientado a componentes. **Fonte:** Adaptado do Guia de Utilizador do Wicket 8 [57]

componente, que pode agir de forma independente ou em cooperação com outros componentes na *view*. O Wicket usa eXtensible HyperText Markup Language (XHTML) para construir os *templates*, o que garante uma clara separação da apresentação e da lógica de negócio. Cada componente é ligado a um elemento no XHTML, através de um nome, e torna-se responsável por gerar esse elemento na saída final. A página é simplesmente o componente de nível superior e corresponde a, exatamente, um *template* XHTML. Um grupo de componentes individuais pode ser abstraído num único componente denominado painel, que pode depois ser reutilizado noutras páginas ou painéis.

Bootstrap

O Bootstrap¹⁹ é um dos *frameworks* mais populares para o desenvolvimento de aplicações com HTML, CSS e JavaScript. Inclui uma grande variedade de componentes de User Interface (UI), como botões, barras de navegação, painéis, tabelas, entre outros. A principal vantagem do Bootstrap advém da prioridade dada ao desenvolvimento para clientes móveis, o que faz com que os componentes se adaptem a todos os tamanhos de ecrã e resoluções.

react-admin

Com vista a simplificar a criação das interfaces que constituem a área de administração, optou-se pela utilização de um *framework* que pudesse ligar-se à API RESTful e automaticamente gerar a estrutura das páginas. Assim sendo, foi utilizado o react-admin²⁰, um *framework* React que se adapta aos serviços *web* existentes e suporta as ações necessárias

¹⁹<https://getbootstrap.com>

²⁰<https://github.com/marmelab/react-admin>

para realizar as operações CRUD.

Esta aplicação React é servida através do Jetty, tal como a aplicação Wicket. Encontra-se acessível através do caminho específico e, dado que funciona como uma SPA, faz uso de um filtro de reescrita de URLs para processar corretamente a navegação entre as páginas.

Retrofit

O Retrofit²¹ é um cliente HTTP que pode ser usado para consumir serviços *web*. Transforma a API numa interface Java, utilizando anotações para definir os métodos, e suporta chamadas síncronas e assíncronas. O Jackson é utilizado para fazer a conversão entre JSON e objetos Java.

Desenvolveu-se assim um cliente capaz de consumir os serviços RESTful disponíveis. Este cliente é usado tanto na aplicação *web* como nas ferramentas de *data scraping*.

5.3.2 Interfaces com o utilizador

Esta secção demonstra o funcionamento da aplicação *web*, apresentando os principais componentes e explicando as ações possíveis. A página inicial do sistema, apresentada na Figura 5.4, dá destaque às principais funcionalidades da aplicação e convida o utilizador a pesquisar informação no sistema. Aqui é possível ver também o cabeçalho, disponível ao longo de todo o *website*, que disponibiliza ligações para as principais ações e recursos: início de sessão ou registo, aditivos alimentares, classes, categorias de alimentos, escolha de idioma e pesquisa.

Acedendo aos aditivos alimentares, é apresentada uma tabela com a listagem de todos os aditivos do sistema, como se pode ver na Figura 5.5. São mostradas algumas informações pertinentes, nomeadamente, número E, nome, classe e origem. É possível ordenar os aditivos pelo seu nome ou número E, filtrá-los pela sua classe e escolher quantos registos se pretende exibir por página. Esta estrutura é repetida para os outros recursos, i.e., classes e categorias alimentares, o que garante ao utilizador uma experiência

²¹<https://square.github.io/retrofit>

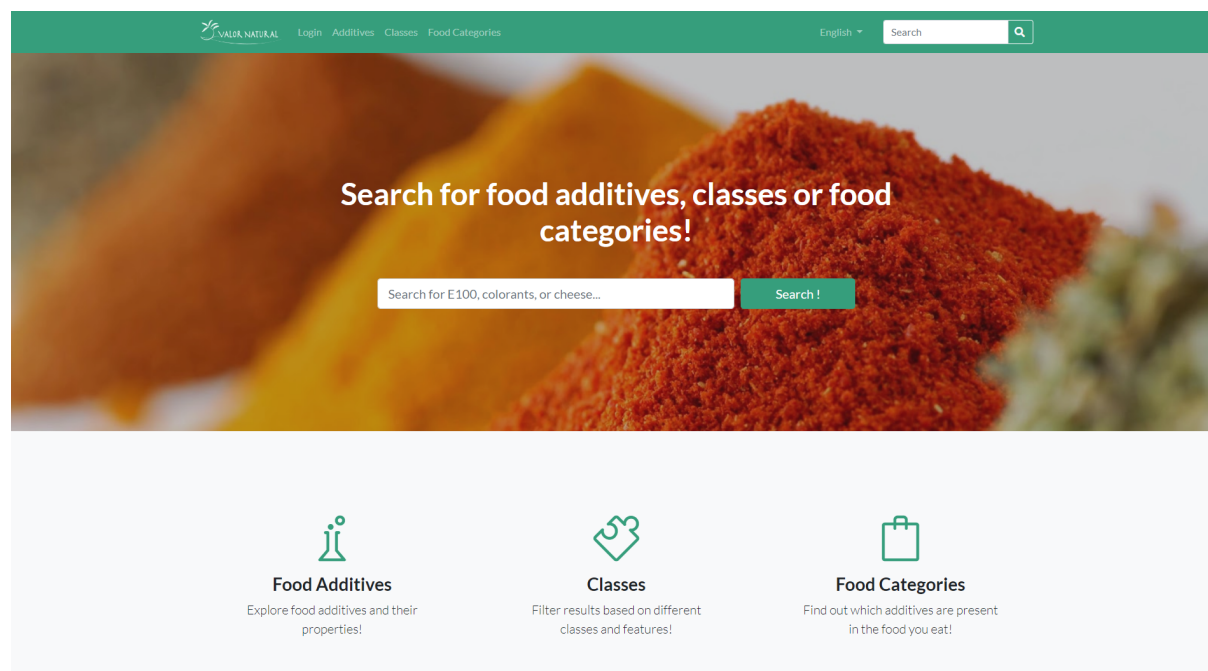


Figura 5.4: Página inicial

consistente na apresentação dos dados.

Selecionando um aditivo da lista é exibida uma página de detalhes, que pode ser vista nas Figuras 5.6 e 5.7. Como a maioria das páginas do sistema, possui uma barra de navegação por *breadcrumbs*, que indica onde o utilizador se encontra na hierarquia da aplicação. É dado um especial destaque ao número E e nome do aditivo, pois torna mais rápida a identificação do mesmo. São também apresentados os detalhes do aditivo, incluindo a sua classe, grupos em que se insere [10], informações adicionais, origem, aplicações comuns e observações pertinentes. São também apresentadas as fontes comuns, caso se trate de um aditivo natural, ou ligações para alternativas naturais, no caso dos aditivos sintéticos. Esta página de detalhes inclui também resultados de bases de dados científicas, como artigos ou livros. Duas das bases de dados foram incorporadas como *iframe* de forma a ser possível ver rapidamente os resultados. Para as restantes, são apresentadas hiperligações dinâmicas, construídas com base no nome do aditivo. Por fim, são apresentadas as condições de uso do aditivo nas várias categorias alimentares. Para cada registo é especificada a categoria correspondente, a DDA e observações ou restrições

E Number	Name	Class	Origin
E100	Curcumin	Colours	Natural
E101	Riboflavins	Colours	Natural or synthetic
E102	Tartrazine	Colours	Synthetic
E104	Quinoline Yellow	Colours	Synthetic
E110	Sunset Yellow FCF/Orange Yellow 5	Colours	Synthetic
E120	Cochineal, Carmine acid, Carmines	Colours	Natural
E122	Azorubine, Carmoisine	Colours	Synthetic
E123	Amaranth	Colours	Synthetic
E124	Ponceau 4R, Cochineal Red A	Colours	Synthetic
E127	Erythrosine	Colours	Synthetic
E129	Allura Red AC	Colours	Synthetic
E131	Patent Blue V	Colours	Synthetic
E132	Indigotine, Indigo carmine	Colours	Synthetic
E133	Brilliant Blue FCF	Colours	Synthetic
E140	Chlorophylls and chlorophyllins	Colours	Natural

Figura 5.5: Lista dos aditivos alimentares

aplicáveis. Esta estrutura é também apresentada nas páginas de detalhes das categorias alimentares, fazendo a ligação inversa.

Em relação à pesquisa, esta encontra-se disponível através da página inicial e do cabeçalho do *website*, como já foi referido. Um utilizador pode pesquisar pelo nome de um aditivo, pelo seu número E, pelo nome de uma classe, pelo número de uma categoria alimentar, etc. A pesquisa de texto completo não necessita de um campo em específico, sendo que qualquer texto que o utilizador introduza será consultado em todos os dados. A Figura 5.8 apresenta um exemplo de uma lista de resultados, resultantes da pesquisa pela palavra “chocolate”. São então exibidos os recursos relevantes, que podem ser aditivos, classes ou categorias alimentares. Neste caso, são apresentados aditivos alimentares que têm “chocolate” na sua lista de aplicações comuns.

Outra das funcionalidades principais da aplicação *web* é a possibilidade de gestão de contas de utilizador e dos dados existentes no sistema. Deste modo, existe uma página que permite efetuar o registo de uma nova conta ou iniciar sessão numa conta existente. Esta página é apresentada na Figura 5.9. Após iniciar sessão, o botão existente no cabeçalho é alterado, permitindo ao utilizador efetuar ações relativas à sua conta, como consultar o

The screenshot displays a web page for E100 Curcumin. At the top, there is a navigation bar with 'VALOR NATURAL' logo, 'Login', 'Additives', 'Classes', and 'Food Categories'. A search bar is also present. Below the navigation bar, the breadcrumb 'Home / Additives / E100' is shown. The main content area features a large box with 'E100 Curcumin' centered. Below this is a table with the following data:

E Number	E100
Name	Curcumin
Class	Colours
Groups	Group III: Food colours with combined maximum limit
Additional details	Yellow-orange dye
Origin	Natural
Common sources	Curcuma roots
Common applications	Butter, margarines, cheese, yogurts, gelatin, teas, mustard, glace, candies, sweets and pastry, sauces, marmalade, creams.
Observations	No adverse effects were observed

Below the table, a section titled 'Search for Curcumin in scientific databases' contains two search results:

ScienceDirect search results for 'Curcumin' show 23,254 results. One result is highlighted: 'Curcumin inhibits LPS-induced neuroinflammation by promoting microglial M2 polarization via TREM2/TLR4/NF-κB pathways in BV2 cells' by Jiawei Zhang, Yaling Zheng, and Jianliang Fu. The article is from *Molecular Immunology*, Volume 116, December 2019, Pages 29-37.

SpringerLink search results show several articles and books. One article is 'Therapeutic Potentials of Curcumin for Alzheimer Disease' (2016). Another article is 'Erratum to: Comparative In Vivo Evaluations of Curcumin and Its Analog Difluorinated Curcumin Against Cisplatin-Induced Nephrotoxicity' by Kazim Sahin, Cemal Orhan, Mehmet Tuzcu, and Irfana Muqbil (2015). A book is 'The Molecular Targets and Therapeutic Uses of Curcumin in Health and Disease' by Bharat B. Aggarwal Ph.D. (2007). Another article is 'Comparative efficacy of piperine, curcumin and picroliv against Cd immunotoxicity in mice' by Neelima Pathak and Shashi Khandelwal (2008).

Other databases listed are PubMed, Google Scholar, and Research Gate.

Figura 5.6: Página de detalhes de um aditivo

Conditions of use in food categories

Category Number	Category Name	Maximum Level (mg/l or mg/kg as appropriate)	Details	Restrictions/exceptions
01.7.5	Processed cheese	100	Maximum individually or for the combination of E 100, E 102, E 104, E 110, E 120, E 122, E 124, E 160e and E 161b	only flavoured processed cheese
02.1	Fats and oils essentially free from water (excluding anhydrous milkfat)	quantum satis		only fats
02.2.2	Other fat and oil emulsions including spreads as defined by Regulation (EC) No 1234/2007 and liquid emulsions	quantum satis		excluding reduced fat butter
04.2.5.2	Jam, jellies and marmalades and sweetened chestnut puree as defined by Directive 2001/113/EC	quantum satis		except chestnut purée
04.2.5.3	Other similar fruit or vegetable spreads	quantum satis		except crème de pruneaux
04.2.6	Processed potato products	quantum satis		only dried potato granules and flakes
08.2.1	Non-heat-treated processed meat	20		only sausages
08.2.1	Non-heat-treated processed meat	quantum satis		only pasturmas
08.2.2	Heat-treated processed meat	20		only sausages, pâtés and terrines
08.2.3	Casings and coatings and decorations for meat	quantum satis		only edible external coating of pasturmas
09.2	Processed fish and fishery products including mollusks and crustaceans	quantum satis		only fish paste and crustacean paste
09.2	Processed fish and fishery products including mollusks and crustaceans	250	Maximum individually or for the combination of E 102, E 110, E 120, E 122, E 124, E 129, E 142, E 151, E 160e, E 161b	only precooked crustacean
09.2	Processed fish and fishery products including mollusks and crustaceans	quantum satis		only smoked fish
14.2.7.1	Aromatised wines	100	In americano E 100, E 101, E 102, E 104, E 120, E 122, E 123, E 124 are authorised individually or in combination In bitter vino E 100, E 101, E 102, E 104, E 110, E 120, E 122, E 123, E 124, E 129 are authorised individually or in combination	only americano, bitter vino
14.2.7.2	Aromatised wine-based drinks	100	In bitter soda E 100, E 101, E 102, E 104, E 110, E 120, E 122, E 123, E 124, E 129 are authorised individually or in combination	only bitter soda

Figura 5.7: Página de detalhes de um aditivo (continuação)

Home / Search Results

E122
Azorubine, Carmoisine
E122
Azorubine, Carmoisine
Red color
Soft drinks, yogurts, ice creams, pastry, **chocolates**, caramels, sauces, fish and shellfish derivatives, candies, spices, drugs, sport nutrition, mouthwashes.
May induce hyperactivity in children, impair the symptoms of asthma, eczemas, urticaria

E153
Vegetable carbon
E153
Vegetable carbon
Black color
Caramels, candies, **chocolate**, biscuits, pastry, spices, black salt, exterior of some cheeses
ash produced by burning of wood, coconut shells and other products
No adverse reactions were observed.

E171
Titanium dioxide
E171
Titanium dioxide
White color
Chewing gum, caramels, **chocolate**, dried fruits, pastry, ice creams, yogurts, sauces, cheese, surimi, multivitamin supplements, fat burn supplements, and cosmetic products (capsules, creams, drops, and other pharmaceutical products)
Ilmenite
In low

E965
Maltitols
E965
Maltitols
Sweetener
Chewing gums, refreshments, ice creams, cookies, **chocolate**, caramel, pastry and low-fat products

Figura 5.8: Resultados da pesquisa

seu perfil, editá-lo ou terminar sessão. Para além disto, se o utilizador possuir a função de administrador, é-lhe permitido o acesso à área de administração do sistema. Nesta podem-se ver todos os dados existentes no sistema, englobando os seguintes recursos: aditivos, classes, categorias alimentares, condições de uso, utilizadores e funções dos utilizadores. As Figuras 5.10 e 5.11 apresentam uma tabela com a lista das categorias alimentares e a página de edição de um recurso, respetivamente.

The screenshot shows a web application interface with a green header. On the left, there is a 'Login' section with fields for 'Email address' and 'Password', a 'Remember Me' checkbox, and a 'Login' button. On the right, there is a 'Create account' section with fields for 'First name', 'Last name', 'Username *', 'Email address *', 'Confirm email address *', 'Password *', and 'Confirm password *', along with a 'Create account' button. The header includes the 'VALER.NATURAL' logo, navigation links for 'Login', 'Additives', 'Classes', and 'Food Categories', a language selector set to 'English', and a search bar.

Figura 5.9: Início de sessão e registo

The screenshot displays the 'Food Categories List' administration page. It features a sidebar with navigation options: Additives, Additive Classes, Food Categories, Additive Food Categories, Users, and User Roles. The main content area shows a table of food categories with columns for 'ID', 'Number', and 'Name'. Each row includes an 'EDIT' button. At the top right of the table, there are '+ CREATE' and 'EXPORT' buttons. At the bottom right, there is a pagination control showing 'Rows per page: 10', '1-10 of 154', and 'NEXT >'.

<input type="checkbox"/>	ID ↓	Number	Name	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	478	18	Processed foods not covered by categories 1 to 17, excluding foods for infants and young children	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	477	17.3	Food supplements supplied in a syrup-type or chewable form	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	476	17.2	Food supplements supplied in a liquid form	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	475	17.1	Food supplements supplied in a solid form including capsules and tablets and similar forms, excluding chewable forms	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	474	17	Food supplements as defined in Directive 2002/46/EC of the European Parliament and of the Council (22) excluding food supplements for infants and young children	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	473	16	Desserts excluding products covered in categories 1, 3 and 4	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	472	15.2	Processed nuts	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	471	15.1	Potato-, cereal-, flour- or starch-based snacks	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	470	15	Ready-to-eat savouries and snacks	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	469	14.2.8	Other alcoholic drinks including mixtures of alcoholic drinks with non-alcoholic drinks and spirits with less than 15 % of alcohol	<input type="checkbox"/>

Figura 5.10: Lista de recursos na área de administração

The screenshot shows a web-based administrative interface for editing an additive resource. The interface is divided into a left sidebar and a main content area. The sidebar contains a menu with the following items: Additives, Additive Classes, Food Categories, Additive Food Categories, Users, and User Roles. The main content area is titled "Additive #324" and features a green header bar with a refresh icon. Below the header, there are two tabs: "CORE INFO" and "LOCALIZABLE INFO", with the latter being the active tab. The form fields are as follows: "Locale" with the value "en"; "Name" with the value "Polyethylene glycol"; "Additional Details" with the value "Dissolvent"; "Observations" with the value "At high doses, may cause allergies and triggers cancer development"; "Common Sources" (empty); and "Common Applications" with the value "Sweeteners, artificial aromas, electronic cigarettes". At the bottom of the form, there are two buttons: a blue "SAVE" button and a red "DELETE" button.

Figura 5.11: Edição de um recurso na área de administração

Capítulo 6

Conclusões

Ao longo desta dissertação, foi descrito o desenvolvimento e implementação de uma plataforma *online* de consulta de aditivos alimentares. A necessidade de construir esta solução surgiu após uma análise detalhada do estado de arte, da qual resultou a conclusão de que os aditivos alimentares são um tema que ainda levanta bastantes dúvidas aos consumidores. Não existe uma forma fácil de verificar rapidamente os dados que constam da legislação europeia, pelo que a maioria da população opta por receber esta informação através dos meios de comunicação social ou de *websites* de legitimidade duvidosa. A solução proposta proporciona assim uma forma rápida e conveniente de consultar propriedades dos aditivos alimentares, condições de uso em alimentos e alternativas naturais, entre outros.

Este projeto foi realizado em colaboração com o CIMO, no âmbito do projeto DeCodE. Foi da responsabilidade do CIMO a elaboração da proposta original do projeto, que incluiu à partida determinados requisitos a cumprir. No entanto, existiu um período de análise do problema que contou com a orientação dos investigadores do CIMO, oferecendo flexibilidade para ajustar os objetivos pretendidos. Foi também possível contactar com diferentes formas de ver o problema e utilizar o conhecimento resultante da colaboração entre diferentes áreas para chegar a melhores soluções.

Os processos de desenvolvimento e implementação da solução são apresentados em

detalhe nos capítulos 3, 4 e 5. São analisados os requisitos, quer funcionais quer não-funcionais, descritos os casos de uso e apresentada a arquitetura do sistema. Esta é orientada a serviços e segue um modelo cliente-servidor, de modo a suportar as várias interfaces e ferramentas construídas. São ainda abordados os principais desafios encontrados durante a implementação do sistema e o que foi feito para os ultrapassar.

Os objetivos principais foram cumpridos, resultando num sistema que cumpre os requisitos propostos pelo CIMO, bem como os requisitos não-funcionais. A consulta dos dados na plataforma é rápida e intuitiva, sendo fácil para os utilizadores navegar entre aditivos, condições de uso, categorias alimentares, entre outros. Tudo isto é suportado por um servidor robusto, que disponibiliza serviços *web* para suportar as operações da aplicação *web* e das ferramentas de *data scraping*, bem como de eventuais plataformas móveis. Não obstante, existe sempre espaço para melhorar a solução atual.

A nível de trabalho futuro, foram identificados alguns pontos onde o sistema pode evoluir, de forma a melhor responder aos desafios que se foram revelando ao longo do projeto. Uma das áreas passível de melhoria é a cobertura dos testes. Como mencionado no Capítulo 5, implementaram-se testes para os componentes do servidor, mas para os clientes apenas foram realizados testes manuais, que são suscetíveis a erro humano e mais difíceis de executar com frequência [58]. Deste modo, considera-se que é importante elaborar mais testes, recorrendo a ferramentas como o Selenium¹ para validar a implementação das interfaces gráficas, por exemplo. Outro ponto a considerar no futuro é a diferenciação de conteúdos com base no utilizador. Os investigadores do CIMO expressaram a importância de ter um sistema que pudesse fazer esta distinção, caso fosse necessário. A estrutura já se encontra implementada ao nível do controlo de acessos, mas teria que haver um trabalho adicional em termos de verificações de segurança e adaptação da API.

Deste projeto resultou ainda uma contribuição científica, um artigo publicado no 14º Encontro de Química dos Alimentos, intitulado *Descodificar os “E”: plataforma online de acesso aberto de aditivos alimentares* [2]. No entanto, espera-se que a plataforma desenvolvida seja efetivamente o maior contributo do projeto, colaborando de forma significativa

¹<https://www.seleniumhq.org>

para a partilha do conhecimento científico com o público em geral.

Bibliografia

- [1] A. Bearth, M.-E. Cousin e M. Siegrist, “The consumer’s perception of artificial food additives: Influences on acceptance, risk and benefit perceptions”, *Food Quality and Preference*, vol. 38, pp. 14–23, 1 de dez. de 2014, ISSN: 0950-3293. DOI: 10.1016/j.foodqual.2014.05.008. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329314000974> (acedido em 05/10/2019).
- [2] B. Lopes, T. Padrão, M. Carochó, R. P. Lopes e I. C. F. R. Ferreira, “Descodificar os “E”: plataforma online de acesso aberto de aditivos alimentares”, *14º Encontro de Química dos Alimentos*, 2018. URL: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/18186> (acedido em 17/10/2019).
- [3] M. Carochó, M. Barreiro, P. Morales e I. Ferreira, “Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives”, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 13, 1 de jul. de 2014. DOI: 10.1111/1541-4337.12065.
- [4] M. Carochó, P. Morales e I. C. F. R. Ferreira, “Natural food additives: Quo vadis?”, *Trends in Food Science & Technology*, vol. 45, n.º 2, pp. 284–295, 1 de out. de 2015, ISSN: 0924-2244. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.06.007. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224415001508> (acedido em 17/10/2019).
- [5] M. Saltmarsh e M. Saltmarsh, *Essential Guide to Food Additives*. Royal Society of Chemistry, 2013, 309 pp., Google-Books-ID: V4p77KU8BE0C, ISBN: 978-1-84973-560-5.

- [6] A. L. Branen, P. M. Davidson, S. Salminen, J. Thorngate, P. M. Davidson, S. Salminen e J. Thorngate, *Food Additives*. CRC Press, 1 de nov. de 2001, ISBN: 978-0-367-80050-5. DOI: 10.1201/9780367800505. URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/9780367800505> (acedido em 17/10/2019).
- [7] (). Food Additives DB (GSFA Online) — CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO, URL: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/gsfa/en/> (acedido em 17/10/2019).
- [8] *Directiva 95/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Fevereiro de 1995, relativa aos aditivos alimentares com excepção dos corantes e dos edulcorantes*, 18 de mar. de 1995. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/1995/2/oj/por> (acedido em 20/10/2019).
- [9] *Regulamento (CE) n. o 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008 relativo aos aditivos alimentares (Texto relevante para efeitos do EEE)*, 31 de dez. de 2008. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1333/oj/eng> (acedido em 20/10/2019).
- [10] *Regulamento (UE) n. o 1129/2011 da Comissão, de 11 de Novembro de 2011, que altera o anexo II do Regulamento (CE) n. o 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho mediante o estabelecimento de uma lista da União de aditivos alimentares Texto relevante para efeitos do EEE*, 12 de nov. de 2011. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/1129/oj/por> (acedido em 20/10/2019).
- [11] C. f. F. S. ã. Nutrition, “Food additive status list”, *FDA*, 24 de out. de 2019. URL: <http://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/food-additive-status-list> (acedido em 30/10/2019).
- [12] —, “Overview of food ingredients, additives & colors”, *FDA*, 14 de abr. de 2019. URL: <http://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/overview-food-ingredients-additives-colors> (acedido em 22/10/2019).

- [13] K. A. Hert, P. S. Fisk, Y. S. Rhee e A. R. Brunt, “Decreased consumption of sugar-sweetened beverages improved selected biomarkers of chronic disease risk among US adults: 1999 to 2010”, *Nutrition Research*, vol. 34, n.º 1, pp. 58–65, 1 de jan. de 2014, ISSN: 0271-5317. DOI: 10.1016/j.nutres.2013.10.005. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0271531713002480> (acedido em 19/10/2019).
- [14] A. Pradhan, “Obesity, Metabolic Syndrome, and Type 2 Diabetes: Inflammatory Basis of Glucose Metabolic Disorders”, *Nutrition Reviews*, vol. 65, S152–S156, SUPPL.3 2007. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2007.tb00354.x.
- [15] M. Carocho, P. Morales e I. C. F. R. Ferreira, “Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come”, *Food and Chemical Toxicology*, vol. 107, pp. 302–317, 1 de set. de 2017, ISSN: 0278-6915. DOI: 10.1016/j.fct.2017.06.046. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691517303642> (acedido em 19/10/2019).
- [16] N. Martins, C. L. Roriz, P. Morales, L. Barros e I. C. F. R. Ferreira, “Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices”, *Trends in Food Science & Technology*, vol. 52, pp. 1–15, 1 de jun. de 2016, ISSN: 0924-2244. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.03.009. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224416300784> (acedido em 22/10/2019).
- [17] S.-M. Shim, S. H. Seo, Y. Lee, G.-I. Moon, M.-S. Kim e J.-H. Park, “Consumers’ knowledge and safety perceptions of food additives: Evaluation on the effectiveness of transmitting information on preservatives”, *Food Control*, vol. 22, n.º 7, pp. 1054–1060, 1 de jul. de 2011, ISSN: 0956-7135. DOI: 10.1016/j.foodcont.2011.01.001. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713511000028> (acedido em 05/10/2019).
- [18] M. Delgado, “Aditivos Alimentares: Conceitos Básicos, Legislação e Controvérsias”, *Revista Nutrícias*, n.º 18, pp. 22–26, set. de 2013, ISSN: 2182-7230. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2182723013000028>

- [//www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2182-72302013000300006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2182-72302013000300006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt) (acedido em 17/10/2019).
- [19] *Regulamento (CE) n. o 1331/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008 que estabelece um procedimento de autorização comum aplicável a aditivos alimentares, enzimas alimentares e aromas alimentares (Texto relevante para efeitos do EEE)*, 31 de dez. de 2008. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1331/oj/por> (acedido em 19/10/2019).
- [20] F. C. Lu, “Acceptable daily intake: Inception, evolution, and application”, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, vol. 8, n.º 1, pp. 45–60, 1 de mar. de 1988, ISSN: 0273-2300. DOI: 10.1016/0273-2300(88)90006-2. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0273230088900062> (acedido em 19/10/2019).
- [21] T. Altu e Y. Elmaci, “A consumer survey on food additives”, em *Developments in Food Science*, sér. Food Flavors: Generation, Analysis and Process Influence, G. Charalambous, ed., vol. 37, Elsevier, 1 de jan. de 1995, pp. 705–719. DOI: 10.1016/S0167-4501(06)80191-3. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167450106801913> (acedido em 05/10/2019).
- [22] M. H. Lessof, “Adverse Reactions to Food Additives”, *Journal of the Royal College of Physicians of London*, vol. 21, n.º 4, pp. 237–240, out. de 1987, ISSN: 0035-8819. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5379354/> (acedido em 05/10/2019).
- [23] G. Tarnavölgyi, “Analysis of consumers attitudes towards food additives using focus group survey”, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, vol. 68, n.º 3, pp. 193–196, 2003.
- [24] F. Ibáñez, P. Torre e A. Irigoyen, “Aditivos alimentarios”, *Área de Nutrición y Bromatología, Universidad Pública de Navarra*, pp. 3–5, 2003.

- [25] F. Joint, W. E. C. on Food Additives et al., *Toxicological evaluation of some antimicrobials, antioxidants, emulsifiers, stabilizers, flour-treatment agents, acid and bases: the content of this document is the result of the deliberations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives which met at Rome, 13-20 December, 1965 Geneva, 11-18 October 1966*. FAO, 1967.
- [26] “Scientific opinion on the safety evaluation of the active substances citric acid (e330) and sodium hydrogen carbonate (e500ii), used as carbon dioxide generators, together with liquid absorbers cellulose and polyacrylic acid sodium salt crosslinked, in active food contact materials”, *EFSA Journal*, vol. 11, n.º 4, p. 3152, 2013, ISSN: 1831-4732. DOI: 10.2903/j.efsa.2013.3152. URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2013.3152> (acedido em 22/10/2019).
- [27] “Updated opinion on a request from the european commission related to the 2nd ERF carcinogenicity study on aspartame, taking into consideration study data submitted by the ramazzini foundation in february 2009”, *EFSA Journal*, vol. 7, n.º 4, p. 1015, 2009, ISSN: 1831-4732. DOI: 10.2903/j.efsa.2009.1015. URL: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2009.1015> (acedido em 20/10/2019).
- [28] (10 de dez. de 2013). EFSA completes full risk assessment on aspartame and concludes it is safe at current levels of exposure, European Food Safety Authority, URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/131210> (acedido em 20/10/2019).
- [29] S. Lourenço, “Aspartame sabor doce, que dissabores”, *Nutricias*, n.º 05, pp. 21–24, 2005.
- [30] M. E. J. Lean e C. R. Hankey, “Aspartame and its effects on health”, *BMJ : British Medical Journal*, vol. 329, n.º 7469, pp. 755–756, 2 de out. de 2004, ISSN: 0959-8138. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC520987/> (acedido em 20/10/2019).

- [31] G. Banderali, V. Carmine, S. Rossi e M. Giovannini, “Food additives: effects on pregnancy and lactation”, *Acta Bio-Medica De L’Ateneo Parmense: Organo Della Societa Di Medicina E Scienze Naturali Di Parma*, vol. 71 Suppl 1, pp. 589–592, 2000.
- [32] S. Tsuda, M. Murakami, N. Matsusaka, K. Kano, K. Taniguchi e Y. F. Sasaki, “DNA damage induced by red food dyes orally administered to pregnant and male mice”, *Toxicological Sciences*, vol. 61, n.º 1, pp. 92–99, 1 de mai. de 2001, ISSN: 1096-6080. DOI: 10.1093/toxsci/61.1.92. URL: <https://academic.oup.com/toxsci/article/61/1/92/1615305> (acedido em 21/10/2019).
- [33] J. R. Araújo, F. Martel e E. Keating, “Exposure to non-nutritive sweeteners during pregnancy and lactation: Impact in programming of metabolic diseases in the progeny later in life”, *Reproductive Toxicology*, vol. 49, pp. 196–201, 2014.
- [34] G. Østergaard e I. Knudsen, “The applicability of the ADI (Acceptable Daily Intake) for food additives to infants and children”, *Food Additives & Contaminants*, vol. 15, n.º S1, pp. 63–74, 1998.
- [35] P. J. Aggett, C. Agostoni, O. Goulet, O. Hernell, B. Koletzko, H. L. Lafeber, K. F. Michaelsen, P. Milla, J. Rigo e L. T. Weaver, “Antireflux or antiregurgitation milk products for infants and young children: a commentary by the ESPGHAN Committee on Nutrition”, *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, vol. 34, n.º 5, pp. 496–498, 2002.
- [36] J. D. Houghton e G. A. F. Hendry, *Natural Food Colorants*, 2ª ed. Springer US, 1996, ISBN: 978-0-7514-0231-5. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9780751402315> (acedido em 21/10/2019).
- [37] D. MacDougall, *Colour in food: improving quality*. Woodhead Publishing, 2002.
- [38] S. Buchler, K. Smith e G. Lawrence, “Food risks, old and new: Demographic characteristics and perceptions of food additives, regulation and contamination in Australia”, *Journal of Sociology*, vol. 46, n.º 4, pp. 353–374, 2010.

- [39] L. Bass, P. Clements e R. Kazman, *Software Architecture in Practice*. Addison-Wesley Professional, 2003, 572 pp., Google-Books-ID: mdiIu8Kk1WMC, ISBN: 978-0-321-15495-8.
- [40] D. Ferraiolo, J. Cugini e D. R. Kuhn, “Role-based access control (RBAC): Features and motivations”, em *Proceedings of 11th annual computer security application conference*, 1995, pp. 241–48.
- [41] M. Jarke e J. Koch, “Query Optimization in Database Systems”, *ACM Comput. Surv.*, vol. 16, n.º 2, pp. 111–152, jun. de 1984, ISSN: 0360-0300. DOI: 10.1145/356924.356928. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/356924.356928> (acedido em 10/10/2019).
- [42] M. Carver, *The Responsive Web*, 1st. Greenwich, CT, USA: Manning Publications Co., 2014, ISBN: 978-1-61729-124-1.
- [43] G. J. Myers, C. Sandler e T. Badgett, *The Art of Software Testing*. John Wiley & Sons, 23 de set. de 2011, 200 pp., Google-Books-ID: GjyEFPkMCwcC, ISBN: 978-1-118-13315-6.
- [44] J. Visser, S. Rigal, G. Wijnholds, P. van Eck e R. van der Leek, *Building Maintainable Software, C# Edition: Ten Guidelines for Future-Proof Code*. “O’Reilly Media, Inc.”, 2016.
- [45] A. Berson, *Client/Server Architecture*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc., 1992, ISBN: 978-0-07-005076-1.
- [46] F. Buschmann, R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad e M. Stal, *Pattern-Oriented Software Architecture - Volume 1: A System of Patterns*. Wiley Publishing, 1996, ISBN: 978-0-471-95869-7.
- [47] D. Glez-Peña, A. Lourenço, H. López-Fernández, M. Reboiro-Jato e F. Fdez-Riverola, “Web scraping technologies in an API world”, *Briefings in Bioinformatics*, vol. 15, n.º 5, pp. 788–797, 1 de set. de 2014, ISSN: 1467-5463. DOI: 10.1093/bib/bbt026.

- URL: <https://academic.oup.com/bib/article/15/5/788/2422275> (acedido em 18/10/2019).
- [48] I. Griffiths, *Programming C# 5.0: Building Windows 8, Web, and Desktop Applications for the .NET 4.5 Framework*. “O’Reilly Media, Inc.”, 2012.
- [49] J. McGovern, S. Tyagi, M. Stevens e S. Mathew, *Java web services architecture*. Elsevier, 2003.
- [50] E. Brown, *Web development with node and express: leveraging the JavaScript stack*. “O’Reilly Media, Inc.”, 2014.
- [51] H. E. Williams e D. Lane, *Web Database Applications with PHP and MySQL: Building Effective Database-Driven Web Sites*. “O’Reilly Media, Inc.”, 2004.
- [52] J. Forcier, P. Bissex e W. J. Chun, *Python web development with Django*. Addison-Wesley Professional, 2008.
- [53] (). What Are Some of the Annotations Defined by JAX-RS? (RESTful Web Services Developer’s Guide), URL: <https://docs.oracle.com/cd/E19776-01/820-4867/ghbzzr/index.html> (acedido em 25/10/2019).
- [54] (). Derby Database Performance - the JPA Benchmark, URL: <https://jpab.org/Derby.html> (acedido em 25/10/2019).
- [55] S. Lakhara e N. Mishra, “Desktop full-text searching based on Lucene: A review”, em *2017 IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI)*, set. de 2017, pp. 2434–2438. DOI: 10.1109/ICPCSI.2017.8392154.
- [56] S. Smith e M. Wenzel. (30 de jan. de 2019). Choose between traditional web apps and single page apps, URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/modern-web-apps-azure/choose-between-traditional-web-and-single-page-apps> (acedido em 29/10/2019).
- [57] (). Wicket 8.x Reference Guide, URL: <https://ci.apache.org/projects/wicket/guide/8.x/single.html> (acedido em 26/10/2019).

- [58] E. Dustin, J. Rashka e J. Paul, *Automated software testing: introduction, management, and performance*. Addison-Wesley Professional, 1999.

Apêndice A

Serviços *Web*

Aditivos		
Método	URL	Descrição
GET	/additives	Devolve todos os aditivos
POST	/additives	Adiciona um aditivo
GET	/additives/{id}/foodcategories	Devolve todas as relações com categorias alimentares
GET	/additives/{id}/additiveclasses	Devolve todas as classes do aditivo
GET	/additives/{id}	Devolve um aditivo
PUT	/additives/{id}	Atualiza um aditivo
DELETE	/additives/{id}	Elimina um aditivo
GET	/additives/encode/{ecode}	Devolve um aditivo

Tabela A.1: Serviços *web* dos aditivos (Additive)

Classes		
Método	URL	Descrição
GET	/additiveclasses	Devolve todas as classes
POST	/additiveclasses	Adiciona uma classe
GET	/additiveclasses/{id}/additives	Devolve todos os aditivos da classe
POST	/additiveclasses/{id}/additives	Adiciona um aditivo à classe
GET	/additiveclasses/{id}	Devolve uma classe
PUT	/additiveclasses/{id}	Atualiza uma classe
DELETE	/additiveclasses/{id}	Elimina uma classe

Tabela A.2: Serviços *web* das classes de aditivos (AdditiveClass)

Categorias Alimentares

Método	URL	Descrição
GET	/foodcategories	Devolve todas as categorias
POST	/foodcategories	Adiciona uma categoria
GET	/foodcategories/{id}/additives	Devolve todas as relações com aditivos
GET	/foodcategories/{id}	Devolve uma categoria
PUT	/foodcategories/{id}	Atualiza uma categoria
DELETE	/foodcategories/{id}	Elimina uma categoria
GET	/foodcategories/number/{number}	Devolve uma categoria

Tabela A.3: Serviços *web* das categorias alimentares (FoodCategory)

Relações entre Aditivos e Categorias Alimentares

Método	URL	Descrição
GET	/additivefoodcategories	Devolve todas as relações
POST	/additivefoodcategories	Adiciona uma relação
GET	/additivefoodcategories/{id}	Devolve uma relação
PUT	/additivefoodcategories/{id}	Atualiza uma relação
DELETE	/additivefoodcategories/{id}	Elimina uma relação

Tabela A.4: Serviços *web* das relações entre aditivos e categorias alimentares (Additive-FoodCategory)

Pesquisa

Método	URL	Descrição
GET	/search	Devolve resultados de pesquisa para uma determinada <i>query</i>

Tabela A.5: Serviços *web* da pesquisa (Search)

Utilizadores

Método	URL	Descrição
GET	/users	Devolve todos os utilizadores registados
POST	/users	Adiciona um utilizador
POST	/users/login	Verifica se um utilizador pode iniciar sessão
GET	/users/{username}	Devolve um utilizador
PUT	/users/{username}	Atualiza um utilizador existente
DELETE	/users/{username}	Elimina um utilizador

Tabela A.6: Serviços *web* dos utilizadores (User)

Funções dos Utilizadores		
Método	URL	Descrição
GET	/userroles/{id}	Devolve uma função de um utilizador
DELETE	/userroles/{id}	Elimina uma função de um utilizador
GET	/userroles	Devolve todos as funções dos utilizadores
POST	/userroles	Adiciona uma função a um utilizador

Tabela A.7: Serviços *web* das funções dos utilizadores (UserRole)